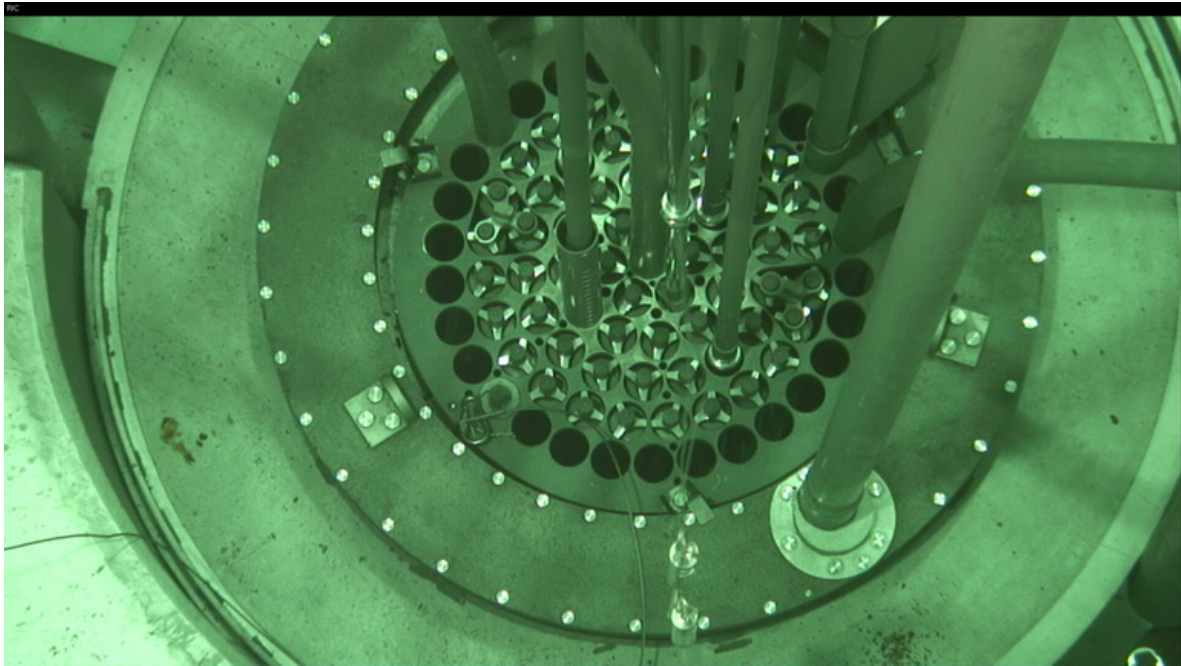


---

Luka Snoj  
Andrej Trkov

## KRITIČNI EKSPERIMENT



Ljubljana, oktober 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 februar 2007, avtorji: Matjaž Ravnik, Luka Snoj

Revizija: 0

1. izdaja, oktober 2012

Avtorji: *Luka Snoj, Andrej Trkov*

Shranjeno v datoteki: *02\_kriticni\_eksperiment.doc*, zadnjič shranjen *12.10.2012 12:06:00*

Tiskano: *12.10.2012 12:45:00*

# KAZALO

<b>1</b>	<b>KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>IZVEDBA VAJE .....</b>	<b>7</b>
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI.....	7
3.2	OPREMA PRI VAJI.....	7
3.3	IZVOR NEVTRONOV .....	7
3.3.1	<i>Približevanje kritičnosti</i> .....	7
3.4	PODKRITIČNO POMNOŽEVANJE.....	8
<b>4</b>	<b>NALOGA .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>10</b>
6.1	PRIMER MERITEV.....	10
6.2	UMERITVENE TABELE KONTROLNIH PALIC .....	11

# 1 KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE

Približevanje kritičnosti je eden od osnovnih eksperimentov v reaktorski fiziki. Uporablja se za določanje kritičnega števila gorivnih elementov in kritičnega položaja kontrolnih palic. Poleg tega, da je eksperiment poučen, saj študent praktično spozna in meri količine kot so presežna reaktivnost, pomnoževalni faktor, podkritično pomnoževanje, ki jih sicer sreča samo v teoriji, ima kritični eksperiment tudi uporabno vrednost. Redno se namreč izvaja tako na eksperimentalnih kot tudi energijskih reaktorjih po menjavi goriva ali premeščanju goriva.

