



# ARNES

## Praktični vidiki upravljanja

Avgust Jauk,  
Arnes, p.p. 7, SI - 1001 Ljubljana

Ljubljana, FRI, 9.1.2025

# VSEBINA

- Izobraževalno/raziskovalna omrežja
- Arnes, storitve
- Upravljanje omrežja ARNES
  - Kaj upravljati
  - Orodja
  - Varnost
- Diagnosticiranje
- Kvantna doba

# Izobraževalno/raziskovalna omrežja

- Namen
  - Kakovostne, inovativne storitve za R&I
  - Podpora mobilnosti
    - “Neodvisnost” od lokacije in časa
    - Študentje, profesorji, raziskovalci
  - Razvoj novih storitev
- Zaprta skupino uporabnikov



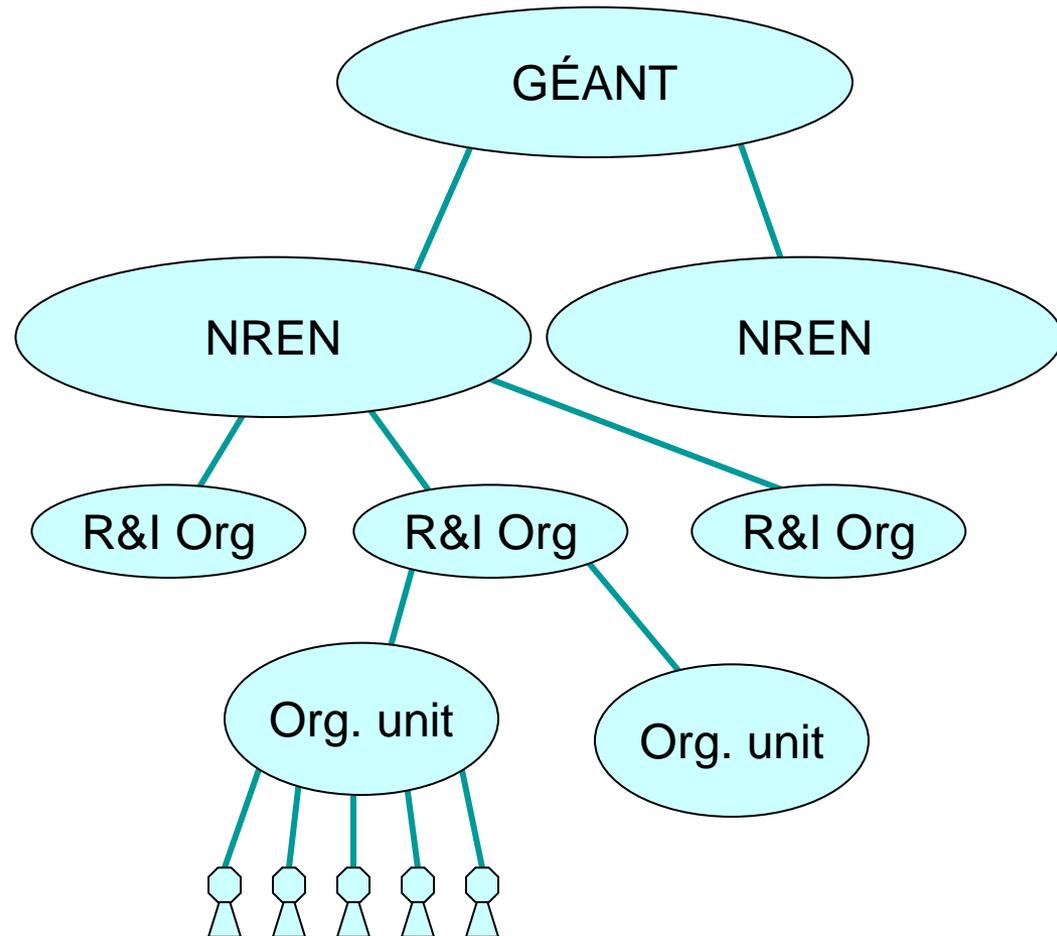
# Hierarhična struktura

GÉANT

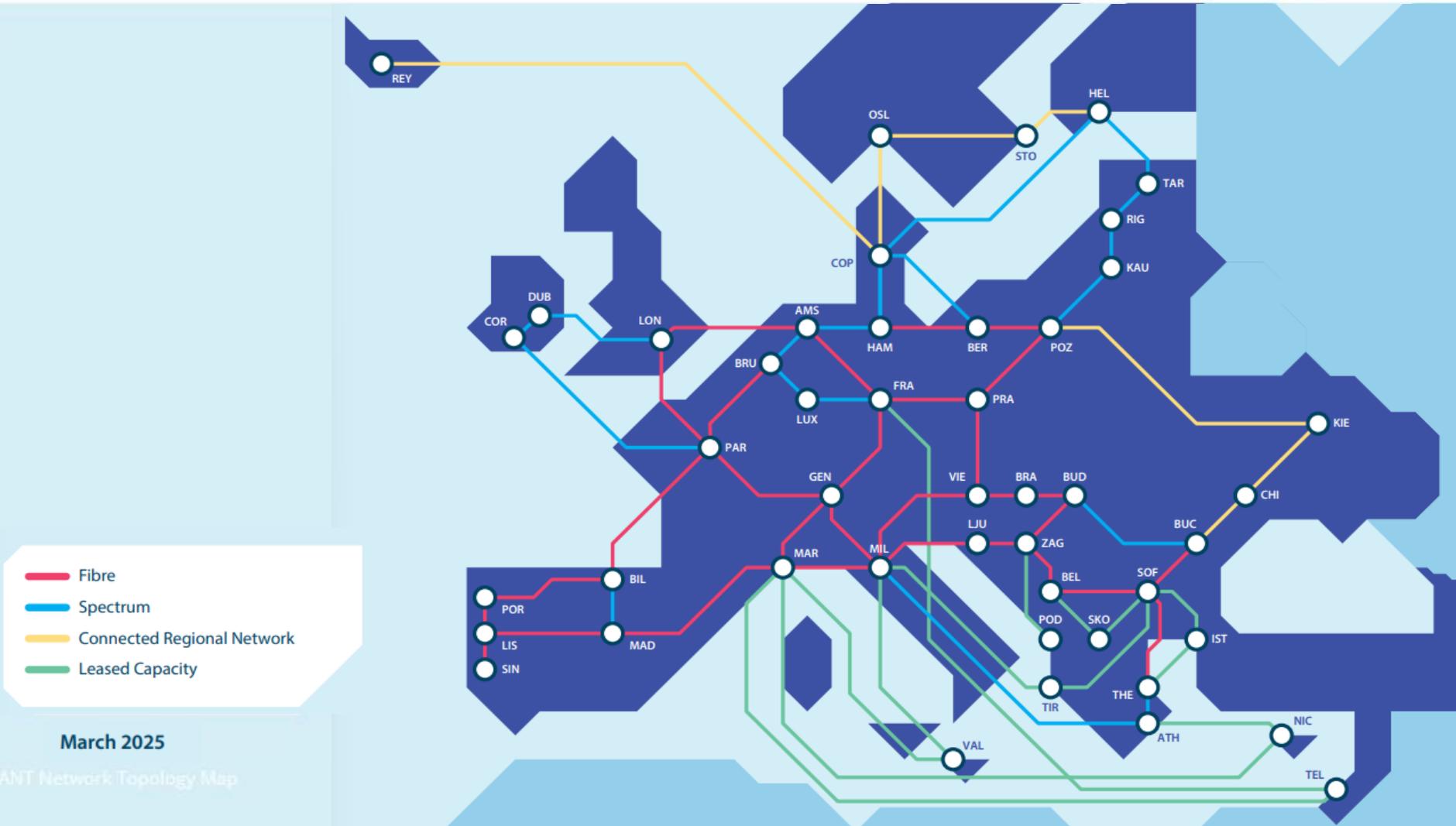
36+ NREN-ov

3.000+ raziskovalnih in  
izobraževalnih organizacij

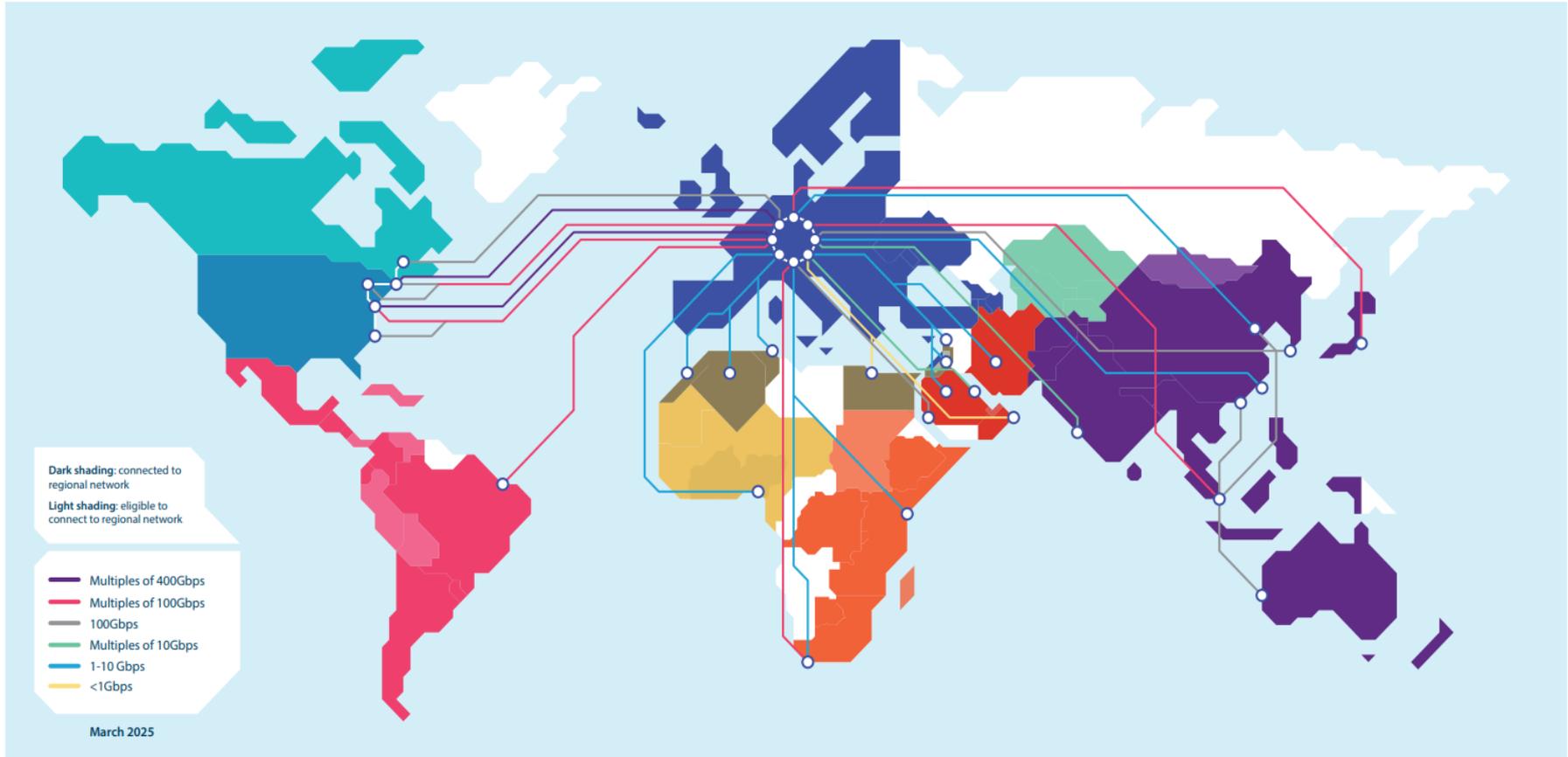
40+ M uporabnikov



# Evropsko omrežje - GÉANT



# AT THE HEART OF GLOBAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORKING



Canada & USA	Latin America	Europe	North Africa & Eastern Mediterranean	West & Central Africa	Eastern & Southern Africa	Central Asia	Asia-Pacific	Other R&E Networks



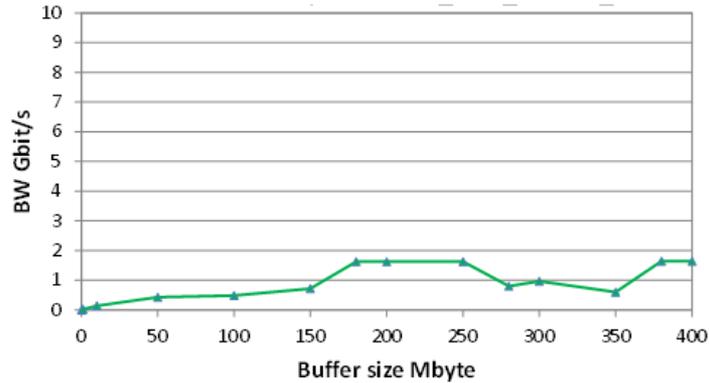
Co-funded by the European Union

geant.org

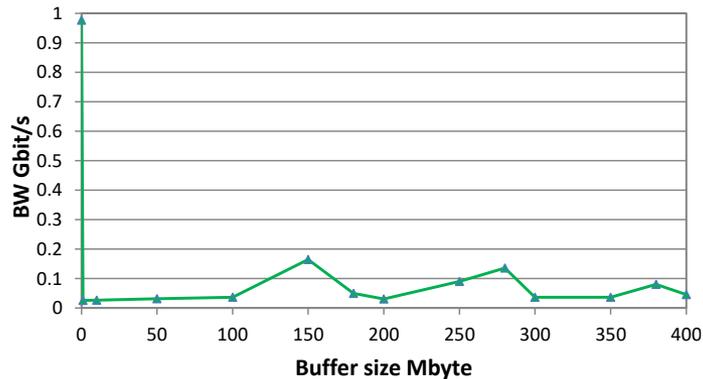
# Optimizirano za velike prenose

## Javni internet

### Ženeva - Canberra

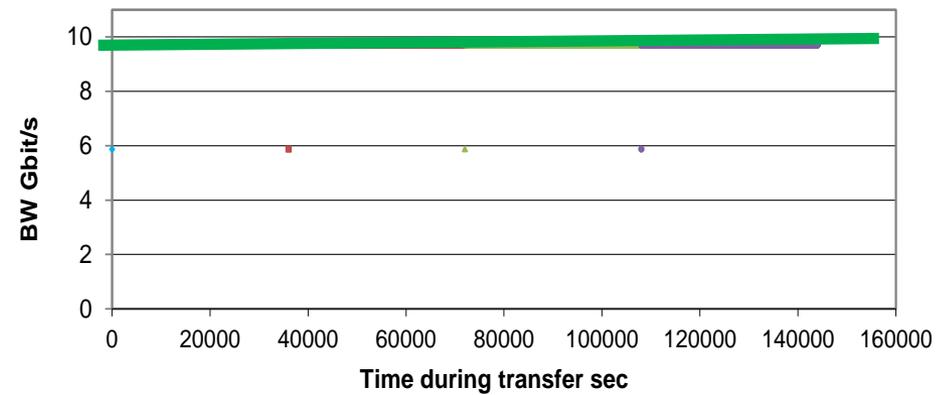


### Ženeva - Canberra



## GÉANT + R&I omrežja

### Geneva – Canberra: GÉANT + R&I omrežja

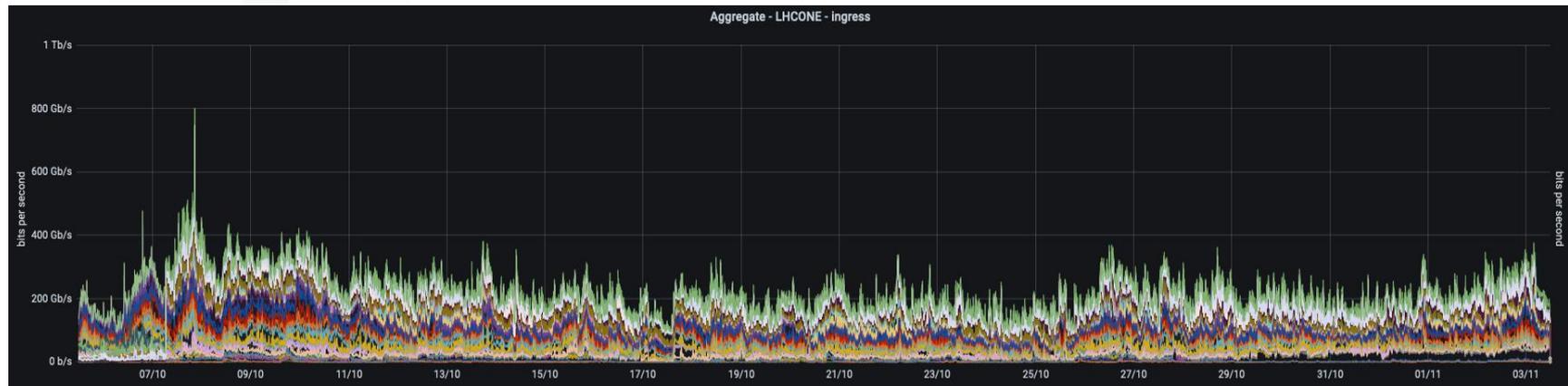
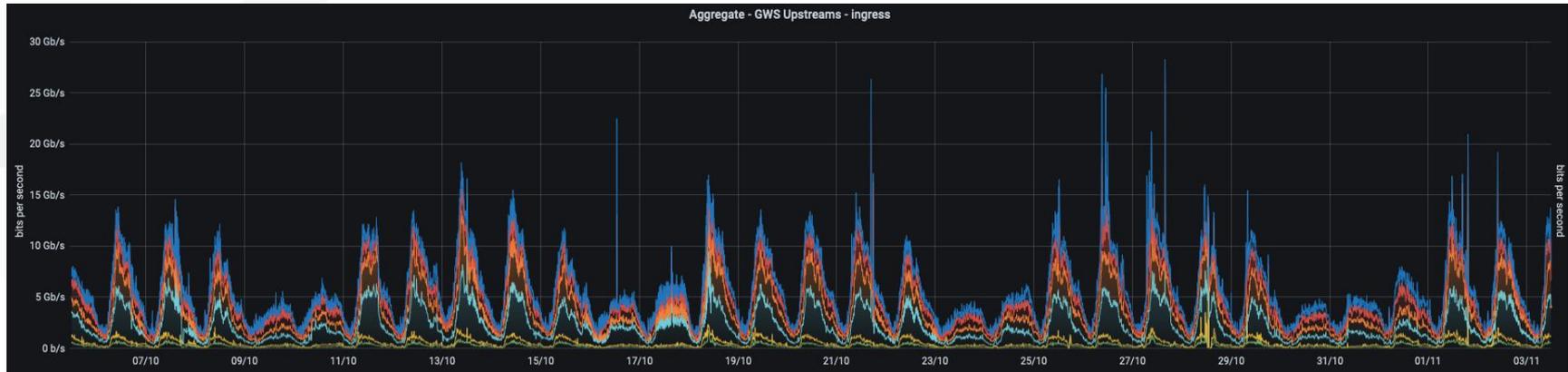


R&I omrežja so načrtovana za različne namene kot internet

Comparative Times for a 100TByte data transfer.

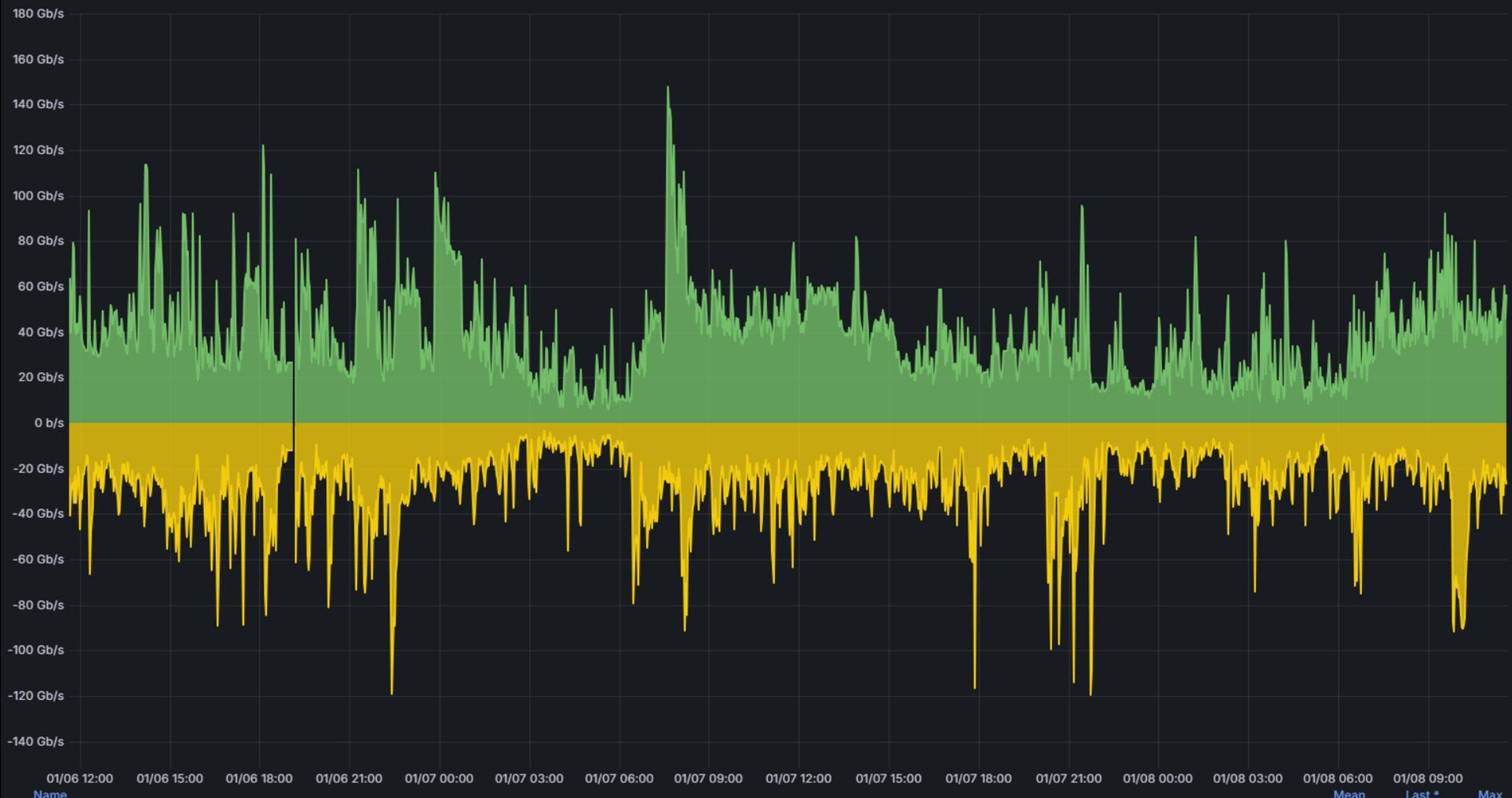
File Size (TB)	Data rate (Gbit/s)	Time taken (Hours)	Time Taken (Days)
NREN 100	9.27	34.0	1.4
ISP A 100	1.72	183.2	7.6
ISP B 100	0.11	2864.3	119.3

