



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### VÝZKUM A VÝVOJ FEMTOSEKUNDOVÝCH LASEROVÝCH SYSTÉMŮ A POKROČILÝCH OPTICKÝCH TECHNOLOGIÍ

(zakázka č. 561030)

Reg. č. projektu: CZ.1.07/2.3.00/20.0091

#### 1. Stručný obsah projektu:

Předkládaný projekt je zaměřen na vybudování špičkové odborné základny v ČR v rámci dynamicky se rozvíjejících oborů současné fotoniky s vysokým potenciálem pro základní výzkum a aplikační inovace.

V rámci projektu budou ustaveny dva výzkumné týmy vedené dvěma reintegroujícími se vědci z prestižních zahraničních institucí (CERN, RAL/STFC), které budou realizovat dané VaV aktivity a systematicky přispívat k šíření odborných vědomostí do cílových skupin (studenti VŠ, doktorandi, VaV pracovníci) ve spolupráci s VŠ avýzkumnými ústavu mimo území hl. m. Prahy, prostřednictvím programu specializovaných seminářů, workshopů a odborných exkurzí.

Oba výzkumné týmy a cílové skupiny získají unikátní know-how na základě přenosu poznatků od neintegrujících se vědců, přičemž realizované aktivity projektu sehrají podstatnou roli při budování odborného zázemí Mezinárodního laserového centra ELI (projekt předložený v rámci OP VaVpl).

#### 2. Popis projektu

- **Cíle projektu:**

Hlavním cílem předloženého projektu je vybudování 2 nových výzkumných týmů pod vedením dvou vysoce kvalifikovaných reintegroujících se českých vědců z prestižních zahraničních VaV institucí zaměřených na laserové technologie a související obory (Rutherford Appleton Laboratory - Velká Británie, CERN - Švýcarsko).

Tyto výzkumné týmy vytvoří nezbytnou přípravnou bázi pro výzkumné týmy vybraných výzkumných programů v rámci projektu ELI: Extreme Light Infrastructure financovaného z OPVaVpl, jehož cílem je vybudování laserového zařízení a realizace řady výzkumných a aplikačních projektů zahrnujících interakci světla s hmotou při intenzitách, která jsou 100-1000x větší než současné hodnoty dosahované ve světových laboratořích.

Dílčím cílem projektu je přenos znalostí a unikátního know-how z oblasti laserových technologií směrem k cílovým skupinám VaV pracovníků, doktorandi a studentů VŠ působících na institucích mimo území Hl. m. Prahy.

Přenos znalostí bude realizován prostřednictvím pořádání odborných seminářů/ workshopů a odborných studijních exkurzí, které povedou vedoucí zástupci výzkumných týmů vytvořených v rámci tohoto projektu.

Výše uvedených cílů bude dosaženo prostřednictvím vzájemně propojených klíčových aktivit, které budou generovat následující hlavní výstupy:

- dva nově vytvořené výzkumné týmy s vysoce kvalifikovanými lidskými zdroji připravenými pro další VaV činnost výzkumné infrastruktury vybudované v rámci projektu laserového centra ELI.

- přilákání 2 špičkových českých vědců s dlouhodobými zkušenostmi z prestižních zahraničních VaV institucí zpět do ČR

- přenos znalostí prostřednictvím krátkodobých návštěv a spolupráce členů výzkumných týmů se zahraničními výzkumnými institucemi- účast členů výzkumného týmu na odborných vzdělávacích aktivitách v ČR, tj. přenos znalostí směrem k cílové skupině prostřednictvím vzdělávacích akcí
- úspěšně podpoření VaV pracovníci, doktorandi a studenti VŠ působící v regionech.

- **Zdůvodnění potřeby:**

Laserové a optické technologie související s krátkopulsními lasery a optickými technologiemi femtosekundových laserových pulsů náleží k rychle se rozvíjejícím oborům s vysokým inovačním potenciálem ve vyspělých průmyslových technologiích.

