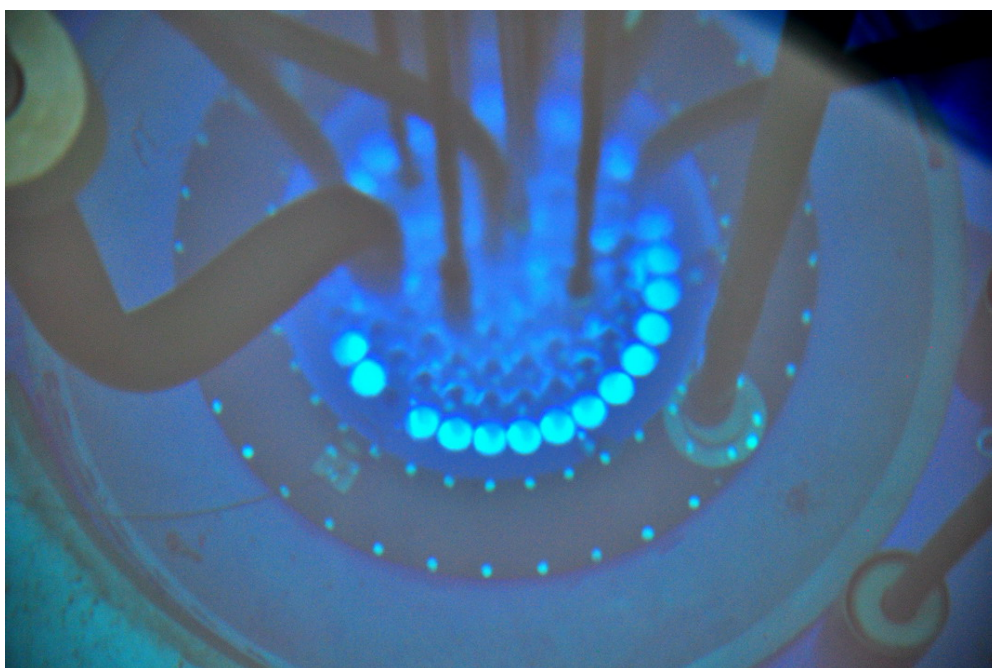


---

Luka Snoj  
Andrej Trkov

## REAKTIVNOSTNI KOEFICIENT PRAZNIN



Ljubljana, december 2012

revizija 0

---

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

Prejšnje izdaje:

1. izdaja 1986, avtorji: *Milan Čopič, Viktor Dimic, Ludvik Lipič, Gvido Pregl, Jože Rant*
2. izdaja januar 2007, avtorji: Matjaž Ravnik, Igor Lengar

Revizija: 0

3. izdaja, december 2012

Avtorji: *Luka Snoj, Andrej Trkov*

Shranjeno v datoteki: *09\_reaktivnostni\_koeficient\_praznin.doc*  
zadnjič shranjen 6.12.2012 16:56:00

Tiskano: 6.12.2012 16:56:00

# KAZALO

<b>1</b>	<b>KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE .....</b>	<b>4</b>
2.1	VPLIV NA REAKTIVNOST V REALNIH SISTEMIH .....	4
2.2	FIZIKALNO OZADJE.....	4
<b>3</b>	<b>IZVEDBA VAJE .....</b>	<b>5</b>
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI.....	5
3.2	OPREMA PRI VAJI.....	6
3.3	MERITEV .....	8
<b>4</b>	<b>NALOGA .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>9</b>
6.1	SLIKE .....	9

# 1 KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE

Negativni koeficient reaktivnosti praznin je osnovna varnostna zahteva večine jedrski reaktorjev, saj je običajno le tako lahko reaktor stabilen. Praznine so namreč ponavadi povezane z vretjem hladila.

Namen vaje je opazovati, kako se s količino in položajem praznin (mehurčkov) v reaktorski sredici spreminja reaktivnost. Slušatelj:

1. Opazuje spremembo reaktivnosti, povzročeno z vpihovanjem zraka v sredico.
2. Spozna in preveri odvisnost koeficienta reaktivnosti od radialnega položaja praznin (zračnih mehurčkov) ter od količine praznin oz. pretoka zraka skozi sredico

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

Praznina v reaktorju vpliva na reaktivnost in se lahko v reaktorskem moderatorju in/ali hladilu pojavi zaradi formacije pare, katere gostota je za več velikostnih redov manjša od gostote kapljevine. Koeficient reaktivnosti praznine nam pove velikost in predznak spremembe reaktivnosti. Reaktorji s tekočim hladilom in moderatorjem bodo tako imeli koeficient reaktivnosti praznine, ki bo ali negativen (podmoderiran reaktor) ali pozitiven (premoderiran reaktor). Reaktorji pri katerih niti moderator, niti hladilo nista tekoča, bodo imeli koeficient reaktivnosti praznine enak nič.

