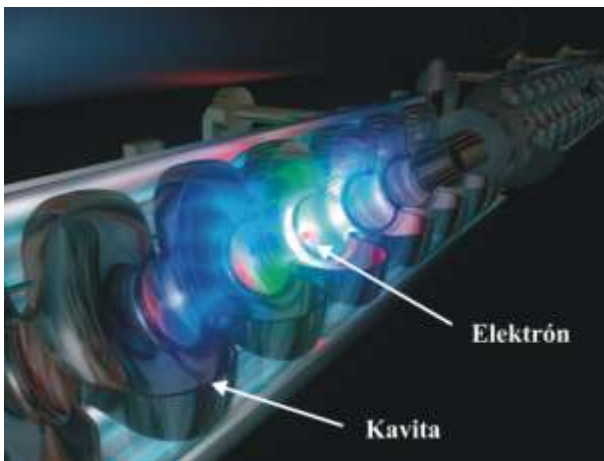


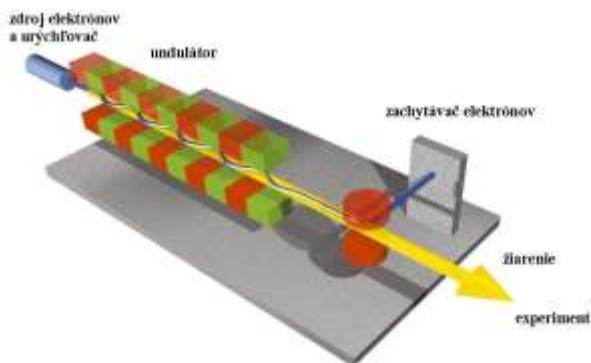
Stručný princíp činnosti XFEL

S vynechaním detailných informácií možno princíp činnosti XFELu opísať nasledovne. Celý proces získavania extrémne tvrdého RTG žiarenia začína v injektore, ktorého dĺžka je 66 m. V ňom sú voľné elektróny generované ožarovaním Cs₂Te katódy ultrafialovým laserom. Tieto elektróny sú okamžite vyvedené a fokusované elektrickým poľom do sústavy prvých rádiových kavit, ktoré ich urýchlia a tým im dodajú požadovanú vysokú výstupnú energiu. Elektróny následne putujú do 2,1 km dlhej sústavy 100 modulov. Každý z modulov pritom obsahuje niekoľko supravodivých rádiových kavit (obr. 1) chladených na teplotu 2 až 4,2K. V tejto časti sú elektróny opäť elektrickým poľom urýchľované na rýchlosť 99 % z rýchlosti svetla a na energiu 17,5 GeV. Súčasťou urýchľovacej časti sú, okrem iného príslušenstva, aj magnety, ktoré majú za úlohu fokusovať zväzok elektrónov na požadovanú hodnotu.

Po urýchlení postupujú elektróny do undulátorovej časti. Tá je koncipovaná ako sústava tvrdých magnetov s alternujúco usporiadanými pólmi (obr. 2). Elektróny sú v undulátore postupne vychyľované z jednej strany na druhú v dôsledku striedania magnetických pólův. Podľa zákona zachovania energie sa každá zmena hybnosti elektrónu následne prejaví vyžiarovaním fotónu. Emitované synchrotrónové žiarenie však ešte stále nemá očakávanú intenzitu. Tú získa až tzv. „SASE“ efektom (Self – Amplified Spontaneous Emission), ktorý je obdobou spontánnej emisie u klasických laserov. Výsledkom SASE efektu je, že intenzita žiarenia za undulátorovým segmentom lúča je o niekoľko rádův vyššia ako pôvodného pred vstupom do undulátora.



Obr. 1 Supravodivá kavita v urýchľovacej časti lineárneho urýchľovača a názorne naznačený jeden elektrón.