# Niso vse „živali“ enake



# Omrežje Arnes : promet v/iz

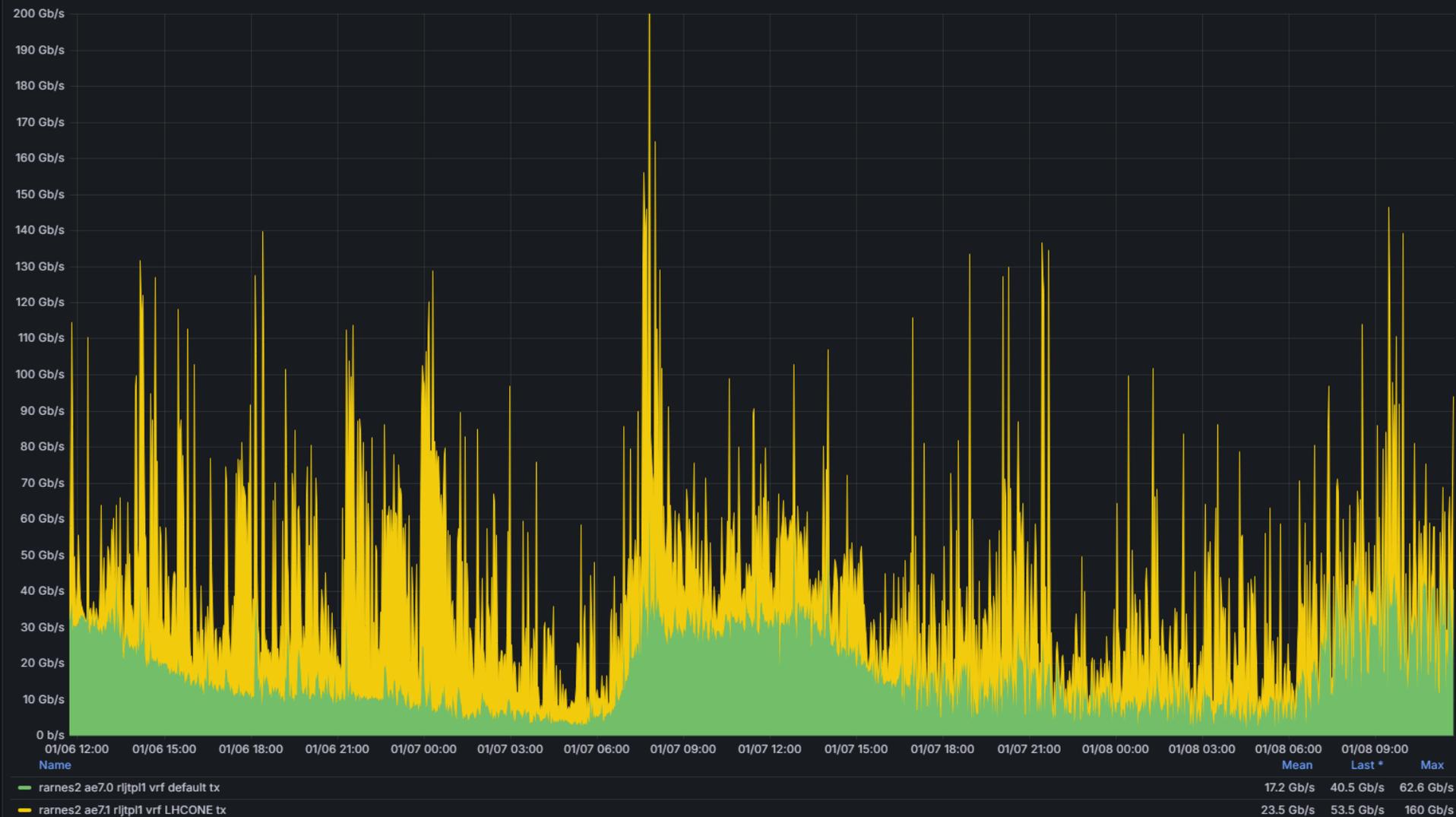
Arnes All Upstream Traffic



Name	Mean	Last *	Max
IN	39.0 Gb/s	56.4 Gb/s	148 Gb/s
OUT	27.0 Gb/s	26.9 Gb/s	120 Gb/s

# Omrežje Arnes : HPC / ostalo

rarnes2 -> rijtp1 (LHCONE + internet)

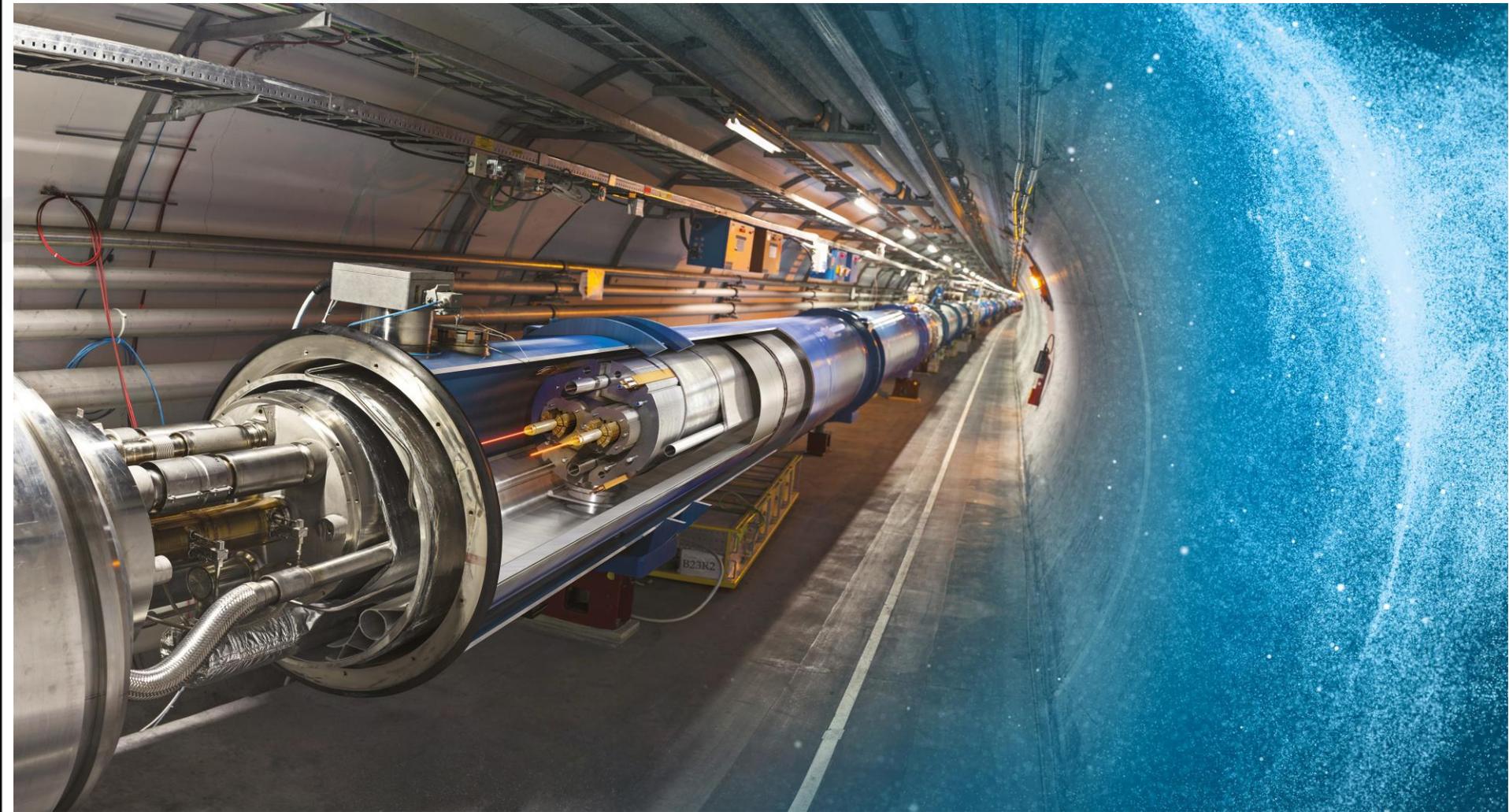


# Zakaj velike hitrosti

- Običajna uporaba ?
  - Splet, govor, video, igrice...
  - Koliko je dovolj?
- Znanost
  - Veliki znanstveni eksperimenti
  - Odprta znanost
    - Odprt dostop do rezultatov ter zbranih podatkov
  - Uporaba superračunalnikov



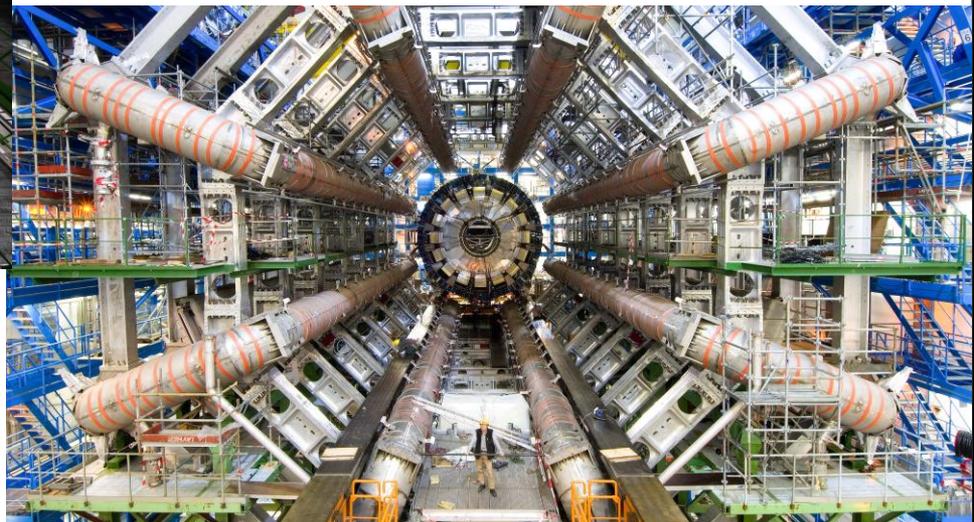
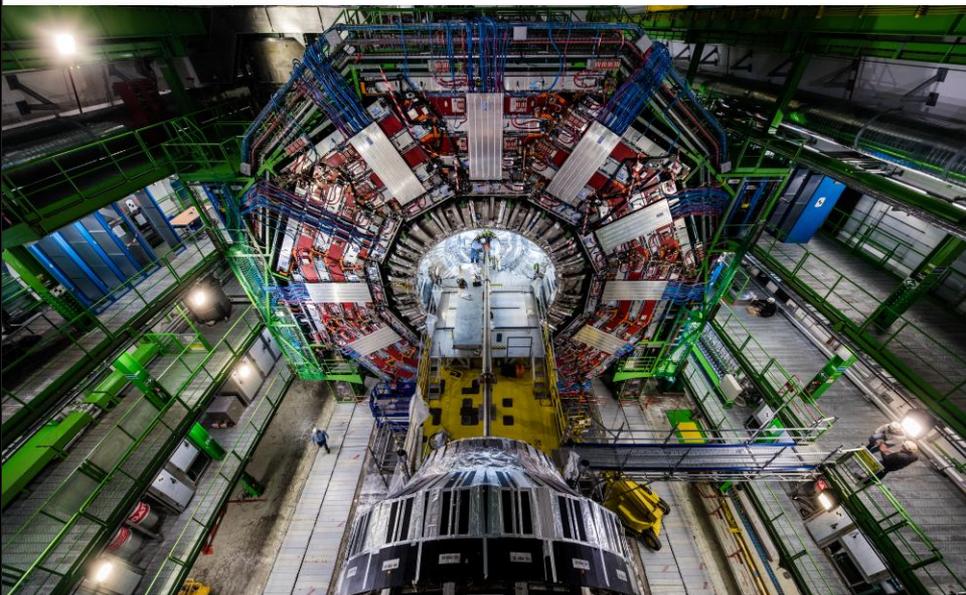
# LHC: Large Hadron Collider, Cern

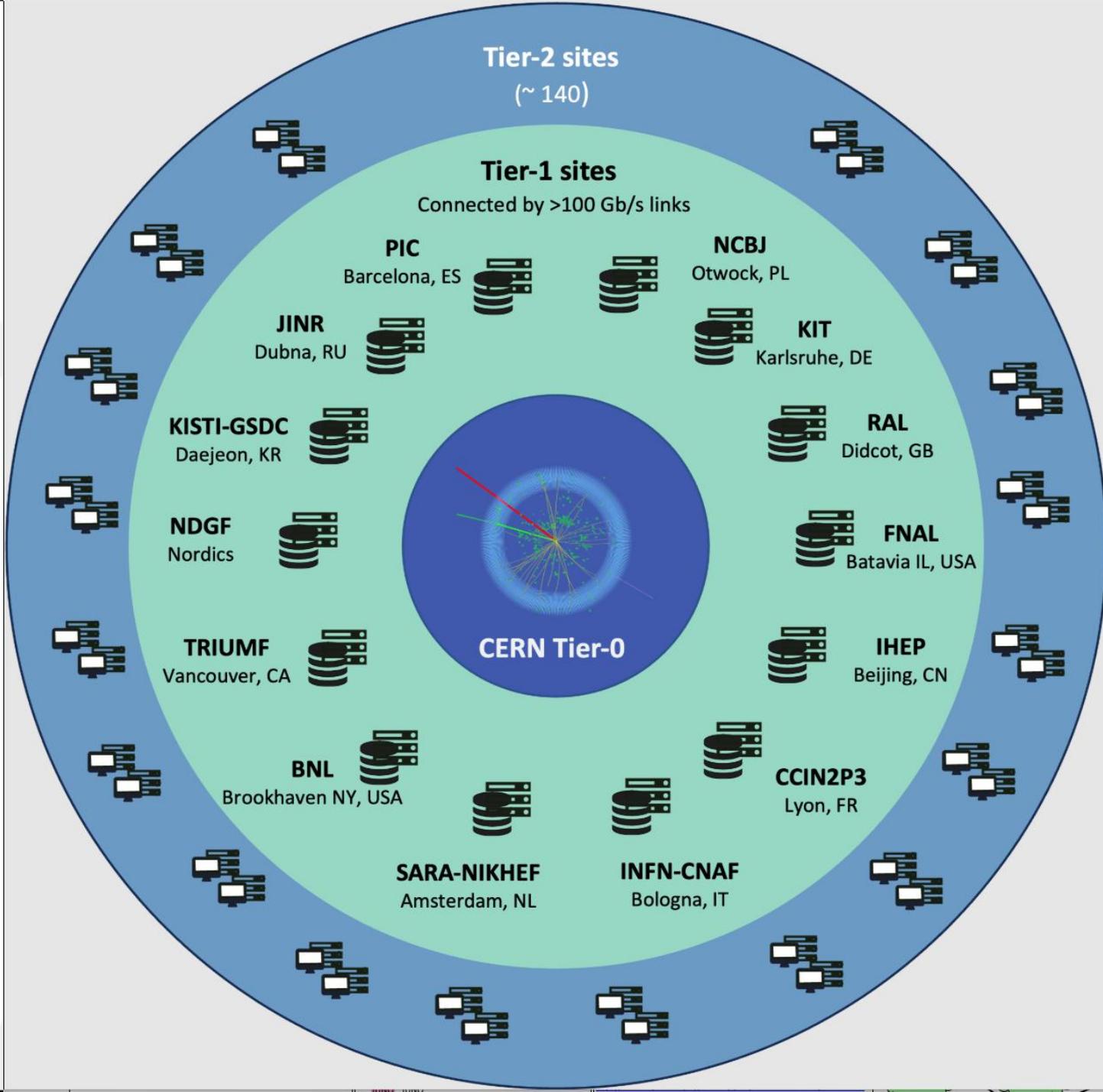


100 m pod zemljo, obseg ~27 km

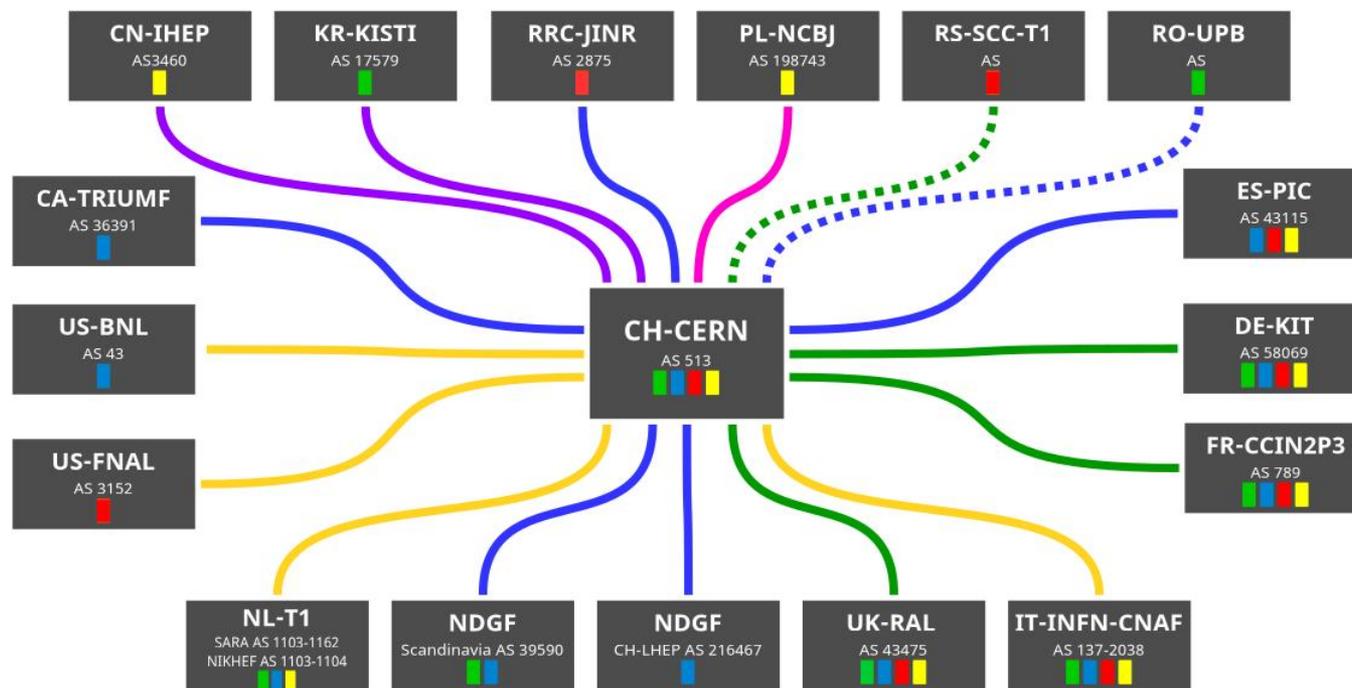
# LHC

- Ogromni detektorji
- 100 Megapixel kamere, tisoče fotografij/s





# LHCOPN



Line speeds:	Experiments:
20Gbps	■ = Alice ■ = Atlas
40Gbps	■ = CMS ■ = LHCb
100Gbps	
200Gbps	
400Gbps	
800Gbps	
	<b>Last update:</b>
	- 20250908
	- edoardo.martelli@cern.ch



# LHCONE VPN

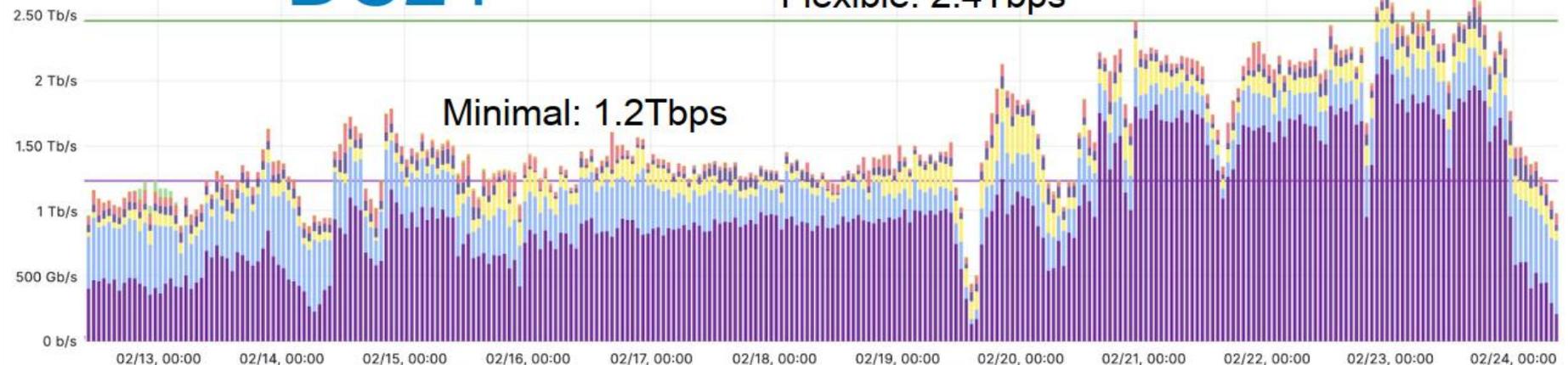
- Omrežje za WLCG ([Worldwide LHC Computing Grid](#))
  - 1,4 Mio CPU jeder, 1,5 Exabajta podatkov, 170 lokacij v 42 državah

WLCG Throughput ⓘ

## DC24

Flexible: 2.4Tbps

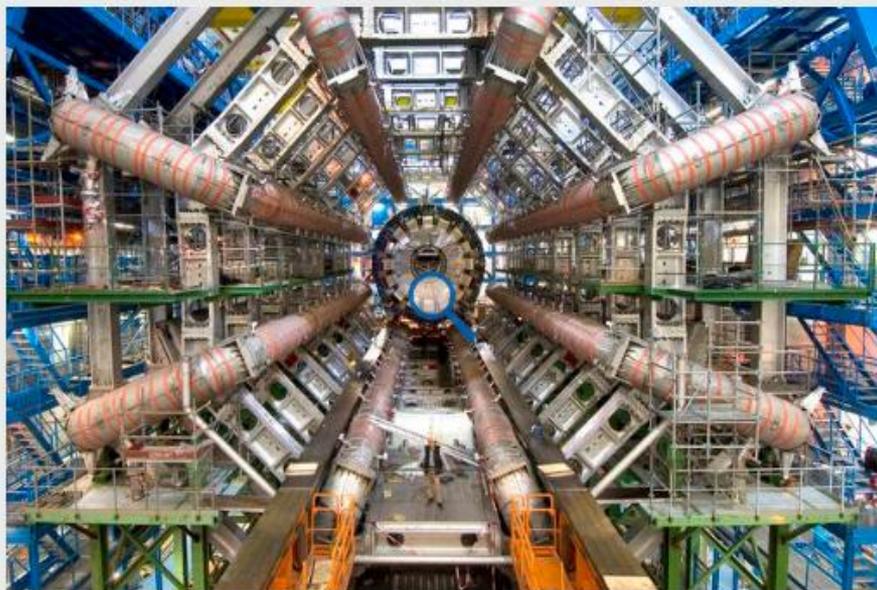
Minimal: 1.2Tbps



# V Cernu pravijo, da so ulovili delec, ki je skoraj zanesljivo Higgsov bozon

Odkrit je še zadnji manjkajoči delec fizikalne standardne teorije. Samo milijoninka je verjetnosti, da so izmerili nek šum.

G. P. znanost, S. M., Delo.si  
sre, 04.07.2012, 08:00; spremenjen: 13:15



Pospeševalnik delcev Foto: arhiv Cern

Ženeva –Raziskovalci v velikem hadronskem trkalniku (LHC) v Cernu so danes predstavili najnovejše rezultate raziskav o zdaj najbolj iskanem delcu v fiziki, o Higgsovem bozonu oziroma tako imenovanem božjem delcu, ki poskrbi za to, da imajo osnovni gradniki snovi maso.

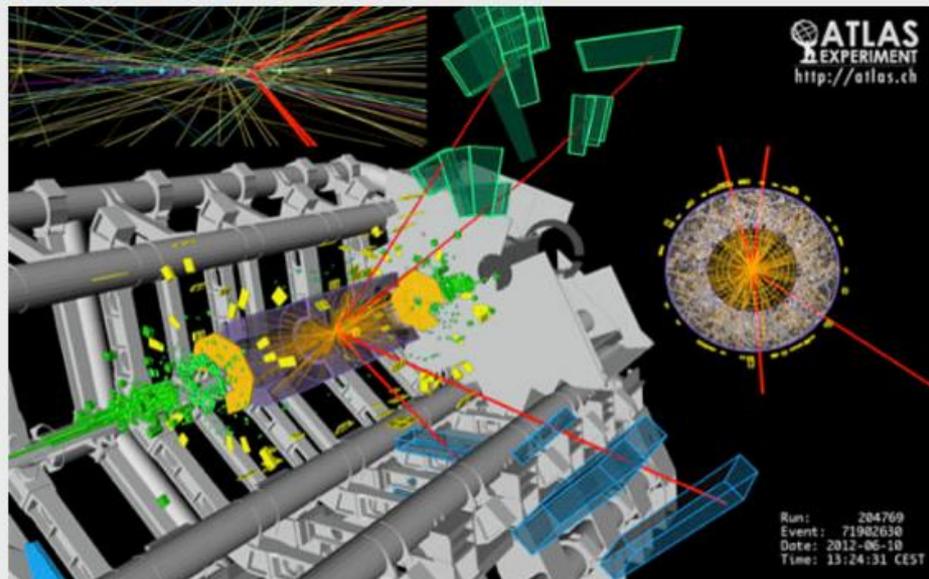
Odgovarjali so na »izziv«, ki so ga v ponedeljek dobili od ameriških kolegov, ki delajo na pospeševalniku delcev Fermilab. Američani so namreč sporočili, da so našli »močne znake« o obstoju Higgsovega bozona, vendar čakajo še na podatke iz Evrope, ki bi potrdili njegovo morebitno odkritje.