Realizace projektu vychází z aktuální potřeby posílení odborného potenciálu v oboru laserového výzkumu a nových optických technologií v ČR, které jsou významným nástrojem jak základního, tak pokročilého aplikovaného výzkumu (např. nové materiály, molekulární biologie, femtochemie, nanotechnologie, atd.).

Žadatel má jako nositel projektu velké výzkumné infrastruktury budované v rámci projektu Mezinárodního laserového centra ELI, zapsaného na seznamu ESFRI a rovněž seznamu velkých infrastruktur VaVal na cestovní mapě ČR, velký potenciál stát se v budoucnu jednou z nejvýznamnějších výzkumných organizací v rámci EU, resp. ve světovém měřítku.

Realizace projektu ELI klade vysoké nároky jednak na nová konstrukční a technologická řešení, ale zejména na dostatečný počet kvalifikovaných LZ pro vývoj, konstrukci a následný provoz příslušných laserových zařízení, a rovněž pro efektivní využití jejich inovačního potenciálu. Bez předkládaného projektu se nepodaří vytvořit podmínky pro včasný návrat potřebných vysoce kvalifikovaných specialistů (reintegr. se vědci) do ČR.

Předkládaný projekt tak reflektuje uvedené požadavky prostřednictvím nově vybudovaných výzkumných týmů s vysoce kvalifikovanými LZ připravenými jednak pro další VaV činnost v rámci projektu ELI, rovněž i pro přenos špičkových znalostí a know-how směrem k cílovým skupinám prostřednictvím pořádání série vzdělávacích akcí.

Zástupcům cílových skupin budou předány nejnovější dostupné znalosti v oblasti laserových a optických technologií, které rozšíří jejich povědomí o vědeckém obsahu projektu ELI a mnohé z nich motivuje pro budoucí zapojení do výzkumných programů, případně přímo pro zaměstnání v rámci Mezinárodního laserového centra ELI.

- **Popis cílové skupiny:**

V rámci projektu budou podpořeny následující cílové skupiny:

- pracovníci VaV institucí
- studenti, doktorandi a pracovníci VŠ

Konkrétně se jedná o pracovníky VaV institucí, doktorandy, studenty a pracovníky VŠ, které s žadatelem dlouhodobě spolupracují a zároveň jsou členy tzv. Konsorcia ELI-CZ s výjimkou univerzit a VaV institucí lokalizovaných na území Hl. města Prahy.

Jedná se např. o následující subjekty:

- Univerzita Palackého v Olomouci
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- Technická univerzita v Liberci
- Univerzita Pardubice
- Ústav fyziky materiálů AV ČR, v.v.i., Brno
- Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i., Brno

Konsorciem ELI-CZ, které vzniklo v lednu 2009, sdružuje celkem 14 českých akademických a výzkumných institucí, které mají zájem o projekt ELI. Konsorcium deklaruje silné partnerství mezi akademickými a výzkumnými institucemi se společným záměrem vybudovat a provozovat

Mezinárodní laserové centrum ELI v ČR.

Konsorcium si také klade za cíl zvýšit informovanost národní akademické komunity nejen v rámci ELI, ale také v laserových vědách obecně. Podpora výše uvedených cílových skupin bude realizována prostřednictvím pořádání série odborných seminářů/ workshopů na vybraných regionálních univerzitách a institucích Konsorcia ELI-CZ a dále pořádáním odborných vzdělávacích exkurzí na pracovišti žadatele (laserové zařízení žadatele (PALS)).

Mezi hlavní potřeby cílových skupin patří zejména:

- možnosti ověření teoretických poznatků, získaných v průběhu studia a VaV činností, v rámci praktických aplikací a konkrétních úkolů řešených výzkumnými týmy podpořenými v rámci tohoto projektu
- získání vědomostního potenciálu pro práci v oblasti laserových technologií a souvisejících oborů
- zvýšení zájmu o budoucí uplatnění a udržení studentů v rámci technických oborů na vysokých školách v ČR
- získávání zkušeností, kontaktů a prohloubení znalostí v oboru ve vazbě na aktuální trendy a potřeby VaV a aplikační sféry.

