Fúzní reaktory aneb Když vědci z Plzně pomáhají napodobit Slunce na Zemi

12.9.2025 - Kateřina Newton | Západočeská univerzita v Plzni

„Fúze je proces, který probíhá na Slunci. Zjednodušeně řečeno, vezmete vodík, ten se musí extrémně zahřát a stlačit, aby se jádra vodíku dostala natolik blízko k sobě, že překonají vzájemné odpudivé síly a spojí se v jádro helia. Při tom se uvolní obrovské množství energie. Dokonce víc než u jaderné štěpné reakce. Je to čistější, bezpečnější, navíc na Zemi máme vodíku prakticky neomezené množství a produktem je neškodné hélium, nikoli tuny radioaktivního odpadu," řekl Pavel Turjanica, vedoucí skupiny elektroniky a testování na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni (FEL ZČU), na úvod rozhovoru o tom, jak mohou technologie vyvíjené ve výzkumném centru RICE pomoci vyřešit globální energetickou budoucnost.

Proč tedy ještě nemáme fúzní elektrárny, když mají fúze tak slibný potenciál?

Protože je to sice experimentálně vyzkoušené, fyzici už mají v podstatě hotovo, ale je to technologicky extrémně náročné. Je třeba vyřešit tisíce inženýrských problémů, aby elektrárna fungovala spolehlivě a s velkým výkonem, na rozdíl od laboratorního experimentu. Na Slunci tomuto procesu pomáhá gravitace, takže stačí teplota asi 15 milionů °C, kdežto my musíme vodík zahřát až na stamiliony stupňů Celsia. A plazma pak musíme udržet v prostoru, aniž by se dotklo stěn reaktoru. Magnetické pole ho musí držet přesně, stabilně a dlouhodobě, nikoli jen pár vteřin. To je složité, protože jde o extrémní teploty, záření, mechaniku, použité materiály i řízení. Všechno musí fungovat s naprostou přesností. A také se od začátku dbá na to, aby z elektrárny nevznikal odpad, který budeme muset tisíce let skladovat v úložištích jako u jaderných elektráren. To znamená že některá řešení nechceme nebo nemůžeme použít.

Jak konkrétně takový fúzní reaktor vypadá?

Většina funguje na principu takzvaného tokamaku. To je reaktor, který si můžete představit třeba jako obrovský americký donut – je to toroidální komora se středovou dutinou. Uvnitř vzniká prstenec extrémně horkého plazmatu, který je udržován silným magnetickým polem v bezpečné vzdálenosti od stěn reaktoru. Je to vlastně uzavřená magnetická past, která musí být naprosto stabilní. Pokud by se plazma dotklo stěn, plazma se ochladí a reakce skončí. Nehrozí žádný výbuch nebo podobně, reakce se sama zastaví dřív, než k čemukoli vážnému může dojít. Tokamak je dnes nejpokročilejší a nejvíce ověřená technologie pro dosažení řízené fúze. Jsou i jiné, jako laserové systémy, nebo stelarátory. A pak samozřejmě i nějaké, které slibují investorům fúzi do dvou let, ale ty obvykle ignorují fyzikální zákony. Pokud chcete o fúzi a tokamacích vědět víc, doporučuji si poslechnout na našem YouTube kanálu přednášku Slavomíra Entlera z Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Je jedním z našich odborníků v oblasti fúze a dokáže o ní úžasně vyprávět a vše vysvětlit, aniž byste museli předtím absolvovat matfyz.

Existuje na světě zařízení, které fúzi zvládá v praxi?

Těch je dnes už mnoho, ale myslíte, předpokládám, elektrárnu – zatím se staví ITER ve Francii – jde o největší projekt lidstva na planetě. Má být prvním zařízením, které vyprodukuje dostatek energie srovnatelný s běžnou elektrárnou. Ale energii do sítě ještě dodávat nebude, bude to výzkumné zařízení, kde se vyzkouší, které materiály, technologie a postupy budou pro výrobu energie nejvhodnější. Po něm má následovat reaktor DEMO, který už bude fungovat jako plnohodnotná

elektrárna.

Jsme tedy už blízko cíli, kdy bude možné fúzní reakci využít v reálné energetice?

V zásadě ano… ITER má být spuštěn kolem roku 2034. DEMO by mohlo následovat zhruba o 15 let později, tedy kolem roku 2049. I přes technologickou složitost to ale není daleko – my se toho dožijeme.