*Daily Telegraph je že sinoči povzel urednico Science News Kate Travis in objavil povezavo do videa, ki naj bi ga Cern po nesreči predčasno objavil. V njem je predstavnik ustanove Joe Incandela potrdil, da so našli delec, ki naj bi bil nekaj takega, kot je Higgsov bozon. Na Guardianovi spletni strani pa si lahko ogledate še video o lovu na Higgsov bozon. Na spletni strani Mother Board si lahko ogledate tudi, kaj bi pomenila najdba*

# Odkrivanje Higgsovega bozona tudi z razpršenim superračunalnikom

Računalniki, povezani v svetovno omrežje grid, obdelujejo podatke, ki jih dobijo na velikem hadronskem trkalniku v Cernu.

Andrej Filipičič, Znanost  
sre, 18.07.2012, 18:00



Grafični prikaz izmerjenega trka protonov v detektorju ATLAS. Rdeče črte označujejo rekonstruirane poti mionov skozi detektor. Dva para mionov sta nastala pri razpadu dveh šibkih bozonov Z, razpadnih produktov Higgsovega bozona, ki je nastal ob trku protonov v središču detektorja. Analiza prikazanega ter ostalih dogodkov je bila izvedena v omrežju grid Foto: ATLAS

Ob velikih znanstvenoraziskovalnih projektih v Evropi, kakršen je veliki hadronski trkalnik v Cernu, je zraslo svetovno omrežje grid, ki združuje računske kapacitete raziskovalnih institucij in univerz. Slovenija je v razvoj omrežja vključena že od leta 2004, od leta 2010 pa je demonstracijska gruča na Arnesu na voljo tudi vsem slovenskim raziskovalcem.

»Mislim, da ga imamo«, je vzkliknil Rolf Heuer, generalni direktor evropskega

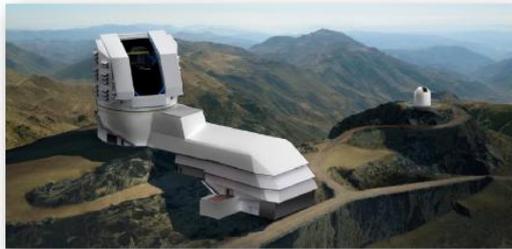
*Iz detektorja ATLAS v dobri uri zajamemo količino podatkov, ki napolni trdi disk, njihova sprotna obdelava pa teče na 3000 jednih računskega centra v Cernu. To je le prva stopnja računanja. Nadaljnja obdelava podatkov in simulacije Monte-Carlo pa zahtevajo še mnogo več. V ilustracijo naj povemo, da računalniška simulacija enega trka protonov pri eksperimentu ATLAS zahteva dobrih petnajst minut računanja enega jedra, nekaj milijard simuliranih dogodkov*

# Optični teleskop Vera C. Rubin



## Observatory overview

### SITE



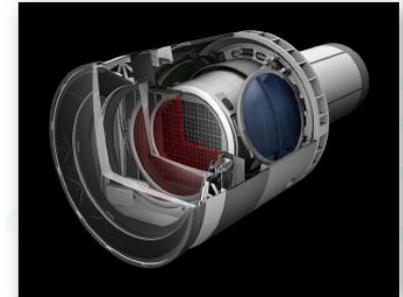
southern hemisphere | 2647m a.s.l. |  
stable air | clear sky | dark nights |  
good infrastructure

### TELESCOPE



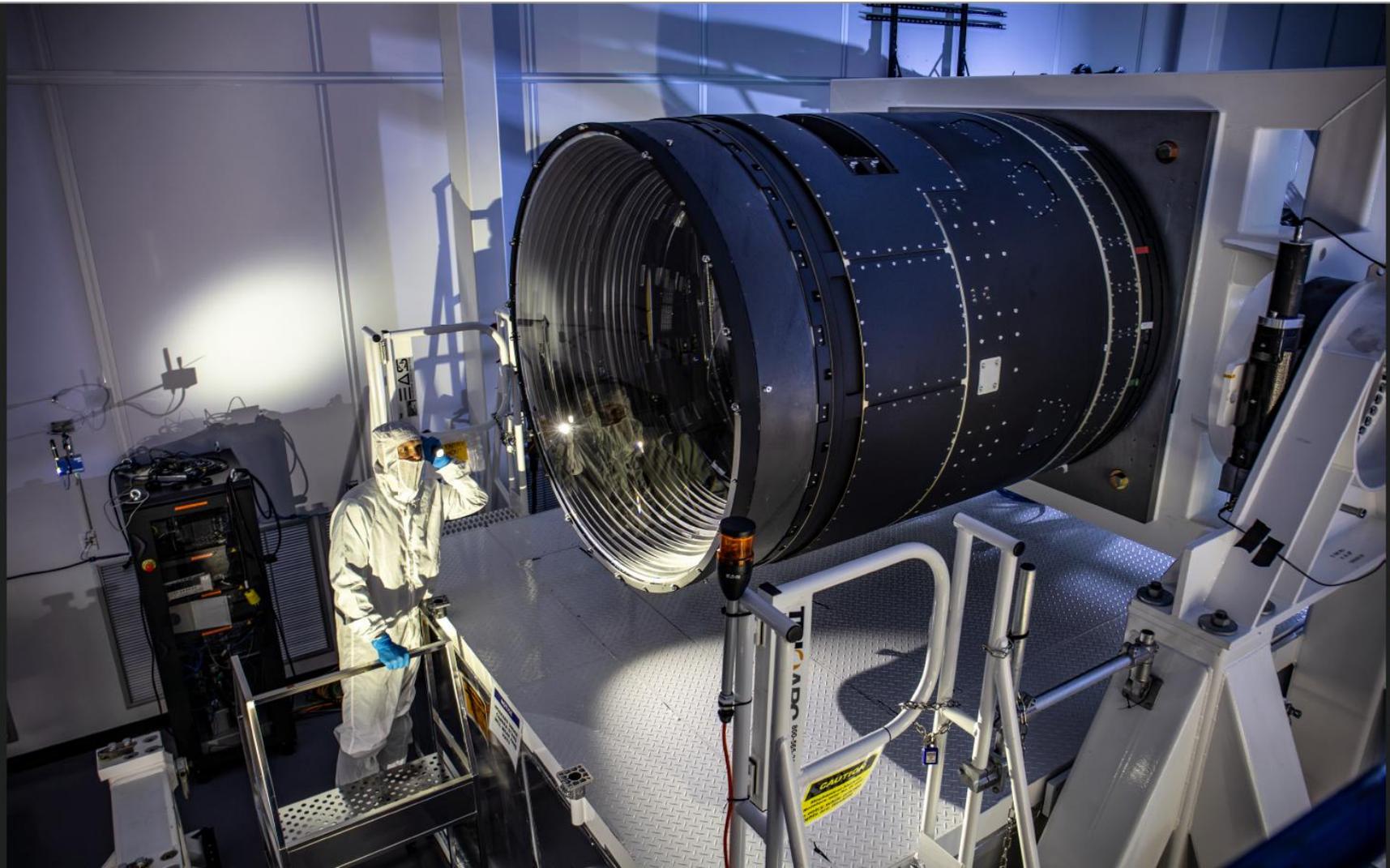
main mirror  $\varnothing$  8.4 m (effective 6.4 m)  
| large aperture: f/1.234 | wide field  
of view | 350 ton | compact | to be  
repositioned about 3M times over  
10 years of operations

### CAMERA



**3.2 G pixels** |  $\varnothing$  1.65 m | 3.7 m  
long | 3 ton | 3 lenses |  $3.5^\circ$   
field of view | 9.6 deg<sup>2</sup> | 6 filters  
ugrizy | 320-1050 nm

# Optični teleskop Vera C. Rubin

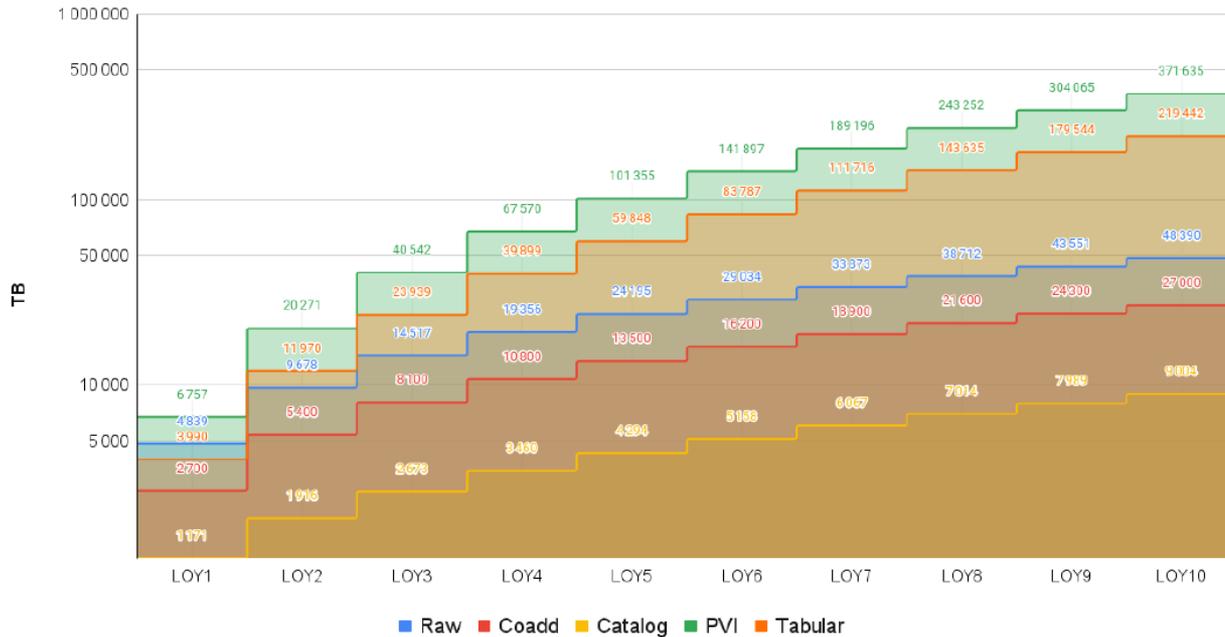


# Optični teleskop Vera C. Rubin



## Cumulative data volume

Size of datasets  
(cumulative to year)



~0.5 EB of data  
by the end of the  
survey by 2035

raw image data (~50 PB)

# Superračunalniki

- Zakaj?



# Kje so superračunalniki?



- **Evropa ([eurohpc-ju.europa.eu](http://eurohpc-ju.europa.eu)):**

- JUPITER (1 exaflopsov)
- LUMI (386 petaflopsov)
- LEONARDO (249 petaflopsov)
- MARENOSTRUM 5 (215 petaflopsov)
- MELUXINA (12,8 petaflopsov)
- KARORLINA (9,6 petaflopsov)
- DEUCALION (7,5 petaflopsov)
- VEGA (6,9 petaflopsov)
- DISCOVERER (4,5 petaflopsov)

- **Slovenija ([doc.sling.si](http://doc.sling.si)):**

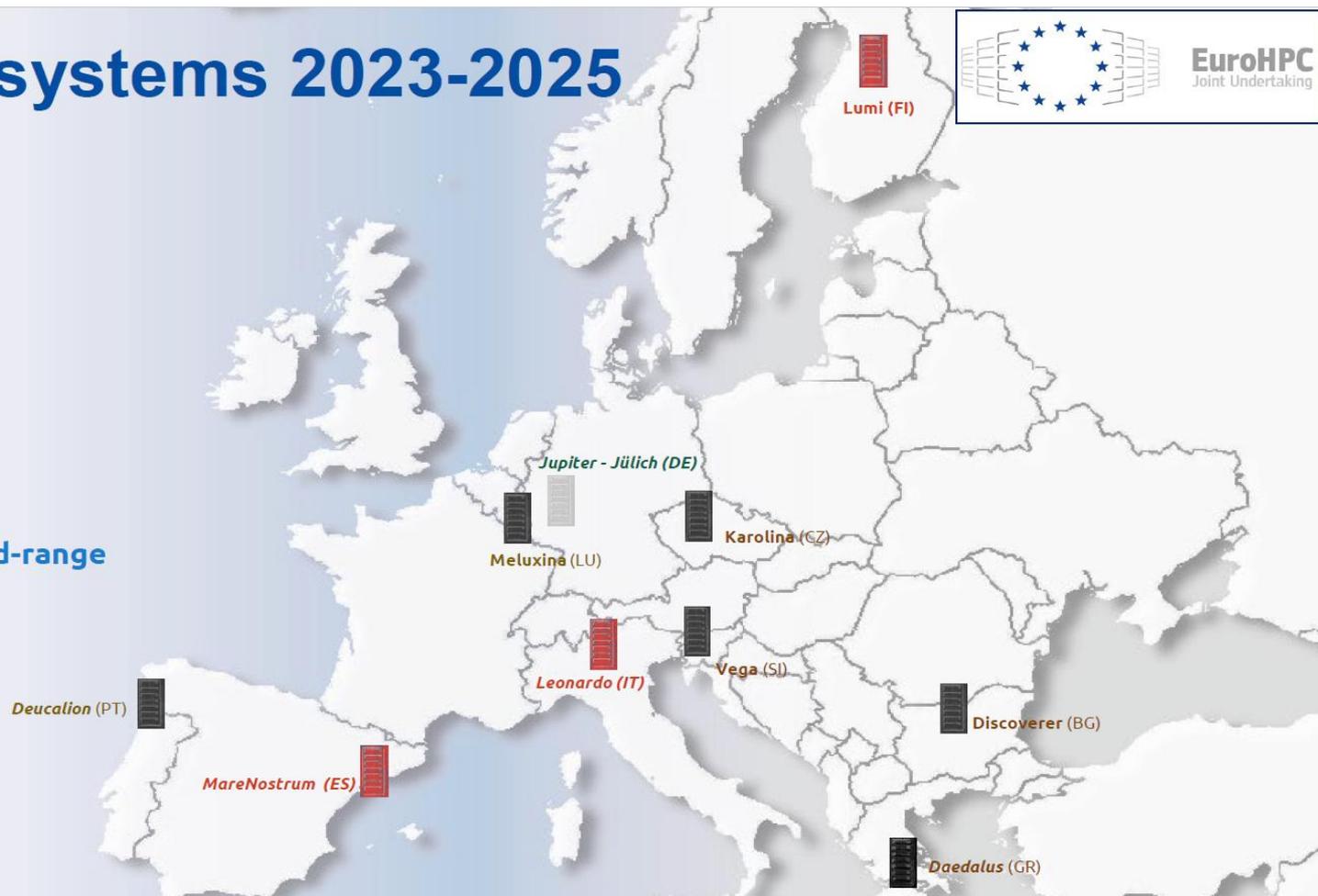
- Univerza v Mariboru (Maister)
- Institut "Jožef Stefan,, (NSC)
- Arnes
- Fakulteta za informacijske študije Novo mesto (Trdina)
- Institut informacijskih znanosti (EuroHPC Vega)

# Superračunalniki

## EuroHPC systems 2023-2025

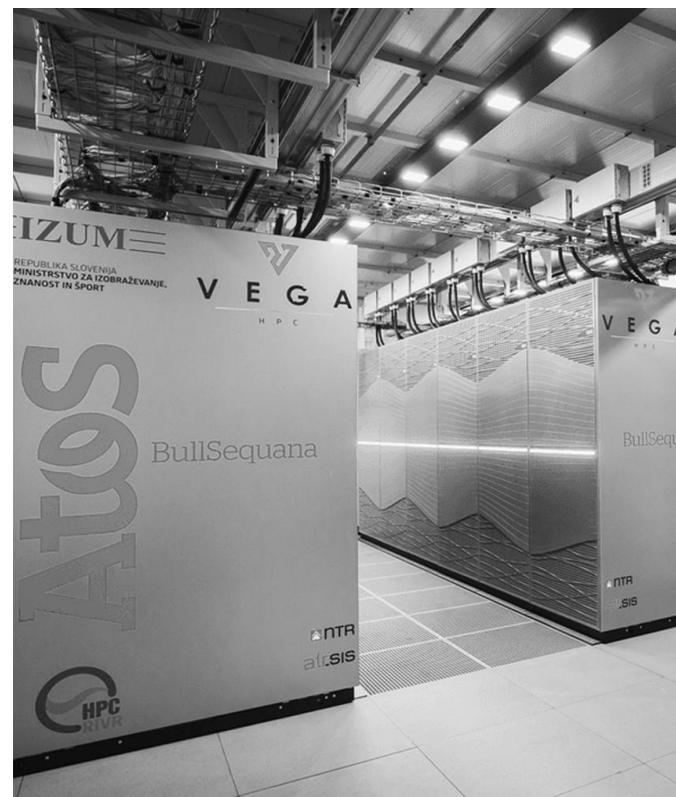


-  Exascale
-  Pre-exascale
-  Petascale / Mid-range



# EuroHPC Vega

- Institut informacijskih znanosti (IZUM) v Mariboru
- 6,92 petaflopsov (3,82 CPU + 3,1 GPU)
- Prvi operativni EuroHPC JU sistem
- ATOS Sequana XH2000
- 1.020 računskih vozlišč, Infiniband 100 Gb/s
- 18 PB Large Capacity Storage Ceph
- 1 PB High Performance Storage Lustre
- Poraba energije < 1 MW,
- Hiperpovezanost 600 Gb/s
- april 2021 : #60 v EU, #198 globalno (top 500)





# Oblaki na Arnesu

- Strežniki + storitve, hramba podatkov



# Izgradnja novih podatkovnih centrov



*Okolica Ljubljane*

# Izgradnja novih podatkovnih centrov



*Okolica Maribora*

REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSITVO,  
ZNANOST IN INOVACIJE

NOC

NAČRT ZA  
OKREVANJE  
IN ODPOVRNOST

Financira  
Evropska unija  
NextGenerationEU

<https://video.arnes.si/watch/pxlsxyj36c2k>



# Storitve (Arnes)

- Povezljivost: IPv4, IPv6, multicast, namenske povezave
- Mobilnost: ArnesAAI, Eduroam
- SaaS:
  - e-pošta/WebMail, Spam filter, Splet-WordPress, Analitika, Učilnice, Filesender, Planer, FTP, NTP (stratum1), IRC...
  - Multimedija: videokonference (Zoom, VID/Jitsi), prenosi v živo, VoD, Lola
- PaaS: MDM (e-identitete), Grid/HPC
- IaaS: strežnik po meri, shramba (diski), AAI/eduroam
- NGI: Nacionalna Grid Iniciativa, SLING
- Varnost: Si-Cert, digitalna strežniška potrdila
- SIX, registracija domen .SI + DNS
- Podpora uporabnikom, izobraževanje, konference
- Razvoj (mednarodno sodelovanje!)



# Računske zmogljivosti

- Strežnik po meri
  - 2vCPU/4GB RAM/40GB disk
    - Možnost povečanja kvote
  - Namestitev (poljubnega) OS [licence]
  - Samostojno upravljanje
- HPC: 9.600 jeder
  - 6.500 na „običajnih“ CPU
  - 1.100 na NVIDIA GPU
    - 48 \* V100S
    - 16 \* H100



# Diskovne zmogljivosti

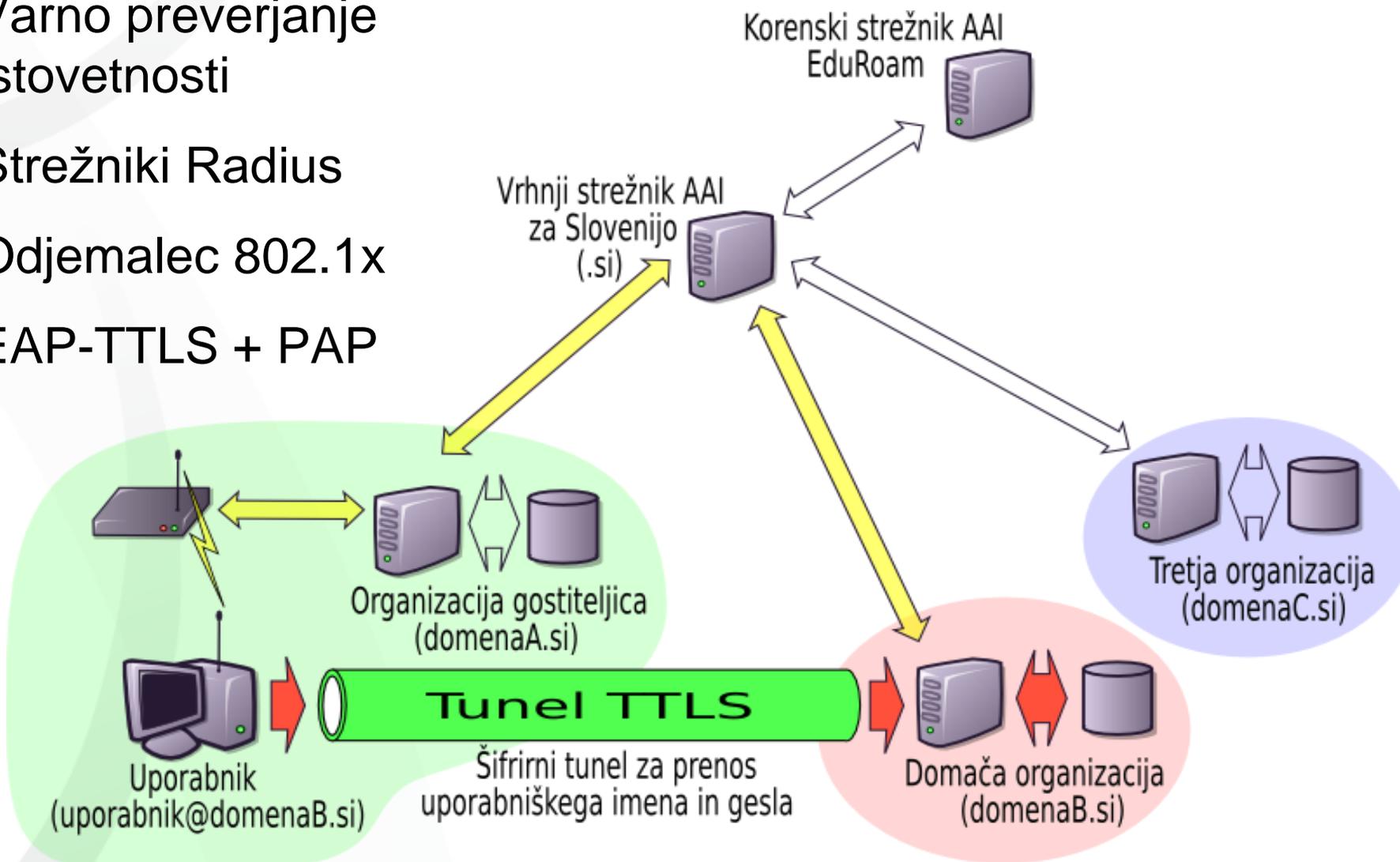
- Strežnik po meri : 160/200+ TB
- Arnes shramba (Ceph/S3) : 1,2 PB
- Arnesova gruča GRID/HPC/HTC/GPU
  - 2 PB (dCache, cache)
- Dolgoročna hramba (trak): 10 PB
  - plan: 30 PB LJ + 30 PB MB



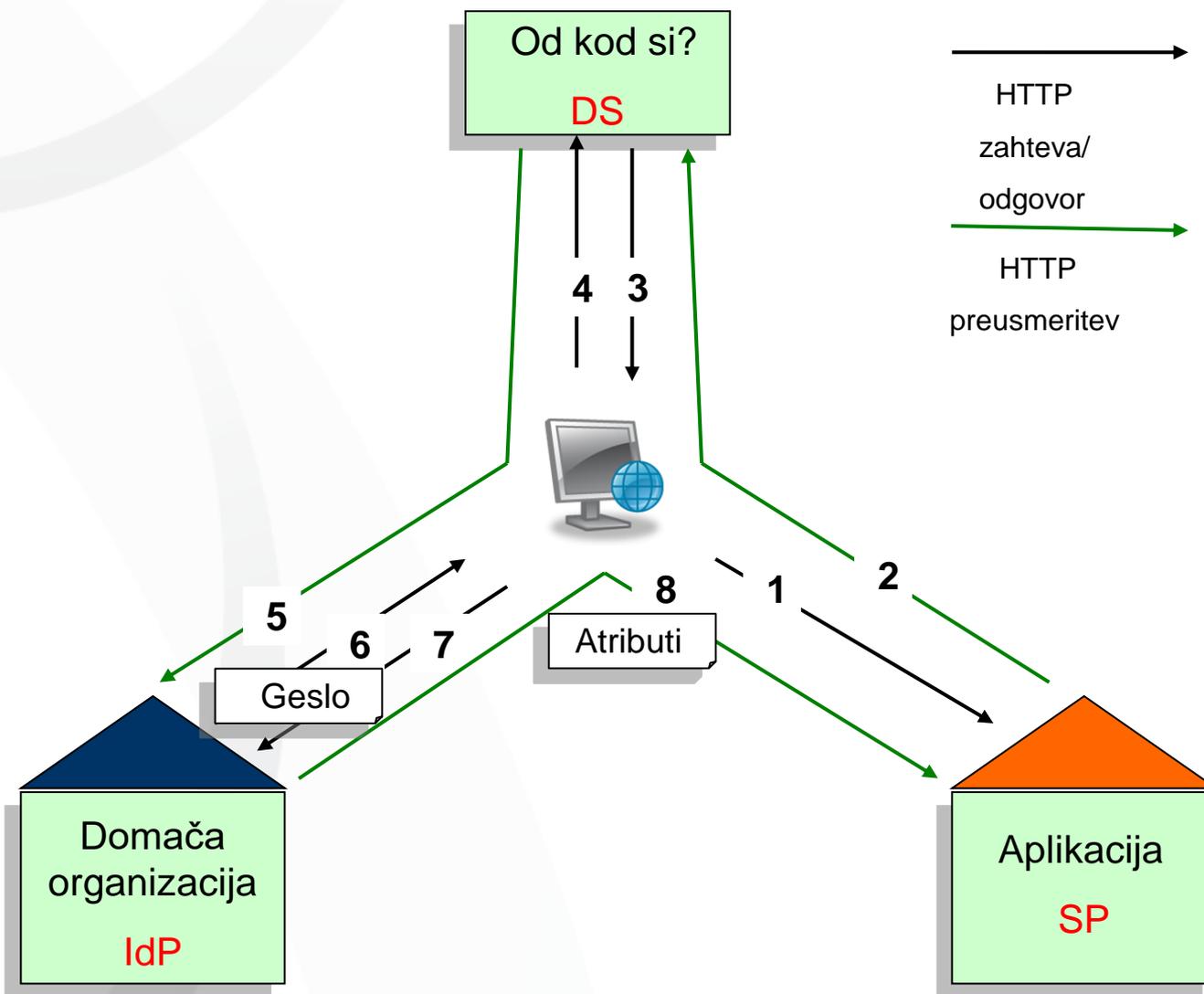
# Mobilnost: WLAN



- Varno preverjanje istovetnosti
- Strežniki Radius
- Odjemalec 802.1x
- EAP-TTLS + PAP



# Shema uporabe AAI



# Predavanje na daljavo v predavalnico

Kako varno mimo čeri interneta?

varna\_raba\_12-13.pdf Full Screen

## Jutranja kava ☺



**Events Index**

Search

Filter Events ▾

- Chat Messages
- Camera

**Predavanje [0:00:00]**

- ;-)
- tista stran od PayPala ni bila ...
- stric Google ;-)
- User [Andrej Flogie] has left t...