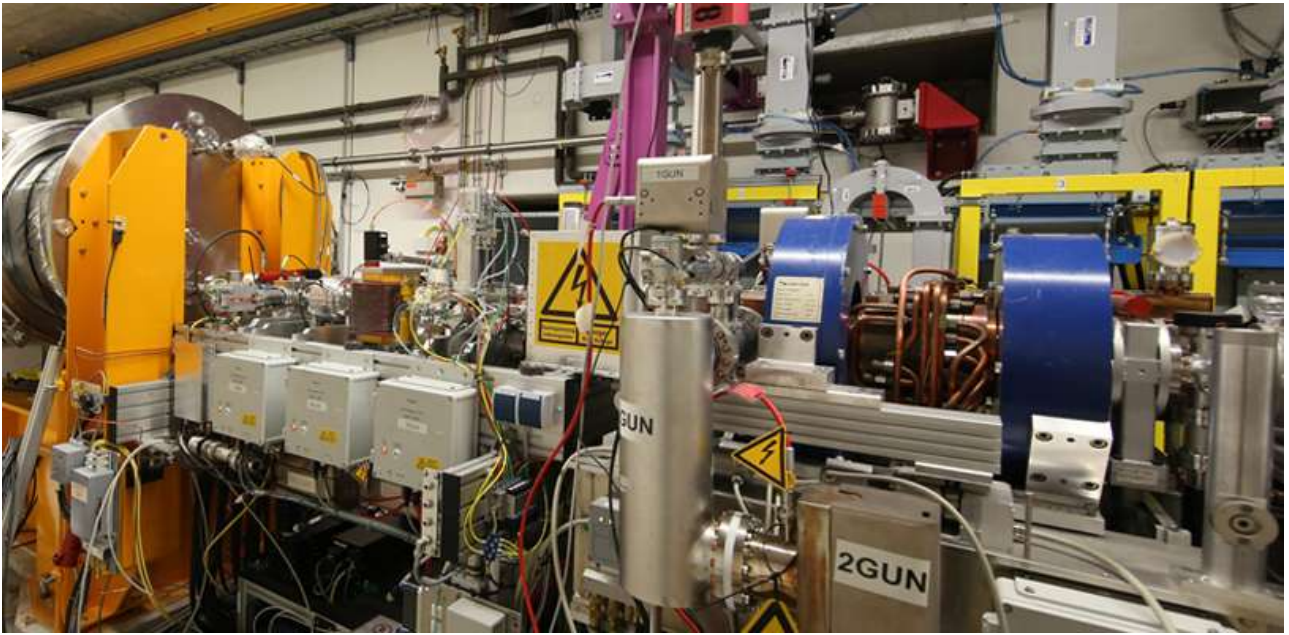
Obr. 2 Schematicky znázornená undulátorová časť. Modrá čiara reprezentuje trajektóriu elektrónov a žltá trajektóriu vznikajúceho RTG žiarenia [1].



