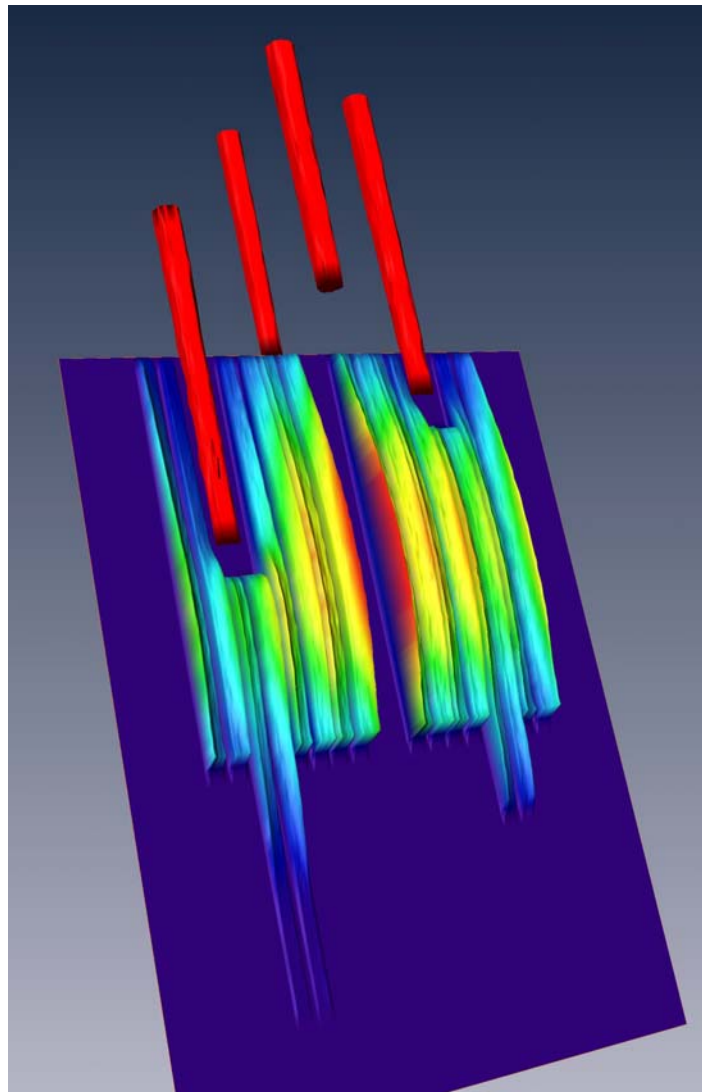

Luka Snoj
Andrej Trkov

MERITEV PROFILA MOČI V REAKTORJU



Ljubljana, december 2012

revizija 0

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za matematiko in fiziko
Jedrska tehnika
Tehnika jedrskega reaktorja

Revizija: 0

1. izdaja, december 2012

Avtorji: *Luka Snoj, Andrej Trkov*

Shranjeno v datoteki: *10_meritev_profila_moci.doc*
Zadnjič shranjen: *13.12.2012 21:10:00*

Tiskano: *13.12.2012 21:53:00*

KAZALO

1	KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE	4
2	TEORETIČNE OSNOVE	4
2.1	GOSTOTA MOČI	4
2.2	FISIJSKA CELICA	6
3	IZVEDBA VAJE	6
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI	6
3.2	OPREMA PRI VAJI	6
3.3	MERITEV	10
4	NALOGA	10
5	PRILOGE	11
5.1	SLIKE	11

1 KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE

Poznavanje profila moči v reaktorju je zelo pomembno za varno obratovanje reaktorja, saj se na ta način lahko izognemo pregrevanju goriva in posledično poškodbam goriva, ksenonskim oscilacijam, neenakomernemu hlajenju, itd. To je še posebej pomembno v energetskih reaktorjih visoke moči kot je na primer jedrska elektrarna v Krškem (JEK).