**Kamera in zvok**

Benjamin L...

Andrej Flogie

**Seznam udeležencev (6)**

- Hosts (1)**
  - Benjamin Lesjak
- Presenters (2)**
  - Andrej Flogie
  - vika FM
- Participants (3)**
  - Ivana
  - Laura
  - varno

**Klepet (Everyone)**

Benjamin Lesjak: pozdrav in dobrodošli

vika FM: hojla

Andrej Flogie: lep pozdrav iz celja:9

Andrej Flogie: Upam, da

0:00:43/1:13:08

# VoD – Video portal

Domov Kategorije Moji posnetki Moji kanali Moji seznami O portalu

Naslov Avtor Ključnik Licenca Kanal Organizacija

Kategorija: Računalništvo in informatika

Vrstni red Čas objave Število ogledov

Isči

### Najnovější posnetki



**The art of Coca-Cola**  
1:48  
Reklama za Coca-Cola  
Lari Ovsenič  
23 ogledov • pred 2 dneva



**Nacionalno vodilo OS Prejma trijege**  
Katja Dajšek  
97 ogledov • pred 3 tedni



**Srečno 2020**  
Olimpija Jasenica  
65 ogledov • pred 3 tedni



**Klasična in sodobna glasba**  
Igor Kralj  
152 ogledov • pred 3 tedni



**Obrna pušča sledi v anagru**  
Mreža znanja  
65 ogledov • pred 3 tedni



**Glasbene optimizacije**  
Mreža znanja  
65 ogledov • pred 3 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
144 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
137 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
123 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
103 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
138 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
20 ogledov • pred 4 tedni



**Spodbujamo uporabo visokozmogljivega računalništva**  
Igor Kralj  
15 ogledov • pred 4 tedni



**Napovedovanje časovnih vrst v sistemskih upravljalnikih z energijo**  
Mreža znanja  
28 ogledov • pred 4 tedni



**Uporaba superračunalniške grafične za namene analize in modeliranja**  
Mreža znanja  
21 ogledov • pred 4 tedni



**Prejeti podokraj v klinični genetiki za redke bolezni**  
Mreža znanja  
28 ogledov • pred 4 tedni



**RIS - kolonovanje v razvoju novih analitičnih metod v medicini**  
Mreža znanja  
28 ogledov • pred 4 tedni



**Odrejanje in prilagajanje velikih jezikovnih modelov za slovensko**  
Mreža znanja  
34 ogledov • pred 4 tedni



**Umetna inteligenca za znanost**  
Mreža znanja  
29 ogledov • pred 4 tedni



**InterTwin**  
Mreža znanja  
34 ogledov • pred 4 tedni



**Observatorij Vere Rubin in LST - največji astronomski pregled nebe do...**  
Mreža znanja  
33 ogledov • pred 4 tedni



**Realizacijski program Digitalne humanistike: vihi, prodaja in metode, ki p...**  
Mreža znanja  
27 ogledov • pred 4 tedni



**Dan slovenskega superračunalniškega omrežja - Uvodni nagovor**  
Mreža znanja  
32 ogledov • pred 4 tedni



**Algoritmi Luke Veri**  
4 ogledov • pred 1 mesecem



**Women in HPC - Panel Discussion**  
Mreža znanja  
19 ogledov • pred 1 mesecem



**Delavnica - MultiScale Hackathon, Lera Peders**  
Mreža znanja  
12 ogledov • pred 1 mesecem



**Delavnica - MultiScale Hackathon, Tilen Poljak**  
Mreža znanja  
22 ogledov • pred 1 mesecem



**What is MultiScale?**  
Mreža znanja  
24 ogledov • pred 1 mesecem



**Quantum Computing for Fundamental Physics in NISQ era**  
Mreža znanja  
29 ogledov • pred 1 mesecem



**SMASH - Machine Learning for Science and Humanities Postdoctoral Pr...**  
Mreža znanja  
18 ogledov • pred 1 mesecem



**The EPICURE project, Ziga Zebec**  
Mreža znanja  
27 ogledov • pred 1 mesecem



**NCC Slovenia Collaboration, Milan Ojsteršek**  
Mreža znanja  
19 ogledov • pred 1 mesecem



**Catch the heat - Monitoring system for Server Room, Bogan Korežič**  
Mreža znanja  
20 ogledov • pred 1 mesecem



**Supercomputers Adore Deep Learning, Uroš Lehtilä**  
Mreža znanja  
13 ogledov • pred 1 mesecem



**SLING Service Portfolio, Jan Javna Javornik**  
Mreža znanja



**HPC Vega - Slovenian Eur@HPC supercomputer, Dajvan Vah**  
Mreža znanja



**Supercomputing in Slovenia - SLING, Samo Stančič**  
Mreža znanja



**Kalkulacijski inženiring: Preverjanje predstavitve v digitalno tehnologijo**  
BIN



**122/11/2024 23:12:58 M Trasi Programsko programiranje: prvi del bučnega...**  
RIN



**BESTEA**  
Ios Leufer



**Mreža znanja: Modeli odprtih dostopov in platforma Open Research...**  
Mreža znanja

# Elektronska pošta

# 20 GB

- PoP/IMAP/WebMail
- 2024:
  - 280.000 uporabnikov
  - 929 dopisnih seznamov :
    - 9,24 mil. sporočil
    - 398.984 e-naslovov
  - 109 milijonov legitimnih sporočil
  - 43 milijonov spam-a: 99,999% zanesljivost



# DNS

- Primarni za .SI
- SaaS za organizacije
- Rekurzivni DNS-i (v 2024)
  - > 6.100 poizvedb/s
  - konice do 33.000/s
  - 193 milijard na leto!



drag & drop your files here

# 100 GB

Clear all

Select files

From : @arnes.si

File Encryption

Expiry date:

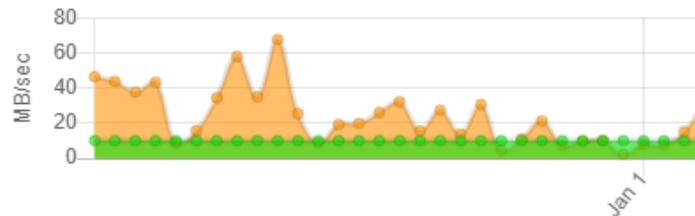
- Notify me when expired
- Notify me when upload is done
- Notify me upon downloads
- Send me a report when expired
- Get a link instead of sending to recipients

[Advanced settings](#)



Send

Global Average Upload Speed of Files over 1 GB



■ Encryption in transit & rest ■ Encryption in transit

# Pomen zanesljivosti delovanja

- Nujnost delovanja storitev
- Kako zagotoviti razpoložljivost?
  - Profesionalnost kadrov
  - Kakovostna oprema
  - Redundanca
  - Nadzor sistemov
  - Dežurna služba



# Redundanca v sistemskem prostoru

- **Infrastruktura**

- Zanesljiva električna (dve veji; UPS, agregat), hlajenje
- Podvojena stikala Ethernet
- Podvojen požarni zid
- Podvojen porazdelilnik bremen
- Podatkovne rešitve
  - Diskovna polja (dvojni krmilniki, RAID, sinhronizacija, Snapshot)
  - Podvojena stikala FC
  - Sistemi za varnostne kopije (disk to disk, disk to tape/LTO)
- DNS

- **Strežniška tehnologija, aplikacije**

- Dvojno povezani strežniki (napajanje, Ethernet, FC) ; ILO
- Virtualizacija: mobilnost VM (VMWare, Ovirt) ; VMWare SRM za register
- Redundantnost vgrajena v aplikacije
  - LDAP, baza, e-pošta...
- Redundanca na osnovi DNS (round robin po zapisih MX, A/AAAA)
- Redundanca z uporabo porazdelilnika bremen



# Omrežje ARNES - storitve

- Hibridni model omrežja
  - Prenos prometa IP
    - IPv4, IPv6
    - QoS (prioritete, prepustnost...), multicast...
  - Povezave točka-točka
    - zahtevni projekti: fizika (IJS, Cern), kemija, genetika, klimatologija, astronomija, medicina...
    - HPC v MB: Vega
    - Povezave do redundantnih rač. centrov (IZUM, NUK...)
    - Porazdeljeno izvajanje koncertov - z več lokacij
- Slovenija, EU, svet (omrežja GÉANT, I2...)



# Redundanca v omrežju

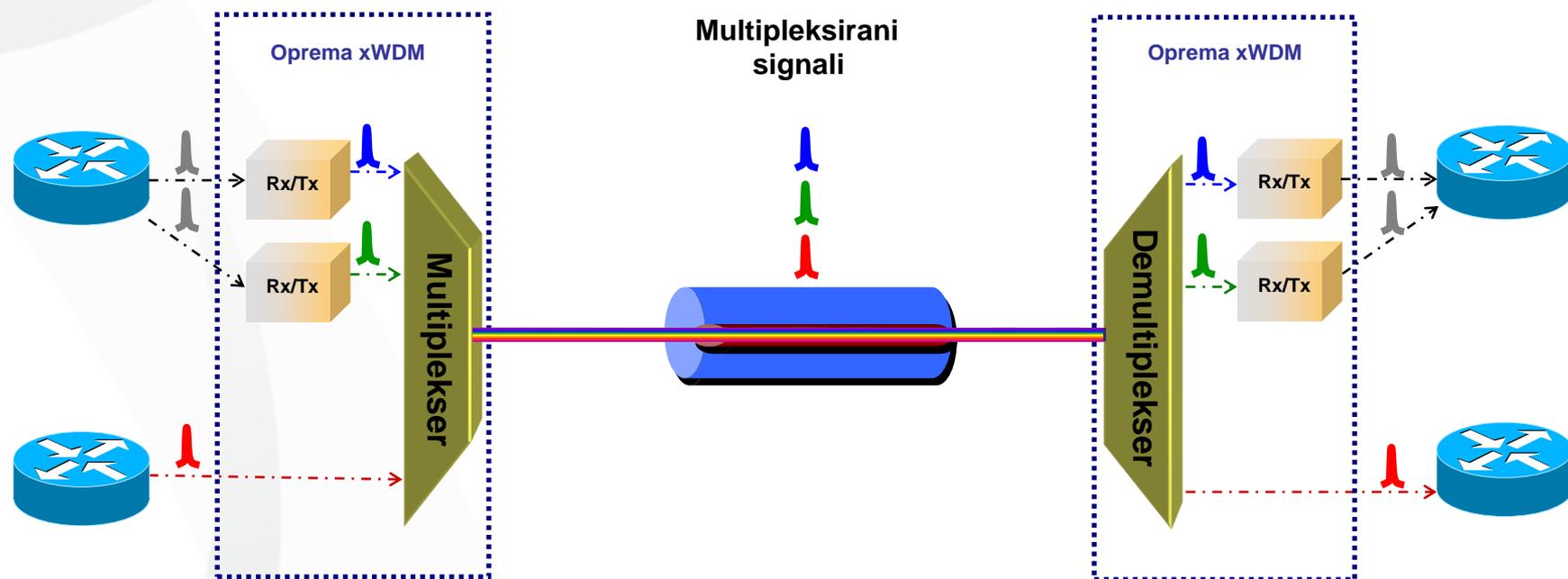
- Vozlišče povezano na dve sosednji
  - En usmerjevalnik na dve vozlišči
  - Dva usmerjevalnika, vsak na eno
- Povezave točka-točka
  - Podvojene povezave (2 ločena sistema)
    - Podvojenost lokalnih zank!
  - Ena povezava, ščiten v DWDM omrežju





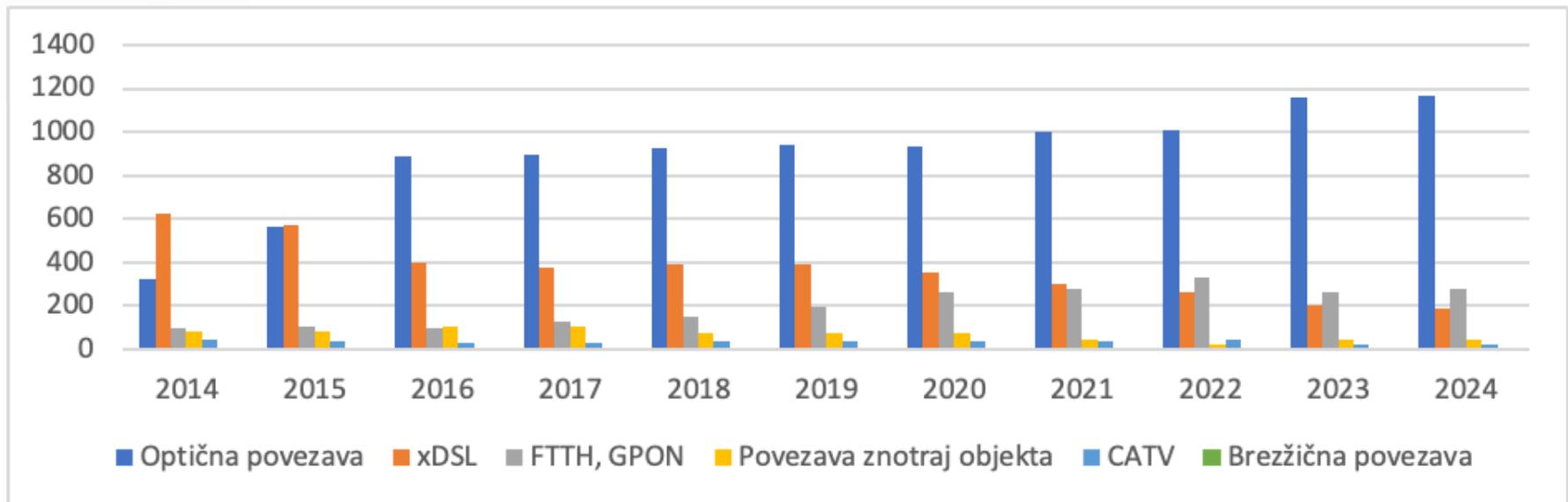


# xWDM: več signalov preko enega vlakna



# Povezava članic v omrežje

- 1.727 članic



# Upravljana omrežja

- Hrbtenično omrežje (jedro, hrbtenica)
- Dostopovno omrežje – povezave članic
- Kampus omrežja
- SIX
- Podatkovni centri

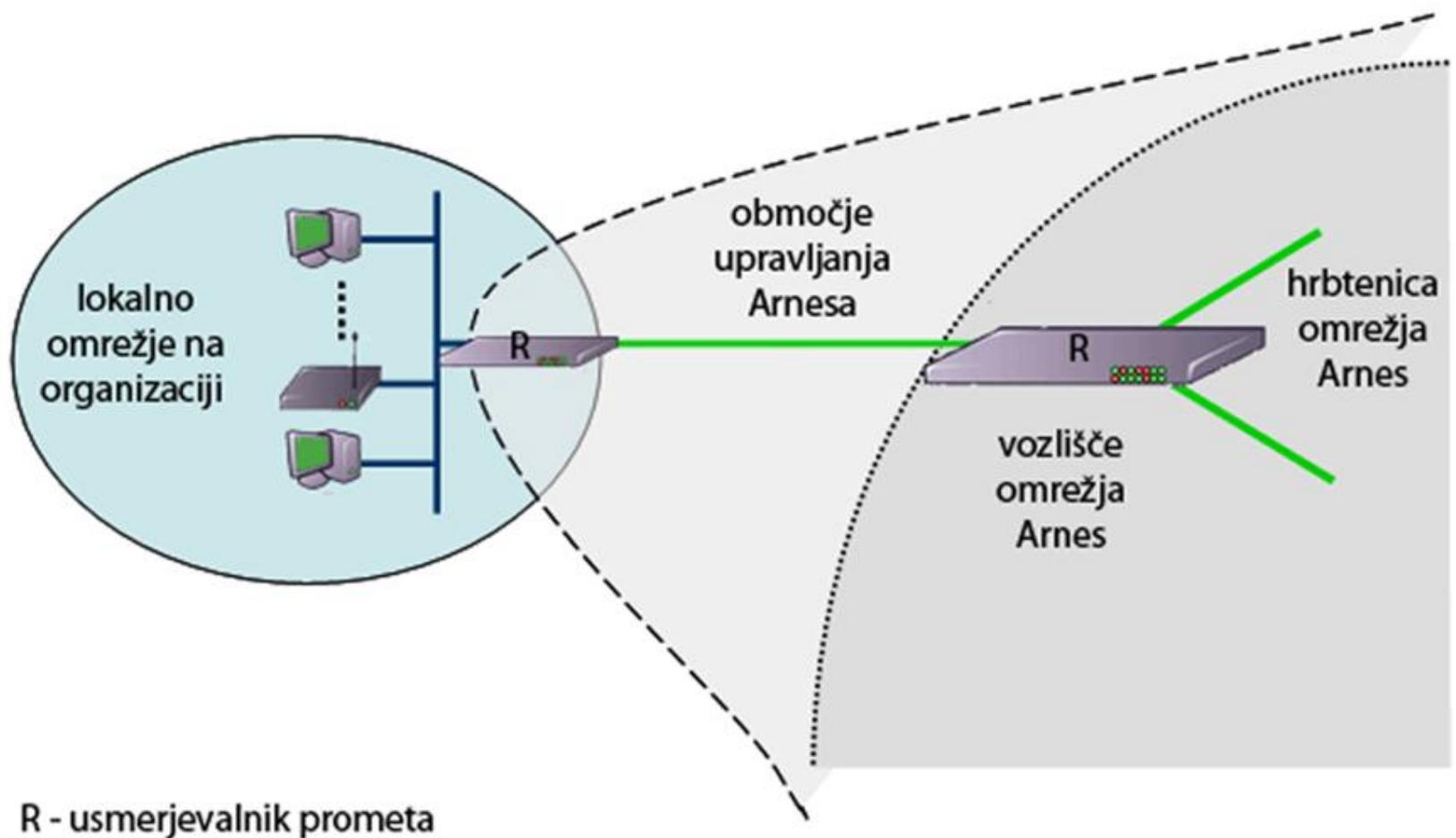


# Kaj upravljati?

- Omrežje je kompleksen sistem
  - Nekaj deset tisoč naprav, množica stanj
  - Velika raznolikost
    - Usmerjevalniki
    - Ethernet stikala
    - xWDM oprema
    - Sistemi za napajanje (UPS, agregat...)
    - Pretvorniki/modemi
    - Dostopovne točke WiFi
  - Povezave med napravami



# Do kod upravljati?



# Upravljanje omrežja

- Konfiguracije omrežnih naprav
  - Priprava, vzdrževanje, shranjevanje
- Stabilnost delovanja
  - Nadzor stanja, odprava napak...
- Varnost
  - Kontrola dostopa, odkrivanje anomalij...
- Zmogljivost
  - Omrežnih naprav
  - Povezav
  - Mehanizmov QoS
- Beleženje
  - Zbiranje podatkov
  - Izdelava statistik...

