



The Extreme Light Infrastructure

Project MOVE TO CLOUD

Jiří Hatle





- Secondary sources – beamlines of high energy photons, electrons, protons, neutrons, muons
- Medical imaging and diagnostics, radiotherapy
- New materials
- X-ray optics
- Plasma Physics, HED and High-field Physics
- Fusion



- Ultrafast physical processes
- Chemical, medical and materials science analysis
- Attosecond measurement techniques
- Biological imaging technologies
- Artificial photosynthesis
- Nanoscience



- Photonuclear Physics
- High power laser system
- Brilliant energy tunable gamma-ray beam system



ELI Beamlines zkoumá interakci světla s hmotou při intenzitách, které jsou **10× vyšší než dříve dosažitelné.**

4 laserové systémy třídy PW

4 podpůrné lasery

7 sekundárních zdrojů: EUV – rentgeny, elektrony a iontové urychlovače

10 uživatelských stanic

350 mezinárodních zaměstnanců

Plocha 31 000 m²

Strukturální dynamika

Zrychlování částic a jejich aplikace

Fyzika vysokých hustot energie (HED Physics) a inerciální fúze (ICF)





Laser building & experimental halls

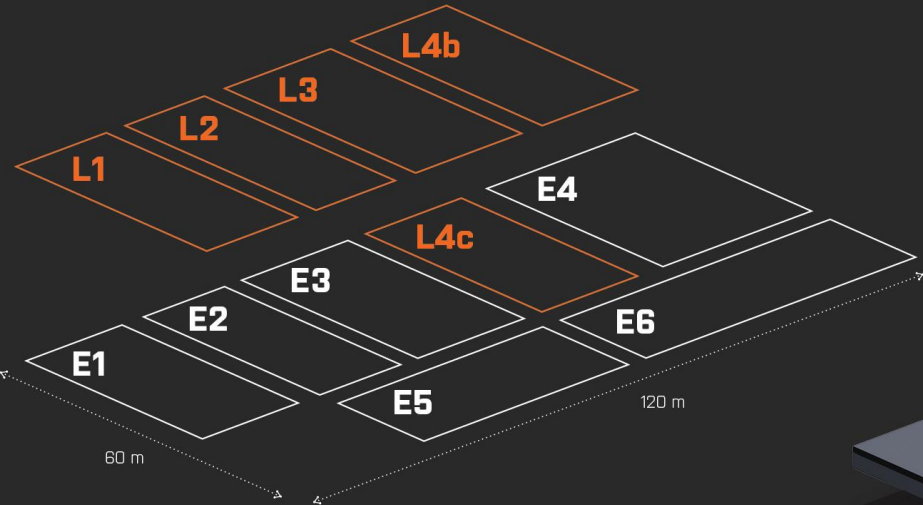
LASER BUILDING

Laser Halls

- L1: ALLEGRA
- L2: DUHA
- L3: HAPLS
- L4b: ATON
- L4c: ATON Compressor

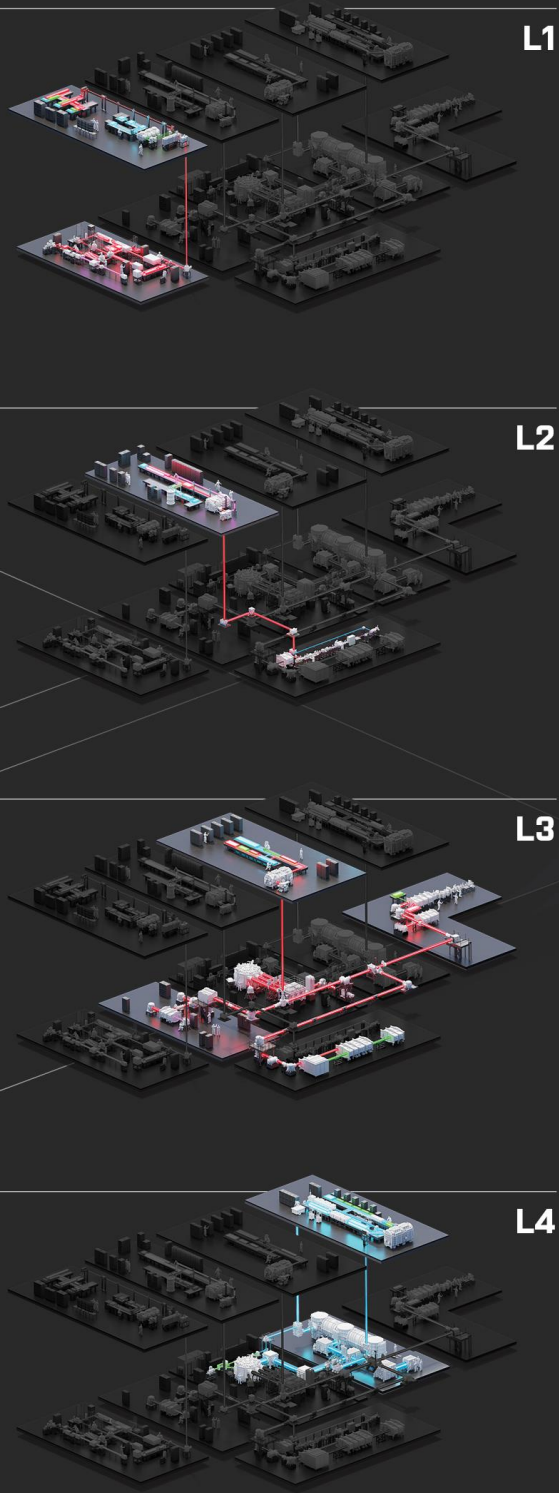
Experimental Halls

- E1: Applications in Material & Biomolecular Sciences
- E2: Hard X-ray Science
- E3: Plasma Physics Platform
- E4: Ion Acceleration
- E5: Electron Acceleration & Laser Undulator X-ray Source
- E6: Experimental Hall