Namen vaje je izmeriti aksialni profil moči v reaktorju TRIGA ter opazovati, kako se spreminja po aksialni in radialni smer- Slušatelj:

1. izmeri aksialni profil moči na vsaj dveh radialnih merilnih pozicijah
2. Spozna in obliko aksialnega profila moči

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Gostota moči

Povprečna gostota moči v jedrskem reaktorju, p , je sorazmerna produktu gostote cepitev in povprečne sproščene energije na cepitev, c :

$$p = \phi \cdot \Sigma_f \cdot c \quad [\text{W/cm}^3]$$

$$\phi = \text{povprečni fluks nevtronov v reaktorju} \quad (1.1)$$

$$\Sigma_f = \text{povprečni makroskopski presek za cepitev}$$

$$c = \text{povprečna sproščena energija na cepitev} (\sim 200 \text{ MeV})$$

V termičnih reaktorjih lahko prispevek hitre cepitve zanemarimo. Gostota moči je nato sorazmerna gostoti cepitev, ki jih povzročajo termični nevtroni

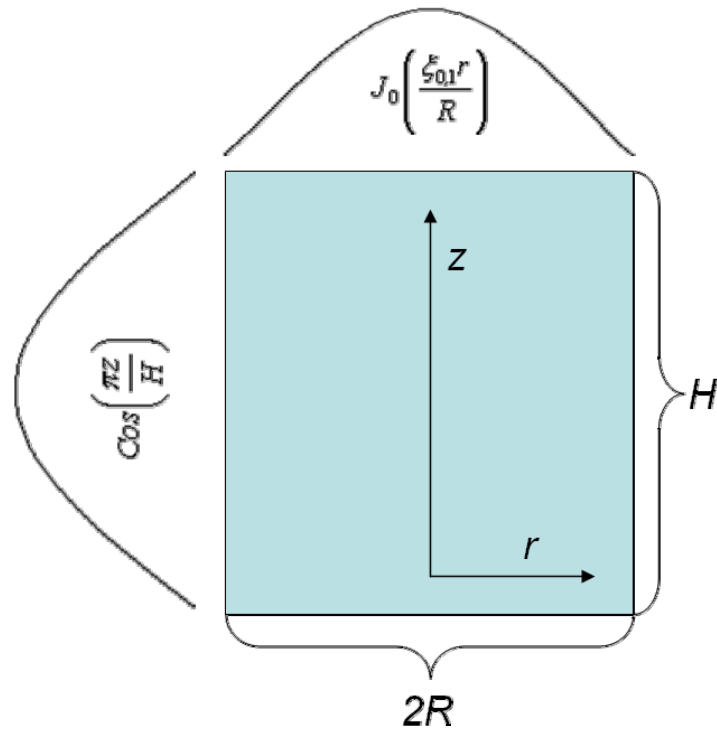
$$p = \phi_{th} \Sigma_{f,th} c \quad [\text{W/cm}^3] \quad (1.2)$$

V splošnem je gostota moči funkcija kraja, $p = p(r)$

$$p(r) = \phi_{th}(r) \Sigma_{f,th}(r) c \quad (1.3)$$

V golem homogenem valjastem reaktorju (to je reaktor, kjer sta gorivo in moderator homogeno zmešana, obdaja pa ga prazen prostor) ima porazdelitev gostote moči obliko Besslove funkcije v radialni smeri ter kosinusno obliko v aksialni smeri (Slika 1):

$$p(r, z) = p_0 \cdot J_0\left(\frac{2,405 \cdot r}{R}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot z}{H}\right) \quad (1.4)$$



Slika 1: Porazdelitev gostote moči v homogenem valjastem reaktorju

Realni reaktorji so seveda močno heterogeni saj je gorivo ponavadi ločeno od moderatorja, prav tako niso goli ampak so ponavadi obdani z reflektorjem, npr. grafitnim v primeru TRIGE ali kovinskim (reaktorska posoda) v primeru JEK.