- **Zapojení a motivace cílové skupiny:**

Základní motivace zapojení cílových skupin do projektu vychází mj. z aktuální poptávky na trhu práce po dostatečném počtu kvalifikovaných lidských zdrojů v technických oborech, v případě předkládaného projektu tedy konkrétně pro vývoj, výzkum, konstrukci a provoz nejmodernějších laserových zařízení.

Motivace zapojení cílových skupin do projektu vyplývá především ze skutečnosti, že ELI představuje nový unikátní výzkumný projekt, a to nejen v České republice, ale také v Evropě. Bude se jednat o víceúčelové zařízení, které bude schopno vytvořit v omezeném prostoru intenzity záření, které je až tisíckrát vyšší než v jakékoli jiné světové laboratoři. Samotný laser ELI bude poskytovat výkon 50 PW, čímž otevře dveře do zcela nových oblastí fyziky. Aplikace spojené s ELI budou mezioborové, např. zdravotnictví, biologie, vědy o materiálech, nebo radiografie. Z těchto důvodů bylo ELI vybráno Evropským strategickým fórem pro výzkumné infrastruktury (ESFRI), jako projekt s vysokou prioritou, pokud jde o velká zařízení pro výzkum v rámci EU.

Díky svému pan-evropskému měřítku a unikátním parametrům se projekt ELI potenciálně stane magnetem pro nadané VaV pracovníky a studenty VŠ jak z ČR, tak i ze zahraničí (zahraniční VaV pracovníci a studenti nejsou zahrnuti do cílových skupin předkládaného projektu OPVK).

Cílové skupiny jsou zapojeny v rámci všech fází realizace projektu. Během přípravné fáze předkládaného projektu byly využity podněty a připomínky k plánovaným VaV činnostem v rámci projektu. Jedná se o VaV činnosti ve vazbě na obsah výzkumných programů projektu ELI, které byly formulovány ve spolupráci s jednotlivými členy Konsorcia ELI-CZ.

V realizační fázi budou cílové skupiny zapojeny v rámci 3. klíčové aktivity. Cílové skupiny tedy budou participovat aktivní účastí na seminářích a workshopech na vybraných regionálních univerzitách a institucích Konsorcia ELICZ, vč. jejich účasti v rámci exkurzí na stávající laserové infrastrukturu žadatele (PALS).

- **Popis přidané hodnoty projektu, v čem je inovativní:**

Přidaná hodnota projektu spočívá především v přitažení unikátního know-how v oblasti laserových technologií a navazujících oborů ze špičkových zahraničních VaV institucí (Rutherford Appleton Laboratory - Velká Británie, CERN - Švýcarsko). Nositeli předmětného know-how budou dva čeští vědci, kteří dlouhodobě působí na uvedených pracovištích a příprava vlastního výzkumného týmu společně s vytvářením základní znalostní báze pro projekt ELI v České republice je pro ně velkou výzvou a dostatečnou motivací opustit svá stávající pracoviště.

Je třeba zdůraznit, že bez předkládaného projektu se nepodaří vytvořit podmínky pro návrat těchto špičkových vědců do ČR před rokem 2015.

Neméně významnou přidanou hodnotu projektu představuje další odborné vzdělávání cílových skupin, tj. studentů VŠ a mladých VaV pracovníků, prostřednictvím pořádání série odborných seminářů/ workshopů a exkurzí na laserovém zařízení žadatele (PALS). Zástupcům cílových skupin budou předány nejnovější v současnosti dostupné znalosti v oblasti laserových a optických technologií, které rozšíří jejich povědomí o vědeckém obsahu projektu ELI a mnohé z nich motivuje pro budoucí zapojení do výzkumných programů, případně přímo pro zaměstnání v rámci Mezinárodního laserového centra ELI.