Namen vaje je izmeriti radialno odvisnost tega koeficienta in pokazati, da je vpliv praznine na reaktivnost odvisen od položaja in količine praznin v reaktorju.

### 2.1 Vpliv na reaktivnost v realnih sistemih

Tekoče hladilo se lahko obnaša kot moderator ali absorber in v obeh primerih formacija praznine v hladilu vpliva na reaktivnost.

Pozitivni koeficient praznine pomeni, da moč reaktorja raste z večanjem praznine, slednja pa je lahko posledica formacije pare ob pospešenem vrenju. V primeru, da je koeficient praznine dovolj velik in se varnostni sistemi ne odzovejo pravočasno, lahko to sproži pozitivno povratno zanko. Prav to se je zgodilo v primeru nesreče v Černobilu.

Negativni koeficient praznine pa pomeni, da se reaktivnost reaktorja ob večanju praznine zmanjšuje, po drugi strani pa se reaktivnost ob manjšanju praznine povečuje. Zaradi tega se pri močnostnih reaktorjih teži k negativnemu koeficientu reaktivnosti praznine, saj le-ta pripomore k varnosti takšnega reaktorja. Poznavanje vpliva praznine na reaktivnost je zato pomembno zlasti za varnostne analize, pri vrelnih reaktorjih pa tudi za normalno obratovanje.

### 2.2 Fizikalno ozadje

Kvantitativno opiše vpliv praznine na reaktivnost reaktorja koeficient reaktivnosti praznine  $\alpha_v$  (void coefficient of reactivity), ki ga definiramo kot:

$$\alpha_v = \frac{\Delta\rho}{\Delta x} \quad (2.1)$$

kjer je  $\Delta\rho$  sprememba reaktivnosti,  $\Delta x$  pa sprememba deleža praznine v volumnu hladila

$$x_v = \frac{V_v}{V_c} \quad (2.2)$$

$V_v$  je volumen praznine,  $V_c$  pa celoten volumen v sredici, ki ga lahko zaseda hladilo.

Vpliv praznine na reaktivnost je odvisen od mnogih reaktorskih parametrov, pri čemer je njihov doprinos lahko tudi nasprotnega predznaka. Koeficient  $\alpha_v$  je zelo odvisen od konstrukcije reaktorja in se spreminja glede na položaj, kjer praznina v reaktorju nastopa. Običajno so reaktorji projektirani tako, da je na obratovalnem področju koeficient negativen.

Koeficient praznine je tesno povezan z reaktivnostnim koeficientom moderatorja. Ker v reaktorju TRIGA nastopa moderacija tudi v gorivu (cirkonijev hidrid), prevedemo efekt praznine raje na reaktivnostni koeficient gostote hladila. Če si zamislimo, da je praznina homogeno porazdeljena po sredici, lahko zapišemo za efektivno gostoto hladila  $\rho_c$ :

$$\rho_c = (1 - x) \rho_l \quad (2.3)$$

kjer je  $\rho_l$  gostota vode pri danih pogojih. Koeficient praznine izrazimo z reaktivnostnim koeficientom gostote hladila:

$$\alpha_v = -\rho_l \frac{\Delta\rho}{\Delta\rho_c} \quad (2.4)$$

Praznina nam zmanjša efektivno gostoto hladila in s tem zmanjša moderacijo nevtronov. Podoben efekt lahko dosežemo tudi z zvišanjem temperature hladila.

### 3 IZVEDBA VAJE

#### 3.1 Splošni napotki

Reaktor naj bo hladen in nezastrupljen, da ne moti meritev počasi spreminjajoča se negativna reaktivnost zaradi cepitvenega produkta  $^{135}\text{Xe}$ . Z reaktorjem upravlja operater. Navodila operaterju daje vodja vaj oziroma demonstrator. Za vstop v halo reaktorja in na ploščad je potrebno dobiti dovoljenje operaterja.