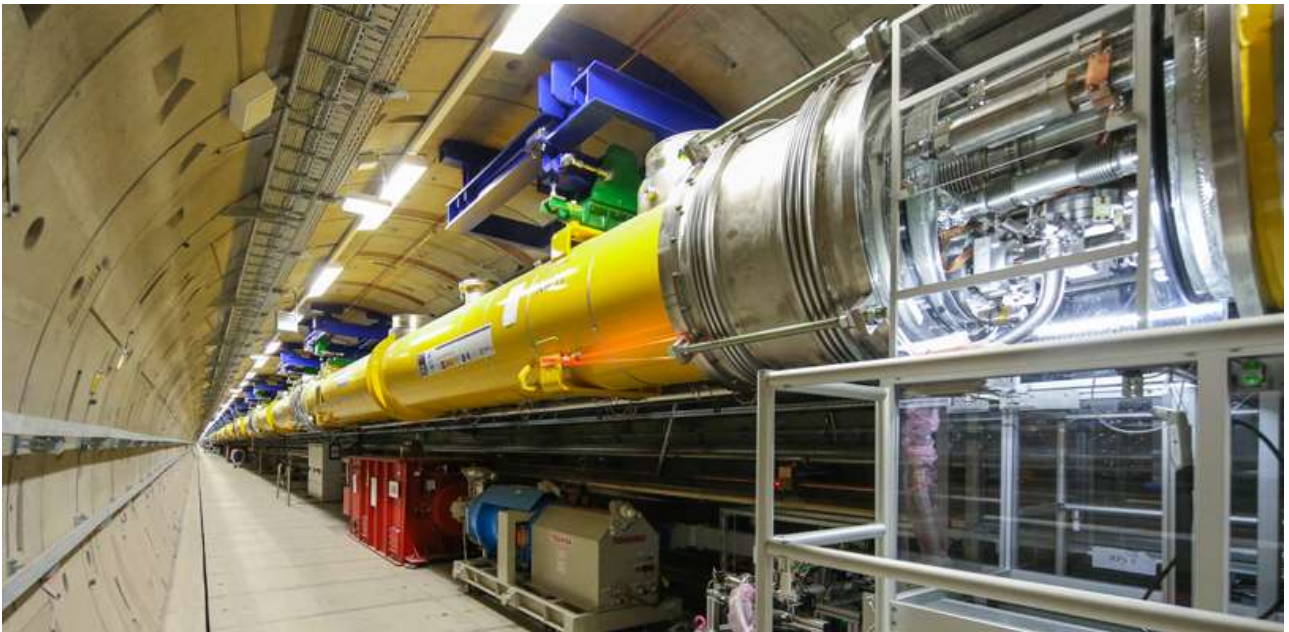
Umiestnenie XFEL, začiatok elektrónové delo je v DESY (The Deutsches Elektronen-Synchrotron) Hamburg odkiaľ vedie 2.1km dlhý lineárny urýchľovač elektrónov, ktorý končí v Osdoerfer-Born. Urýchlené elektróny sú následne rozdeľované do piatich elektrón fotónových tunelov, na konci ktorých je experimentálna hala v Shenefelde.



Znázornenie nadzemných stavieb XFEL, samotný tunel je v uložený podzemí 6-38 metrov pod úrovňou terénu.



Fotografia elektrónového dela (injektoru) v DESY Hamburg.



Pohľad do urýchľovacieho tunela XFEL.



Pohľad do SASE1 fotónovo elektrónového tunela, s prvým inštalovaným 5 m dlhým undulátorom. Konečný počet undulátorov v tomto tunely bude 35.

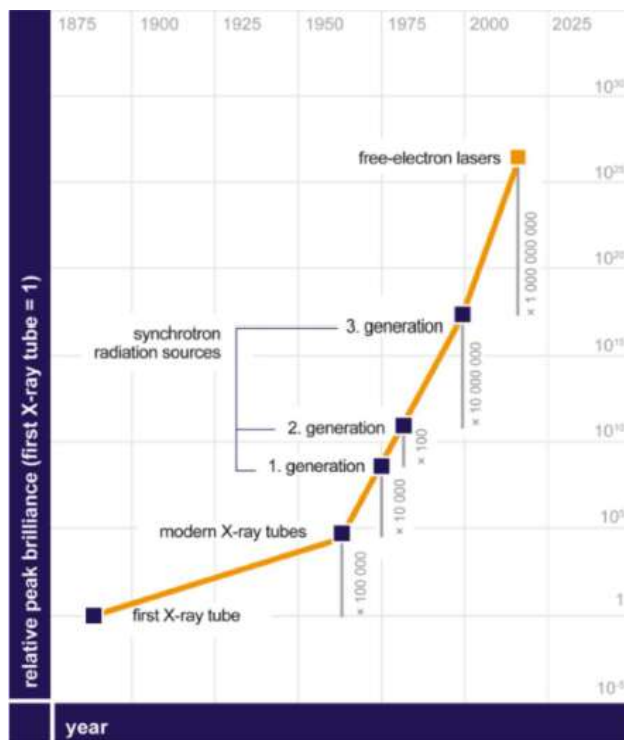


Pohľad do experimentálnej haly v Schenefelde, na ktorom je vidieť výstavbu meracích staníc FXE a SPB/SFX, na ktorých participuje ako člen konzorcia užívateľov aj SR.