Dodatno heterogenost v JEK predstavljajo gorivni elementi, ki se med seboj razlikujejo po izgorelosti. Še več znotraj gorivnega elementa se razlikujejo celo gorivne palice, saj imajo nekatere naparjene gorljive absorberje (B), pa še obogatitev goriva se lahko spreminja v aksialni smeri. V JEK se porazdelitev moči spreminja z izgorevanjem. V splošnem velja, da je na začetku cikla vrh gostote moči premaknjen proti spodnjemu delu sredice, zaradi hladnejše vode. Na koncu cikla pa dobimo dva vrhova gostote moči, enega v spodnjem delu sredice zaradi hladnejše vode in s tem boljše moderacije ter drugega v zgornjem delu sredice zaradi manjše izgorelosti goriva. V JEK mora biti zaradi čim bolj učinkovitega hlajenja in zahtev po čim bolj enakomerni toplotni obremenitvi sredice gostota moči razporejena čim bolj enakomerno, kar dosežemo s primerno razporeditvijo svežih in izrabljenih gorivnih elementov. Dodatno je potrebno v JEK paziti na pravilno osno porazdelitev gostote moči, ki je pomembna s stališča preprečevanja ksenonskih oscilacij.

Porazdelitev gostote moči v JEK se tekom obratovanja vseskozi izračunava, vsake toliko časa (vsakih nekaj tednov) pa se tudi pomeri s t.i. znotraj središčno instrumentacijo. In sicer na določenih radialnih položajih v sredici pomerijo aksialno porazdelitev moči s fizijskimi celicami. Fizijske celice po posebnih kanali, ki prebadajo dno reaktorske posode vodijo skozi instrumentacijske cevi v gorivnih elementih ter na ta način pomerijo aksialni profil moč na več radialnih položajih. S tem tudi eksperimentalno preverijo izračune.

V reaktorju TRIGI je izgorelost gorivnih elementov majhna, njihove moči se ne razlikujejo bistveno, zaradi česar so razlike med gorivnimi elementi majhne. Sami gorivni elementi pa so aksialno precej heterogeni, saj je gorivo spodaj in zgoraj obdano z grafitnimi vložki, ki imajo vlogo reflektorja. Med gorivom in spodnjim grafitnim vložkom pa je še disk iz

Mo, ki deluje kot gorljivi absorber. Ker ima reaktor TRIGA relativno majhno moč (250 kW) in ker so razlike v moči med posameznimi gorivnimi elementi majhne in se s časom ne spreminjajo bistveno, za praktične potrebe obratovanja reaktorja detajlno poznavanje porazdelitve gostote moči ni potrebno. Se pa to izvaja predvsem za potrebe eksperimentalne potrditve izračunov ter za izobraževalne namene.

2.2 Fisijska celica

Fisijska celica v osnovi deluje enako kot ionizacijska celica, le da v fisijski celici največjo ionizacijo povzročajo cepitveni produkti, ki nastanejo pri cepitvi cepljivega materiala, ki je v tanki plastni nanosen na anodo ali katodo. Fisijska celica lahko deluje v sunkovnem (pulznem) ali tokovnem načinu. Pri pulznem načinu merimo posamezne sunke. Slednje se uporablja, ko je fluks nevtronov nizek. Ko pa število sunkov na časovno enoto preseže določeno mejo, lahko merimo kar električni tok skozi celico, ki je sorazmeren številu cepitev in seveda tudi fluksu nevtronov. Cepljiv material, ki se uporablja v fisijskih celicah je najpogosteje ^{235}U ali ^{238}U , seveda pa obstajajo tudi fisijske celice z drugimi cepljivimi materiali, kot so ^{241}Pu , ^{240}Pu , Np itd.

Namen vaje je z uporabo fisijskih celic izmeriti aksialni profil moči (porazdelitev gostote moči) v reaktorju TRIGA na različnih radialnih merilnih pozicijah.