Namen vaje je opazovati, kako se z izvlečenjem kontrolnih palic povečuje pomnoževalni faktor sistema in doseže kritični položaj kontrolnih palic, pri katerem poteka samovzdrževana verižna reakcija.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

Najpomembnejši parameter, ki popisuje stanje reaktorja, je pomnoževalni faktor  $k$ .

- $k < 1$  – reaktor je podkritičen, vsaka generacija nevtronov je manj številna od prejšnje, število nevtronov in moč pada. Če je v reaktorju neodvisen izvor nevtronov, se število nevtronov ustali in postane sorazmerno neodvisnemu izvoru nevtronov. Če tega umaknemo, nevtronska populacija izumre.
- $k = 1$  – reaktor je kritičen, vsaka generacija nevtronov je enako številna kot prejšnja, moč je poljubna in ni odvisna od zunanlega izvora nevtronov.
- $k > 1$  – reaktor je nadkritičen, vsaka generacija nevtronov je bolj številna od prejšnje, število nevtronov in s tem moč narašča.

Ob normalnem obratovanju je  $k \approx 1$  - blizu kritičnosti. Med dolgotrajnim obratovanjem na konstantni moči je  $k \approx 1.00000$ .

Reaktivnost ( $\rho$ ) je definirana  $\rho = \frac{k-1}{k}$

- $\rho < 0$  - podkritičen sistem
- $\rho = 0$  - kritičen sistem
- $\rho > 0$  - nadkritičen sistem

Enote:

Reaktivnost v pcm (per cent mile) :  $\rho[\text{pcm}] = \frac{k-1}{k} \times 10^5$

Reaktivnost v  $\beta$ :  $\rho[\beta] = \frac{k-1}{k\beta}$

$\beta$  je delež zakasnelih nevtronov.

V reaktorju TRIGA je  $\beta = 0.00700$

Za reaktor TRIGA velja:  $\rho[\beta] = \frac{\rho[\text{pcm}]}{700} \times k \approx \frac{\rho[\text{pcm}]}{700}$  (za reaktor blizu kritičnosti)

oziroma:  $1 \beta = 1 \text{ pcm} = 0,007 = 0,7 \% = 700 \text{ pcm}$

V kritičnem reaktorju se produkcija nevtronov v fisijskem materialu ravno pokriva z izgubami nevtronov, to je z absorpcijo nevtronov v gorivu in konstrukcijskem materialu ter

pobegom nevtronov iz reaktorja. Če v kritičen reaktor vstavimo kontrolne palice, postane reaktor podkritičen, ker se absorpcija nevtronov poveča. Stacionarna samovzdrževana verižna reakcija v podkritičnem sistemu ni možna. Pomnoževalni faktor takšnega sistema je manjši od 1, kar pomeni, da ima vsak nevtron v reaktorju v povprečju manj kot enega potomca. Če z zunanjim neodvisnim izvorom (npr. Ra-Be izvor) vnesemo v reaktor neko populacijo nevtronov, se bo ta v reaktorju pomnožila, a bo takoj izumrla, če izvor nevtronov umaknemo iz reaktorja. Število nevtronov v reaktorju je sorazmerno številu nevtronov, ki jih seva izvor.

Za podkritičen reaktor v stacionarnem stanju, v katerem je neodvisen izvor nevtronov, lahko izpeljemo preprosto zvezo med številom nevtronov v reaktorju  $N$  in pomnoževalnim faktorjem  $k$ . Zveza je uporabna, ker spreminjanje števila nevtronov lahko merimo z nevtronskimi detektorji in določimo, kako se spreminja  $k$ .