Virtuálnu prehliadku rozostavaným XFEL-om je možné vykonať tu <https://www.youtube.com/watch?v=4-Pooev8NXY>

Žiarenie XFEL je kombináciou unikátnych vlastností: vysokej intenzity, koherencie, polarizácie žiarenia, nastaviteľnosti vlnovej dĺžky (od 6 do 0,085 nm), časovo krátkej doby pulzu (pod 100 femto-sekúnd). Kvalita žiarenia produkovaného XFEL-om bude o niekoľko rádov lepšia v porovnaní s najvýkonnejšími zdrojmi rtg. žiarenia dneška, čo analogicky

v budúcnosti povedie k prielomovým poznaniam v oblasti prírodných vied a k technologickému pokroku v krajinách zapojených do projektu.



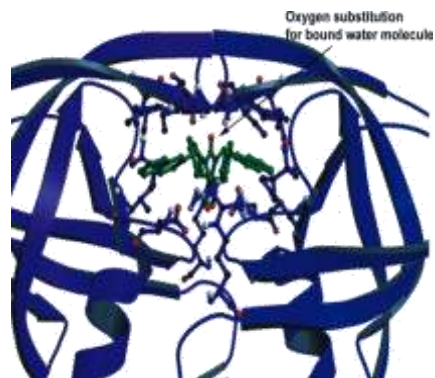
Vývoj zdrojov röntgenového žiarenia a porovnanie ich výkonu (brilliance). Ako je možné vidieť, XFEL bude až miliardu krát žiarivejší oproti najvýkonnejším dnes používaným zdrojom.

XFEL je možné prirovnáť k mikroskopu, ktorý umožní napr. metodikou koherentnej difrakcie zaznamenať priebeh chemickej reakcie na atomárnej úrovni, skúmať dynamiku a interakcie iónov v stave horúcej plazmy, analyzovať štruktúru proteínov bez nutnosti ich kryštalizácie, analyzovať veľké molekulárne komplexy a vírusy na atomárnej úrovni. Preto, tento výskum priťahuje záujem širokej vedeckej komunity.

Vedecké oblasti, na ktoré bude mať XFEL rozhodujúci dopad :

Štruktúrna biológia

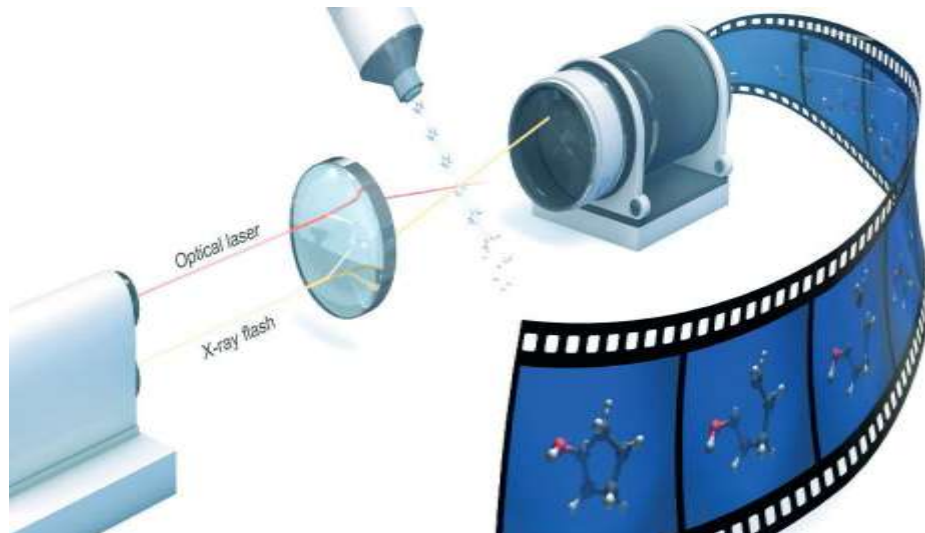
Je vedný odbor, ktorý sa zameriava na štúdium štruktúr biologických objektov (makromolekúl, proteínov, nukleových kyselín) a má dnes rozhodujúci dopad na biológiu a chémiu. Súčasný trend pri štúdiu chorôb a ich liečení smerujú k vývoju liekov založenom na poznaní 3D štruktúry biologických celkov a k vývoju nových molekúl s cieľenou štruktúrou, určené pre farmaceutické aplikácie.