Inovativnost projektu spočívá jednak v přilákání vysoce kvalifikovaných lidských zdrojů, které v ČR aktuálně buď neexistují, resp. je jich na trhu práce v ČR i v EU velký nedostatek.

Sekundární efekt inovativnosti se váže na vysoké technologické ambice projektu ELI, tj. vybudování nejmodernějšího laserového zařízení, které bude poskytovat ultrakrátké laserové pulsy o délce typicky několik femtosekund (10-15 fs) a bude generovat výkon až 200 PW.

### 3. Klíčové aktivity

#### ***Klíčová aktivita 1 - Vybudování výzkumného týmu 1 - laserové systémy***

##### **Cíle:**

Cílem je vybudování špičkového výzkumného týmu (VT) se zaměřením na vývoj a realizaci femtosekundových laserů a laserových systémů. Dílčím cílem je vytvoření přípravné vědecké báze a odborného zázemí pro VT nově budovaného Mezinárodního laserového centra ELI a rovněž pro přenos poznatků do inovačních vývojových aktivit.

##### **Popis jednotlivých činností:**

###### 1.1 Příprava VaV činností (02/2011-06/2011)

-realizace návrhu femtosekundového laserového systému s využitím nejnovějších dostupných technologií zahrnující vláknové systémy, parametrické zesílení a diodově čerpané systémy, poskytujícího spektrální šířku pásma 150 nm v 10-ti vzájemně nezávislých svazcích, každý s energií pulsu cca 1 mJ  
-vypracování plánu testování a optimalizace parametrů navrženého laserového systému

###### 1.2 Realizace VaV činností (07/2011-01/2014)

-stavba a testování navrženého laserového systému, optimalizace parametrů generovaných femtosekundových pulsů (kontrast pulsů, stabilita, parametry jednotlivých svazků, testování přesnosti vzájemné synchronizace jednotlivých pulsů, atd.)  
-optimalizace optického spektra, vývoj a implementace aktivní nezávislé kontroly tvaru spektrálního pásma každého ze svazků generovaných laserovým systémem  
-vypracování návrhu vývoje vybraných subsystémů laserových zesilovačů na bázi tenkého disku, příp. uspořádání typu multislabs s vysokou opakovací frekvencí (opakovací frekv. 10 Hz-1 kHz)

###### 1.3 Přenos poznatků a know-how (02/2011-01/2014)

-přenos specializovaného know-how, poznatků a důležitých kontaktů ze zahraniční od reintegr. se vědce směrem k členům VT bude probíhat souběžně s výše uvedenými VaV činnostmi  
-budování nového VT (tj. VaV činnosti a přenos poznatků) bude převážně na pracovišti žadatele v rámci zařízení PALS, viz příl. 6, část A, 3) - Informace o vybavení pracoviště  
-členové VT budou 1x ročně získávat zkušenosti v rámci návštěv centra Rutherford Appleton Laboratory a spolupráce na vývoji širokopásmových laserových zesilovačů.

##### **Výstup klíčové aktivity:**

nově vytvořený výzkumný tým se zaměřením na vývoj a realizaci femtosekundových laserů a laserových systémů s vysoce kvalifikovanými LZ připravenými pro další VaV činnost velké výzkumné infrastruktury, resp. Mezinárodního laserového centra vybudovaného v rámci projektu ELI (výzkumný tým 1 bude složen ze 4 osob:

vedoucí týmu, tj. reintegrovaný se vědec, senior researcher a 2x junior researcher)

- etablování špičkového českého vědce s dlouhodobými zkušenostmi z prestižních zahraničních VaV institucí v rámci instituce žadatele

- zvýšení potenciálu pro generování nových VaV výsledků a inovačních aktivit v příslušné oblasti (především půjde o impaktované publikace v prestižních mezinárodních vědeckých periodikách, návrhy a studie laserových systémů; část výsledků budou představovat také patenty a aplikované výsledky, např. prototypy kompaktních laserových systémů pro aplikace v průmyslu, v biomedicínských technologiích, atd.)

