

Energetické využití jaderné fúze na dosah

- \\ Jaderná fúze představuje prakticky nevyčerpatelný zdroj energie, který umožní vyrábět elektřinu bez negativních dopadů na životní prostředí.
- \\ Fúzní elektrárny zajistí dostatek energie pro celé lidstvo po miliony let bez rizika závažné havárie.
- \\ Prototyp fúzní elektrárny v Evropě se začne stavět v následující dekádě, v plném provozu bude kolem roku 2050.
- \\ Světová energetika se zásadním způsobem promění. Na této změně se dlouhodobě a významným způsobem podílejí čeští vědci.
- \\ Česká republika má všechny předpoklady, aby se stala zemí, v níž bude prototyp fúzní elektrárny postaven, například v lokalitě některé z bývalých uhelných elektráren.
- \\ Výstavba by znamenala výrazný stimul pro české firmy, řada komponent se bude muset vyrábět na místě a technologické dodávky budou podobné jako pro jaderné elektrárny.
- \\ V Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd ČR v pražském Láví se již nyní staví nový moderní tokamak COMPASS-U, který jako jediný na světě vytvoří podmínky panující v reaktorech budoucích fúzních elektráren.

Světovou energetiku začne ve druhé polovině tohoto století významně měnit jaderná fúze, jejíž výzkum pokročil do fáze příprav prvních fúzních elektráren. Fúzní elektrárny budou vyrábět čistou elektřinu s neomezenými a dostupnými zásobami paliva, bez rizika havárií, s konstantním vysokým výkonem a bez dopadů na životní prostředí.

Tento AVex stručně popisuje hlavní principy a potenciál jaderné fúze jako energetického zdroje, mezinárodní spolupráci, která stojí za fúzním výzkumem, a významný podíl České republiky. Vysvětluje také, proč by se přínos pro Českou republiku znásobil kandidaturou České republiky na umístění prvního prototypu fúzní elektrárny v Evropě.

Spoutané slunce

Jaderná fúze je přirozeným zdrojem energie celého vesmíru a probíhá ve všech hvězdách včetně Slunce. Díky jaderné fúzi vznikl po velkém třesku vesmír takový, jaký ho známe. Ve hvězdách vznikají jadernou fúzí z vodíku těžší chemické prvky a přitom se uvolňuje velké množství energie.

V pozemských podmínkách představuje jaderná fúze nízkouhlíkový, nízkemisní a nízkoodpadový energetický zdroj, v současnosti jediný známý, který umožní vyrábět elektřinu v průmyslových objemech s vysokým výkonem nezávislým na počasí a bez negativních dopadů na životní prostředí.

Zdroj čisté energie

Ve srovnání se všemi známými průmyslovými zdroji energie včetně obnovitelných bude vliv výroby elektřiny ve fúzních elektrárnách na životní prostředí nejmenší.

Energetické využití jaderné fúze zcela změní energetiku a díky vysokokapacitní produkci dostupné a čisté elektřiny umožní úplnou elektrifikaci většiny výrobních procesů a dopravní infrastruktury. Zásadně se tak sníží negativní vlivy lidské civilizace na životní prostředí. Rozvoj fúzní energetiky bude rozhodujícím faktorem v boji proti globálnímu oteplování a souvisejícím klimatickým změnám.

Silný a efektivní zdroj energie

Jedním z charakteristických rysů využití jaderné fúze je vysoká energetická kapacita fúzního paliva. Fúzní elektrárna o výkonu Jaderné elektrárny Temelín spotřebuje méně než 2 kg paliva za den provozu – nejméně ze všech známých energetických zdrojů vyžadujících palivo.

Ve srovnání s obnovitelnými zdroji budou fúzní elektrárny mnohonásobně výkonnější a nezávislé na počasí, denní nebo roční

době. Umožní koncentrovat výrobu čisté elektřiny do průmyslových lokalit a budou tak chránit přírodní krajinu a rozlehlé biotopy.

Rozsáhlá mezinárodní spolupráce

Fúzní výzkum byl v České republice zahájen v Ústavu fyziky plazmatu tehdejší ČSAV již v roce 1963 a vždy probíhal v obsáhlé mezinárodní spolupráci. V letech 1977–2007 se k němu využíval tokamak CASTOR, v letech 2009–2021 tokamak COMPASS. V roce 2018 byl zahájen projekt COMPASS-U. Česká republika se také dlouhodobě podílí na vývoji a výstavbě mezinárodního fúzního reaktoru ITER a na přípravě evropského demonstračního prototypu fúzní elektrárny DEMO.