3 IZVEDBA VAJE

3.1 Splošni napotki

Z reaktorjem upravlja operater. Navodila operaterju daje vodja vaj oziroma demonstrator. Za vstop v halo reaktorja in na ploščad je potrebno dobiti dovoljenje operaterja. Moče reaktorja med meritvijo naj bo kar se da konstantna. Prav tako naj bodo konstantni položaji kontrolni palic.

Vse meritve si najprej zapiši in šele nato opravi preračune. Zraven meritev piši tudi komentarje, kaj si spremenil, kaj si izmeril in podobno, kolikšna je moč reaktorja, položaje kontrolnih palic, itd.

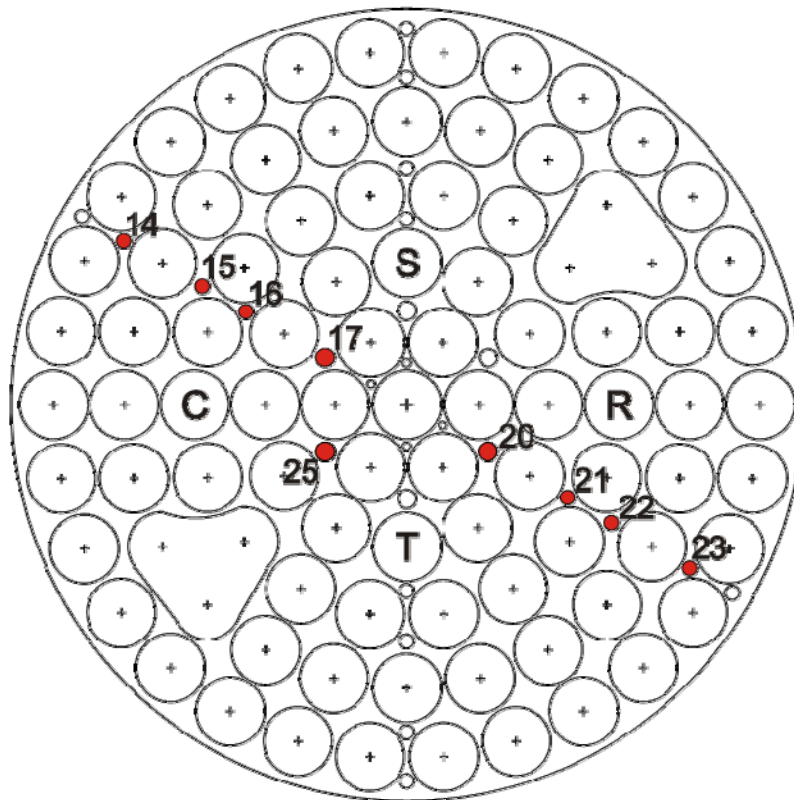
Pred začetkom vaje naj demonstrator pripravi sistem za meritev profila moči.

3.2 Oprema pri vaji

- sistem za meritev profila moči
 - fisijska celica
 - vodilne cevi
 - sistem za zajem podatkov
 - sistem za premikanje fisijske celice
- instrumentacija za komandnim pultom
- papir, milimetrski papir, pisalo