Predpostavimo, da imamo v reaktorju neodvisen, necepitveni izvor nevtronov, ki emitira  $S$  nevtronov na sekundo. Predpostavimo, da je reaktor podkritičen in ima pomnoževalni faktor  $k$ . Predpostavimo tudi, da je število nevtronov v reaktorju  $N$  časovno ustaljeno in da merimo signal  $I$ , ki je temu številu sorazmeren.

Nevtroni iz izvora (v našem primeru palica z mešanico Ra-Be, radij seva delce  $\alpha$ , ki iz berilija izbijajo nevtrone z  $(\alpha, n)$  reakcijo) zaidejo v gorivo (uran) in se  $k$ -krat pomnožijo. Prav tako se pomnožijo njihovi potomci in tako naprej. Celotno število nevtronov, ki nastanejo v časovni enoti, je vsota tistih, ki jih seva izvir ( $S$ ) njihovih potomcev ( $kS$ ), potomcev njihovih potomcev ( $k^2S$ ) in tako naprej, kar lahko zapišemo v sledeči obliki:

$$\begin{aligned} I &\propto N \propto S + kS + k^2S + k^3S + \dots \\ &= S(1 + k + k^2 + k^3 + \dots) = \frac{S}{(1-k)} \Rightarrow I \propto \frac{S}{(1-k)} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Vrsta se da sešteti, ker je  $k < 1$ . Zato ta zveza velja samo za podkritični reaktor. Vidimo, da se v podkritičnem reaktorju v povprečju vsak nevtron, ki ga emitira izvor, pomnoži za faktor

$$M = \frac{1}{1-k} \quad (1.2)$$

$M$  imenujemo 'faktor podkritičnega pomnoževanja'. Vidimo, da je obratno sorazmernen  $1-k$ . Bliže, kot je reaktor kritičnosti, večje je pomnoževanje in pri  $k=1$  faktor  $M$  divergira oziroma postane nedoločen. Praktično to pomeni, da število nevtronov pri kritičnosti močno naraste in da nastopi samovzdrževana verižna reakcija (število nevtronov-fluks- in moč reaktorja pa sta še vedno mnogo manjša kot pri obratovanju na moči). Če umaknemo neodvisni izvor iz reaktorja, nevtronska populacija ne izumre.

Zaključimo lahko, da:

- je število nevtronov v podkritičnem reaktorju obratno sorazmerno  $(1-k)$ ,
- število nevtronov v reaktorju divergira kot  $1/(1-k)$ , ko se približujemo kritičnosti,
- je celotno število nevtronov v podkritičnem reaktorju sorazmerno jakosti izvora  $S$ . Če izvor umaknemo ( $S=0$ ), populacija nevtronov izumre ( $N \rightarrow 0$ )

- število nevtronov pri kritičnosti ( $k=1$ ) ni določeno in ni odvisno od  $S$ . Tudi če izvor umaknemo, populacija nevtronov ne izumre

Formula (1.1) nam daje preprosto zvezo med številom nevtronov  $I$ , ki jih detektiramo v podkritičnem reaktorju in pomnoževalnim faktorjem sistema  $k$ . Formulo (1.2) lahko uporabimo za določanje pozicije kontrolnih palic, pri kateri bo reaktor postal kritičen. Če predpostavimo, da pomnoževalni faktor,  $k$ , narašča sorazmerno z izvlekom kontrolne palice, in če merimo  $I$  po več zaporednih izvlekih kontrolnih palic, lahko z ekstrapolacijo ocenimo, pri kateri poziciji kontrolnih palic bo reaktor postal kritičen.