Výzkumná činnost je integrována do programu mezinárodní organizace ITER a evropského konsorcia EUROfusion, kde se naši

ZÁSoby FÚZNÍHO PALIVA JSOU NEVYČERPATELNÉ

Základní složkou fúzního paliva je izotop vodíku ^2H označovaný jako deuterium, který je přirozenou součástí vody. Jen ve světových oceánech se nachází až $4,76 \times 10^{16}$ kg deuteria. Díky extrémní energetické vydatnosti tyto zásoby pokryjí energetickou spotřebu celého lidstva po stovky milionů let bez ohledu na její růst.

První generace fúzních elektráren bude kromě deuteria používat ještě izotop vodíku ^3H , tritium, který se bude přímo v reaktoru vyrábět z lithia. Pozemské zásoby lithia v případě nutnosti pokryjí energetickou spotřebu celého lidstva na více než milion let. Fúzní reaktory dalších generací ale nebudou lithium potřebovat a budou energeticky využívat samotné deuterium nebo další lehké prvky.

Produktem fúzní reakce deuteria a tritia je inertní plyn helium, který je žádaný v průmyslu. Při provozu elektrárny se bude aktivovat konstrukce reaktoru, nicméně tento konstrukční materiál bude opět využitelný již po 50 až 100 letech od vyjmutí z reaktoru.

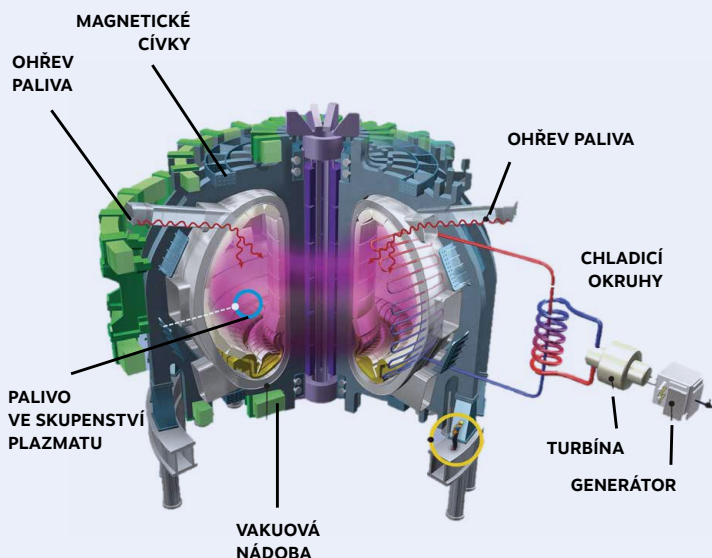
Princip magnetické fúze: tokamaky

Srdcem první generace fúzních elektráren budou fúzní reaktory typu tokamak, který je ze všech fúzních konceptů nejbližší k energetickému využití. V roce 2021 dokázal evropský tokamak JET během 5 sekund uvolnit 59 MJ fúzní energie, nejvíce ze všech fúzních zařízení na světě.

Tokamak je koncept fúzního reaktoru, který k udržení horkého paliva využívá silné magnetické pole.

Hlavní součástí tokamaků je toroidální vakuová nádoba, kterou obklopují magnetické cívky. Fúzní reakce vyžaduje teploty paliva okolo 160 milionů °C. Při těchto teplotách dosáhne palivo skupenství nazývaného plazma. Tokamaky vytvářejí pomocí magnetického systému šroubovicové magnetické pole, které efektivně izoluje horké plazma od konstrukce reaktoru. Ohřev plazmatu na vysoké teploty zajišťuje sofistikovaný systém injektorů vysokoenergetických atomů a antén elektromagnetických vln.

Úspěch tokamaků vedl k rozšíření jejich výzkumu a vývoji po celém světě. Mezi tokamaky, které jsou v současné době ve výstavbě, je mezinárodní fúzní reaktor ITER o výkonu 500 MW a tokamak COMPASS-U pracující s vysokým magnetickým polem v Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd ČR (ÚFP) v pražském Ládví.