Na základe znalostí štruktúry proteázy HIV vírusu bolo možné nahradiť jednu z kľúčových vodíkových väzieb a tým znefunkčniť / inhibovať jeden z typov enzýmov tohto vírusu.

Chémia (femtochémia)

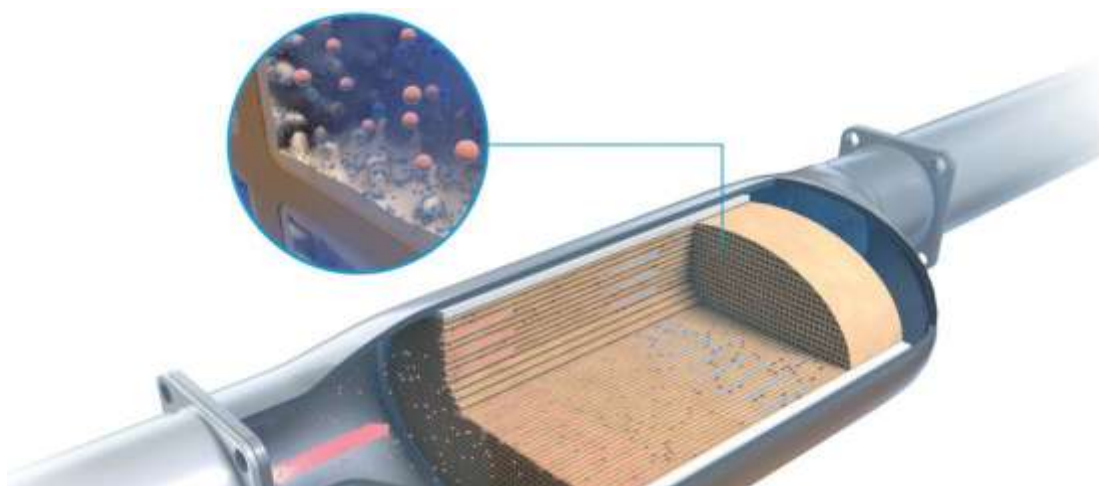
Po prvý krát bude možné študovať chemické reakcie nie len na začiatku a na konci, ale aj v ich priebehu. Bude možné pozorovať vytváranie väzieb medzi atómami, preskupovanie atómov v rámci molekúl a pod.



Pomocou extrémne krátkych a zároveň vysokointenzívnych zábleskov XFEL bude možné vyhotoviť film z procesu chemickej reakcie, zmeny molekulárnej štruktúry (molecular movie)