ELI Beamlines Facility

Experimental Programmes



The Extreme Light Infrastructure ERIC

Ultra-intensive laser systems at ELI Beamlines

L1-ALLEGRA: 10 TW, 100 mJ, 1 kHz



L2-DUHA: 100 TW, 2 J, 50 Hz



L3-HAPLS: 1 PW, 30 J, 10 Hz



L4-ATON: 10 PW, 1,5 kJ, 0,016 Hz

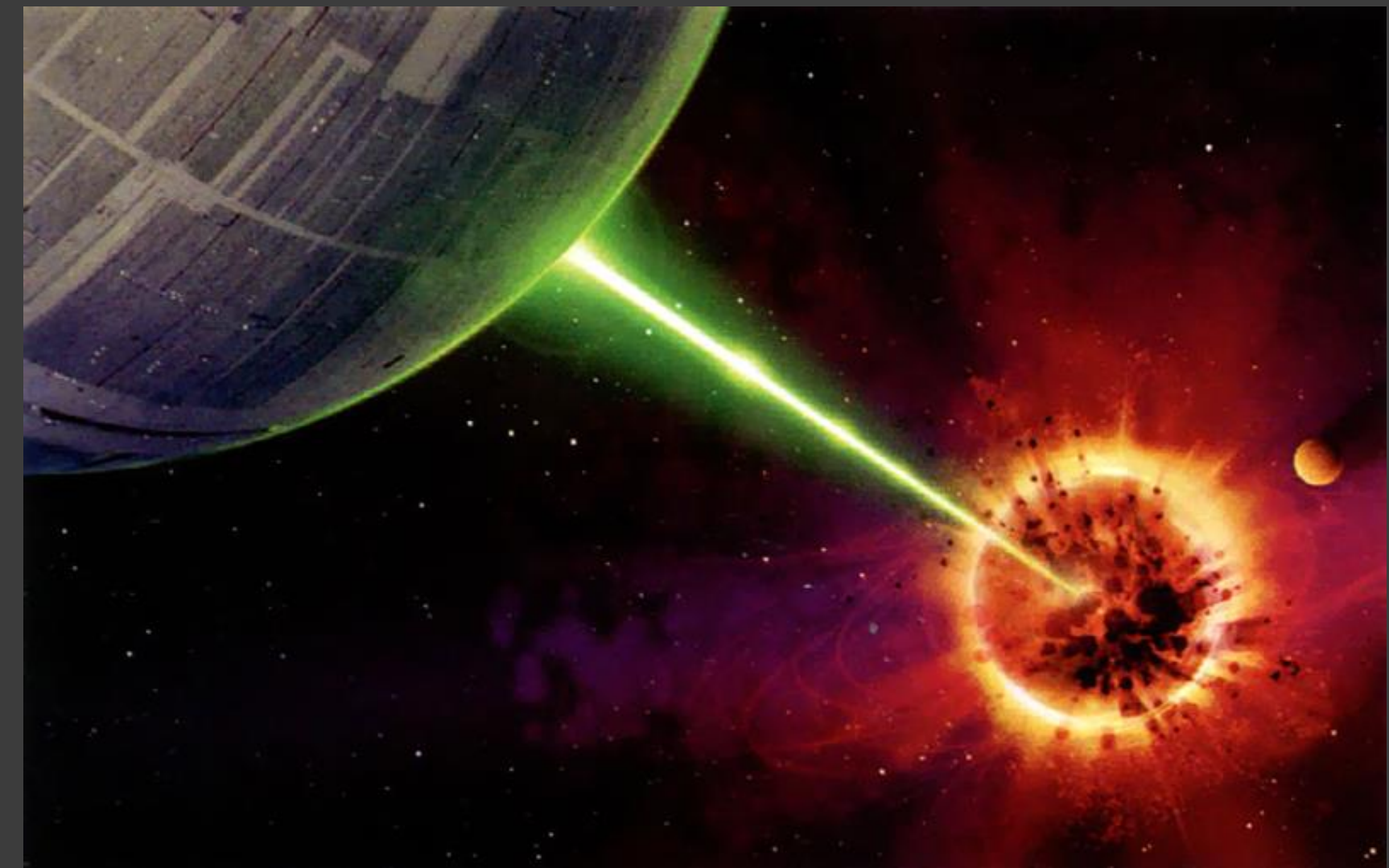
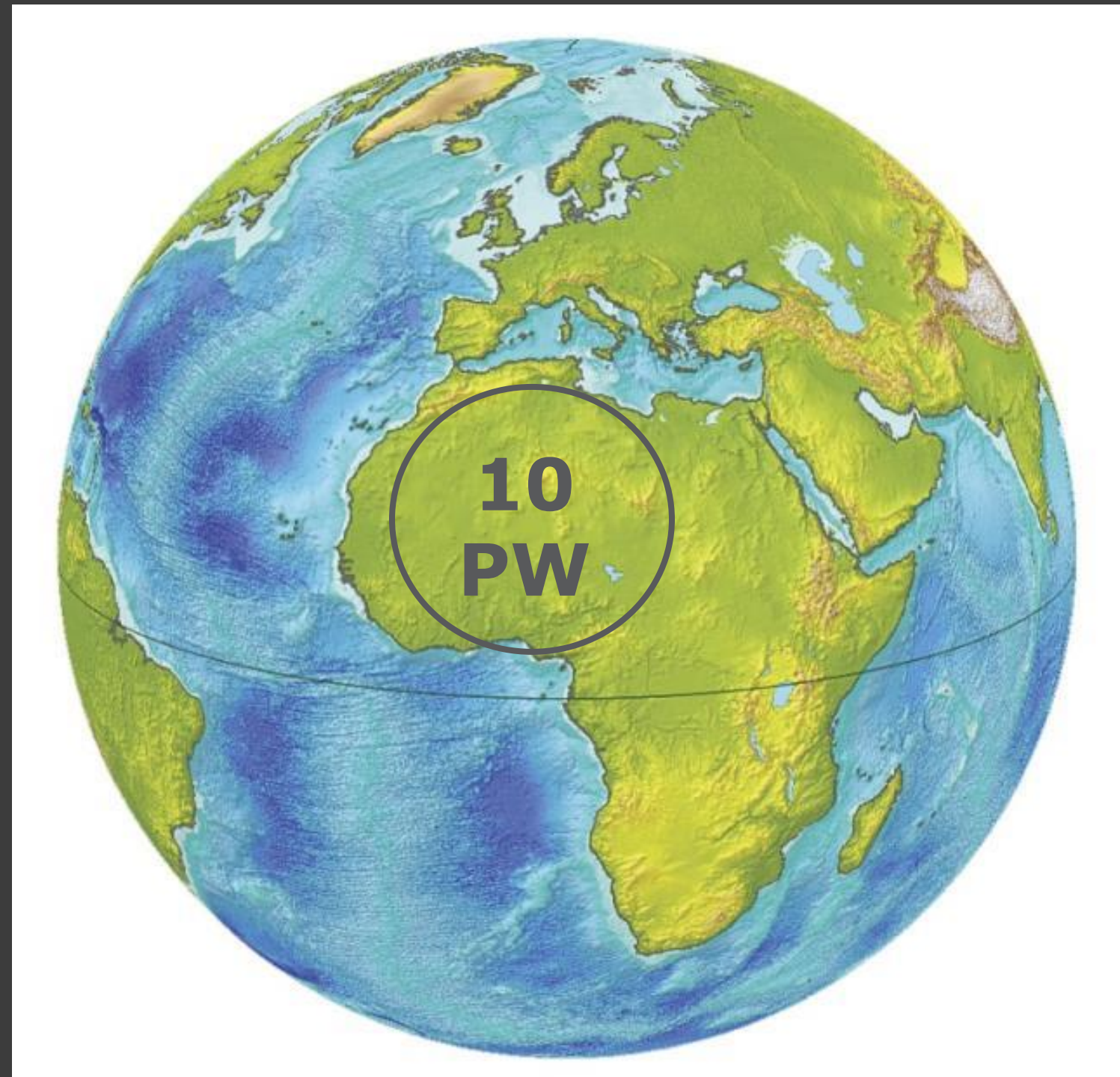