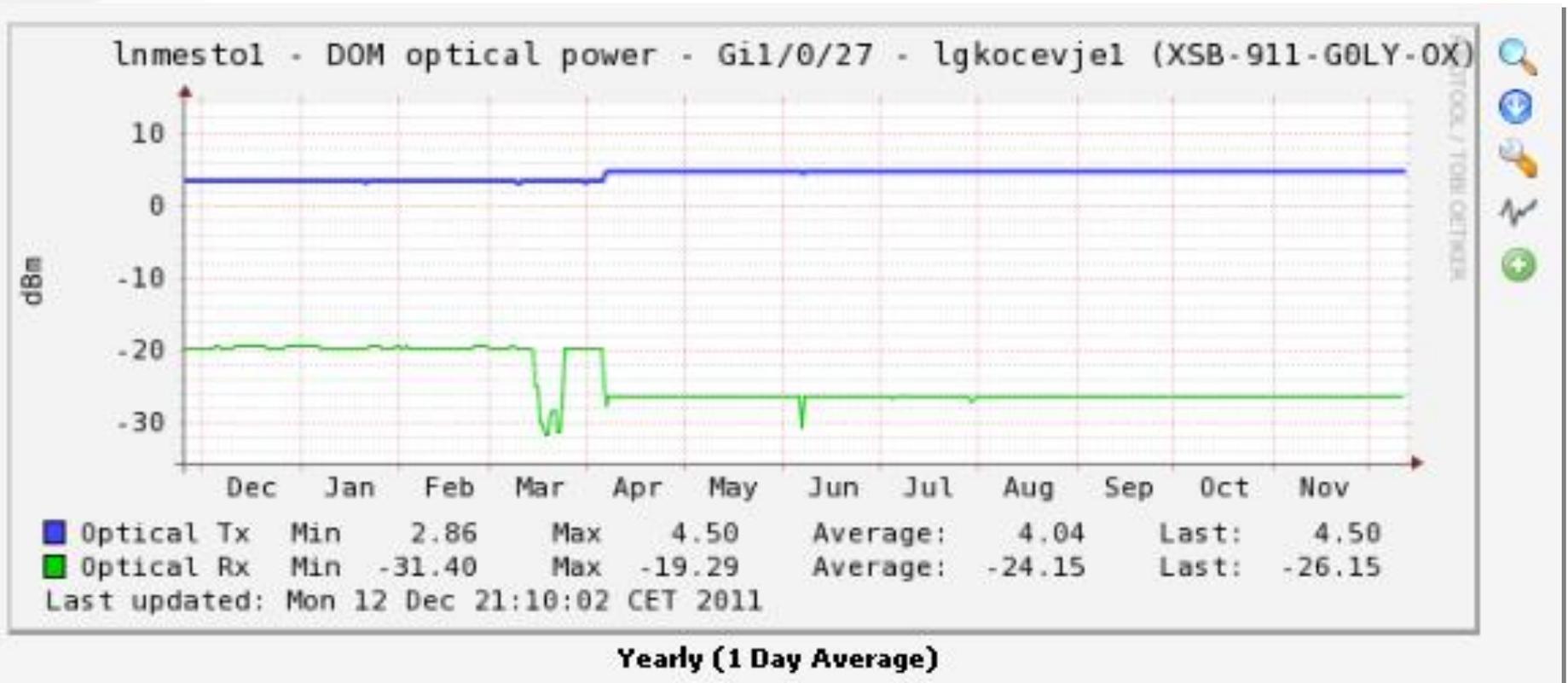


# Orodja - uporaba

- Generiramo/shranjujemo/spreminjamo konfiguracije
- Zajemamo podatke (promet, napake, CPU...)
- Rišemo grafe, topologijo omrežja
  - Stanje
  - Trendi
- Zaznavamo probleme
  - Ob prekoračitvi neke vrednosti
  - Ob nedosegljivosti naprave...
  - Ob nekem sporočilu
  - Avtomatsko obveščanje: e-pošta, SMS...
- Odkrivamo vzroke za probleme (debugging)



# Primer: optični signal – Rx moč

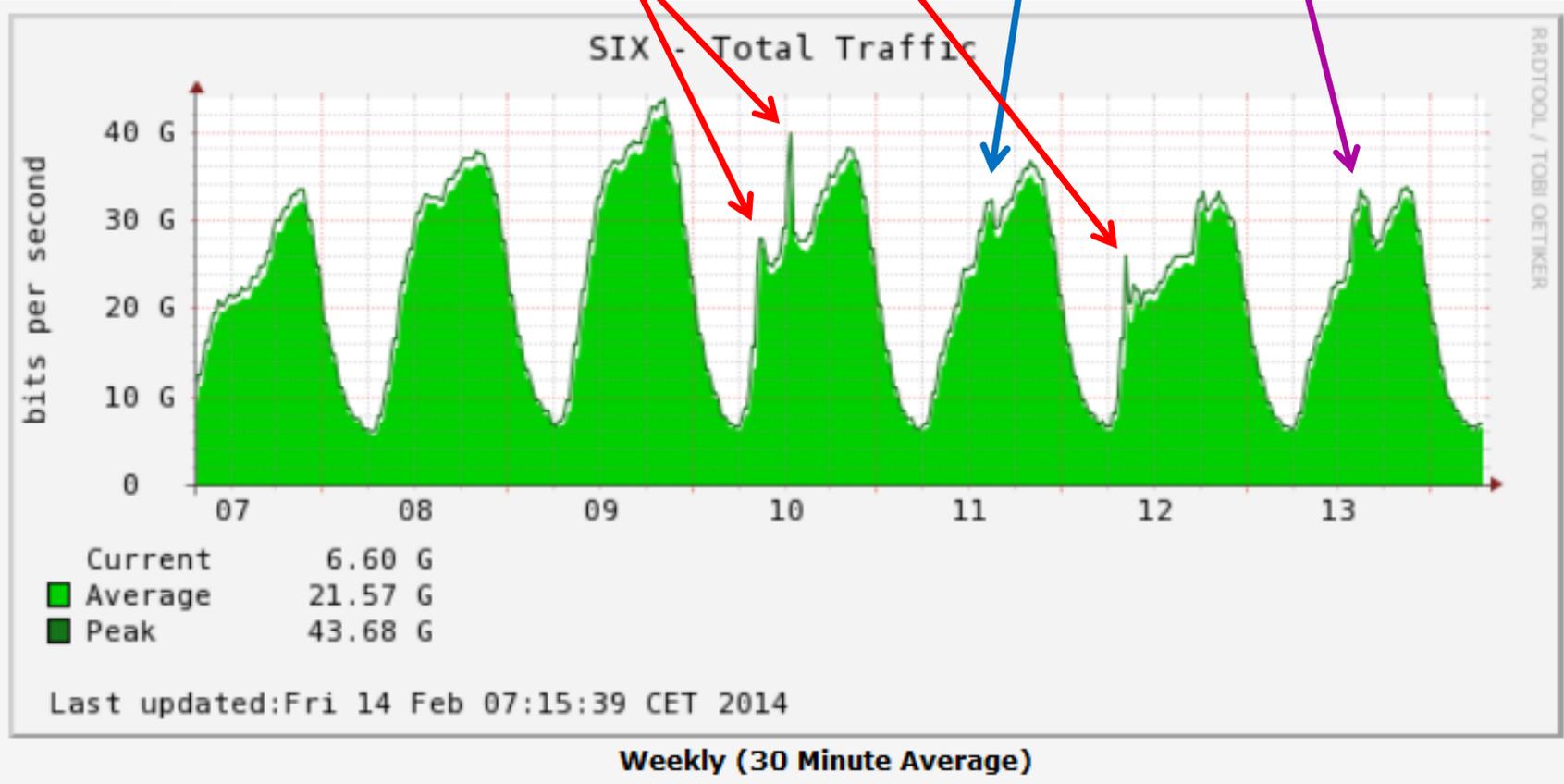


# SIX – OI Soči 2014

**Vesna Fabijan**  
tek na smučeh - šprint

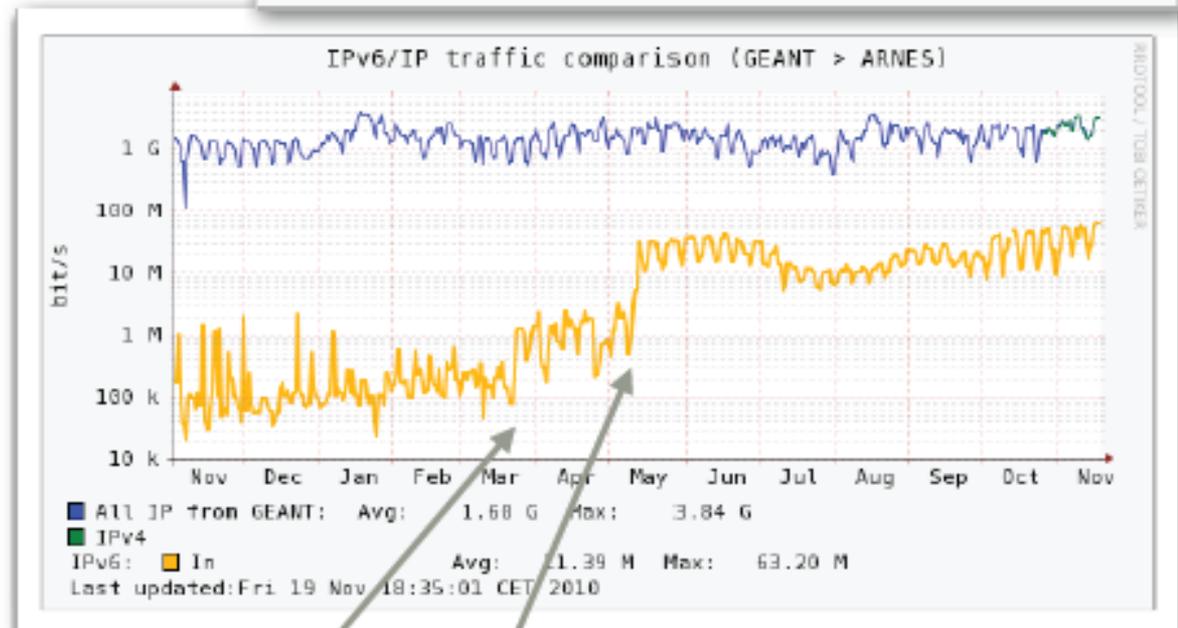
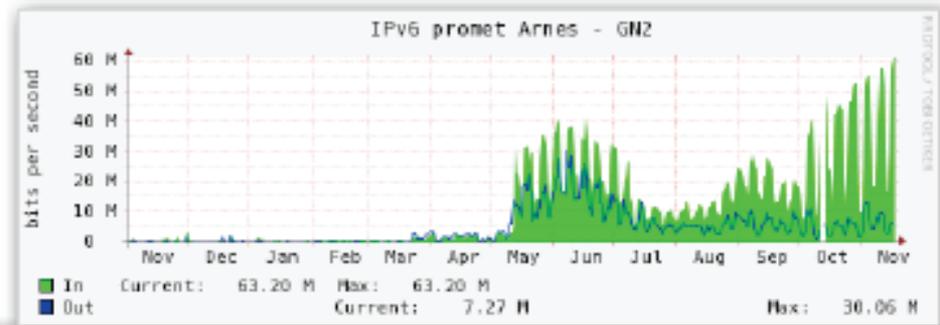
**Tina Maze**  
kombinacija smuk

**Hokej Slovenija-Rusija**



# Primer grafa – porast prometa IPv6

- promet počasi in stalno narašča
- pred enim letom (11/2009)
  - **1:7.000**
- danes (11/2010)
  - **1:70**



štud.domovi

google

# Orodja - osnovna

- “Enostavna” orodja
  - Ping
  - Traceroute
- Oddaljen dostop (ssh, telnet) + CLI ;  
HTTP
- SNMP
- Syslog



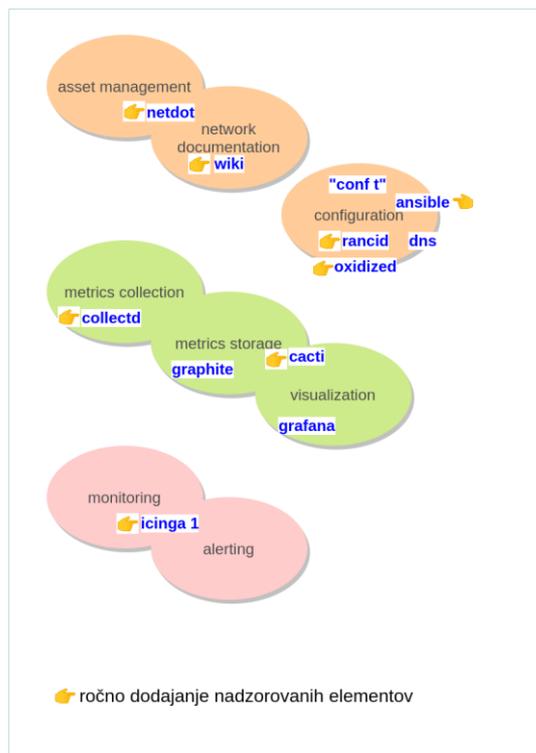
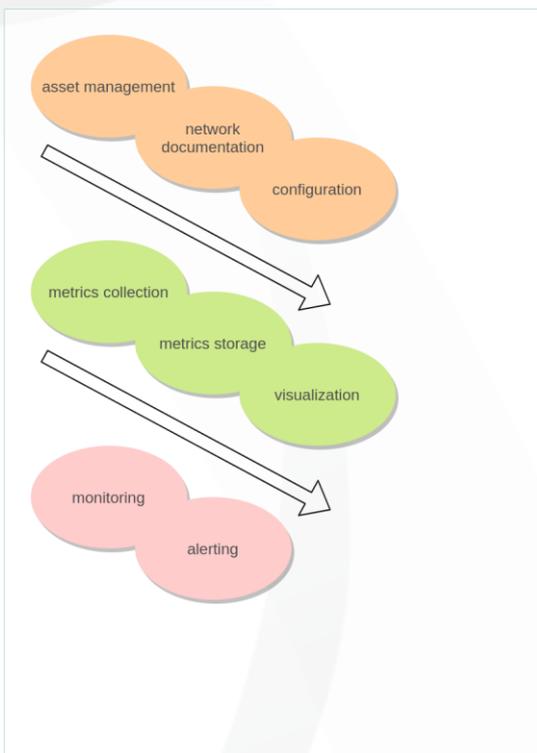
# Orodja - napredna

- Prosto dostopno programje
  - Oxidized: arhiviranje konfiguracij
  - SmokePing
  - Cacti -> SNMPcollector, CollectD/Graphite; Grafana
  - Icinga2 : preverjanje stanja
  - Syslog-ng : naprave sporočajo dogodke
  - Netflow: nfsen, nfdump...
  - OTRS (ticketing sistem)
  - Capirca (ACL)
  - netbox/IPAM : upravljanje z naslovnim prostorom IP
  - Dokumentacija (netdot->Snipe-IT, netbox, wiki, GoogleEarth...)
- ANSO: lastne skripte, aplikacije
  - Priprava + instalacija konfiguracij
  - Upravljanje naslovnega prostora
  - ACL generator
  - Nadzor usmerjevalnih tabel (BGP, OSPF)
  - SLA monitor
  - ...

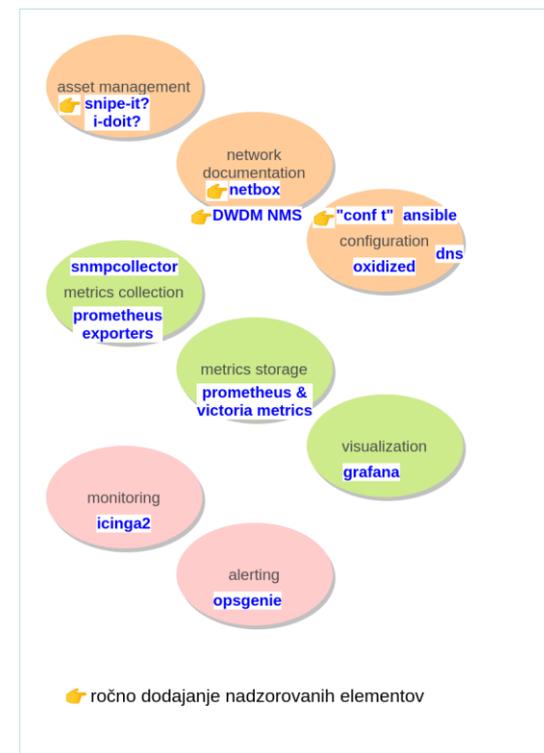


# Dinamika uporabe orodij

## Staro stanje



## Novo stanje

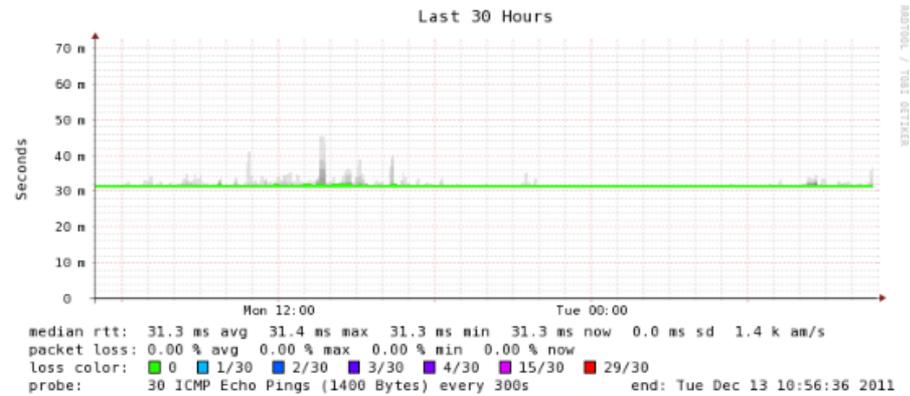


# Orodja - napredna

- komercialni produkti
  - Splunk: analiza syslog
  - Se jim izogibamo
    - Kompleksni, zmogljivi, optimizirani
    - Dragi
    - Težko obvladljivi in razširljivi
- Splunk -> ELK:
  - Elasticsearch, Logstash, Kibana



# SmokePing



**Asset Inventory**

By

Type	Model	Count
<b>Total Assets:</b>		
		<b>2066</b>
<b>Chassis</b>		<b>38</b>
	SH7HU	33
	SH9HU	5
<b>Console Server</b>		<b>10</b>
	ACM5004-G-E	5
	IM4232-2-DAC-X2-EU	3
	IM4232-2-DAC-X2-G-EU	2
<b>Cooling</b>		<b>12</b>
	ACRC103	12
<b>DAC Cable</b>		<b>34</b>
	DAC, 1 meter	2
	DAC, 1 meter, rev 1	7
	DAC, 1 meter, rev 3	2
	DAC, 1 meter, rev A00	12
	DAC, 3 meter, rev 2	2
	DAC, 3 meter, rev 3	3
	DAC, 5 meter, rev 1	1
	DAC, 5 meter, rev 2	2
	DAC, 5 meter, rev 3	3
<b>Module</b>		<b>630</b>
	10PCA-PCN-1G3+10G	7
	16CSM-#D01-#D32-SFA	9
	16CSM-#D01-#D32-SFB	9
	1CSM+#D04-E/V	3
	1CSM+#D15-E/W	4
	1CSM+#D16-E/W	4
	1CSM+#D31-E/W	4
	1CSM+#D32-E/W	4
	2BSM-#D01-#D32	21
	2BSM/P-#C1270-#C1610-DM	5
	2PCA-PCN-10G	6
	2WCC-PCN-10G	5
	3BSM-#G1310-#C1610	4
	40CSM/2HU-#D02-#D32	4
	4CSM-#C1470-#C1610	2
	4CSM-#D09-#D12	5
	4CSM-#D13-#D16	5
	4CSM-#D25-#D28	5
	4CSM-#D29-#D32	5
	4GSM-#D01-#D16	6
	4GSM-#D17-#D32	6
	4TCA-PCN-4GU+4G	4
	ASR1000-ESP40	2
	ASR1000-RP2	2
	ASR1000-SIP40	2
	ASR1004-PWR-AC	4

Device Tasks [new] [hide]

**Find Devices**

Name/IP/MAC:

Names within:

Device: **lijtpl1.arnes.si** [\[HTTP\]](#) [\[HTTPS\]](#) [\[refresh\]](#) [\[snmp-update\]](#) [\[delete\]](#)

Device Modules (311)

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
1	WS-C6506-E	chassis	WS-C6506-E	Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Chassis System	Cisco 6506, SAL1442X7GA, 588D09EB34C0

[csv]   items per page

Module 1 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
2	Physical Slot 1	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
8	Backplane	backplane		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot backplane	-
3	Physical Slot 2	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
4	Physical Slot 3	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
5	Physical Slot 4	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
6	Physical Slot 5	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
7	Physical Slot 6	container		Cisco Systems, Inc. Catalyst 6500 6-slot Physical Slot	-
13	Container of Fan FRU 1	container		Container of Fan FRU	-
15	Container of Container of Power Supply	container		Container of Container of Power Supply	-

[csv]   items per page

Module 2 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4000	1	module	WS-X6704-10GE	WS-X6704-10GE CEF720 4 port 10-Gigabit Ethernet Rev. 2.6	Cisco WS-X6704-10GE, SAL11402ZXR

[csv]   items per page

Module 4000 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4001	CPU of Module 1	module		CPU of Module 1	-
4002	module 1 power-output-fail Sensor	sensor		module 1 power-output-fail Sensor	-
4100	Te1/1	port		Transceiver Port Te1/1	-
4003	module 1 outlet temperature Sensor	sensor		module 1 outlet temperature Sensor	-
4101	Te1/2	port		Transceiver Port Te1/2	-
4004	module 1 inlet temperature Sensor	sensor		module 1 inlet temperature Sensor	-
4102	Te1/3	port		Transceiver Port Te1/3	-
4005	module 1 insufficient cooling Sensor	sensor		module 1 insufficient cooling Sensor	-
4103	Te1/4	port		Transceiver Port Te1/4	-
4006	EARL Switching Engine Container 1	container		Switching Engine Container 1	-

## Module 4000 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4001	CPU of Module 1	module		CPU of Module 1	-
4002	module 1 power-output-fail Sensor	sensor		module 1 power-output-fail Sensor	-
4100	Te1/1	port		Transceiver Port Te1/1	-
4003	module 1 outlet temperature Sensor	sensor		module 1 outlet temperature Sensor	-
4101	Te1/2	port		Transceiver Port Te1/2	-
4004	module 1 inlet temperature Sensor	sensor		module 1 inlet temperature Sensor	-
4102	Te1/3	port		Transceiver Port Te1/3	-
4005	module 1 insufficient cooling Sensor	sensor		module 1 insufficient cooling Sensor	-
4103	Te1/4	port		Transceiver Port Te1/4	-
4006	EARL Switching Engine Container 1	container		Switching Engine Container 1	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4100 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4200	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/1	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/1	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4101 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4201	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/2	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/2	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4201 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4312	Transceiver Te1/2	module	XENPAK-10GB-SR	Xenpak Transceiver 10Gbase-SR Te1/2	Cisco XENPAK, SR, IJM1147M10N

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4312 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4313	Te1/2 Module Temperature Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Module Temperature Sensor	-
4314	Te1/2 Supply Voltage Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Supply Voltage Sensor	-
4315	Te1/2 Bias Current Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Bias Current Sensor	-
4316	Te1/2 Transmit Power Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Transmit Power Sensor	-
4317	Te1/2 Receive Power Sensor	sensor		TenGigabitEthernet1/2 Receive Power Sensor	-

[csv]

Show 50 items per page

## Module 4102 contains:

Number	Name	Class	Model	Description	Asset
4202	10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/3	container		10-Gigabit Transceiver Port Container Te1/3	-

[csv]

Show 50 items per page

Alarm Begin/End today, 06:10 - 06:25 (16 min)

1 affected object , 10 events

Events First/Last today, 06:08 / 06:09

Timeframe: 2025-01-10 05:07 - 07:10 2025-01-10 back forward NOW

Live Update

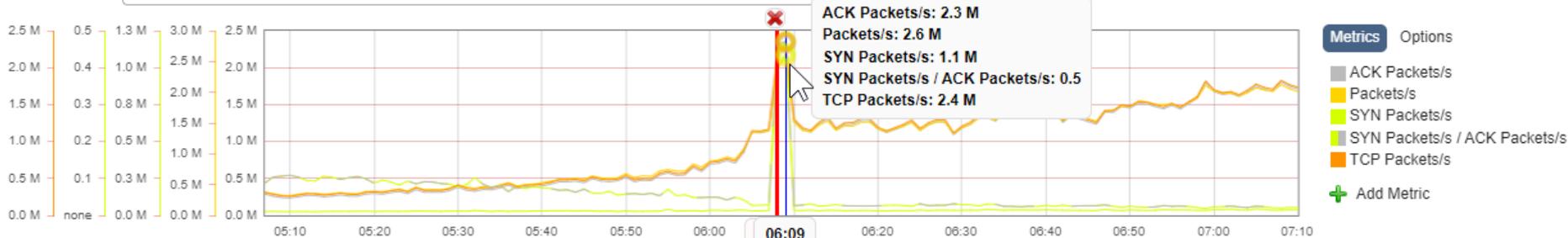
Create Report

Save Analysis

scrolling

Target Details Target Sparklines Visual Explorer

Target Object: ARNES (AS2107)



Metrics Options

- ACK Packets/s
- Packets/s
- SYN Packets/s
- SYN Packets/s / ACK Packets/s
- TCP Packets/s
- + Add Metric

((router mx1.bud.hu.geant.net and if 527) or (router mx1.bud.hu.geant.net and if 554) or (router mx1.bud.hu.geant.net and if 826) or (route...

Suggest Analysis

<

History

>

Filter to ACL

Filter to Plot

Filter (switch to visual mode)

as 2107 and proto tcp and flags S and flags A

Top-N (Auto) Possible Targets (Auto) Parallel Coordinates Aggregated Flows

Auto-update

Auto-update

Search Top- 10 Src IPs ordered by Packets

Search Top- 10 Dst IPs ordered by Packets

Results for: 2025-01-10 06:08 - 2025-01-10 06:13

Results for: 2025-01-10 06:08 - 2025-01-10 06:13

Packets	Estimated Rate	% of Total	Src IPs
144900	402.50	2.17	80.67.68.26
138000	383.33	2.07	23.32.221.91
120000	333.33	1.80	80.67.68.35
91500	254.17	1.37	199.232.214.172
86400	240.00	1.30	2a00:1450:4002:8::a
60300	167.50	0.90	151.101.242.172
45300	125.83	0.68	34.117.35.28
25500	70.83	0.38	2a02:26f0:1d00::5f65:7a58
25200	70.00	0.38	23.32.221.157
24300	67.50	0.36	2a04:4e42:39::684

Packets	Estimated Rate	% of Total	Dst IPs
121501200	337.50 k	97.86	193.2.1.67
139800	388.33	0.11	2001:1470:ff80:e3:3eec:eff:fe5d:4798
133200	370.00	0.11	193.2.253.126
111300	309.17	0.09	194.249.231.23
94500	262.50	0.08	193.2.128.46
86400	240.00	0.07	2001:1470:f62d:cc:dc62:93a9:d63e:b749
85200	236.67	0.07	153.5.82.1
77400	215.00	0.06	153.5.147.125
68400	190.00	0.06	194.249.197.45
66900	185.83	0.05	194.249.197.48

### Summary of Open Alerts (Generated on: 2025-01-11 10:47:26)

Auto refresh:  Dates/Times in

See all alerts opened during [the last hour](#), [the last 24 hours](#), or [last 7 days](#).

