

# Studium H módu a L-H přechodu na tokamaku COMPASS

Ondřej Grover

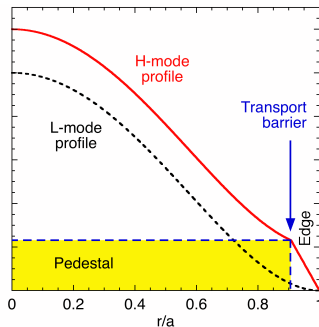
Zimní workshop FTTF 2015

# Outline

- 1 Motivace: H-mód, L-H přechod
- 2 Algoritmus pro automatickou detekci
- 3 Preliminary data mining

## H mód

- High confinement mode [ASDEX82]
- transportní bariéra
- ELM nestability,  $f_{ELM}(P_{sep})$



Obrázek: pedestal [FusonWiki]

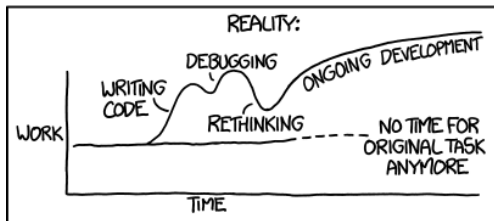
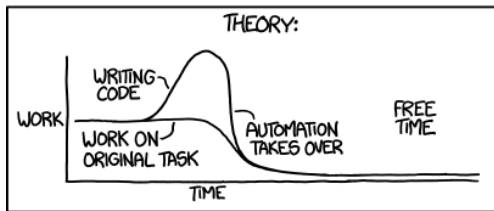
## L-H přechod

- není plně prozkoumán
- prahový výkon
- škálovací výrazy  $P_{LH} = C n_e^\alpha B_\phi^\beta Z_{eff}^\gamma S^\delta f(R, a)$  [IAEA-Fusion]

- logbook: 7600 < výbojů
  - 400 < H-MODE tag (5%)

## XKCD: Automatizace

"I SPEND A LOT OF TIME ON THIS TASK.  
I SHOULD WRITE A PROGRAM AUTOMATING IT!"



## Obvyklé řešení (JET, ...)

- učí se algoritmy (SVM)
- závislost na podkladech  $\Rightarrow$  nepřenositelnost

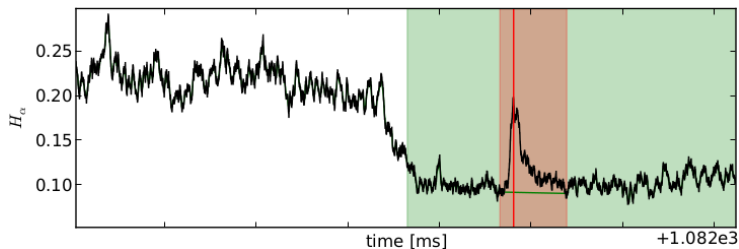
## Zdrojové signály

- experimentální fáze výboje ...  $\max I_{pl}, I_{SFPS}$
- $H_{\alpha}$  vyzařování



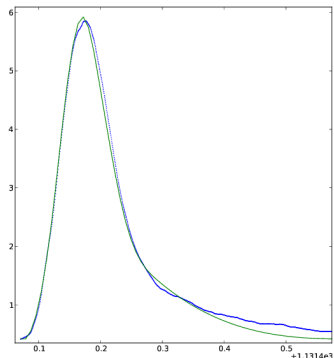
## Základní koncept

- L-H/H-L přechod -> posun hladiny  $H_\alpha$
- hladina + s.d. -> RMS posun
- potřeba odstranit ELM struktury



Obrázek:  $H_\alpha$  vyzařování

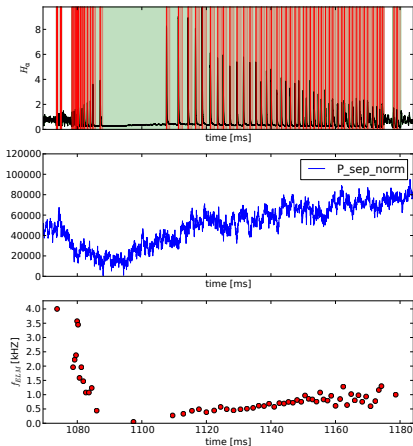
## Odstranění ELM struktur



- 1 korelační template matching
- 2 heuristiky: krátký L-mód, šum
- 3 nahrazení lin. spojnicí

# $f_{ELM}$ výpočet

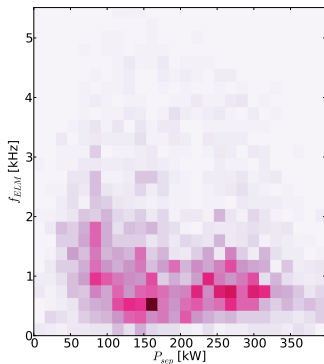
- pouze po sobě jdoucí ELMs v jednom H-módu
- $f_{ELM}[n] = \frac{1}{t_{ELM_n} - t_{ELM_{n-1}}}$
- $t_{f_{ELM}}[n] = \frac{t_{ELM_n} + t_{ELM_{n-1}}}{2}$
- RT aplikace?