Vse meritve si najprej zapiši in šele nato opravi preračune. Zraven meritev piši tudi komentarje, kaj si spremenil, kaj si izmeril in podobno.

Pred začetkom vaje naj demonstrator pripravi digitalni merilnik reaktivnosti in rekorder za meritve. Ker je rekorder vezan na DMR, so merilna območja na rekorderju ista kot na merilniku reaktivnosti. Na zaslonu DMR bomo spremljali spreminjanje reaktivnosti, temperature in potek fluksa. Istočasno bomo vse signale, reaktivnost, temperaturo in fluks, zapisovali tudi na rekorder za kasnejšo obdelavo. Pred meritvijo si zato na rekorderski papir zapiši vse potrebne podatke (hitrost papirja, merilno območje za reaktivnost, ničlo reaktivnosti). Moč reaktorja bomo odčitavali iz prikazovalnika na komandni plošči.

Prav tako naj demonstrator pripravi sistem za dovajanje zraka v sredico.

Med vajo naj moč reaktorja ne preseže 1 kW.

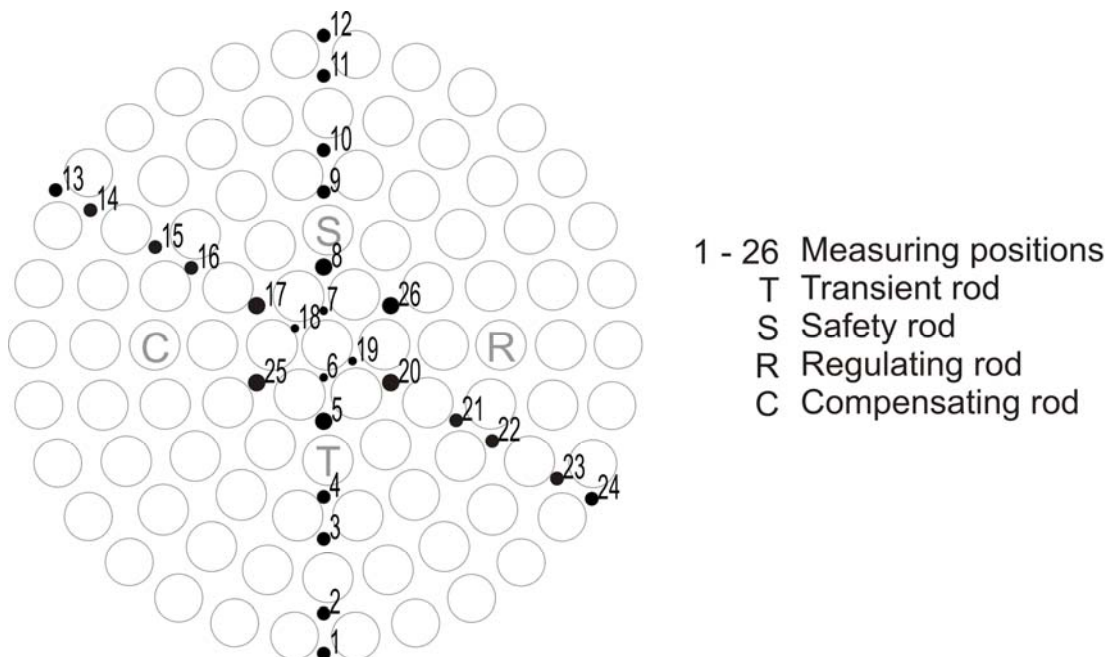
## 3.2 Oprema pri vaji

- digitalni merilnik reaktivnosti (DMR) z rekorderjem,
- instrumentacija za komandnim pultom,
- sistem za dovajanje zraka v sredico
- štoparica

Osnova sistema je ventilski otok, ki je krmiljen preko osebnega računalnika ali procesorske enote. Ima 20 ventilov, ki so krmiljeni individualno. Vsak ventil ima svoj merilec pretoka zraka. Pretok se bo uravnava z dušilkami. Izvor zraka pod pritiskom je kompresor v reaktorski hali. Iz ventilov v reaktorsko sredico vodijo cevi. Cevke bodo vstavljene v pozicije 2-5 ter 8-11 (Slika 1) ter v obroč F blizu pozicij 1 in 12.