**There are currently no open alerts.**

## Recent Alert Analyses

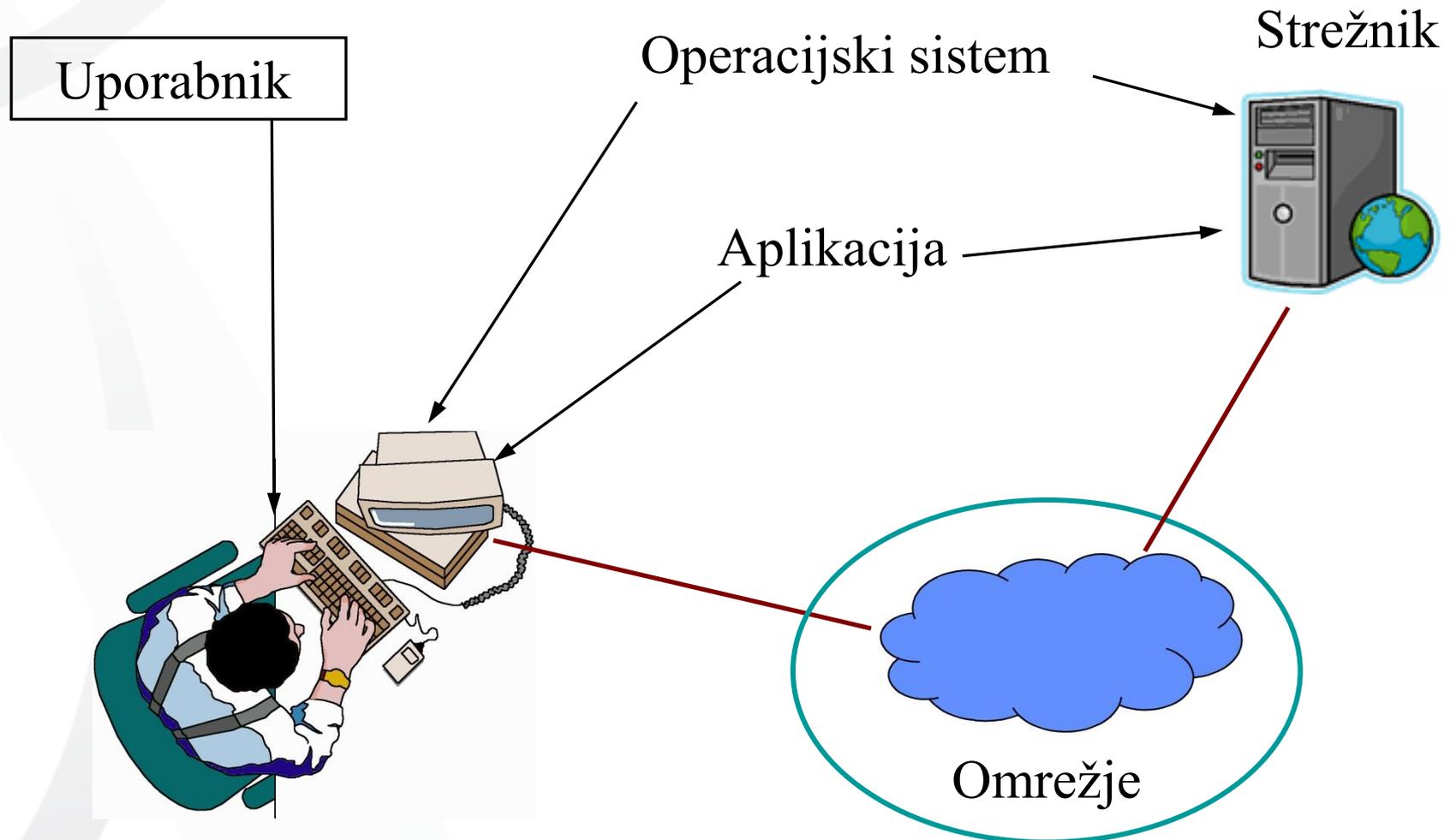
	Alert ID	Object	Comment	Created by	Created on
<a href="#">View</a>	358157	ARNES (AS2107)	ARNES TCP Scan 10.01 06:07-06:10	Ryan Richford	2025-01-10 08:39
<a href="#">View</a>	354841	ARNES (AS2107)	ARNES False positive/normal traffic 15-12 09:05-09:19	Ryan Richford	2024-12-16 09:21

# Upravljanje varnosti

- Zaščita omrežnih naprav
  - ACL, požarni zid
  - Omejitev količine prometa, ki pride do CPU
- Zaščita omrežij:
  - Lokalnega omrežja pred internetom
  - Interneta pred lokalnim omrežjem
- Pomoč - dnevniški zapisi
  - Syslog, SNMP trap...
  - Netflow (sFlow)



# Diagosticiranje



# Diagnosticiranje v omrežjih IP

- Lokalizacija/identifikacija razlogov za probleme v omrežju
  - Tradicionalna orodja (ping, traceroute) niso dovolj dobra.



# Težave tradicionalnih orodij

```
$ ping -s www.uni-mb.si
```

```
PING www.uni-mb.si: 56 data bytes
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=0. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=1. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=2. time=3. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=3. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=4. time=4. ms
```

```
64 bytes from www.uni-mb.si (164.8.23.111): icmp_seq=5. time=3. ms
```

```
^C
```

```
----www.uni-mb.si PING Statistics----
```

```
6 packets transmitted, 6 packets received, 0% packet loss
```

```
round-trip (ms) min/avg/max = 3/3/4
```

```
$
```



# Težave tradicionalnih orodij

```
$ ping -s www.cnn.com
```

```
PING www.cnn.com: 56 data bytes
```

```
^C
```

```
----www.cnn.com PING Statistics----
```

```
86 packets transmitted, 0 packets  
received, 100% packet loss
```

```
$
```



# Težave tradicionalnih orodij

## \$ traceroute www.cnn.com

```
traceroute: Warning: www.cnn.com has multiple addresses; using 157.166.255.18
traceroute to www.cnn.com (157.166.255.18), 30 hops max, 40 byte packets
 1 ojstrica.arnes.si (193.2.1.193) 1.066 ms 0.614 ms 0.596 ms
 2 rarnes13-G1-0x90.arnes.si (194.249.16.201) 1.351 ms 2.889 ms 2.330 ms
 3 larnes6-V103.arnes.si (212.235.160.237) 1.321 ms 1.387 ms 1.337 ms
 4 rarnes2-X0-0-0x102.arnes.si (212.235.160.243) 1.248 ms 4.673 ms 1.417 ms
 5 arnes-bckp.rt1.bud.hu.geant2.net (62.40.124.113) 8.571 ms 8.356 ms 8.827 ms
 6 bpt-b2-link.telia.net (80.239.134.1) 8.288 ms 8.561 ms 10.863 ms
 7 hbg-bb2-link.telia.net (80.91.250.134) 33.143 ms 30.328 ms 30.540 ms
 8 ldn-bb2-link.telia.net (80.91.250.151) 45.309 ms
   ldn-bb2-link.telia.net (80.91.254.219) 44.087 ms
   ldn-bb2-link.telia.net (80.91.250.151) 44.262 ms
 9 80.91.253.118 (80.91.253.118) 116.576 ms
   nyk-bb2-pos0-2-0.telia.net (213.248.65.94) 116.007 ms 118.039 ms
10 nyk-b5-link.telia.net (80.91.248.162) 114.598 ms
   nyk-b5-link.telia.net (80.91.248.154) 118.482 ms 147.873 ms
...
17 ae-2.ebr3.Atlanta2.Level3.net (4.69.132.85) 136.046 ms 144.237 ms 143.677 ms
18 ae-11-51.car1.Atlanta1.Level3.net (4.68.103.2) 313.401 ms 225.119 ms 237.362 ms
19 * * *
20 * * *
21 * * *
22^C
$
```



# Težave tradicionalnih orodij

- Pogoj za zanesljivost rezultatov:
  - Transparentnost omrežja
  - Odzivnost omrežnih naprav
- Dejansko stanje:
  - Omrežne naprave testni promet
    - Zavračajo/se ne odzovejo?
    - Omejujejo?
    - Obravnavajo z nižjo prioriteto?
- Zapleti ob uporabi QoS v omrežju (DSCP)
  - Kje se paketi “barvajo”?
  - Kje se izvaja omejevanje posameznih razredov prometa?
  - Se “barva” paketov ohranja na celotni poti?
  - A vsi omrežni elementi zagotavljajo ustrezen režim strežbe?

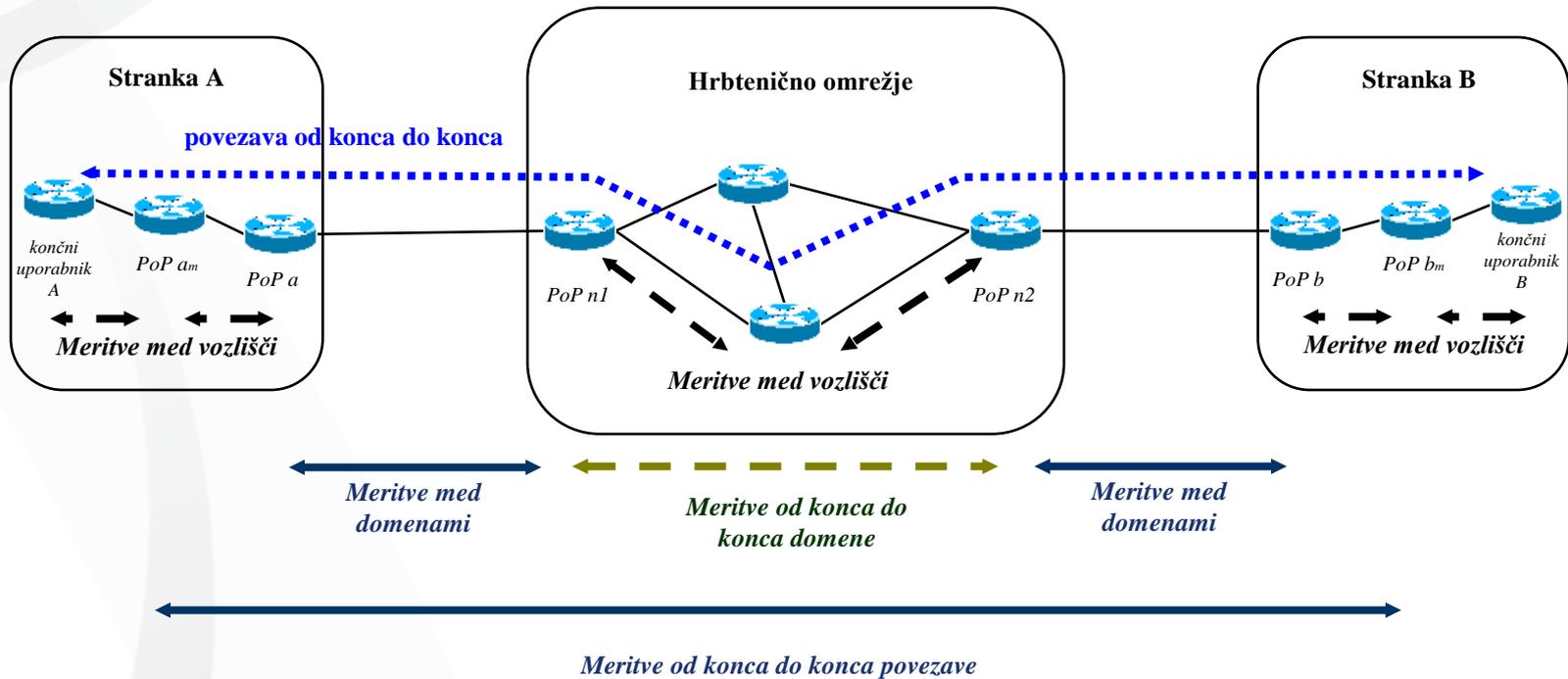


# Kako iz težav?

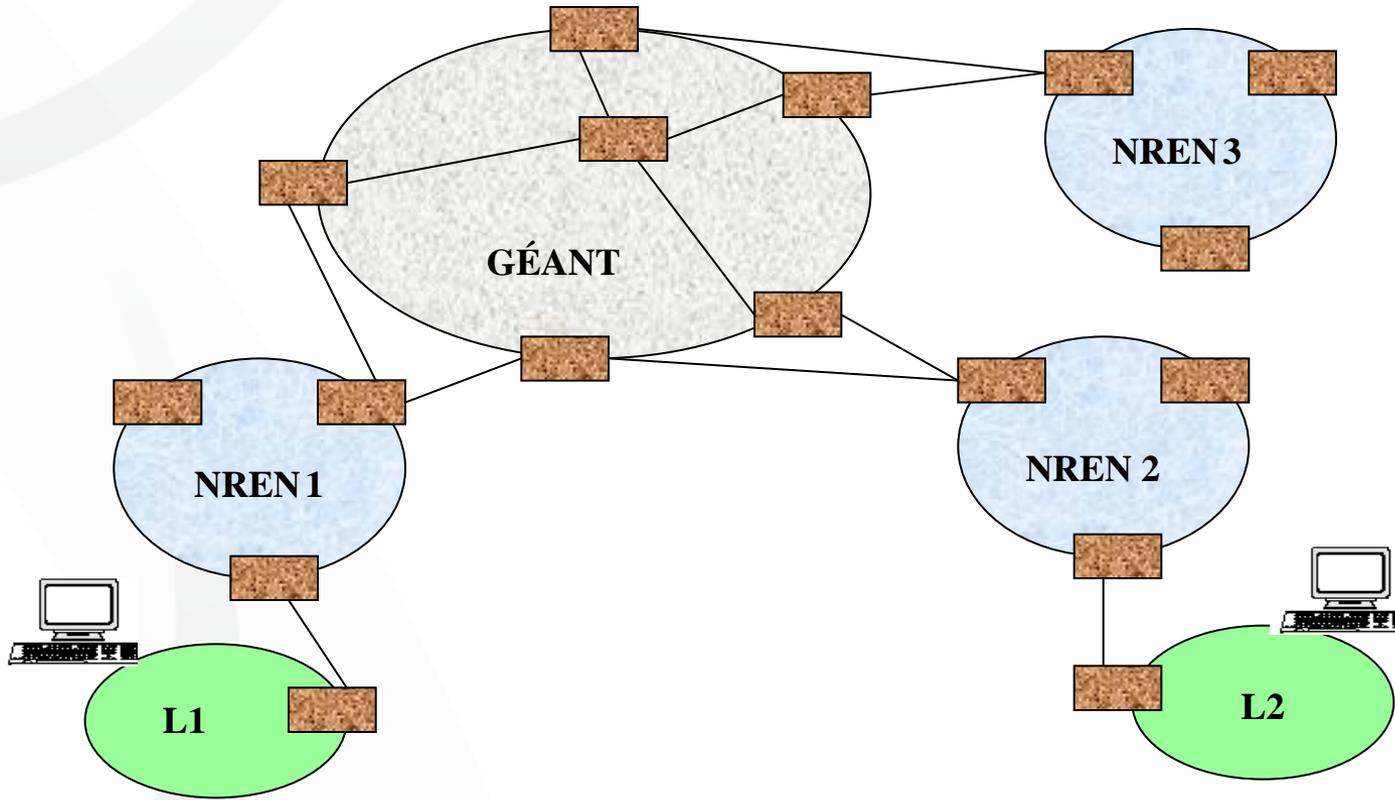
- Potrebujemo več podatkov:
  - Delež izgubljenih paketov, duplikati
  - Zakasnitev paketov pri prenosu (v eno smer)
  - Nihanje zakasnitve
  - Spreminjanje vrstnega reda paketov
  - Zasedenost povezav
  - Razpoložljiva pasovna širina
  - Vrednost števcov na omrežnih napravah
- Meritve po segmentih omrežja
  - Na zahtevo/periodične
  - Aktivne/pasivne



# Potrebne meritve



# Množica upravljaljskih domen



L1, L2: domena končnega uporabnika

NREN 1,2,3: hrbtenica NREN-a

 usmerjevalnik prometa

glajenje, kontrola, označevanje, omejevanje, razvrščanje

# Problematika več-operaterskega okolja

- Večino meritev lahko izvaja le operater omrežja
  - Dostop do omrežnih elementov
  - Poznavanje topologije omrežja
  - NOC (Network Operations Center)
- Povezava preko omrežij več operaterjev?
  - Vpletenih več NOC-ov
  - Potrebna koordinacija pri diagnosticiranju napake
  - Ni ustreznih orodij
  - Zavračanje “krivde”
  - Dolgotrajni postopki

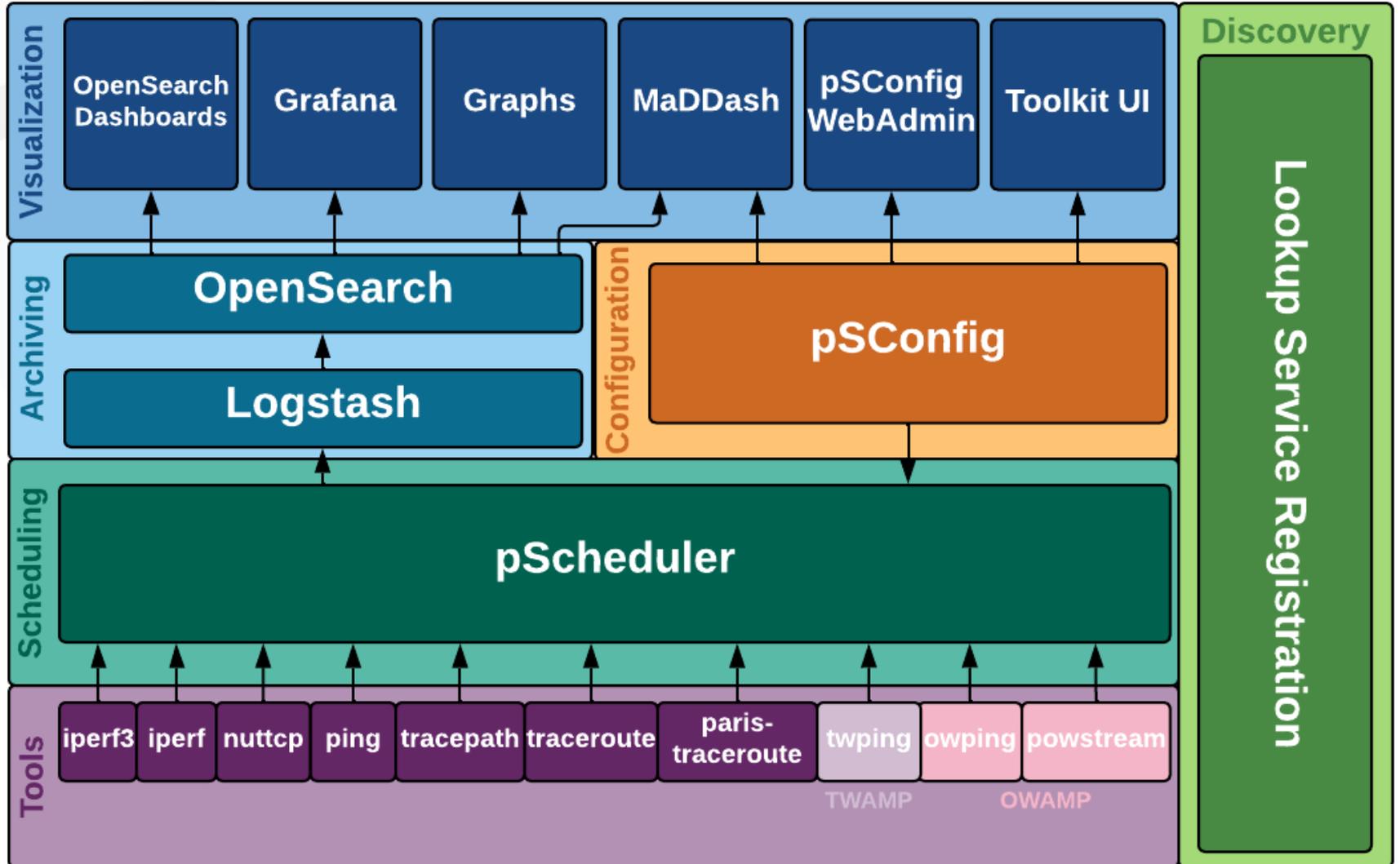


# Primer rešitve: perfSONAR

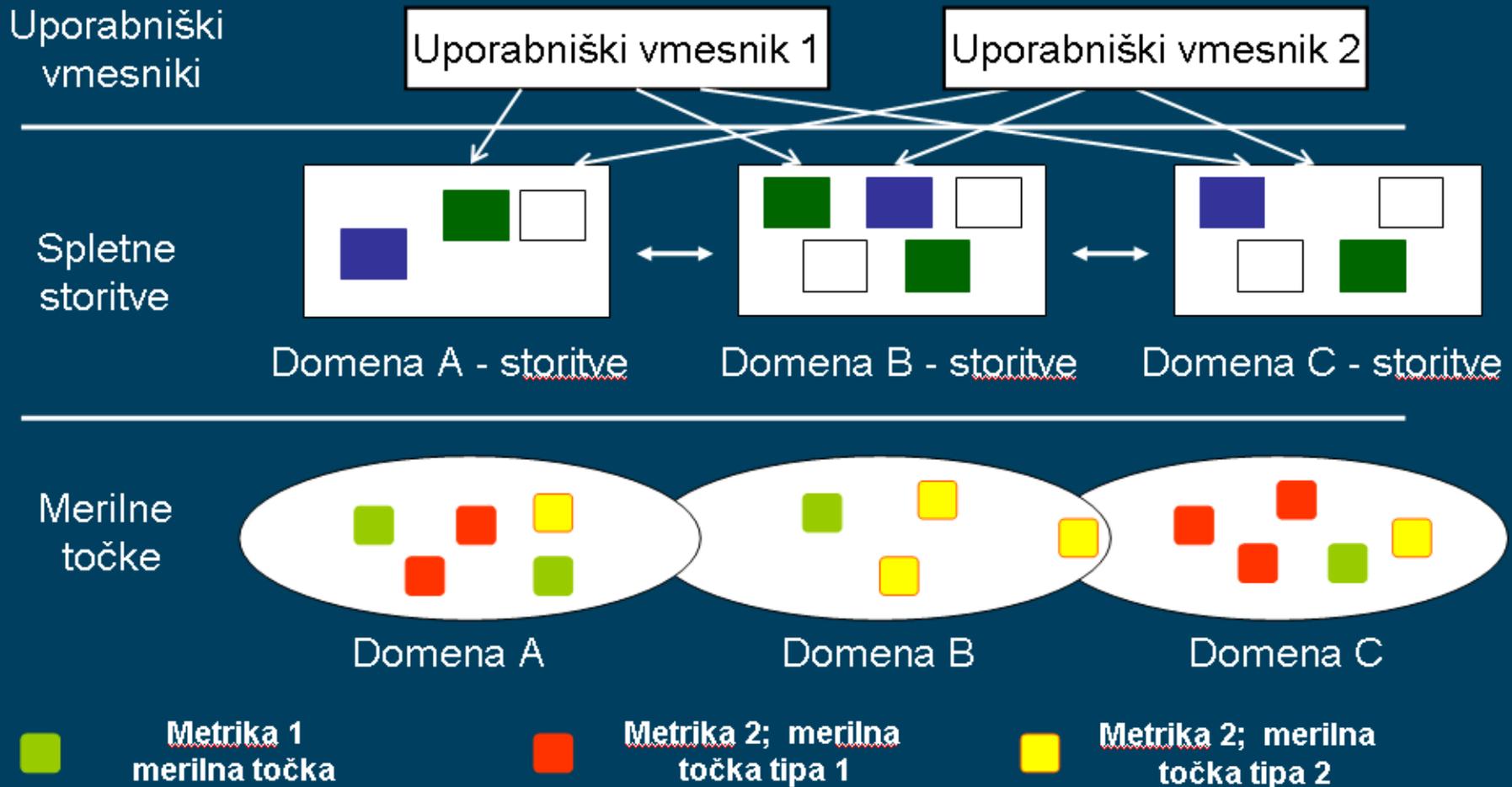
- perfSONAR: performance Service Oriented Network monitoring Architecture
- Razvoj: GÉANT, I2, Indiana University, Esnet...
- Apache 2.0 licenca
- Uporaba obstoječih orodij
  - BWCTL (iperf2, iperf3, nuttcp)
  - OWAMP, TWAMP
  - traceroute, tracepath, paris-traceroute, ping
  - MaDDash,...