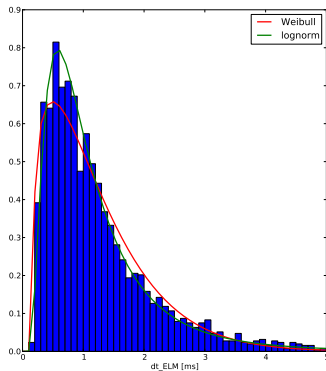
## Výpočet $P_{sep}$

- $P_{sep} = U_{ext} I - \left( L \frac{dI}{dt} \right) I - \left( I \frac{dL}{dt} \right) I + P_{NBI} - \frac{dW}{dt} - P_{rad}$
- $P_{rad} \sim \alpha \sum_{\lambda_i} P_{\lambda_i}$
- $P_{sep} \geq 0 \Rightarrow \beta P_{rad}$

# $f_{ELM}$ blind scan

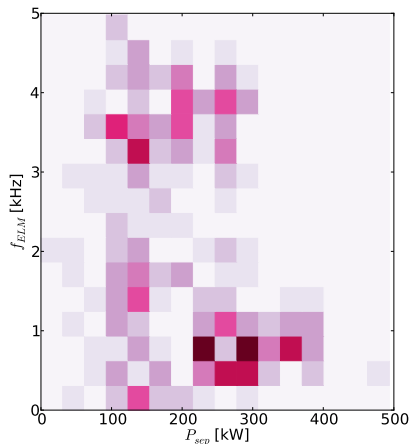
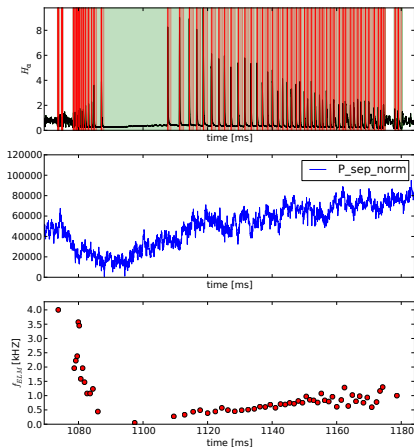


Obrázek:  $\sim 3k$  bodů



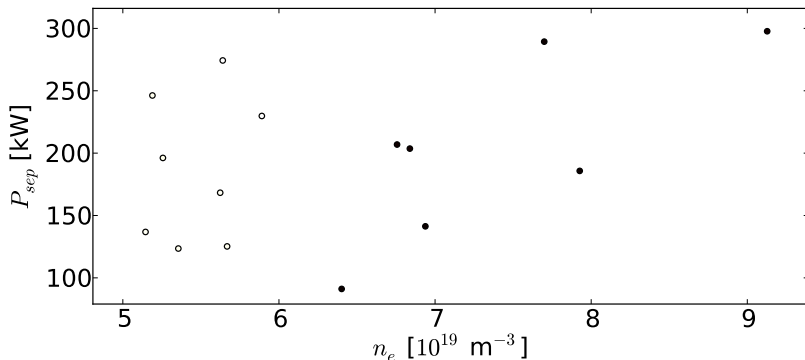
Obrázek: statistika  $\Delta t_{ELM}$

# kampaň CC07.03a RMP experiment II, 12 výbojů



$P_{sep,LH}(n_e)$  - zatím neprůkazné

- ○ CC07.03a RMP experiment II
- ● CC06.11 - HESEL benchmarking



# Shrnutí

- H-mód a L-H přechod kritický pro budoucnost
- polo-automatická detekce H-módu a ELMů
- data mining  $f_{ELM}(P_{sep})$ ,  $P_{sep}(n_e)$



## Reference

- [ASDEX82] F. Wagner et al.: Regime of Improved Confinement and High Beta in Neutral-Beam-Heated Divertor Discharges of the ASDEX Tokamak, Phys. Rev. Lett. 49, 1408 – Published 8 November 1982
- [IAEA-Fusion] IAEA: Fusion Physics. ISBN: 978-92-0-130410-0. 2012
- [ELMstat] A. J. Webster, R. O. Dendy: Statistical Characterization and Classification of Edge-Localized Plasma Instabilities, Phys. Rev. Lett. 2013