BEZPEČNOST: FÚZI LZE KDYKOLI ZASTAVIT

Elektrárny na principu jaderné fúze budou naprosto bezpečné. V jejich reaktorech totiž není možná samovolná fúze a při jakékoli závažnější poruše se palivo rychle ochladí, například kontaktem s konstrukcí reaktoru, a proces slučování jader se okamžitě zastaví.

Druhým aspektem bezpečnosti je velmi malé množství paliva potřebné pro průběh reakce. V reaktoru o výkonu Jaderné elektrárny Temelín bude vždy jen několik gramů paliva a jeho doplňování bude možné kdykoli zastavit.

vědci podílejí na vědeckém využívání společného evropského tokamaku JET a dalších konsorciálních zařízení – tokamaků ASDEX Upgrade a TCV. Dále spolupracují s pracovišti ve Francii, Rakousku, Belgii, Itálii, Velké Británii, Švýcarsku, Německu, Maďarsku, Španělsku, Polsku, USA a v dalších zemích.

Projekt ITER

Vlajkovou lodí současného fúzního výzkumu je mezinárodní projekt ITER, na kterém spolupracují Evropská unie, USA, Rusko, Čína, Indie, Japonsko a Jižní Korea. Reaktor ITER dosáhne vysokého fúzního výkonu 500 MW a bude testovat reaktorové technologie potřebné pro fúzní elektrárny.

Výstavba reaktoru ITER s rozpočtem 20 miliard eur byla zahájena v roce 2007 v jihofrancouzské Provence. Vytvoření prvního plazmatu (prokázání funkčnosti hlavních technologií reaktoru) se uskuteční kolem roku 2030, plného fúzního výkonu reaktor dosáhne v roce 2035. Realizaci evropských dodávek má za úkol společný evropský podnik Fusion for Energy.

Mezi nejvýznamnější české aktivity související s projektem ITER patří řada cílených experimentů na tokamaku COMPASS v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR, jejichž výsledky měly přímý dopad na konstrukci reaktoru ITER, dále testování první stěny reaktoru ITER v Centru výzkumu Řež, vývoj radiačně a teplotně odolných senzorů magnetického pole na principu Hallova jevu v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR a další. Projekt ITER také využívá dodávky některých českých firem.

Evropská organizace Fusion for Energy

Fusion for Energy (F4E) je organizace Evropské unie, která řídí evropský příspěvek k projektu ITER, největšímu vědeckému experimentu na cestě k energii z jaderné fúze. EU je jako hostující partner zodpovědná téměř za polovinu projektu ITER, zatímco ostatních šest stran odpovídá rovným dílem za zbývající část.

F4E byla založena 19. dubna 2007 na období 35 let. Její sídlo je v Barceloně (Španělsko) a kanceláře má také v Cadarache (Francie) a v Garchingu (Německo).

Posláním organizace F4E je integrovat jadernou fúzi do energetiky. Za tímto účelem úzce spolupracuje s průmyslovými a výzkumnými organizacemi, aby zajistily infrastrukturu, technologie a komponenty pro projekt ITER. Souběžně je F4E zapojena do tří dalších velkých projektů výzkumu a vývoje v oblasti jaderné fúze, které vycházejí z dohody o širším přístupu podepsané mezi Evropou a Japonskem. V budoucnu bude F4E také zodpovědná za přípravu projektu prototypu fúzní elektrárny DEMO.

Projekt DEMO

Projekt DEMO (*Demonstration Fusion Power Plant*) přímo navazuje na projekt ITER s cílem vyvinout a postavit prototyp elektrárny s fúzním reaktorem, který bude demonstrovat celý proces výroby elektřiny z jaderné fúze se všemi potřebnými technologiemi a nastaveným povolovacím procesem.

Stavbu elektrárny DEMO bude financovat Evropská unie s rozhodující účastí evropského průmyslu. Přípravné práce na projektu v rámci konsorcia EUROfusion a organizace F4E byly zahájeny již v roce 2014 a v současnosti se nacházejí ve fázi koncepčního návrhu projektu. Výstavba bude zahájena v druhé polovině třicátých let, do provozu bude elektrárna uvedena kolem roku 2050.