# perfSONAR



# Perfsonar - arhitektura



# perfsONAR

## Query & search options

Service addresses  
Time options

## Execute query

Retrieve all  
Clear  
Refresh

## Interface details

ISTF-J  
 Hostname PoP-SOF  
 IP Address 195.251.4.61  
 Interface name PO2/1  
 Interface descrip... SEEREN-SOF==...  
 Capacity 155000000  
 Resolution 300  
 Key localhost.3b5eba...

Search by interface IP

```

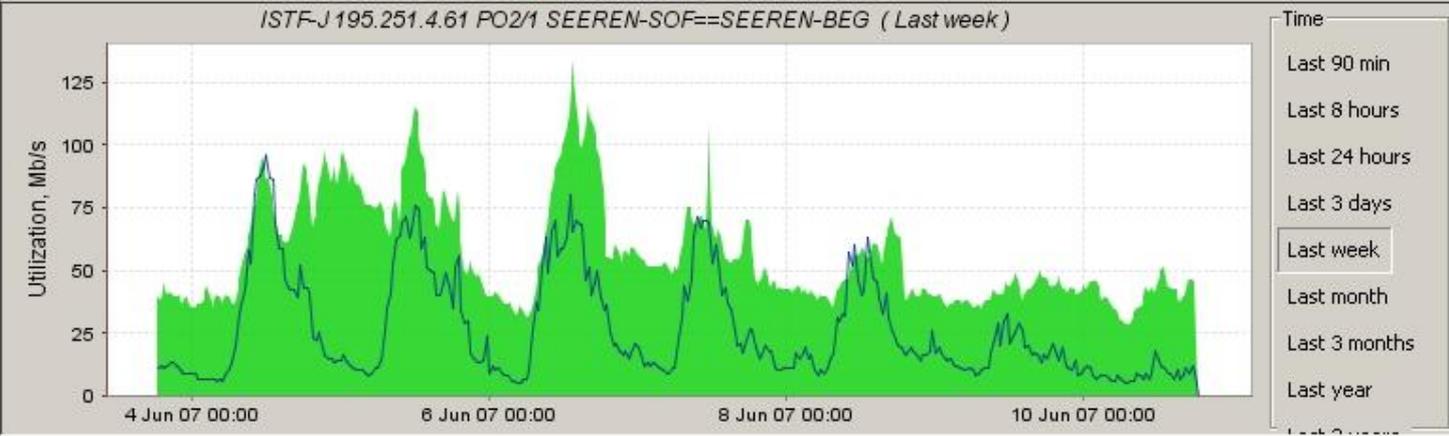
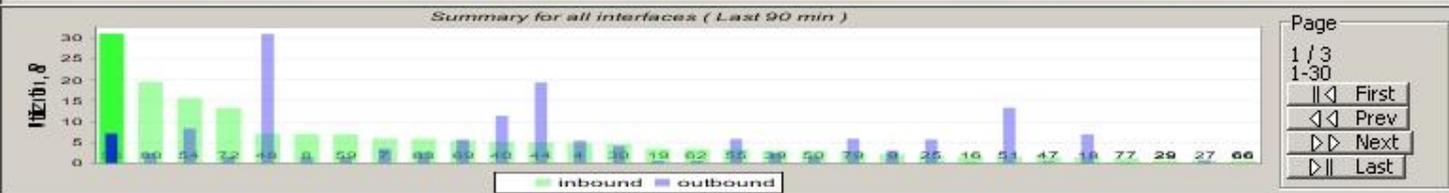
1 swiBE2-G2-3.switch.ch (130.59.36.114) 0 msec 0 msec
2 swiBE1-G2-4.switch.ch (130.59.36.197) 0 msec 4 ms
3 swiCE2-G3-1.switch.ch (130.59.36.109) 4 msec 4 ms
4 switch.rt1.gen.ch.geant2.net (62.40.124.21) [AS 2
5 so-2-0-0.rt1.mil.it.geant2.net (62.40.112.34) [AS
6 garr-gw.rt1.mil.it.geant2.net (62.40.124.130) [AS
7 rt1-mil-rt-mi2.mi2.garr.net (193.206.134.190) [AS
    
```

File  
Paste  
Search  
Traceroute & Search

Summary

Select Interface

No.	hostName	ifAddress	ifName	ifDescription	Capacity, ...	Inbound u...	Outbound ...	Inbound u...	Outbound ...	Domain
58	PoP-SOF	195.251.4.61	PO2/1	SEEREN-S...	155,000,000	31.02	7.119	48,081,112	11,034,101	ISTF-J
80	PoP-VAR	194.141.2...	Fa0/1.1120	PoP-VAR=...	100,000,000	19.505	2.463	19,505,018	2,462,671	ISTF-J
54	PoP-VTR	194.141.2...	Fa0/0.3	PoP-VTR=...	100,000,000	15.6	8.334	15,599,902	8,334,186	ISTF-J
72	Acc-UNWE-...	192.168.1...	GI0/1	Acc-UNWE-...	100,000,000	13.353	1.693	13,353,364	1,692,847	ISTF-J
48	PoP-SOF	195.251.4.42	PO2/0	SEEREN-S...	155,000,000	7.103	30.985	11,009,532	48,027,048	ISTF-J
8	Acc-MU-Ple...	194.141.67.1	Fa0/1	Acc-MU-Ple...	100,000,000	6.956	1.511	6,956,410	1,510,502	ISTF-J



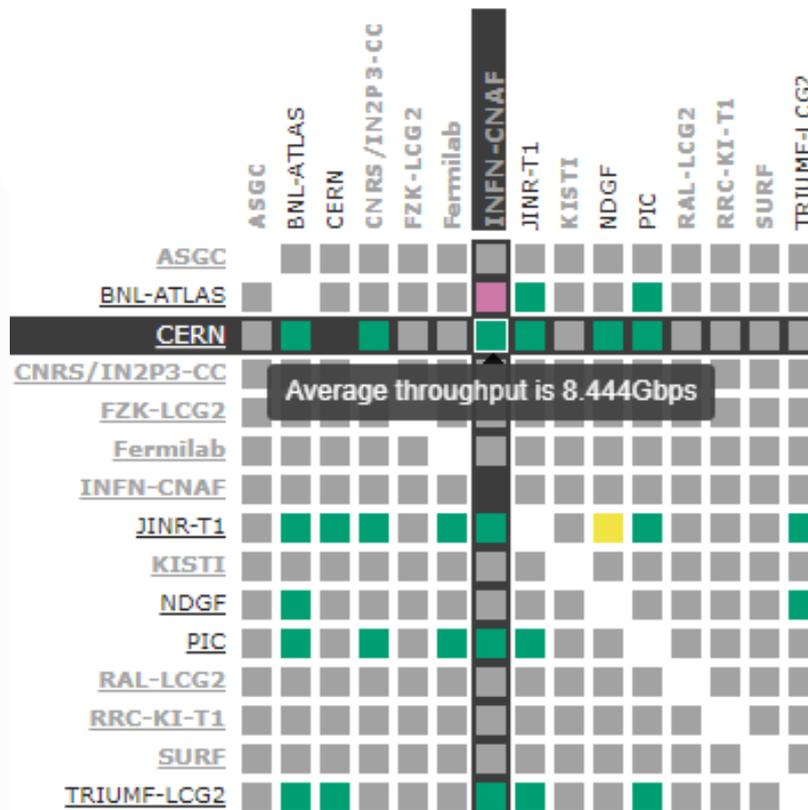


# MaDDash - Monitoring and Debugging Dashboard

## OPN Mesh Config - OPN IPv4 Bandwidth - Throughput



**!** Found a total of 9 problems involving 9 hosts in the grid

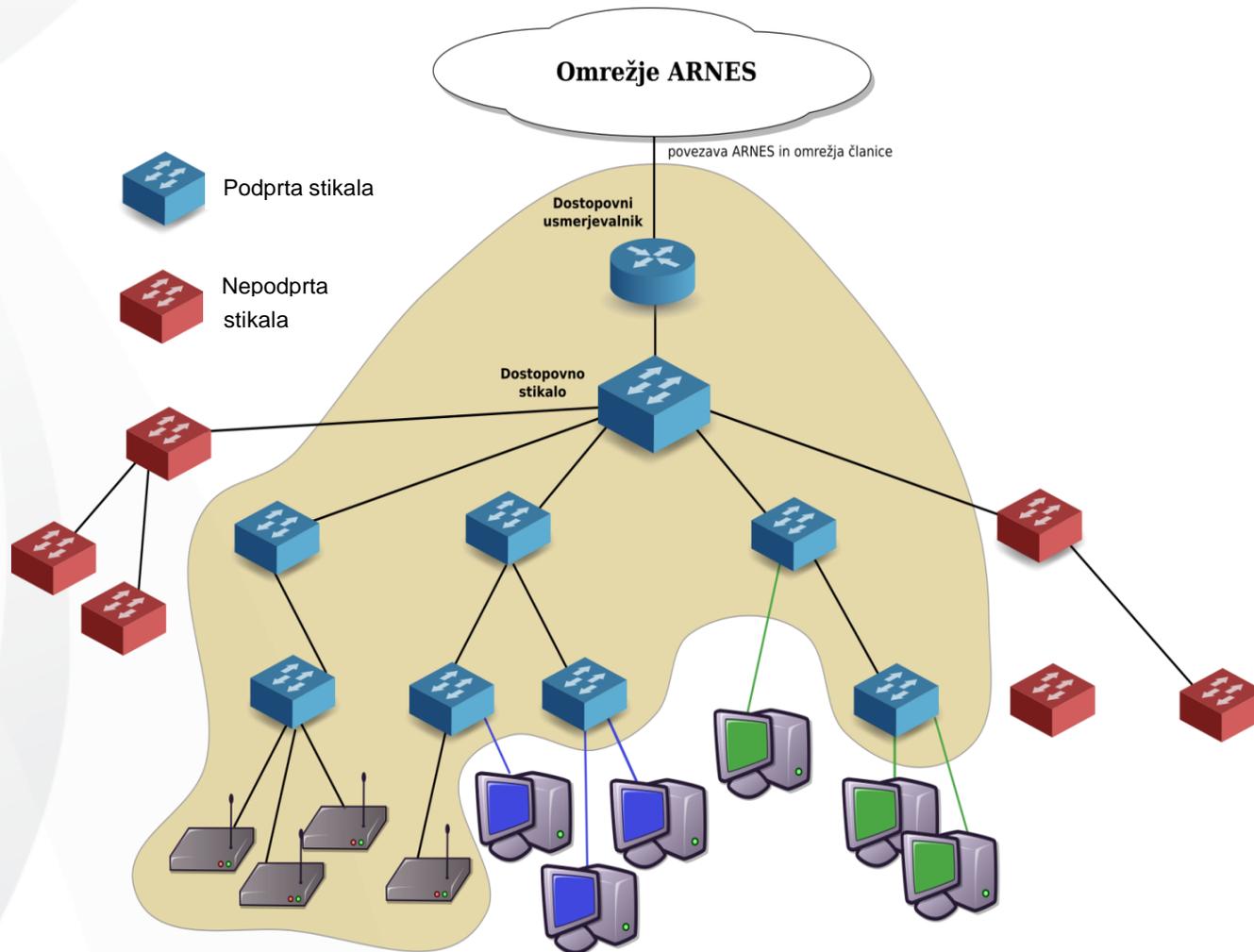


# Orodja - avtomatizacija

- Veliko število naprav -> avtomatizacija
- Primer: projekt WLAN-2020
  - Postavitev WLAN na 952 lokacijah VIZ v 3 letih
  - > 20.000 naprav (dostopovne točke, L2 stikala, L3 CPE)
- Zakaj ne ročno?
  - Preveč (natančnega) dela
  - **P**rava naprava na **P**ravo lokacijo s **P**ravo konfiguracijo?
- Avtomatizacija
  - Konfiguriranja (PnP)
  - Nadzora (telemetrija)
  - Statistik
  - Nadgradenj



# Centralno upravljanje



# Orodja - avtomatizacija

- Pogoji za avtomatizacijo
  - Poenostavitev
  - Standardizacija
  - Naprave z API (NETCONF/RPC, REST...)
- Implementacija na Arnesu: ANSO
  - Baza kot vir podatkov
  - Podatkovni modeli za konfigurir. in upravljanje: YANG...
  - Priprava konfiguracij + konfiguriranje naprav:
    - Ansible/NAPALM
    - Python ... DevOps

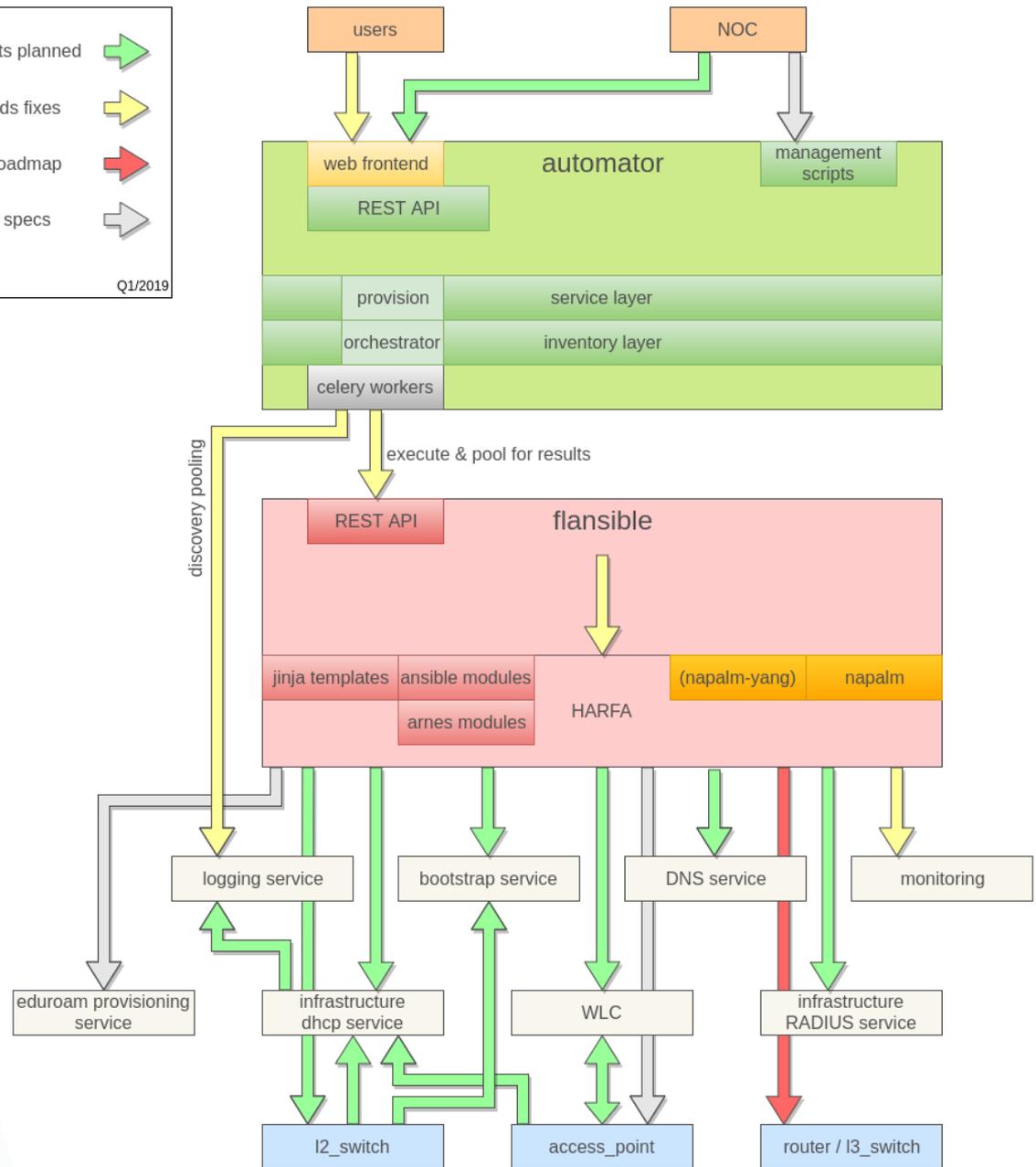
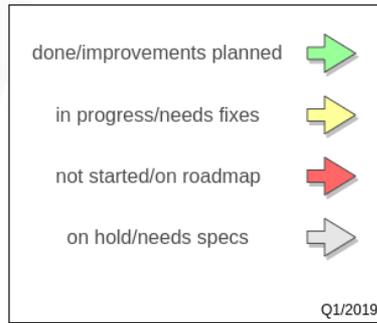


# ANSO - umestitev

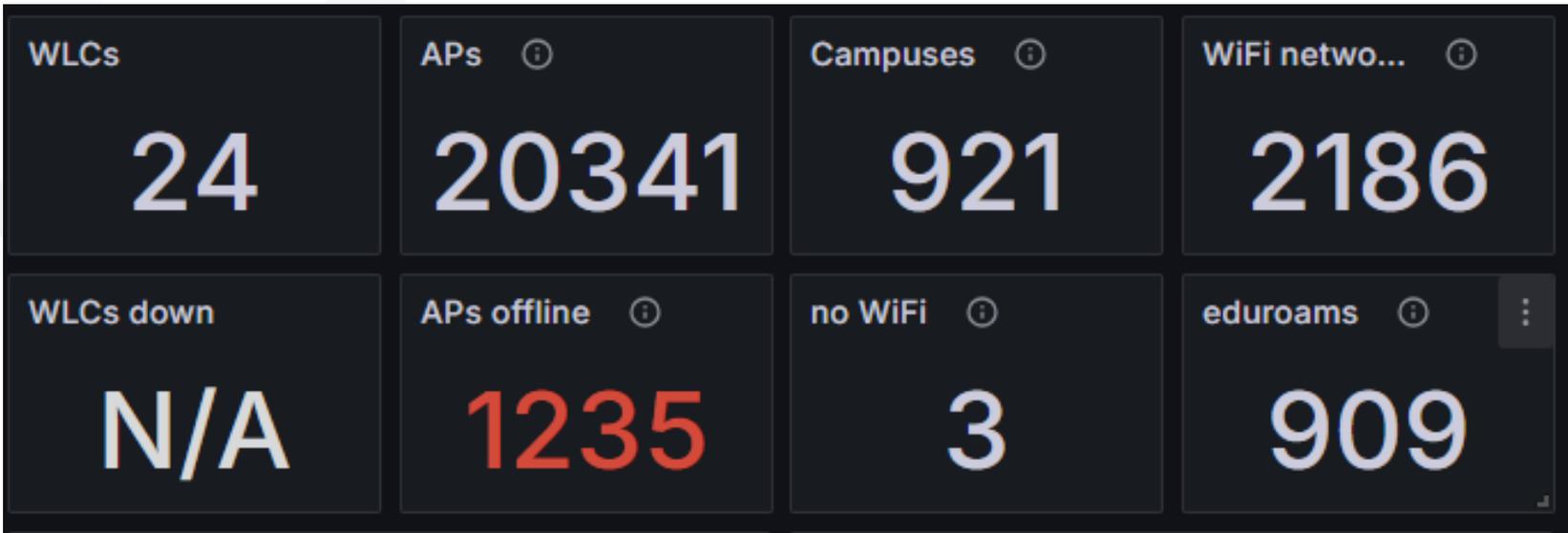
- Avtomatsko konfiguriranje (PnP)
  - Stikala, Dostopovne točke
- 1. Montaža (izvajalec)
- 2. Priklop (izvajalec)
- 3. Konfiguriranje
- 4. Nadzor
- 5. Verifikacija (Arnes)

Samodejno pod nadzorom Arnesa

# ANSO stack



# Pregled stanja WiFi - globalno



Clients per radio type ⓘ



802.11ac 802.11n 802.11ac-2G 802.11n-5G  
802.11g unknown

### Campuses per WLC

lc23.anso.arnes.si	<div style="width: 58%;"></div>	58
wlc1.anso.arnes.si	<div style="width: 51%;"></div>	51
rlc14.anso.arnes.si	<div style="width: 50%;"></div>	50
lc22.anso.arnes.si	<div style="width: 49%;"></div>	49
rlc21.anso.arnes.si	<div style="width: 47%;"></div>	47
lc20.anso.arnes.si	<div style="width: 45%;"></div>	45
rlc16.anso.arnes.si	<div style="width: 44%;"></div>	44
wlc9.anso.arnes.si	<div style="width: 43%;"></div>	43
wlc11.anso.arnes.si	<div style="width: 42%;"></div>	42
rlc18.anso.arnes.si	<div style="width: 42%;"></div>	42
rlc15.anso.arnes.si	<div style="width: 39%;"></div>	39
wlc6.anso.arnes.si	<div style="width: 39%;"></div>	39

### APs per WLC

lc20.anso.arnes.si	<div style="width: 1025%;"></div>	1025
rlc16.anso.arnes.si	<div style="width: 972%;"></div>	972
wlc7.anso.arnes.si	<div style="width: 908%;"></div>	908
wlc8.anso.arnes.si	<div style="width: 906%;"></div>	906
wlc6.anso.arnes.si	<div style="width: 902%;"></div>	902
wlc1.anso.arnes.si	<div style="width: 900%;"></div>	900
wlc4.anso.arnes.si	<div style="width: 900%;"></div>	900
lc22.anso.arnes.si	<div style="width: 899%;"></div>	899
wlc5.anso.arnes.si	<div style="width: 895%;"></div>	895
wlc2.anso.arnes.si	<div style="width: 888%;"></div>	888
rlc18.anso.arnes.si	<div style="width: 883%;"></div>	883
rlc12.anso.arnes.si	<div style="width: 881%;"></div>	881

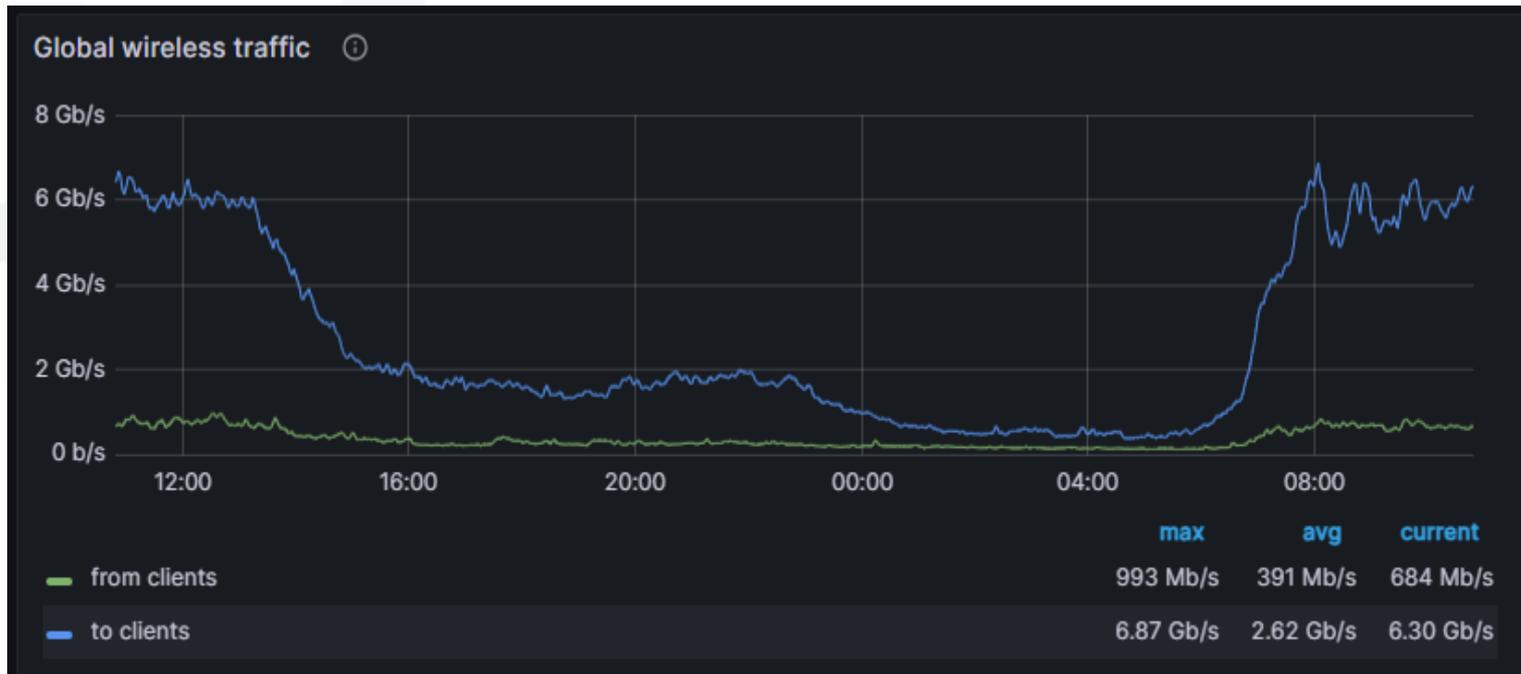
### WiFi networks per WLC

rlc23.anso.arnes.si	<div style="width: 122%;"></div>	122
rlc20.anso.arnes.si	<div style="width: 113%;"></div>	113
wlc1.anso.arnes.si	<div style="width: 113%;"></div>	113
rlc22.anso.arnes.si	<div style="width: 112%;"></div>	112
wlc21.anso.arnes.si	<div style="width: 109%;"></div>	109
wlc9.anso.arnes.si	<div style="width: 106%;"></div>	106
wlc14.anso.arnes.si	<div style="width: 105%;"></div>	105
wlc18.anso.arnes.si	<div style="width: 104%;"></div>	104
wlc11.anso.arnes.si	<div style="width: 100%;"></div>	100
wlc16.anso.arnes.si	<div style="width: 99%;"></div>	99
wlc7.anso.arnes.si	<div style="width: 99%;"></div>	99
wlc6.anso.arnes.si	<div style="width: 97%;"></div>	97