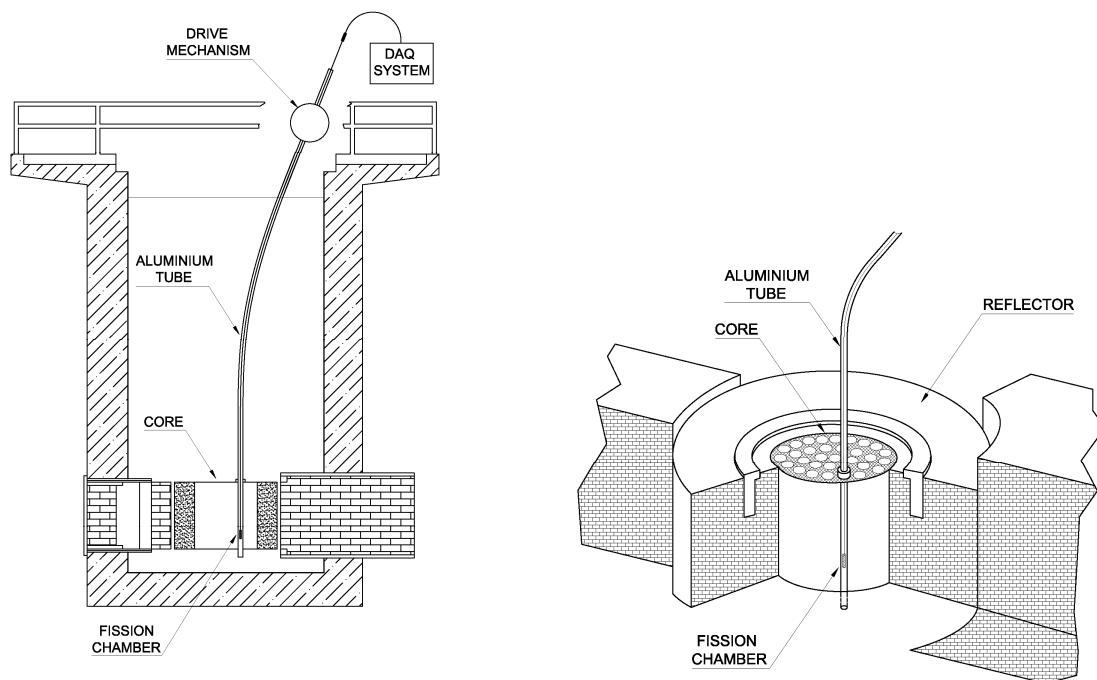
Celoten sistem za meritev profila moči v reaktorju TRIGA deluje na sledeč način. Skozi reaktorsko sredico so na mestu merilnih pozicij v zgornji in spodnji rešetki (Slika 2) vstavljene

Al cevi (zunanji premer 8 mm, notranji premer 6 mm). Cevi so namenjene natančnemu radialnemu pozicioniranju fisijske celice.