Spodnji del cevi, kjer izhajajo mehurčki se nahaja nad spodnjo rešetko ter pod gorivom v gorivnem elementu.

Ventile se krmili preko osebnega računalnika, ki omogoča zapiranje in odpiranje posameznih ventilov, prikaz pretoka zraka skozi posamezen ventil ter nastavitvev pretoka preko nastavitve tlaka na reducirnem ventilu



Slika 1: Shema merilnih pozicij.

Na koncu Al cevi je majhen plastičen dušilec (FESTO) za proizvodjanje drobnih zračnih mehurčkov (Slika 1).



**Slika 2: plastičen dušilec (FESTO) za proizvodnjanje drobnih zračnih mehurčkov.**



**Slika 3: Spodnji del cevi za dovajanje mehurčkov.**

### 3.3 Meritev

Vključi merilnik reaktivnosti in rekorder. Izberi ustrezne parametre na instrumentih; npr. celotna skala za reaktivnost 50 pcm,  $\rho = 0$  na sredini, hitrost papirja 60 cm/min. Bistvene podatke zabeleži na papir. Zaženi reaktor na moč okoli 300 W. Reaktor naj obratuje na "ROČNO".

Sedaj vključi posamezne ventile (začni z najbolj zunanjim) ter opazuj reaktivnost v odvisnosti od položaja praznin (mehurčkov).

Vajo ponovi pri različnih pretoki skozi ventile.

Vajo končaj z vključitvijo vseh ventilov hkrati. Slednje simulira vrenje po celotni sredici.

Iz rekorderskih zapisov merilnika reaktivnosti določi ustrezne spremembe reaktivnosti za pozicije praznine v sredici. Oceni koeficient reaktivnosti praznin.

Za volumen sredice vzemi kar volumen aktivnega dela sredice.

Volumen praznin oceni iz pretoka. Za to oceno potrebuješ informacijo o času, ki ga potrebujejo mehurčki da prepotujejo skozi sredico. Ta čas skušaj oceniti tak, da meriš čas, ki ga mehurčki potrebujejo od zgornje rešetke do gladine. Ker se na tej poti spreminja tlak in posledično velikost mehurčkov, izmerjeni čas ustrezno popravi.

## 4 NALOGA

- predstavi rezultate meritev v obliki tabel in diagramov,
- nariši diagram odvisnosti reaktivnosti od pretoka zraka in položaja praznine
- nariši diagram odvisnosti koeficienta praznin v odvisnosti od položaja praznin
- oceni velikost mehurčkov in njihovo hitrost dvigovanja ter jo primerjaj z izmerjeno hitrostjo
- oceno natančnosti rezultatov,
- oceni negotovosti rezultatov
- rezultate komentiraj