Zpět k nám do Plzně. Jak se do toho zapojuje Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity?

Původně to byla náhoda – kolega z Akademie věd mi předal kontakt na Ústav fyziky plazmatu a říkal: *„Hele, zajímá je, co děláte, jeďte se za nimi podívat.“* A tak jsem jel. Ukázalo se, že máme technologie, které se zatím ve fúzi nepoužívají, a napadlo mne, jak je využít. Spojil jsem se ještě s mým kolegou Janem Řebounem a nakonec jsme společně dokázali sestavit první funkční senzor na bázi mědi tištěné na keramický substrát, takzvanou TPC technologii. Tady je třeba hodně vyzdvihnout našeho průmyslového partnera, společnost Elceram, bez které by senzory zůstaly jen na papíře. Senzory jsme následně prezentovali na mezinárodní platformě, která spojuje odborníky na magnetickou diagnostiku tokamaků z celého světa. Tam to mělo úspěch – a najednou se nám otevřely dveře, protože stávající senzory jsou příliš velké nebo využívají technologii LTCC na bázi stříbra, které se aktivuje a vytváří vysoce radioaktivní odpad. Ale cesta k finálnímu senzoru byla a ještě bude dlouhá.

Co přesně Vámi vyvíjené senzory dělají?

Pomáhají určit přesnou polohu plazmatu v reaktoru. Je to zásadní proto, aby se plazma nedotkla stěn a nedošlo ke kolapsu plazmatu. Zásadní je jejich odolnost vůči extrémnímu prostředí. Působí na ně obrovské teploty a hlavně neutronové záření.

Zní to dost náročně.

Pro představu - existuje jednotka zvaná DPA – „displacement per atom“, tedy kolikrát je v průměru každý atom materiálu zasažen neutronem až tolik, že úplně změní svoji pozici. DEMO počítá až s DPA 10 – tedy přeskupení všech atomů desetkrát. A naše senzory musí dál fungovat. To je skutečně výjimečné, a také je velmi obtížné a drahé to otestovat. Proto byly senzory 6 měsíců přímo v jádře experimentálního jaderného reaktoru LVR15 v CV Řež napojené na speciální měřicí systém. Nasbírali jsme obrovské množství neuvěřitelně cenných dat a budeme je ještě několik měsíců analyzovat.

To zní jako jedinečné řešení. Uspěli jste i mezinárodně?

Ano. Na senzory jsme získali patent a jsme nyní součástí konsorcia EUROfusion, což je hlavní evropský řešitel programu pro vývoj fúzní elektrárny DEMO. Naše senzory jsou zde momentálně volbou číslo jedna.

Jak důležitá je tahle spolupráce?

Velmi. Dříve jsme byli spíš na okraji, teď jsme zapojení naplno. Díky spolupráci s Ústavem fyziky plazmatu se nám také podařilo připojit k platformě Česká fúze a ZČU podepsala smlouvu o přímé spolupráci s ITERem i na dalších systémech, například plazmovém čištění zrcadel optické diagnostiky. To je zásadní – jsme díky tomu přímo napojení na evropský vývoj v oblasti fúzní energie. A nejen to: senzory už byly testovány v tokamaku JET ve Velké Británii, je o ně zájem i pro stavbu menších experimentálních reaktorů, například DTT v Itálii. Naše práce má dopad v mezinárodním měřítku.

Ing. Pavel Turjanica, Ph.D.

Vedoucí skupiny elektroniky a testování na FEL ZČU. Odborník s dlouholetou praxí z předchozího působení v oblasti vývoje elektroniky v automobilovém průmyslu. Dnes se specializuje na technologie pro fúzní reaktory, ale pracuje i na systémech bezdrátového přenosu energie nebo vývoji testovacích a řídicích systémů. Spolupracuje s mezinárodními partnery na vývoji technologií pro diagnostiku reaktorů ITER a DEMO, Ústavem fyziky plazmatu AV ČR, CV Rež, ale i na dalších projektech se společnostmi jako Siemens, ZAT, TES, Comat a řadou dalších. Je členem Pracovní skupiny pro fúzní energii při Ministerstvu průmyslu a obchodu.

https://info.zcu.cz/Fuzni-reaktory-aneb-Kdyz-vedci-z-Plzne-pomahaji-napodobit-Slunce-na-Zemi/clanek.jsp?id=8468