- rozšíření stávající spolupráce žadatele s nejvýznamnějším evropským centrem v oboru laserových systémů Rutherford Appleton Laboratory (Velká Británie)

- rozšíření a posílení spolupráce žadatele v rámci mezinárodních projektů 7. a do budoucna i 8. Rámcového programu EU, zejména celoevropského projektu I3 Laserlab Europe.

## **Klíčová aktivita 2 - Vybudování výzkumného týmu 2 - optické a laserové detekční technologie**

### **Cíle:**

Cílem je vybudování špičkové výzkumného a vývojového týmu (VT) v oboru optických a laserových detekčních technologií. Dílčím cílem je neprodlené zahájení budování odborného zázemí pro výzkum a technologický vývoj nových optických materiálů pro VT nově budovaného Mezinárodního laserového centra v rámci projektu ELI a rovněž pro přenos poznatků do inovačních vývojových aktivit.

Popis jednotlivých činností:

#### **2.1 Příprava VaV činností (02/2011-06/2011)**

- vypracování plánu vývoje optických materiálů a technologií pro femtosekundové/ širokopásmové optické pulsy, analýza možností technologického vývoje v ČR
- analýza a návrh optických technologií pro bezdifrakční přenos svazků femtosekundových laserů pro potřeby Mezinárodního laserového centra ELI

#### **2.2 Realizace VaV činností (07/2011-01/2014)**

- vývoj a testování vybraných optických materiálů a technologií (multivrstvé reflexní struktury pro širokopásmové optické pulsy, nové materiály typu kov-dielektrikum pro časovou kompresi optických pulsů, atd.)
- návrh a vývoj prototypu detekční hlavice pro měření parametrů femtosekundových laserových svazků
- stavba a testování prototypu optického teleskopu pro bezdifrakční přenos femtosekundových laserových pulsů

#### **2.3 Přenos poznatků a know-how (02/2011-01/2014)**

- přenos specializovaného know-how, poznatků a důležitých kontaktů ze zahraničí od reintegr. se vědce směrem k členům VT bude probíhat souběžně s výše uvedenými VaV činnostmi.
- budování nového VT (tj. VaV činnosti a přenos poznatků) bude převážně na pracovišti žadatele v rámci zařízení PALS, viz příloha 6, část A, 3) - Informace o vybavení pracoviště.
- členové VT budou alespoň 1x ročně získávat zkušenosti v rámci návštěv CERN a Max-Planck Institut for Quantum Optics a v rámci spolupráce s těmito institucemi v oboru vývoje nových optických technologií pro femtosekundové lasery.

### **Výstup klíčové aktivity:**

nově vytvořený výzkumný tým se zaměřením na návrh, vývoj a realizaci optických a laserových detekčních technologií pro systémy femtosekundových laserů, s vysoce kvalifikovanými LZ připravenými pro další VaV činnost velké výzkumné infrastruktury, resp. Mezinárodního laserového centra vybudovaného v rámci projektu ELI (výzkumný tým 2 bude složen ze 4 osob: vedoucí týmu, tj. reintegrovaný se vědec, senior researcher a 2x junior researcher)

- etablování špičkového českého vědce s dlouhodobými zkušenostmi z prestižních zahraničních VaV institucí v rámci instituce žadatele

- zvýšení potenciálu pro generování nových VaV výsledků a inovačních aktivit v příslušné oblasti (impaktované publikace v prestižních mezinárodních vědeckých periodikách, návrhy a studie laserových systémů, patenty, průmyslové vzory, přenos poznatků do aplikační sféry pokročilých technologií, atd.)

- rozšíření stávající spolupráce žadatele s laboratoří CERN (Švýcarsko) a laserovým centrem Max-Planck Institut for Quantum Optics - MPQ (Německo)

- rozšíření a posílení spolupráce žadatele v rámci mezinárodních projektů 7. a 8. rámcového programu EU, zejména celoevropského projektu I3 Laserlab Europe.