Formulo lahko uporabimo tudi za določevanje kritičnega števila gorivnih elementov ob predpostavki, da je  $k$  sorazmeren številu gorivnih elementov. Vsakič, ko dodamo gorivni element v reaktor, izmerimo nevtronski signal. Rišemo diagram:  $1/M$  v odvisnosti od števila gorivnih elementov. V skladu s formulo (1.1) bi moral biti ta graf premica, ki seka absciso pri kritičnem številu gorivnih elementov. Z linearno ekstrapolacijo lahko pri vsakem koraku vnaprej določimo kritično število elementov in presodimo, ali v naslednje koraku še lahko dodamo gorivi element, ne da bi presegli kritično število. Namesto števila gorivnih elementov lahko na absciso nanašamo maso urana (npr. če gorivni elementi vsebujejo različno količino urana). S tem določimo kritično maso reaktorja.

Ko reaktor postane kritičen, je moč običajno še zelo nizka (tipično  $10^{-4}$  polne moči), čeprav se je glede na podkritično stanje število nevtronov in cepitev že močno povečalo (tipično za faktor  $10^5$ ). Neodvisni izvor postane nepomemben, saj je cepitveno pomnoženih nevtronov mnogo več kot tistih, ki jih seva izvor. Samovzdrževana verižna reakcija poteka, vendar je število cepitev (in s tem moč) še premajhno, da bi se temperaturi goriva in hladilne vode v sredici zaradi tega znatno povišali. Povzemimo nekatere značilnosti, ki so pomembne za razumevanje prehoda iz podkritičnega pomnoževanja v samovzdrževano cepitveno verižno reakcijo v reaktorju, oziroma pri prehodu na kritičnost reaktorja:

Populacija nevtronov je stacionarna, če je reaktivnost reaktorja enaka nič, torej, če je reaktor kritičen.

Če je reaktivnost različna od nič, populacija nevtronov reaktorja narašča pri pozitivni reaktivnosti in pada pri negativni reaktivnosti.

Število nevtronov in moč nista odvisni od neodvisnega izvora. Če ga umaknemo iz reaktorja, se ne spremenita.

Pri konstantni reaktivnosti populacija nevtronov v reaktorju asimptotsko narašča ali pada eksponencialno s časom:

$$N(t) = N(t=0)e^{\frac{t}{T}} \quad (1.3)$$

kjer je  $T$  asimptotska perioda reaktorja. Bolj podrobno so značilnosti obratovanja reaktorja v področju nizkih moči obdelane v vaji "Odziv reaktorja na spremembo reaktivnosti".

## 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.

### 3.2 Oprema pri vaji

- fisijska celica (startni kanal), ki je del standardne instrumentacije reaktorja
- linearni in logaritemski kanal, ki je del standardne instrumentacije reaktorja
- umeritvene krivulje kontrolnih palic (priloga)
- kalkulator
- štoparica
- papir in svinčnik
- milimetrski papir

Vrednost določene kontrolne palice pri določenem položaju vstavitve je negativna reaktivnost, ki jo ima reaktor, če v kritičen reaktor vstavimo to kontrolno palico do tega položaja. Umeritvena krivulja je diagram (ali tabela), ki popisuje vrednost kontrolne palice v odvisnosti od položaja (globine) vstavitve (glej prilogo).

### 3.3 Izvor nevtronov

Izvor nevtronov v reaktorju TRIGA je homogena mešanica radija in berilija. Radij je radioaktiven element, ki pretežno seva delce alfa. Le-ti se absorbirajo v jedrih berilija, ki zato razpadejo ter oddajo nevtrone. Izvor daje približno  $10^6$  nevtronov na sekundo. Vstavljen je v aluminijasto palico, ki ima podobne dimenzije kot gorivni element.

#### 3.3.1 Približevanje kritičnosti

Vajo pričnemo z vstavljenim izvorom in z vstavljenimi vsemi kontrolnimi palicami (regulacijska (regulating), kompenzacijska (shim), pulzna/tranzientna (transient) in varnostna (safety), oznake R, K, P, V). Zaradi tega je reaktor podkritičen. Postopoma bomo iz sredice izvlačili kontrolne palice. S tem bomo povečevali reaktivnost (v reaktorskem pogovornem žargonu se reče, da dodajamo pozitivno reaktivnost), dokler ne bo reaktor postal kritičen.