Materiálový výskum

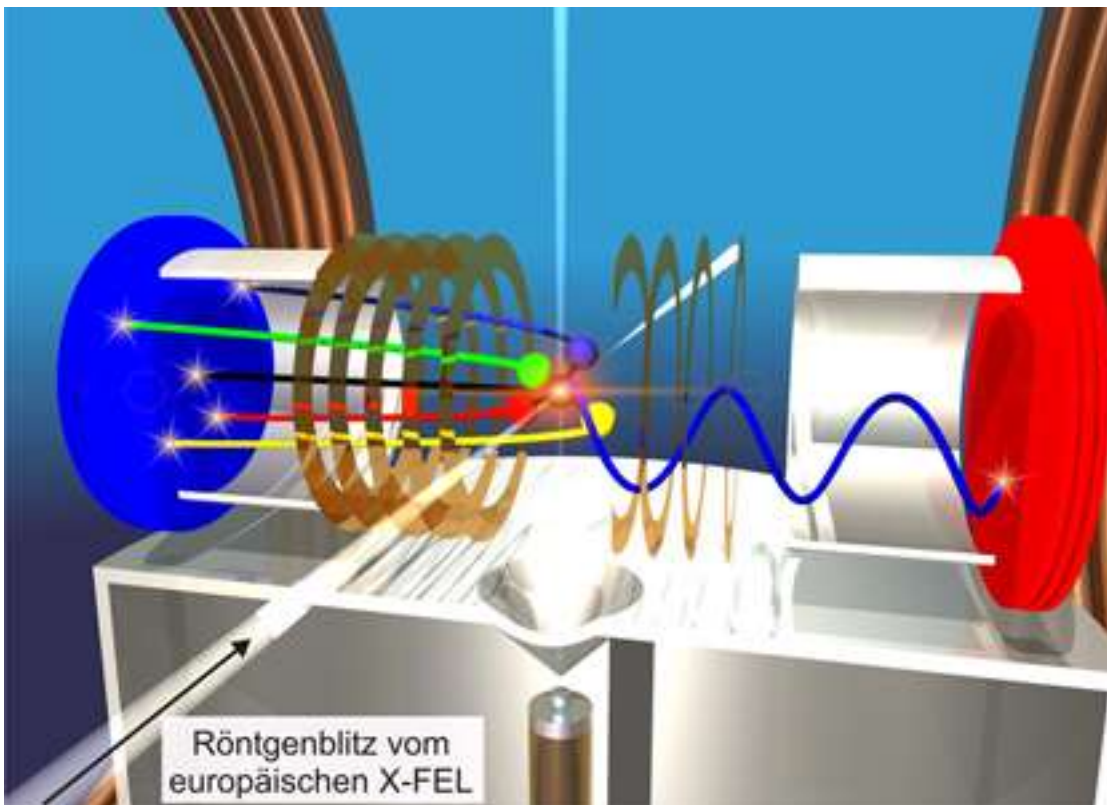
Aplikácie v oblasti výskumu nanomateriálov, nových druhov katalytických, magnetických, supravodivých, termoelektrických, amorfných, vysokoentropických materiálov a pod., ako aj materiálov na efektívne uskladňovanie vodíka, solárnych článkov, batérií. Extrémne časovo krátke pulzy XFEL-u budú použité pri štúdiu dynamiky procesov prebiehajúcich na povrchu aj v objeme materiálov.



Vysokointenzívne röntgenové žiarenie dodávané v extrémne krátkych pulzoch 10^{-15} s bude použité pri štúdiu katalytických procesov. Získané znalosti povedú k vývoju nových materiálov s vyšším účinkom.

Fyzika

Kým dnešné metódy sú schopné analyzovať atómovú/elektrónovú štruktúru látok v rovnovážnom stave, XFEL dovoľí štúdium procesov magnetizmu, elektrónovej excitácie, fázových transformácií v nerovnovážnych stavoch, teda v stavoch, kedy skúmaný objekt prechádza zmenou. Výskum bude orientovaný na fyziku plazmy, atómov, iónov, molekúl a klastrov.