### **Klíčová aktivita 3 - Přenos znalostí směrem k cílovým skupinám projektu**

#### **Cíle:**

Cílem je přenos znalostí a unikátního know-how z oblasti laserových a optických technologií a souvisejících oborů směrem k cílovým skupinám VaV pracovníků, doktorandů a studentů VŠ působících na institucích mimo území Hl. města Prahy. Přenos znalostí bude realizován prostřednictvím pořádání odborných seminářů/ workshopů i odborných studijních exkurzí, které povedou vedoucí zástupci výzkumných týmů vytvořených v rámci tohoto projektu.

#### Popis jednotlivých činností:

##### 3.1 Příprava seminářů/ workshopů a exkurzí (02/2011-06/2011)

- specifikace odborné náplně jednotlivých akcí ve vazbě na konkrétní potřeby cílových skupin
- sestavení harmonogramu jednotlivých akcí
- tvorba informačních/ propagačních a školících materiálů pro potřeby jednotlivých akcí

##### 3.2 Organizace a realizace seminářů/ workshopů a exkurzí (07/2011-01/2014)

Organizační stránka akcí bude v kompetenci Manažera vzdělávacích aktivit ve spolupráci s ostatními členy realizačního týmu. Odbornou stránku akcí zajistí vedoucí výzkumných týmů ve spolupráci se senior researchers.

Většina akcí bude koncipována jako celodenní a uskuteční se na vybraných pracovištích univerzit a institucí Konsorcia ELI-CZ (zejména TU Liberec, UP Olomouc, JČU České Budějovice, Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i. Brno), příp. v externích prostorách. Exkurze se uskuteční na pracovišti žadatele.

Konkrétně budou realizovány následující typy akcí:

- interaktivní semináře/ workshopy (celkem 12 akcí, tj. 4 akce/ rok) za účelem prohloubení kvalifikace na základě přenosu poznatků od špičkových odborníků v oblasti laserových technologií a souvisejících oborů
  - odborné studijní exkurze v rámci laserového zařízení PALS (celkem 6 exkurzí, tj. 2 exkurze/ rok) za účelem ověření a doplnění teoretických poznatků získaných v průběhu studia v rámci praktických aplikací laserových systémů na existující VaV infrastruktuře
- Výše uvedené vzdělávací akce budou probíhat souběžně s klíčovými aktivitami 1 a 2.

#### **Výstup klíčové aktivity:**

##### Ad 3.1)

- dokument obsahující témata a návrh programu jednotlivých akcí, vč. harmonogramu
- informační/ propagační a školící materiály pro potřeby jednotlivých akcí

##### Ad 3.2)

- Počet podpořených osob - poskytovatelé služeb, tj. osoby předávající znalosti a zkušenosti cílovým skupinám. Konkrétně jde o 2 vedoucí výzkumných týmů a 2 senior researchers, kteří budou zajišťovat odbornou stránku seminářů/ workshopů a exkurzí.

- Počet podpořených osob - studentů v dalším vzdělávání. Konkrétně se jedná o doktorandy a studenty VŠ z Konsorcia ELI-CZ zapojených do seminářů/ workshopů a exkurzí. Celkem jde o 300 doktorandů/studentů VŠ:

V případě seminářů a workshopů se bude celkem jednat o 180 doktorandů/studentů, tj. 12 akcí s průměrnou účastí 15-ti studentů.

V případě exkurzí se bude celkem jednat o 120 doktorandů/studentů, tj. 6 exkurzí s průměrnou účastí 20-ti studentů.

- Počet podpořených osob - pracovníků v dalším vzdělávání. Konkrétně se jedná o akademické, resp. VaV pracovníky z Konsorcia ELI-CZ zapojené do seminářů/ workshopů a exkurzí. Celkem jde o 42 pracovníků.

V případě seminářů a workshopů se bude celkem jednat o 24 pracovníků, tj. 12 akcí s průměrnou účastí 2 pracovníků.

V případě exkurzí se bude celkem jednat o 18 pracovníků, tj. 6 exkurzí s průměrnou účastí 3 pracovníků.