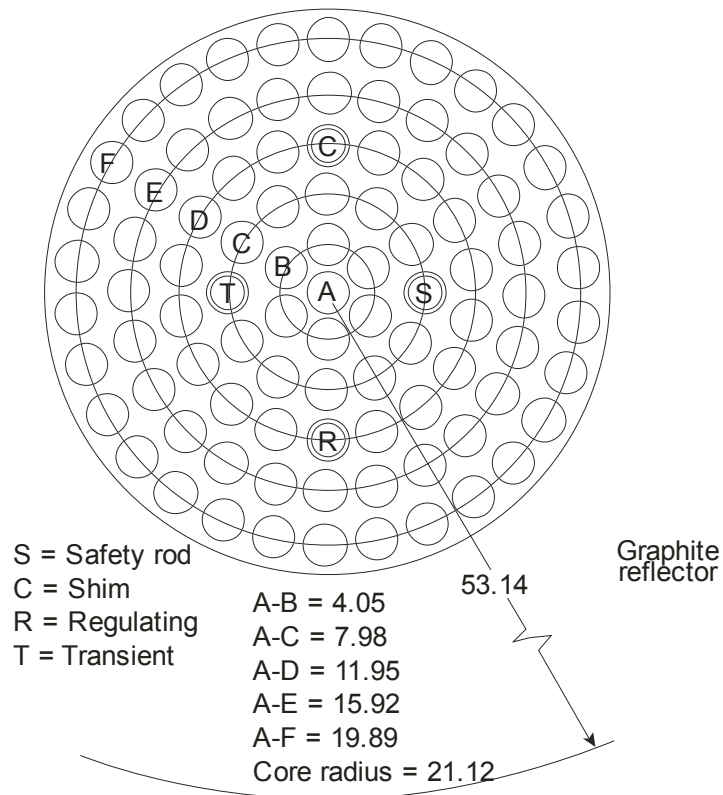
## 5 LITERATURA

1. RAVNIK, Matjaž, SNOJ, Luka. Reaktorska in radiacijska fizika : vaje. Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko, 2007. 71 str
2. Duderstadt-Hamilton, Nuclear reactor analysis, John Wiley & Sons, NY, 1976
3. Lamarsh-Baratta, Introduction to nuclear engineering, Prentice Hall, NY, 2001

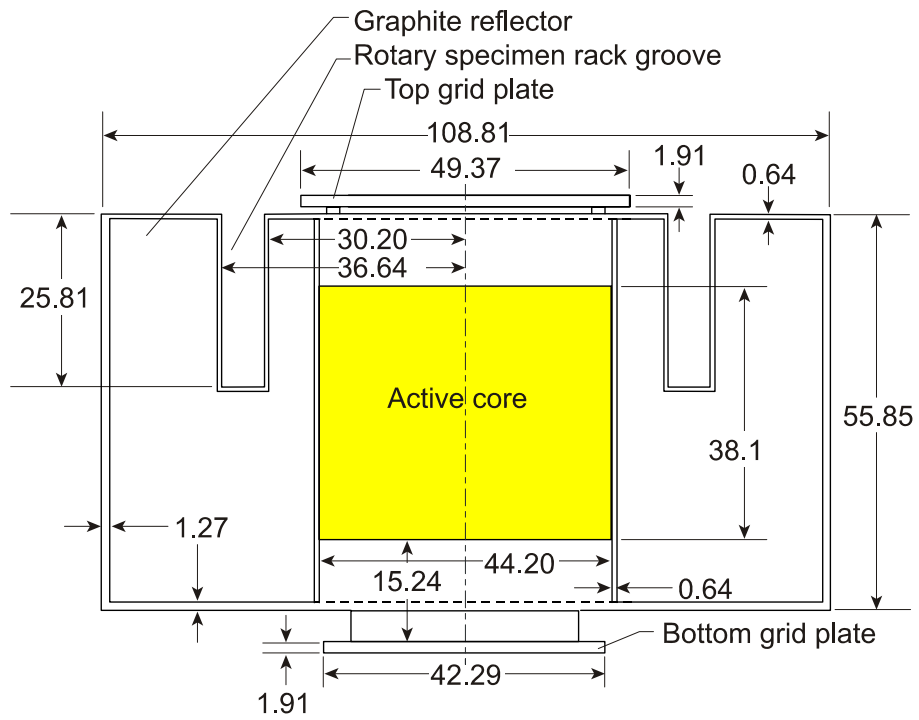


## 6 PRILOGE

### 6.1 Slike



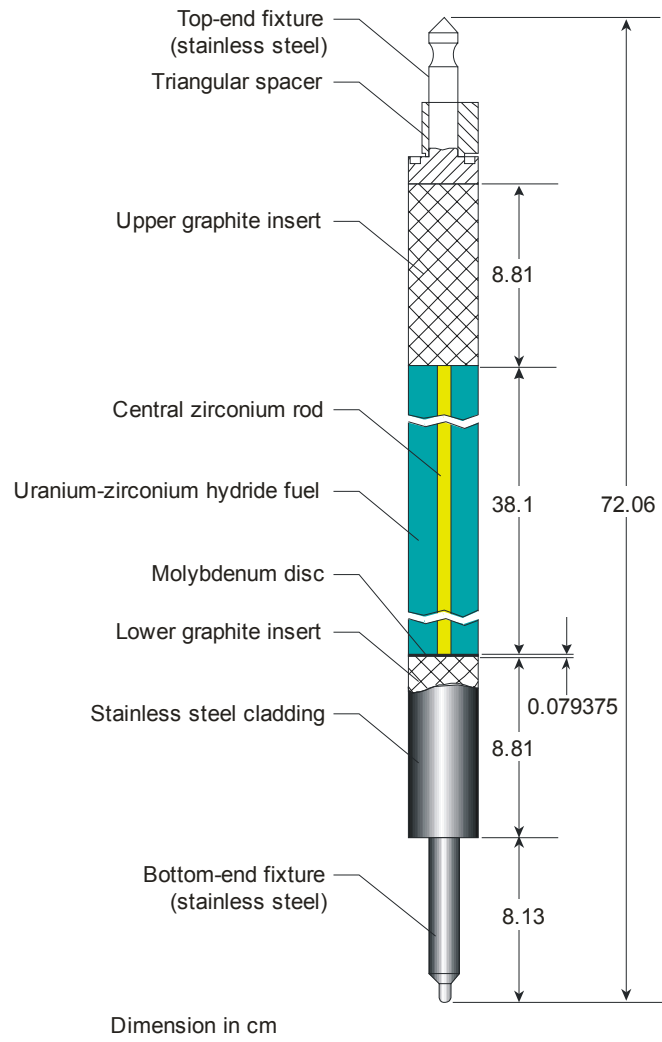
Slika 6-1: Shematska slika sredice. Obroč gre skozi center gorivnih elementov v posameznem obroču. Vse dimenzije so v cm.