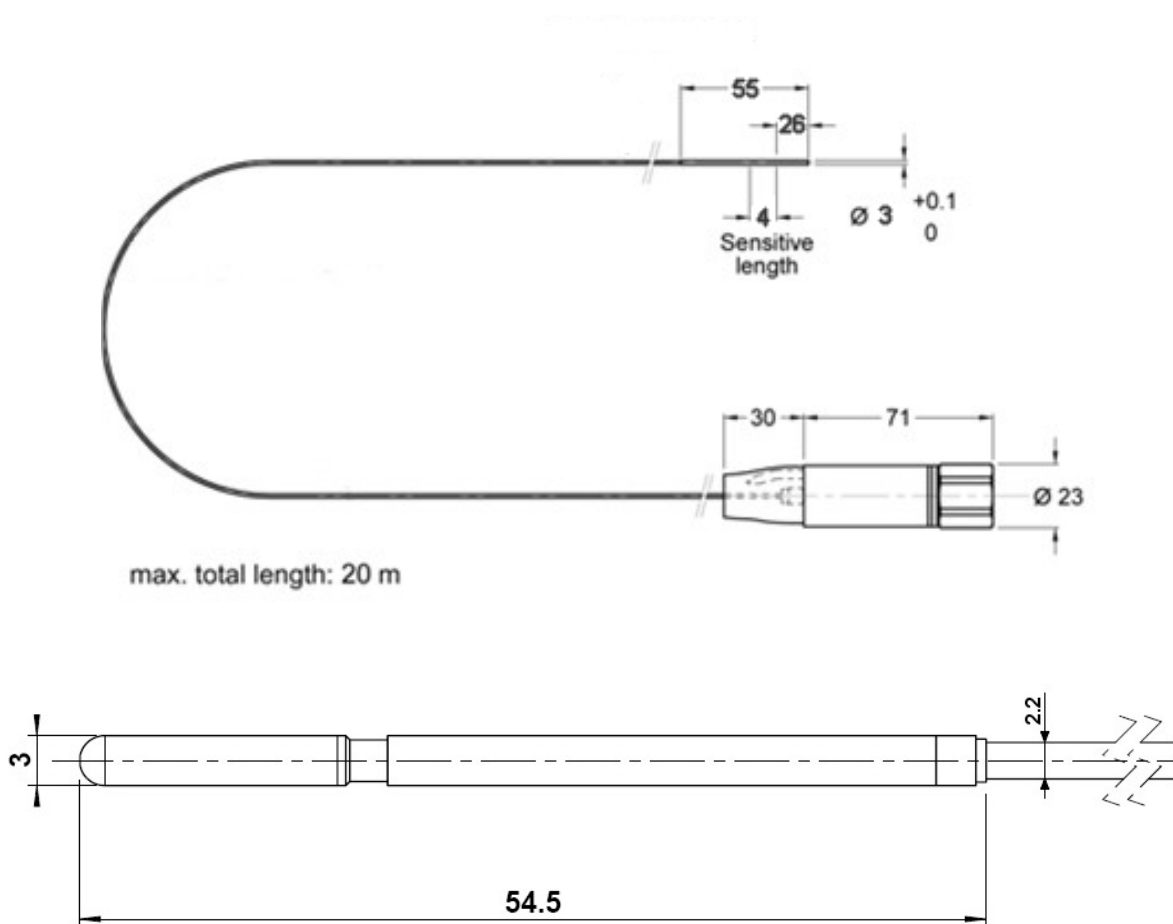


Slika 2: Shema radialnih merilnih pozicij v zgornji rešetki.

V Al cev lahko vstavimo fisijsko celico in jo nato premikamo po aksialni smeri s posebnim prerijemalnim pnevmatskim mehanizmom. Shema postavitve eksperimenta je narisana na sliki 3.



Slika 3: Shematska postavitve eksperimenta. DAQ – sistem za obdelavo signalov iz fisijske celice



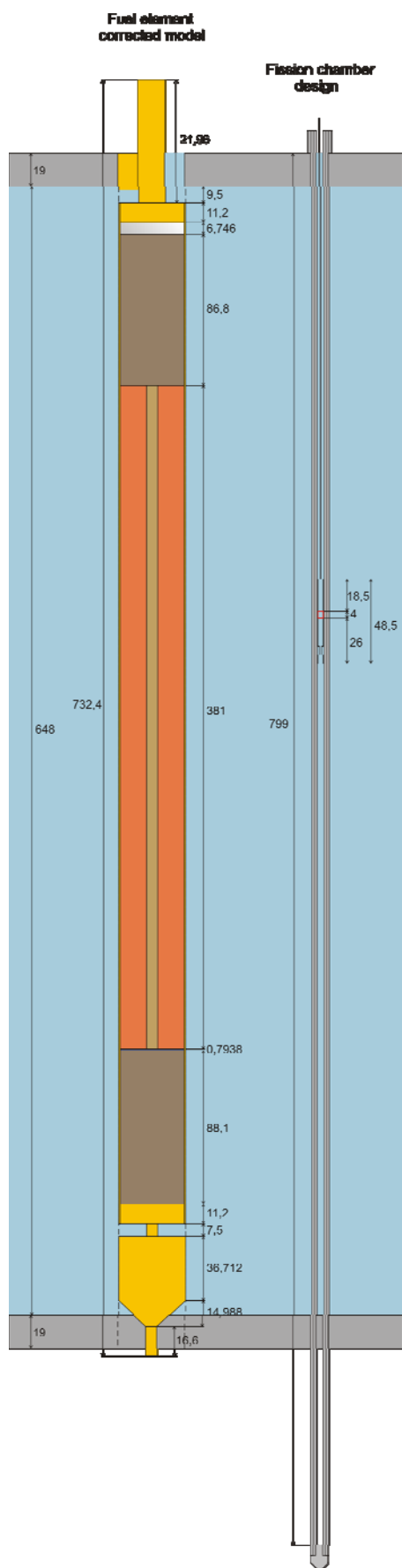
Slika 4: Shematska slika fizijske celice.