Evropská cesta k fúzním elektrárnám

- ▶ 2005 vydána studie fúzních elektráren PPCS (European Fusion Power Plant Conceptual Study) v rámci evropské dohody EFDA.
- ▶ 2007 zahájena stavba reaktoru ITER.
Jde o největší pozemský vědecký experiment současnosti s rozpočtem 20 miliard eur budovaný ve Francii, na kterém spolupracují EU, USA, Rusko, Čína, Indie, Jižní Korea a Japonsko.
- ▶ 2012 schválena Fusion Roadmap.
Evropská komise schválila dokument Elektrárna z fúze: Cestovní mapa pro realizaci fúzní energetiky, který definuje klíčové kroky nezbytné k integraci jaderné fúze do energetiky.
- ▶ 2014 zahájena příprava projektu DEMO v rámci nově založeného konsorcia evropských fúzních laboratoří EUROfusion.
- ▶ 2026 spuštění tokamaku COMPASS-U určeného pro výzkum procesů ve fúzních energetických reaktorech v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR.
- ▶ 2035 dosažení plného výkonu reaktoru ITER a realizace vědeckých cílů projektu, testování komponent a technologií reaktoru.
- ▶ 2040 zahájení výstavby DEMO v gesci evropské organizace F4E s financováním Evropskou unií.
- ▶ 2050 spuštění DEMO a demonstrace funkčnosti a technologií fúzní elektrárny pro energetické firmy a investory.
- ▶ 2060 zahájení výstavby fúzních elektráren soukromými firmami a investory.

Kolik paliva potřebuje blok elektrárny o výkonu zhruba 1000 MW za rok

	VSTUPY	VÝSTUPY	
UHLÍ	2 500 000 t	1700 vlaků po 50 vagonech	10 950 000 t CO ₂ 219 000 t SO ₂ 29 000 t NO ₂
ROPA	11 000 000 barelů (1 barel = 159 l)	11 tankerů	
ŠTĚPENÍ	28 t UO ₂	1,5 vagonu	28 t vysoce radioaktivního odpadu
SLUNEČNÍ ENERGIE	1000 MW sluneční energie	100 km ² zastavěné plochy	
FÚZE	180 kg deuteria 270 kg tritia	1 nákladní auto	410 kg využitelného helia

LASEROVÁ FÚZE? ZATÍM PRVNÍ VLAŠTOVKY

Alternativní přístup k magnetické fúzi spočívá ve stlačení paliva pomocí extrémně silných laserů. Nedávný úspěch amerického laserového zařízení NIF v Lawrence Livermore National Laboratory ukázal, že je možné z laserové fúze získat více energie, než kolik jí bylo dopraveno do paliva. Využití laserové fúze je nicméně dosud ve fázi fyzikálního výzkumu a stojí před řadou velkých technologických výzev, které bude nutné vyřešit. Jednou z nich je vývoj mnohonásobně silnějších, rychlejších a účinnějších laserů. První fúzní elektrárny proto budou pracovat na principu tokamaku, jejichž technologie je již z významné části připravená. I přesto je důležitý výzkum laserové fúze podporovat, abychom měli připravena alternativní řešení.

Česká republika může hrát prim

Výzkum a vývoj fúzního zdroje energie dosáhl v České republice významného rozvoje a řady úspěchů. Proto byla v roce 2018 zahájena výstavba nového unikátního tokamaku COMPASS-U, který v řadě parametrů odpovídá energetickým reaktorům. Projekt spolu s aktivní účastí na projektu ITER a DEMO, rozvinutý jaderný průmysl a výzkum, ale i veřejná podpora jaderné energetiky staví Českou republiku do ideální pozice pro kandidaturu na umístění evropského projektu DEMO.

Výstavba prototypu fúzní elektrárny DEMO na našem území by s rozpočtem přes 20 miliard eur umožnila rozsáhlé zapojení českého průmyslu do stavebních a technologických zakázek s vysokou přidanou hodnotou. Stavba elektrárny v místě s dostatečným připojením na energetickou soustavu, např. v lokalitě některé z bývalých uhelných elektráren, by přispěla k ekonomickému rozvoji celé oblasti, protože řadu komponent bude nutné vyrábět v místě výstavby z důvodu velkých rozměrů znemožňujících transport.

Realizace projektu DEMO v ČR by českým firmám a průmyslu zprostředkovala významné zakázky, jež by vedly k jejich dalšímu technologickému rozvoji a umožnily jim získat cenné zkušenosti z jejich realizace ve vysoce perspektivní oblasti energetiky. Navíc řada technologií použitých v projektu DEMO bude podobná těm, jež se v dnešních jaderných elektrárnách již využívají, a firmy by proto mohly s úspěchem aplikovat a rozšířit své produktové portfolio.

Pro úspěšnou kandidaturu ČR na umístění elektrárny DEMO a její maximální využití ve prospěch ČR je nyní klíčové:

- úspěšně dokončit realizaci náročného projektu COMPASS-U v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. ČR se tím stane jednou z přibližně pěti zemí na světě, která bude mít kompletní know-how pro konstrukci tokamaků s vysokým magnetickým polem,
- zahájit včasnou přípravu kandidatury a zvýšit podporu fúzního výzkumu, vývoje i vzdělávání v ČR pro přípravu odborníků pro české firmy, aby byly schopné se ucházet o velké zakázky ve fúzních projektech,
- podporovat související český průmysl, který by mohl využít skutečnosti, že projekt DEMO bude časově přibližně navazovat na realizaci nového bloku v JE Dukovany.

Termín na podání kandidatury zatím není určen, ale lze předpokládat, že rozhodnutí o umístění elektrárny DEMO bude přijato do konce tohoto desetiletí.



ZÁVĚRY

- Doporučujeme rozšiřovat zapojení České republiky do mezinárodního výzkumu jaderné fúze zaměřeného na její energetické využití jak v rámci Evropské unie, tak prostřednictvím přímé spolupráce s USA.
- Doporučujeme výrazně zvýšit podporu výzkumu jaderné fúze a souvisejících technologií, aby byla ČR co nejlépe připravena soutěžit o umístění projektu DEMO i na nástup nového typu energetického zdroje.
- Doporučujeme podporovat české výrobce ve snaze ucházet se o zakázky společného evropského podniku Fusion for Energy při výstavbě reaktoru ITER a dalších evropských fúzních zařízení.
- Doporučujeme ustanovit a finančně podpořit mezioborovou pracovní skupinu, která by se začala zabývat výběrem vhodné lokality a přípravou nabídky na hostování projektu DEMO.

Tradice výzkumu plazmatu v ČR

Výzkum vlastností vysokoteplotního plazmatu byl v České republice zahájen již v roce 1963. V roce 1977 byl v Ústavu fyziky plazmatu ČSAV zprovozněn první tokamak ve východní Evropě mimo tehdejší SSSR. V roce 1999 přistoupila Česká republika k Evropskému společenství pro atomovou energii EURATOM a uzavřela asociační dohodu EURATOM-IPP.CR. Od roku 2013 je podpora výzkumu poskytována velkým grantem uděleným konsorciu EUROfusion, které sdružuje evropské výzkumné fúzní laboratoře ze všech států EU. ČR je jedním z důležitých členů konsorcia. Český fúzní výzkum koordinuje ÚFP a podílejí se na něm také Centrum výzkumu Řež, České vysoké učení technické, Univerzita Karlova, Západočeská univerzita, Ústav jaderné fyziky AV ČR, Ústav fyziky materiálů AV ČR a další.

UNIKÁTNÍ TOKAMAKY V LÁDVI: COMPASS A COMPASS-U

Experimentální tokamak COMPASS s geometrií magnetického pole a provozním režimem podobným mezinárodnímu reaktoru ITER byl v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR spuštěn v roce 2009. Instalace tokamaku umožnila zásadní rozvoj výzkumu v oblasti fyziky a technologií termojaderné fúze v ČR a jeho vědecké využívání zařadilo Českou republiku mezi klíčové evropské hráče v tomto oboru. Výzkum na tomto zařízení přispěl významným způsobem k vyřešení některých důležitých aspektů projektu ITER a ovlivnil také jeho konstrukci. Provoz tokamaku COMPASS, který intenzivně využívali i mnozí zahraniční partneři, byl ukončen v roce 2021, aby uvolnil místo pro nový, výkonnější tokamak COMPASS-U.

Projekt COMPASS-U byl v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR v pražském Ládví zahájen v roce 2018. Cílem je výstavba moderního evropského výzkumného tokamaku určeného pro testování technologií pro projekty ITER a především DEMO. COMPASS-U jako jediný tokamak na světě dokáže vytvořit podmínky podobné těm v reaktorech fúzních elektráren. Projekt je realizován v úzké spolupráci s předními evropskými laboratořemi a v rámci strategické spolupráce s Ministerstvem energetiky USA.

Tokamak bude generovat silné magnetické pole o velikosti až 5 tesel a proud v plazmatu až 2 miliony ampérů. Díky tomu bude pracovat v režimech blízkých fúzním energetickým reaktorům. Stěnu obklopující plazma bude možné provozovat na teplotě až 500 °C, podobně jako v energetických reaktorech. COMPASS-U, jehož provoz bude zahájen v roce 2026, umožní vyvíjet a testovat inovativní metody pro odvod energie z plazmatu např. pomocí perspektivní technologie tekutých kovů.

Tokamak COMPASS-U je zahrnutý v evropské Cestovní mapě pro realizaci fúzní energetiky a posune fúzní výzkum a vývoj v ČR na světovou špičku.

Literatura - AVex 3/2023

1. S. Entler, Jaderná fúze – budoucnost energetiky, AV ČR, Praha, 6. 11. 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=cW2VZQuQtCO>.
2. S. Entler, Jaderná fúze, budoucnost energetiky, ZČU, Plzeň 6. 10. 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=gPrGp8U8l10>.
3. S. Entler a kol., Budoucnost energetiky: jaderná fúze, Academia, Strategie AV21, Praha 2019, ISBN 978-80-200-3007-8, <https://www.academia.cz/edice/kniha/budoucnost-energetiky-jaderna-fuze>.
4. G. McCracken, P. Stott, Fúze: energie vesmíru, Mladá fronta, Praha 2006, ISBN 80-204-1453-3.
5. S. Entler, J. Mlynář, Spoutání slunce, Academia, Věda kolem nás 50, Praha 2016, ISSN 2464-6245, http://www.vedakolemnas.cz/miranda2/m2/sys/galerie-download/vkn_50_web.pdf.
6. S. Entler, V. Dostál, Jaderná bezpečnost fúzních elektráren a jejich vliv na životní prostředí, Bezpečnost jaderné energie 9/10 (2017), 262–268.
7. S. Entler a kol., Ekonomika fúzní energetiky, Energetika 5 (2017), 318–323.
8. S. Entler et al., Approximation of the Economy of Fusion Energy, Energy 152 (2018), 489–497, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218305395?via%3Dihub>.
9. S. Entler, Vědci chtějí ochočit umělou hvězdu. Sevřou ji magnety nebo rozsvítí laserem, Seznam Zprávy, 18. 2. 2023, <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/tech-technologie-vedci-si-chteji-ochocit-umelou-hvezdu-zavrou-ji-magnety-a-rozsviti-laserem-225892>.
10. R. Pánek, S. Entler, Krůček ke změně energetiky, Lidové noviny, 16. 12. 2022.
11. R. Pánek et al., Reinstallation of the COMPASS-D tokamak in IPP ASCR, Czechoslovak Journal of Physics 56B (2006), 125.
12. R. Pánek et al., Status of the COMPASS tokamak and characterization of the first H-mode Plasma Physics and Controlled Fusion 58 (2016), 014015, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0741-3335/58/1/014015>.
13. S. Entler a kol., Tokamak COMPASS, Academia, Věda kolem nás 101, Praha 2020, ISSN 2464-6245, <http://www.vedakolemnas.cz/sys/galerie-download/VKN-101.pdf>.
14. S. Entler a kol., Výzkum termojaderného plazmatu na tokamaku COMPASS, Academia, Strategie AV21, Praha 2020, ISBN 978-80-200-3109-9, <https://www.academia.cz/edice/kniha/vyzkum-termojaderneho-plazmatu-na-tokamaku-compass>.
15. M. Hron et al., Overview of the COMPASS results, Nuclear fusion 4 (2022), 042021, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/ac301f>.
16. P. Vondracek et al., Preliminary design of the COMPASS Upgrade tokamak, Fusion Engineering and Design 169 (2021), 112490, <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2021.112490>.
17. S. Entler, R. Pánek, M. Hron, Systémy pro jadernou energetiku, Academia, Věda kolem nás 92, Praha 2019, ISSN 2464-6245, http://www.vedakolemnas.cz/sys/galerie-download/VKN_92.pdf.
18. S. Entler, R. Pánek, Česká stopa v projektu ITER, Jaderná energie 1(2022), 44–51.
19. R. Pánek, Současnost a perspektivy výzkumu termonukleární fúze, Science & Technology Club, <https://www.youtube.com/watch?v=vQMINnECTqQ>, Brno 18. 10. 2021.
20. S. Entler, Pokroky ve výzkumu energetického využití jaderné fúze, FEL ČVUT, Praha 8. 12. 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=TwH0dM5kJGs>.