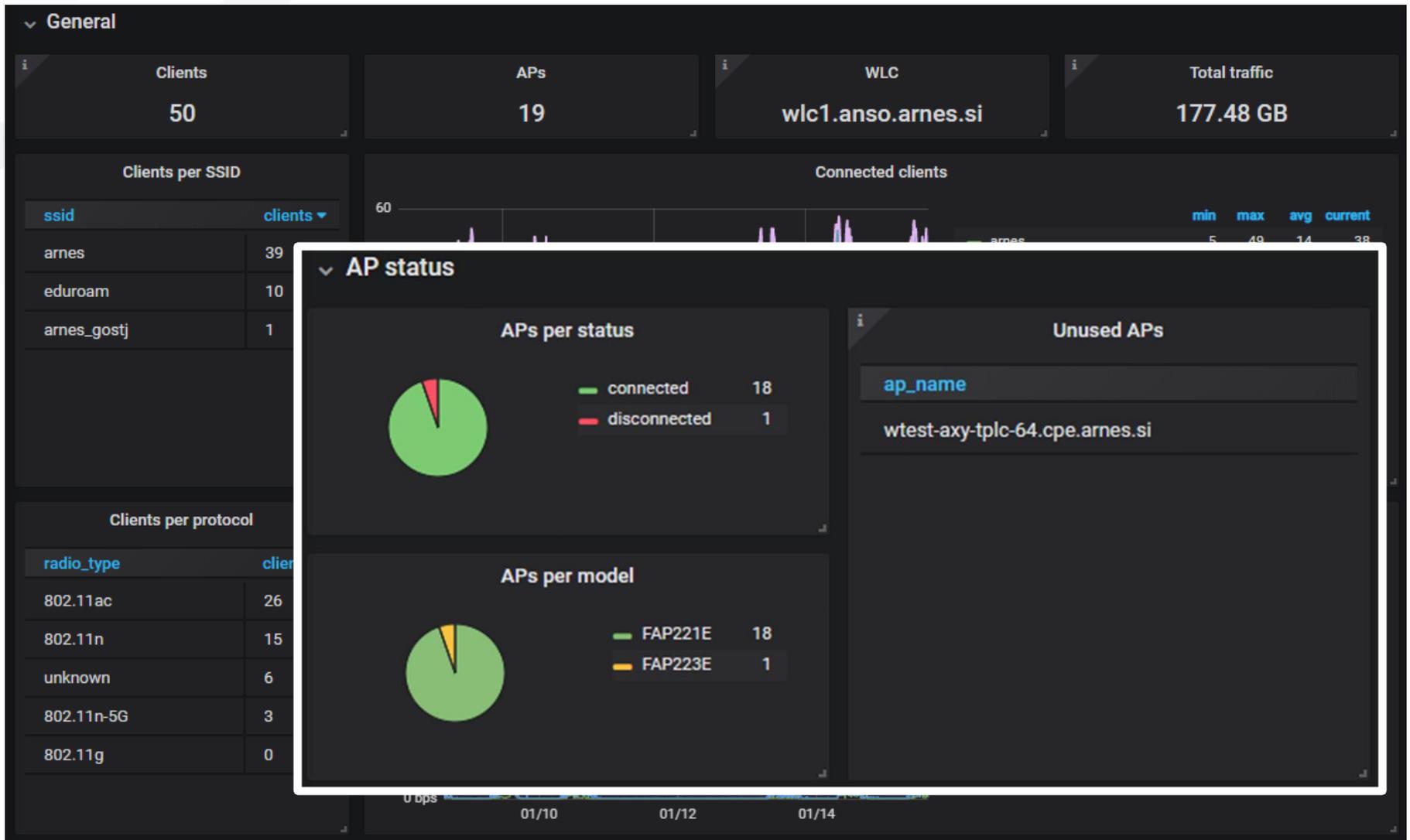
### Clients per WLC

c23.anso.arnes.si	<div style="width: 775%;"></div>	775
c22.anso.arnes.si	<div style="width: 557%;"></div>	557
lc15.anso.arnes.si	<div style="width: 548%;"></div>	548
lc11.anso.arnes.si	<div style="width: 417%;"></div>	417
rlc5.anso.arnes.si	<div style="width: 398%;"></div>	398
lc16.anso.arnes.si	<div style="width: 369%;"></div>	369
wlc1.anso.arnes.si	<div style="width: 336%;"></div>	336
rlc8.anso.arnes.si	<div style="width: 322%;"></div>	322
rlc2.anso.arnes.si	<div style="width: 317%;"></div>	317
c20.anso.arnes.si	<div style="width: 305%;"></div>	305
rlc3.anso.arnes.si	<div style="width: 296%;"></div>	296
c21.anso.arnes.si	<div style="width: 288%;"></div>	288

# Pregled stanja WiFi - globalno



# Stanje ene lokacije - pregled



# Stanje ene lokacije - AP

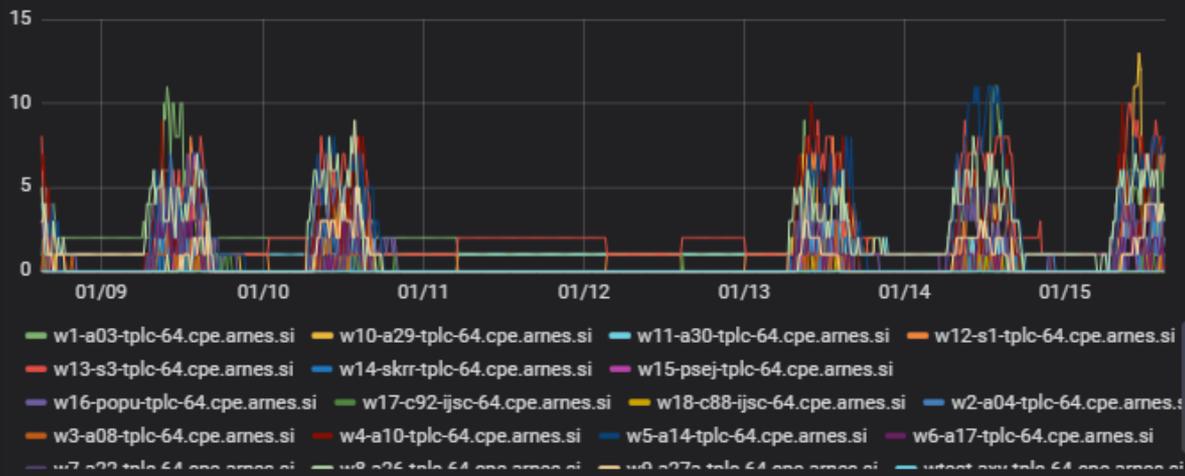
AP info ▾						
ap_name ▲	ap_state	ap_status	model	os_version	profile	serial_number
w16-popu-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069665
w17-c92-ijsc-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18068914
w18-c88-ijsc-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18068924
w2-a04-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069113
w3-a08-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18070667
w4-a10-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069449
w5-a14-tp1c-64.cpe.arnes.si 🔍	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069192
w6-a17-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069680
w7-a22-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069673
w8-a26-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069521
w9-a27a-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	connected	FAP221E	v6.0-build0057	arnes_FAP221E	FP221ETF18069142
wtest-axy-tp1c-64.cpe.arnes.si	authorized	disconnected	FAP223E	unknown	arnes_FAP223E	FP223ETF18001224



# Stanje ene lokacije - uporabniki

## ▼ Clients

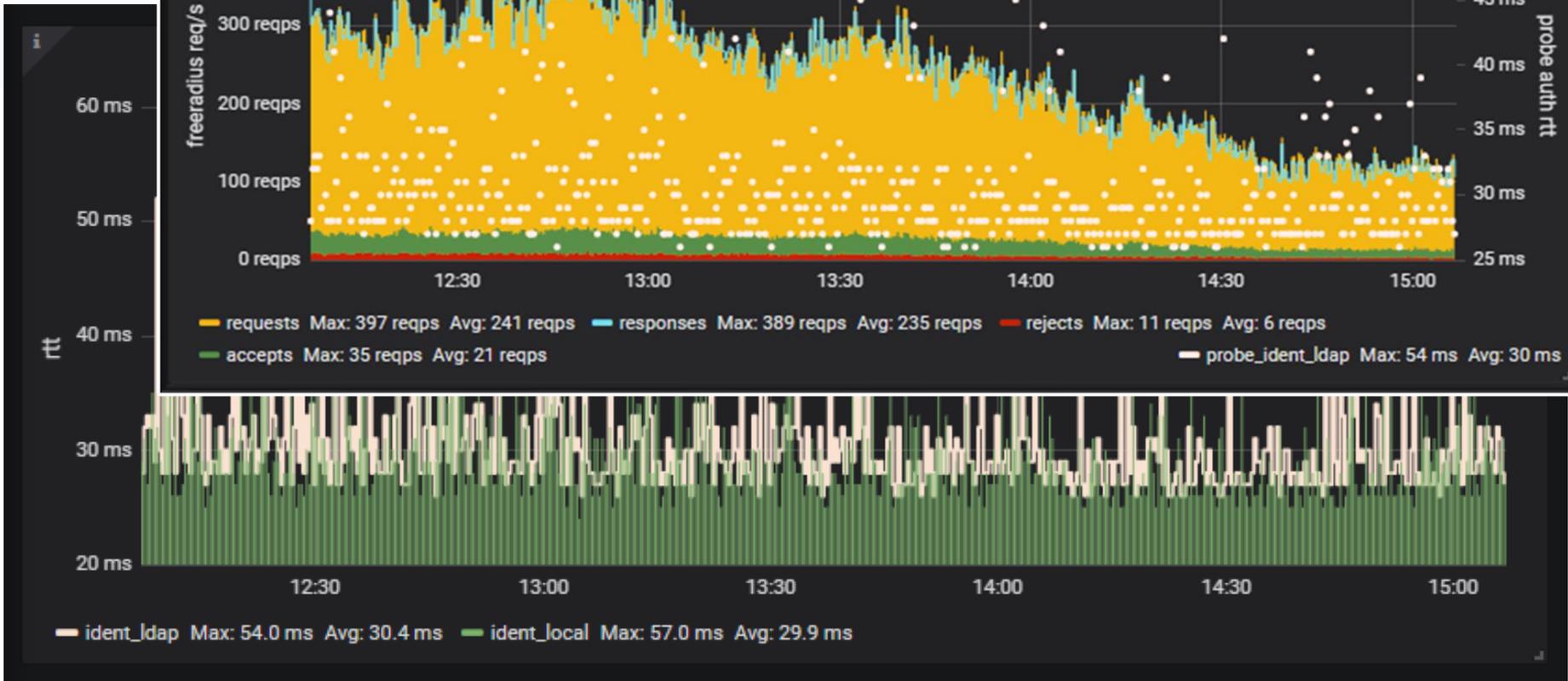
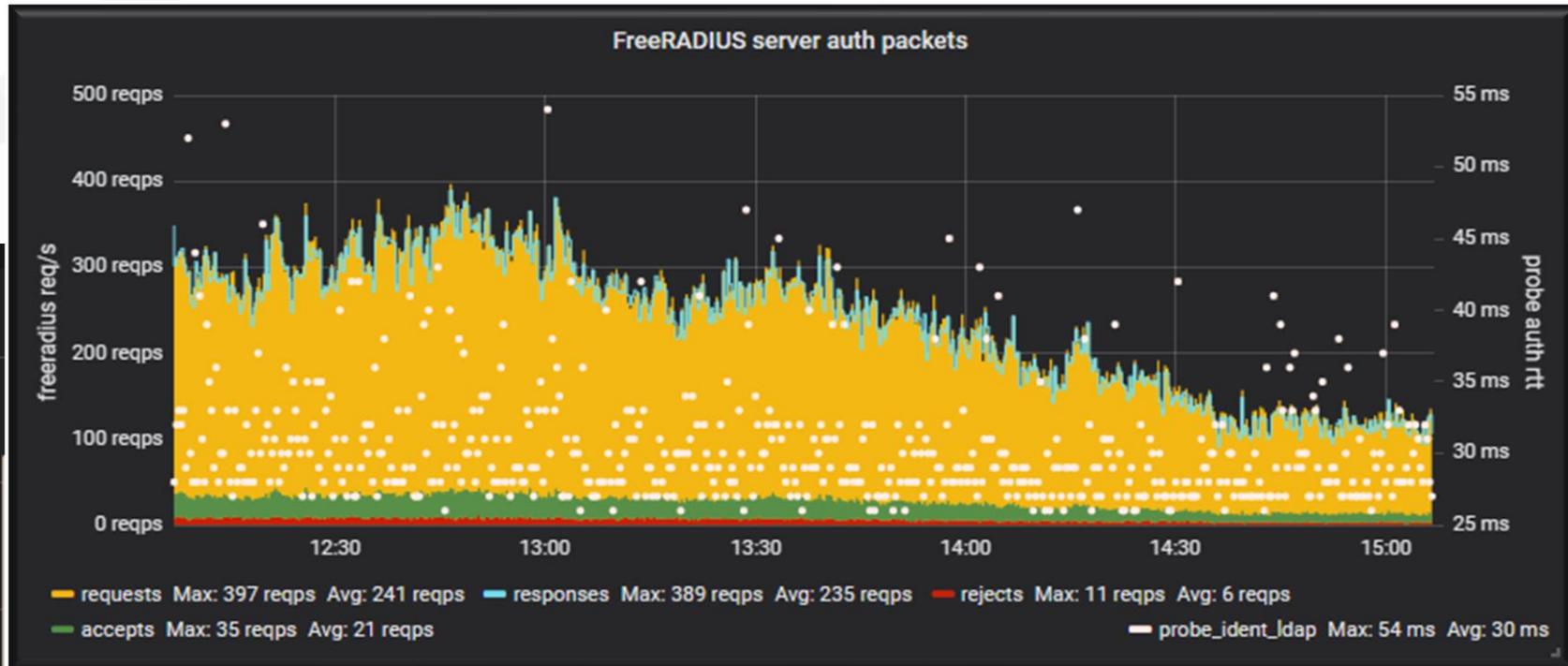
Clients per AP



Clients per AP ▼

ap_name	clients ▼
w4-a10-tplc-64.cpe.arnes.si	10
w13-s3-tplc-64.cpe.arnes.si	8
w5-a14-tplc-64.cpe.arnes.si	6
w8-a26-tplc-64.cpe.arnes.si	6
w9-a27a-tplc-64.cpe.arnes.si	4
w1-a03-tplc-64.cpe.arnes.si	3
w7-a22-tplc-64.cpe.arnes.si	3
w6-a17-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w2-a04-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w16-popu-tplc-64.cpe.arnes.si	2
w3-a08-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w15-psej-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w10-a29-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w14-skrr-tplc-64.cpe.arnes.si	1
w12-s1-tplc-64.cpe.arnes.si	1

# Statistika RADIUS - globalno



# Kvantna doba ☺

- 2025
  - 100 let od začetka razvoja kvantne mehanike
    - julij 1925: Werner Heisenber objavi prvi članek
  - Unesco: mednarodno leto kvantne znanosti in tehnologije (IYQ) 2025
- Teorija => praksa
  - Kvantni računalniki
  - Kvantne komunikacije
  - Kvantni senzorji...



# Kvantna doba

- Kvantni računalniki
  - Ultra zmogljivi, špica razvoja (IBM...)
  - EU jih sofinancira 6
    - SI bo soudeležena v Cineci, IT
  - SI planirano v prihodnosti

Slo

SM  
CPU

potreba po PCI  
intel  
sime



# Kvantno računalništvo

## Quantum Computing | Comparison

- Superposition: A qubit is considered to have the states 0 and 1 at the same time
- Quantum entanglement: when two qubits are entangled, changes to one qubit directly impacts the other
- Interference: in a system of multiple entangled qubits there will be interferences

Leveraging the properties of qubits the comparison between qubits and bits can be simplified as:

$$n \text{ qubits} = 2^n \text{ bits}$$

# of Qubits	Required bits to match	Equivalent classical computer RAM	Equivalent classical computer processing time
10	1024	128 bytes	2.6 $\mu$ s
20	1,048,576	131 kb	0.26 ms
30	1.1 bilion	134 Mb	0.27 seconds
40	1.1 trillion	137 Gb/s	4.6 minutes
53	$9.0 \times 10^{15}$	1 Terabyte	625 hours
63	$9.0 \times 20^{18}$	1 Petabyte	73 years
100	$9.0 \times 10^{30}$	1 Exabyte	10 trillion years
1,000	$9.0 \times 10^{301}$	$1.3 \times 10^{232}$ Exabytes	$8.5 \times 10^{283}$ years

# Kvantna doba

- Kvantni računalniki
  - Ultra zmogljivi, špica razvoja (IBM...)
  - EU jih sofinancira 6, SI soudeležena v Cineci, IT
  - Super za določene probleme
    - Shor-jev algoritem
      - faktorizacija velikih števil v polinomskem času  $O(\log N^3)$
      - [Tudi discrete logarithm problem](#) or the [elliptic-curve discrete logarithm problem](#)
      - eksponentna pohitritev klasičnih algoritmov
      - smrt za (veliko od) „public-key“ alias „asymmetric“ kriptografije :
        - RSA
        - Diffie-Helman: Finite Field, Elliptic Curve (ECDH)
        - uporaba za izmenjavo ključev, digitalne podpise !!
        - v internetu: TLS, SSH, S/MIME, PGP...
      - SNDL: Store Now, Decrypt Later !
      - CRQC: “Cryptographically Relevant Quantum Computer“
        - Q-Day : ko bodo kvantni računalniki dovolj zmogljivi
        - čez 7-10 let ? 5 – 15 let?
  - ⇒ **potreba po PQC** : Post-Quantum Cryptography
    - intenziven razvoj, toda standardizacija traja
    - simetrična kriptografija je „odporna“, problem izmenjava ključev
- „Hype“: veliko ugibanja, megle ... pa tudi dela na razvoju



# Kvantna doba

- Kvantne komunikacije
  - QKD – Quantum Key Distribution
    - varna izmenjava simetričnih kriptoključev
      - informacija shranjena v kvantnem stanju fotonov
      - „no-cloning“ teorem: prisluškovanje se detektira!
    - prve implementacije, omejena uporaba (optika, slabljenje)
  - EuroQCI – Quantum Communication Infrastructure
    - Cilj: vzpostaviti evropsko omrežje za QKD
    - SI : projekt: SiQUID...



# SiQUID

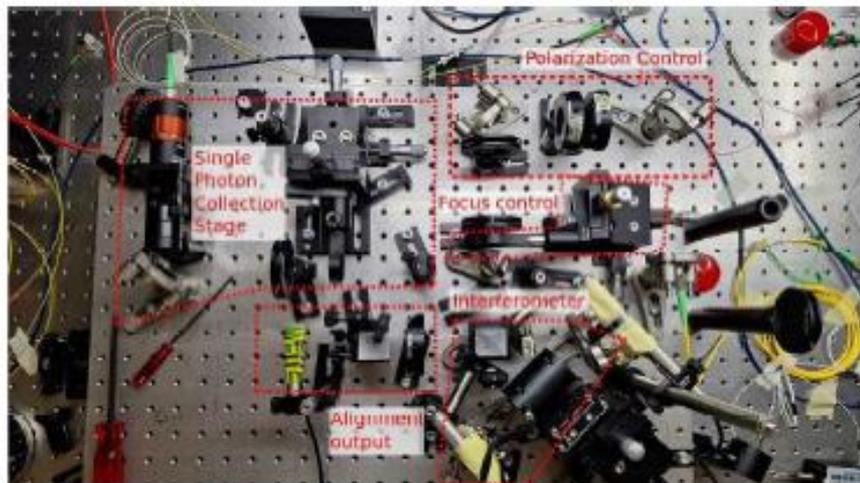
- Slovenian Quantum Communication Infrastructure Demonstration
- Cilj:
  - Razvoj in implementacija QKD med vladnimi lokacijami
  - Vzpostavitev raziskovalnega testnega kvantnega omrežja med raziskovalnimi ustanovami
- Razvoj rešitve na osnovi prepletenih fotonov
- Sodelujoči
  - FMF
  - IJS
  - Beyond Semiconductor d.o.o.
  - URSIV: urad vlade za informacijsko varnost
  - UVTP : Urad vlade za varovanje tajnih podatkov
- Trajanje: 1.1.2023-31.12.2025 => X.2026



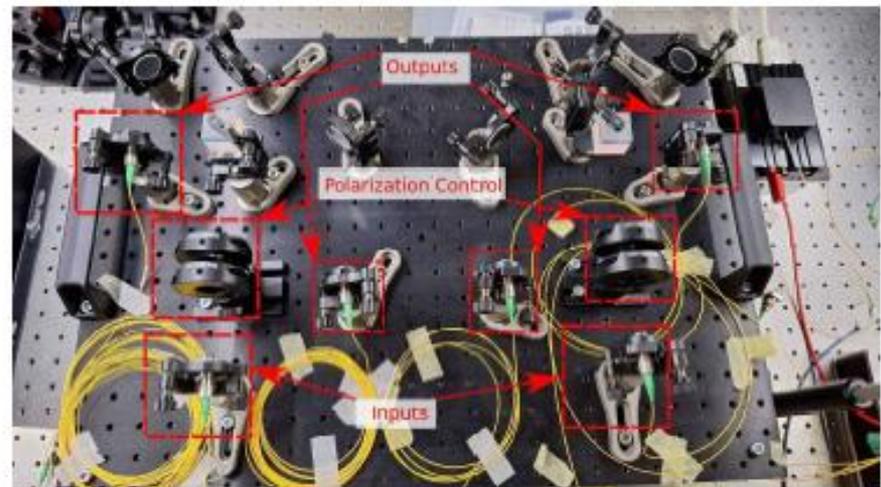
# SiQUID

- Slovenian Quantum Communication Infrastructure Demonstration
- Cilj:
  - Razvoj in implementacija QKD med vladnimi lokacijami
  - Vzpostavitev raziskovalnega testnega kvantnega omrežja med raziskovalnimi ustanovami

Izvor prepletenih fotonov



Sprejemnik



# Kadri – potrebno znanje

- Telekomunikacije
  - Internetne tehnologije (IP, DNS, ping, traceroute...)
  - Optične komunikacije (vlakna, ojačevalniki, filtri...)
  - Omrežne tehnologije (ethernet...)
  - Nadzor in upravljanje omrežij
- Računalništvo
  - Sistemska podpora (strežniki, diskovni sistemi, SAN...)
  - Programerji (Python, Java, PHP, Perl...)
- Vodenje projektov, timsko delo...
- Angleški jezik
- “Common sense”



Hvala za pozornost