Tabela 1: Lastnosti fizijske celice

materiali	
ohišje	nerjavno jeklo
Izolator	Al_2O_3
cepljiv material (masa)	99,8 % obogaten ^{235}U
plin (tlak)	Ar 96 %, N 4 % (500 kPa)
dimenzije	
premer	3 mm
dolžina	~ 55 mm
dolžina občutljivega dela	~ 4 mm

Fisijska celico ter njene glavne dimenzije so prikazane na sliki 4. Glavne lastnosti fizijske celice pa so predstavljene v tabeli 1.

Slika 5 prikazuje postavitev in dimenzije sistema za meritev profila moči znotraj sredice. Slika je pomembna za določanje relativnega položaja fizijske celice glede na gorivo in obe rešetki.



Slika 5: Shematska postavitev Al vodilne cevi in fisijske celice znotraj sredice.

3.3 Meritev

Meritev začni s fizijsko celico na dnu vodilne cevi. Takrat je občutljivi del fizijske celice 26 mm nad dnom cevi, ki je 800 mm pod zgornjim robom zgornje rešetke. Ko je celica na dnu cevi, pozicionirni sistem nastavi na 0. Nato izmeri odziv na detektorju, ki je odvisen od območja obratovanja, in sicer je odziv lahko število pulzov ali pa električni tok.

Nato dvigni celico za 50 mm in ponovno izmeri odziv. Ko se celica nahaja na območju med obema grafitnima vložkoma, meritve opravljaj bolj pogosto, in sicer vsakih 25 mm.

Meritev zaključi, ko prideš do vrha zgornje rešetke.

Meritev aksialnega profila moči opravi na vsaj dveh radialnih merilnih pozicijah, npr. 20 in 23 ali 17 in 14. Na ta način dobimo podatke o radialni porazdelitvi moči.

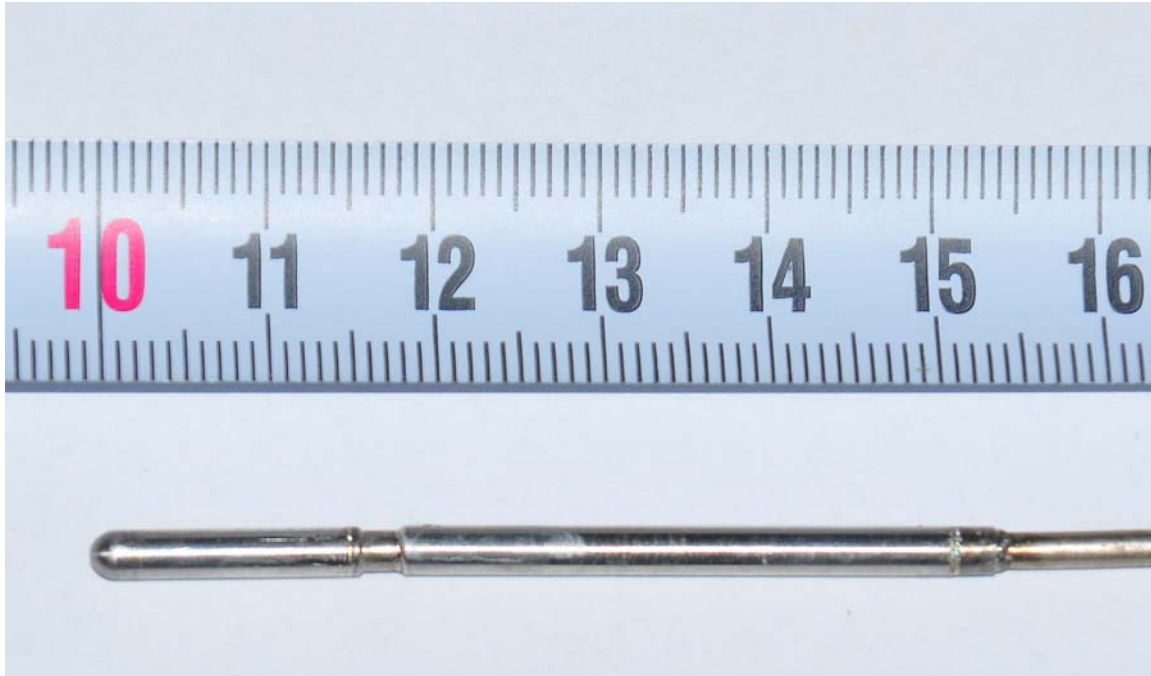
Rezultate meritev sproti zapisuj v tabelo ter riši graf odziva detektorja v odvisnosti od položaja fizijske celice. Če meniš, da je potrebno, lahko meritve opraviš tudi pogosteje.