Vacuum compressor for L4-Aton



Extreme laser power up to 10 PW

Solární výkon dopadající na celou osvětlenou polokouli Země: 174 PW



Výkon až 10 PW ($= 10^{16}$ W = 10 000 000 GW)
odpovídá výkonu 5 milionů jaderných elektráren



Move to Cloud — Nová platforma pro vědu a spolupráci

„Jsme první vědecká infrastruktura, která přechází do cloudu – budujeme hybridní prostředí spojující svět výzkumu a moderní IT.“

Move to Cloud není IT projekt.

Je to **strategická transformace ELI-ERIC**, která mění způsob, jakým věda přistupuje k datům, výpočtům a spolupráci.

Poprvé ve vědeckém světě vzniká **plnohodnotný hybridní cloudový ekosystém**, který spojuje lokální infrastruktury, vědecké nástroje a cloudové služby pod jednotnou identitou.

Co to přináší

- **Jednotný ekosystém** napříč ELI a vědeckým světem.
- **Sdílené nástroje a platformy** pro analýzu, výpočty a spolupráci.
- **Centralizovanou správu identit a přístupů** – jeden login, všechno ELI.
- **Bezpečné a škálovatelné prostředí**, které roste s potřebami vědy.
- **Zrychlení výzkumu a inovací** díky přímé dostupnosti výkonu a dat.

Jak to vypadá

- Na pozadí projektu stojí hybridní architektura:
- **On-prem infrastruktura ELI BEAMS, ELI ALPS a ELI NP**
- **Cloudová vrstva Azure** jako jednotné prostředí pro výzkum a IT služby (datastore, AVD, atd.)
- **Federovaná identita** umožňující vědcům přístup ke všem prostředkům napříč lokalitami

Největší výzva — Multidoménové prostředí ELI

„ELI není klasická IT infrastruktura. Je to ekosystém, kde se propojuje věda, IT a přísná bezpečnostní pravidla.“

Jak ELI funguje

- Provozujeme **multidoménové a multisíťové prostředí**, které propojuje svět IT a OT.
- Každé prostředí má **svá vlastní pravidla, omezení a bezpečnostní zóny**.
- **OT sítě (LCS, LABS)** jsou zcela **izolované** a nevidí do cloudu.
- Pouze **centrální doména eli-laser.eu** je propojena s **Azure** a zajišťuje **identity, správu a governance**.

Co to znamená v praxi

- Nelze použít „běžné“ cloudové postupy – vše musí být **přizpůsobeno segmentaci a kritické infrastruktuře**.
- Komunikace mezi doménami probíhá **přes řízené kanály (bastion, DMZ, federace)**.
- Data z OT prostředí se přenášejí **bezpečně, kontrolovaně a auditovaně**.
- **Cloud** není náhrada infrastruktury, ale **nástroj pro centralizaci, dohled a automatizaci**.