Število nevtronov v reaktorju merimo s fisijsko celico, signal iz nje pa odčitavamo na indikatorju startnega kanala v komandni sobi. Z meritvijo števila nevtronov v odvisnosti od vstavljenosti kontrolnih palic lahko določimo, za koliko korakov moramo še izvleči kontrolne palice, da bo reaktor kritičen.

Ko so vse kontrolne palice vstavljene v sredico, izmeri začetni signal na startnem kanalu,  $I_0$ . S postopnim izvlečenjem kontrolnih palic (po vrsti: P, V, K, R) se v več korakih približaj kritičnosti. Pred izvlečenjem posamezne kontrolne palice iz umeritvene tabele ali krivulje razberi, kolikšno reaktivnost bomo z izvlečenjem palice dodali ter si jo zapiši. Operaterju sporoči, na katero pozicijo naj izvleče izbrano kontrolno palico, s katero bomo vstavili želeno reaktivnost. Ko izvleče kontrolno palico, najprej počakaj, da se vrednost na startnem kanalu ustali, nato pa izmeri signal na startnem kanalu,  $I_i$ . Nato izračunaj kvocient  $I_0/I_i$ . Vse meritve in izračune vnašaj v tabelo ter riši  $1/M$  diagram: kvocient  $I_0/I_i$  v odvisnosti od vstavljene reaktivnosti (na absciso nanašaj vstavljeno reaktivnost razbrano z umeritvenih krivulj ali tabel, na ordinato pa nanašaj kvocient  $I_0/I_i$ ). Iz enačbe (1.1) lahko razberemo, da bo pri kritični sredici ( $k=1$ ) kvocient  $I_0/I_i$  imel vrednost nič. Na vsakem koraku z linearno ekstrapolacijo iz zadnjih dveh korakov oceni, koliko reaktivnosti še manjka do kritičnosti. Presečišče ekstrapolacijske premice in abscisne osi določa celotno vstavljeno reaktivnost, pri kateri bo reaktor kritičen. Ker je takšna ocena zelo groba, se pred neželenim povečanjem pomnoževalnega faktorja zavarujemo tako, da v naslednjem koraku vstavimo največ tretjino do polovico reaktivnosti, ki je po izračunu še potrebujemo do kritičnosti.

Na ta način dosežemo kritičnost reaktorja z izvlečenjem kontrolnih palic v več korakih. Pri vsakem koraku je postopek naslednji:

- Določimo, kolikšno reaktivnost vstavimo v sredico ter vrednost zapišemo v tabelo.
- Iz umeritvenih krivulj ali tabel razberemo, na katero pozicijo moramo izvleči izbrano kontrolno palico.
- Operaterju sporočimo, na katero pozicijo naj izvleče kontrolno palico.
- Počakamo, da se vzpostavi stacionarno stanje, to je, da se vrednost na startnem kanalu približno ustali.
- Izmerimo signal na startnem kanalu,  $I_i$  ter vrednost zapišemo. Časovni interval štetja določimo tako, da se v njem prešteje vsaj 100 sunkov (tipično: 100 s). Meri vsaj tri časovne intervale in rezultat povpreči.
- Izračunamo kvocient  $I_0/I_i$ , ga zapišemo ter vrednost narišemo na diagram.
- Z ekstrapolacijo določimo koliko reaktivnosti še manjka do kritičnosti.

Postopek ponavljamo toliko časa, dokler ne dosežemo kritičnosti. Kako vemo, kdaj je dosežena kritičnost? Kvalitativni pokazatelj, da se približujemo kritičnosti, je dolžina trajanja naraščanja signala. