

# Posudek docentské habilitační práce

Kandidát: RNDr. Radomír Pánek, Ph.D.

Název práce: Studium okrajového plazmatu v tokamaku COMPASS

Výzkum řízené jaderné fúze je jedním z nejdůležitějších témat současné fyziky plazmatu, jehož aplikační potenciál v oblasti energetiky lze sotva přecenit. Je proto velmi potěšující, že se na něm významně podílí i Česká republika. Jedním z klíčových zařízení experimentálního výzkumu magnetického udržení (a ohřevu) plazmatu v ČR je tokamak COMPASS – národní výzkumná infrastruktura se sídlem na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Lví podíl na jejím vybudování má právě Dr. Pánek se svým týmem, a předložená habilitační práce spolu se souborem přiložených publikací reflektuje kromě výsledků získaných na tomto zařízení i jeho vývoj spojený s invenčním překonáváním řady technických obtíží.

Úvodní kapitola práce zasvěcuje čtenáře do problematiky řízené jaderné fúze. Tato kapitola se, stejně jako celá práce, soustřeďuje na realizaci řízeného jaderného slučování s magnetickým udržením plazmatu. Nejnadějnější zařízení v tomto směru jsou tokamaky, jejichž teorie je zde stručně uvedena. Autor diskutuje i metody pomocného ohřevu plazmatu např. pomocí mikrovln nebo svazků neutrálních částic.

Druhá kapitola obsahuje již pokročilejší partie jak teorie tak i experimentálního výzkumu magnetického udržení v tokamacích. Hlavními obtížemi bránícími dostatečně dlouhému magnetickému udržení plazmatu v tokamaku jsou především různé nestability a kontakt horkého fúzního plazmatu s materiálem vnitřního pláště nádoby. Autor diskutuje různá řešení těchto problémů, zejména tzv. divertorovou konfiguraci průřezu mag. pole v tokamaku, která spolu s nadkritickým ohřevem vede k režimu s vyšší stabilitou udržení – tzv. H-mód. Tento režim je dosažen i v tokamaku COMPASS a podobná konfigurace je navrhována i pro budoucí (aplikované) fúzní reaktory. Pro přechod (a udržení) z modu s nízkým udržením do H-módu v divertorové konfiguraci je klíčová interakce okrajového a centrálního plazmatu a kvaziperiodické nestability v transportní vrstvě rozhraní, tzv. ELMs. Ty hrají v současných experimentálních uspořádáních víceméně pozitivní roli, protože převádějí systém do kvaziperiodického udržitelného stavu. Podílejí se i na transportu energie a zplodin reakce z nitra tokamaku. Nicméně, v otázkách budoucího praktického využití v reaktorech řízené fúze mohou ELMs spojené s výtrysky energetických částic směrem do stěn nádoby působit značné potíže. Tomuto důležitému tématu („čistý“ H-mód vs. H-mód s ELMs a obecně studium struktury a mechanismů ELMs) je proto věnována podstatná část habilitační práce.

Právě za účelem experimentálního studia studiu H-režimu a ELMs (i jiných vlnových modů) byl pod vedením Dr. Pánka vybudován na ÚFP AV ČR tokamak COMPASS jako náhrada staršího tokamaku CASTOR. Tokamak COMPASS má mnohé kvalitativní rysy společné s nákladným projektem ITER, budovaným v široké mezinárodní spolupráci, byť, pochopitelně, po kvantitativní stránce nedosahuje jeho rozměrů a tím pádem i některých dalších parametrů, které se s rozměrem škálují. Nicméně, kvalitativní podoba COMPASSu s nyní dokončovanými nebo plánovanými velkými zařízeními jaderné fúze umožňuje studium procesů (především různých nestabilit), které kontrolují parametry udržení v

těchto budoucích obřích reaktorech, i v menším měřítku. Popisu konstrukce a vývoje vlastního tokamaku, a především na něm „navěšené“ skutečně rozsáhlé diagnostiky, se věnuje úvodní část třetí kapitoly, která shrnuje vlastní významný příspěvek autora k rozvoji studia magnetického udržení a ohřevu plazmatu pro jadernou fúzi. Tato kapitola pak pokračuje stručným shrnutím hlavních výsledků vlastní experimentální práce na tokamaku COMPASS, zejména studium ELMs a různých vlnových modů v H-režimu. Získané výsledky jsou mnohem rozsáhleji a podrobněji publikovány v souboru přiložených recenzovaných prací. Tyto odborné publikace spolu s komentáři představují závěrečnou část habilitační práce.

Konstrukce, vývoj a následné využití výzkumné infrastruktury COMPASS, shrnuté v této habilitační práci, představují enormní množství vloženého úsilí a invence autora a jeho týmu, které přispělo ke kvalitativnímu skoku ve výzkumu magneticky držené jaderné fúze v ČR a přenesení tohoto oboru u nás na evropskou a světovou úroveň. Ohromující je zejména širě připojené diagnostiky, která umožňuje skutečně detailní studium plazmových modů kontrolujících stabilitu udržení plazmatu v tokamaku. Jak je uvedeno v závěru práce, tato vybudovaná výzkumná infrastruktura, která sleduje moderní vývojové trendy v oboru, rozhodně ještě neřekla své poslední slovo a lze očekávat další nové výsledky, které zúročí práci vloženou do vývoje Dr. Pánkem a jeho týmem. V neposlední řadě je nutné ocenit didaktický význam celého projektu, jelikož na jeho uskutečnění se pod vedením Dr. Pánka účastnilo několik studentů a začínajících vědeckých pracovníků.

Předložená práce svým rozsahem i kvalitou nepochybně splňuje požadavky na habilitační docentskou práci. Doporučuji práci k obhajobě a plně podporuji udělení vědecko-pedagogického titulu *docent* jejímu autorovi, Dr. Radomíru Pánkovi.

V Ondřejově 17. května 2018

RNDr. Miroslav Bárta, Ph.D.  
Astronomický ústav AV ČR, v.v.i.