Proč je to výzva

- Musíme propojit tři světy, které mají odlišné priority: **vědu (stabilita), IT (efektivita) a bezpečnost (izolace)**.
- A udělat to tak, aby nikdo nepřišel o své – věda běží dál, IT má kontrolu a bezpečnost zůstává neporušená.

Shrnutí

Naším největším úkolem není přesun do cloudu, ale **propojení izolovaných světů** bez narušení bezpečnosti a funkčnosti.

Proč Move to Cloud

„Věda ELI se posunula na úroveň, kde už nestačí lokální infrastruktura. Potřebujeme prostředí, které je propojené, bezpečné a škálovatelné.“

Výchozí situace

- Každé centrum (BEAMS, ALPS, NP) má **vlastní IT infrastrukturu, procesy a identity**.
- Sdílení dat, přístup vědců a správa uživatelů jsou **rozdílné a složité**.
- Vědecké experimenty generují **obrovské množství dat**, které je nutné zpracovávat napříč lokalitami.
- Rostoucí nároky na **spolupráci s externími týmy a světovými institucemi**.

Potřeba změny

- Zajistit **jednotné a bezpečné prostředí** pro celou ELI infrastrukturu.
- Umožnit **okamžitý přístup k výpočetním a datovým kapacitám** odkudkoli.
- Vybudovat základ pro **digitální vědecký ekosystém**, který umožní další rozvoj.
- Připravit infrastrukturu na **budoucí integraci se světovými výzkumnými sítěmi** (EOSC, GEANT, apod.).

Co Move to Cloud přináší

„Získáváme víc než jen technologii – vytváříme prostředí pro skutečnou spolupráci napříč vědeckým světem.“

Pro vědu

- Sdílené výpočetní prostředky a data v reálném čase.
- Jednotný přístup pro všechny vědecké týmy, bez ohledu na lokaci.
- Rychlejší testování, simulace i publikace výsledků.
- Integrace nástrojů pro HPC, AI a data science.

Pro IT

- Centralizovaná správa identit, přístupů a politik.
- Jednotné prostředí pro deployment, monitoring a governance.
- Lepší přehled o nákladech a využití zdrojů.
- Standardizace bezpečnostních pravidel napříč centry.

Pro ELI jako celek

- Silnější digitální páteř – základ pro budoucí rozvoj.
- Jednotná infrastruktura = rychlejší inovace.
- Otevřenost spolupráci se světovými partnery (EOSC, GEANT, NASA, ESRF, CERN, atd.).
- ELI bude **první výzkumná infrastruktura v Evropě**, která reálně bude využívat hybridní prostředí jako platformu pro vědu.

Bezpečnost jako základ Move to Cloud

„Cloud bez bezpečnosti by nebyl pokrok, ale riziko. V ELI je bezpečnost součástí návrhu od začátku.“

Základní principy

- **Zero Trust model** – důvěřuj, ale vždy ověřuj. Každý uživatel, zařízení i přístup je ověřený.
- **Federovaná identita** – jednotný přístup a správa uživatelů napříč ELI a partnery.
- **Segmentace a řízení přístupu** – role, Conditional Access, RBAC a síťová izolace.
- **Šifrování, monitoring a audit** – ochrana dat v klidu i přenosu, detekce anomálií.
- **Governance a compliance** – řízení přístupů, politik, nákladů a souladu s regulacemi.

Soulad s NIS2

- **Centralizované řízení rizik a incidentů** napříč ELI infrastrukturou.
- **Definované role a odpovědnosti** (CISO, Security Operations, Governance).
- **Technická opatření** dle NIS2 – segmentace, autentizace, šifrování, monitoring, zálohy.
- **Dokumentace, reporting a auditní dohled** nad bezpečnostními procesy.
- **Prokazatelný bezpečnostní rámec** vůči národním a evropským regulátorům.

Implementační rámec

Microsoft (Azure Security Stack) – Defender for Cloud, Sentinel, Entra ID, Key Vault, compliance mapy NIS2.

Monet+ – PKI, čipové karty, autentizace, certifikáty, federace identity.

Cisco – síťová bezpečnost, ISE, Zero Trust Network Access.