Vďaka zábleskom XFEL-u a konštrukcii časticového mikroskopu, bude možné zosnímať elektróny v jednej jedinej molekule. Obrázok z Goethe University Frankfurt

Prínos:

Najväčší prínos účasti SR v tomto projekte spočíva v možnosti využívať najmodernejšiu výskumnú infraštruktúru slovenskou vedeckou komunitou. Zároveň sa otvoria nové možnosti vzdelávania našich študentov a doktorandov v najpokročilejších metodikách a v medzinárodnom prostredí špičkových fotónových zdrojov.

Základné informácie:

začiatok výstavby: 2009

predpokladaný koniec výstavby: 2017

celková dĺžka: 3.4km

cena diela: 1.250 miliardy €

počet zamestnancov: 280

členské štáty (v súčasnosti 11 krajín): Dánsko, Francúzsko, Nemecko, Maďarsko, Taliansko, Poľsko, Rusko, Slovensko, Španielsko, Švédsko a Švajčiarsko, o vstup do XFEL požiadala UK a o jej podmienkach vstupu sa intenzívne rokuje

typ urýchľovača: supravodivý lineárny

energia elektrónov na výstupe: 17.5 GeV

energia rtg. žiarenia: 0.26 – 24.8keV (4.7 – 0.05 nm)

počet zábleskov za sekundu: 27 000

trvanie jedného záblesku: < 100fs (1fs = 10^{-15} s)

žiarivosť (brilliance): maximálna 5.10^{33} priemerná $1.6.10^{25}$ (fotónov / s / mm^2 / mrad^2 / 0,1% šírky energetického pásu)

Dôležité medzníky:

september 2006: minister školstva vedy výskumu a športu SR vymenoval národnú Komisiu pre spoluprácu s XFEL, jej predseda prof. RNDr. Pavol Sovák, CSc. (UPJŠ) sa stal pozorovateľom SR v Steering Committee XFEL, úlohou Komisie a observera bolo vyrokovať podmienky vstupu SR do XFEL. Členmi Komisie sú zástupcovia výskumných univerzít SR a ústavov SAV.

10. 9. 2008 vláda SR schválila návrh členstva Slovenskej republiky v medzinárodnom vedeckom centre spoločnosti s ručením obmedzeným „XFEL GmbH“ v Hamburgu, podľa nemeckého právneho poriadku, s názvom Európske röntgenové laserové zariadenie na báze voľných elektrónov.

Dňa 30. 11. 2009 podpís medzinárodnej zmluvy o vzniku medzinárodného projektu The European X-Ray Laser Project (XFEL) a vzniku medzinárodnej obchodnej spoločnosti European XFEL GmbH, podpís zmluvy o prevode 250 akcií pre SR, tým sa Slovenská republika stala zakladajúcou krajinou European XFEL GmbH s podielom 1.0 %. Od roku 2012 sa zvýšil podiel SR na 1.11 % a od r. 2015 je to 1.16 %.

Jún 2013: dokončenie výstavby podzemnej časti, razba tunelov a šácht.

Február 2015: dokončenie hrubej stavby hlavnej budovy XFEL

December 2015: spustenie do prevádzky 1. časti European XFEL - elektrónového dela

(viac info http://www.xfel.eu/news/2015/first_electrons_accelerated_in_european_xfel/)

Experimentálne stanice v rámci European XFEL

V súlade s postupným prechodom konštrukčnej fázy do implementačnej sa začali budovať experimentálne stanice. Slovenskej republike bolo ponúknuté zúčastniť sa na výstavbe a využívaní koncových experimentálnych staníc **SFX/SPB (Serial Femtosecond Crystallography)** a **XBI (Integrated Biology Infrastructure)** ako riadny člen konzorcia užívateľov. Ide o strategicky významnú aktivitu, ktorá umožní dobudovanie našej vedeckej infraštruktúry pre excelentnú tímovú prácu členov konzorcií a umožní rozšíriť možnosti čerpania experimentálneho času „beam time“ pre slovenských biológov a ich účasť na unikátnych experimentoch. V súčasnosti sa pripravujú konzorciálne zmluvy.