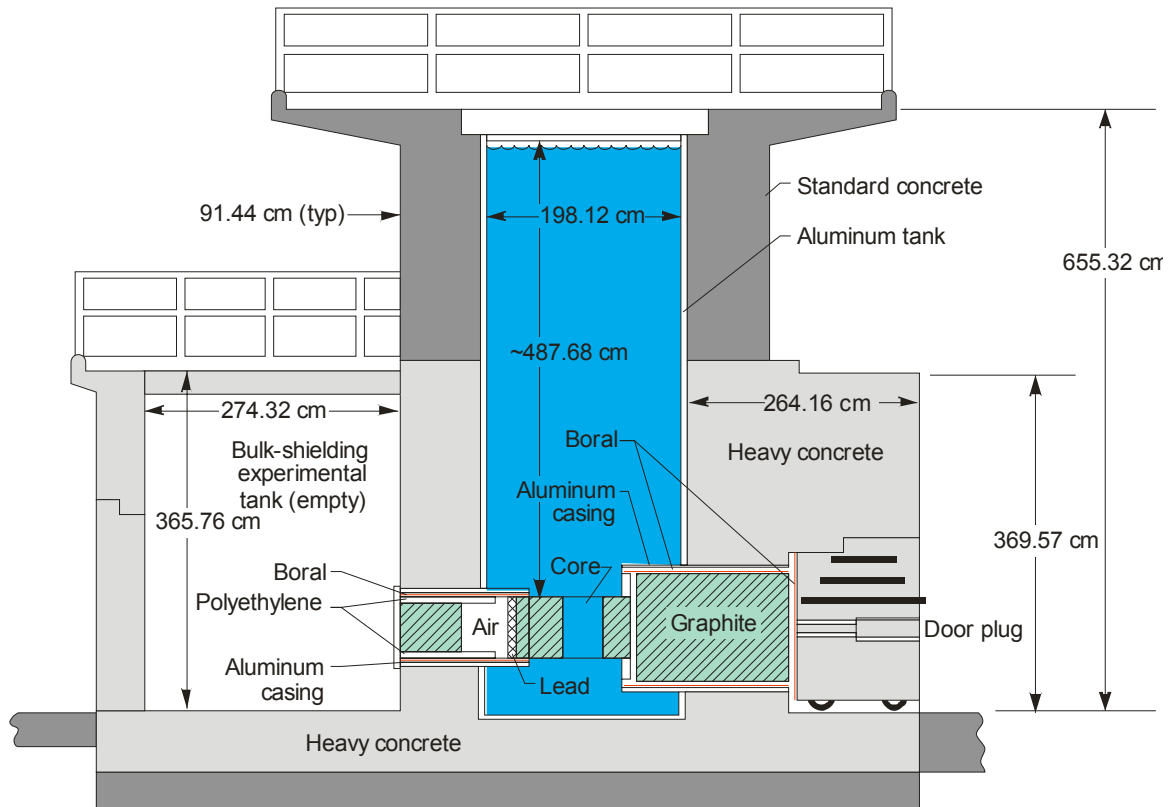
Dimensions in cm

C98 0953

**Slika 6-2: Shematska slika sredice in reflektorja.**



**Slika 6-3: Shematska slika gorivnega elementa.**



**Slika 6-4: Shematska slika reaktorja TRIGA.**