Architektura Move to Cloud

„Hybridní ekosystém, který propojuje vědu, data a infrastrukturu do jednoho celku.“

Základní koncept

- **Hybridní cloud** – propojení on-prem datových center (BEAMS, ALPS, NP) s Microsoft Azure.
- **Centralizovaná identita (EntraID/ EntraID Connect)** – jeden přístup, všechna prostředí.
- **Federace a integrace** s externími partnery a světovými výzkumnými centry.
- **Governance** – jednotná správa prostředků, politik a nákladů napříč ELI.
- **Bezpečnostní rámec** podle NIS2 a Zero Trust.

Architektonické vrstvy

1. **Identity & Access Layer** – federace, autentizace, MFA, role.
2. **Infrastructure Layer** – hybridní propojení (VPN, ExpressRoute, vNet).
3. **Platform Layer** – společné služby: monitoring, storage, AI, HPC.
4. **Application Layer** – výzkumné aplikace, data science, kolaborace.
5. **Governance & Security Layer** – politiky, audit, compliance, cost mgmt.

Strategická partnerství

„**Move to Cloud** propojuje špičkové technologie do jednoho ekosystému, který spojuje on-prem infrastrukturu, cloud a bezpečnost.“

Microsoft

Strategický partner pro **celý hybridní ekosystém ELI** – od on-prem až po cloud.

Zajišťuje **identity, správu zařízení, infrastrukturu, bezpečnost a výzkumné technologie nové generace**:

- **Entra ID + Entra ID Connect** (federace mezi on-prem a cloudem)
- **Defender for Cloud, Sentinel** — monitoring a reakce na hrozby
- **Intune a SCCM (Endpoint Manager)** — jednotná správa zařízení a serverů.
- **Azure Quantum & HPC služby** – podpora výzkumných a výpočetních projektů v oblasti simulací, modelování a datové analýzy.

Microsoft = páteř hybridní infrastruktury ELI – od identity a správy až po kvantové výpočty a výzkumné inovace.

Cisco

Partner pro **síťovou infrastrukturu, bezpečnost a kvantové propojení budoucnosti**. Zajišťuje viditelnost, segmentaci a řízení přístupu v reálném čase.

- **Cisco ISE, SecureX, Umbrella** – segmentace, Zero Trust a viditelnost.
- **Quantum Network Technologies** – příprava infrastruktury pro **kvantově bezpečné přenosy** a výzkumné datové toky.

Cisco = inteligentní síť, která propojuje ELI a připravuje ho na kvantovou éru.

Fortinet

- Partner pro **perimetrickou a automatizovanou ochranu**.
- Nasazuje FortiGate NGFW, FortiAnalyzer pro celý ELI ekosystém.
- Chrání hranice mezi vědeckými sítěmi, on-prem datacentry a cloudem.

Fortinet = obranný štít ELI – od laboratoře po cloud.

Monet+

Partner pro **autentizaci, PKI a správu identity**.

Realizuje federaci identit napříč ELI a partnery.

Poskytuje čipové karty, certifikáty a autentizační služby pro přístup k vědeckým nástrojům.

Monet+ = identita a důvěra napříč celým ekosystémem ELI.

Závěr – Move to Cloud

„ELI je místem, kde se věda setkává s technologiemi. Move to Cloud nám umožňuje zajistit spolehlivou, škálovatelnou a bezpečnou digitální infrastrukturu pro budoucí rozvoj.“

Co jsme dokázali

- Překročili jsme hranici klasického IT – vytváříme **hybridní vědecký ekosystém**.
- Propojili jsme **on-prem, cloud a OT svět** bez kompromisů v bezpečnosti.
- Postavili jsme platformu, která umožní vědcům sdílet, analyzovat a zpracovávat data napříč světem.
- Zajistili jsme **shodu s NIS2**, identitní federaci a governance.

Co to znamená pro ELI

- **Zrychlený výzkum**, lepší dostupnost dat, vyšší bezpečnost.
- **Silnější mezinárodní spolupráce** – díky centralizované identitě a cloudovým službám.
- **Digitální infrastruktura, která roste spolu s vědou.**

Kam míříme dál

- Rozšíření cloudových služeb pro výzkumné týmy ELI a partnery.
- Využití **AI a kvantových výpočtů** pro analýzu experimentálních dat.
- Budování **evropského standardu pro vědecký cloud** – propojení ELI do širšího výzkumného ekosystému (EOSC).

Děkuji za vaši pozornost

jiri.hatle@eli-beams.eu

www.eli-laser.eu