4 NALOGA

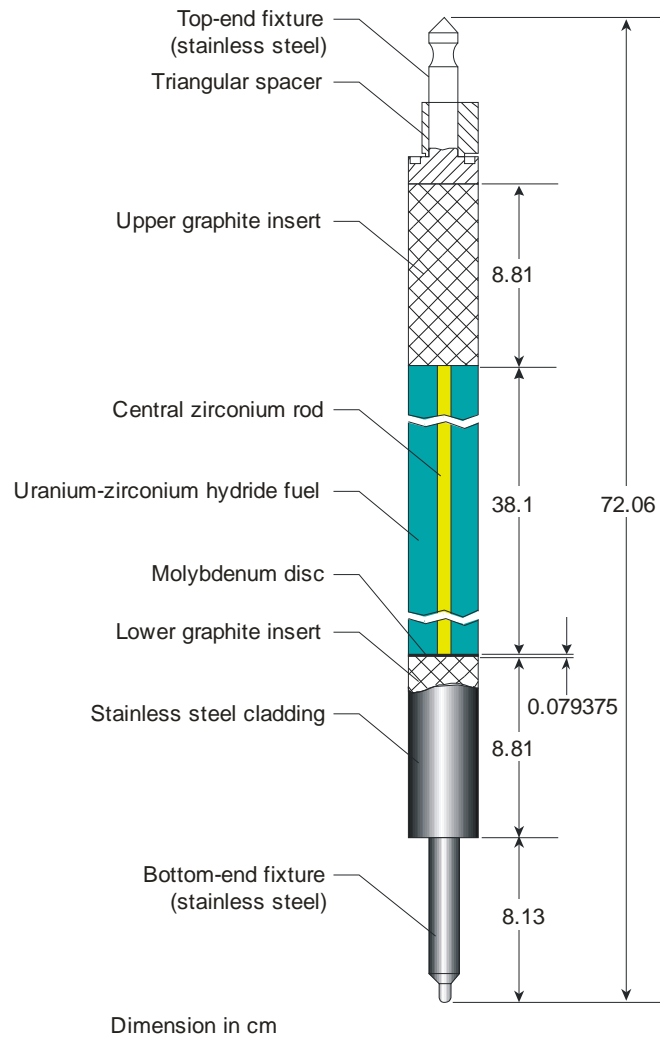
- izmeri aksialni profil moči na vsaj dveh radialnih merilnih pozicijah
- predstavi rezultate meritev v obliki tabel in diagramov,
- nariši diagram odvisnosti odziva fizijske celice od njenega položaja za obe merilni mesti
- oceno natančnosti rezultatov,
- oceni negotovosti rezultatov
- rezultate komentiraj

5 PRILOGE

5.1 Slike



Slika 5-1: Fotografija fizijske celice.



Slika 5-2: Shematska slika gorivnega elementa.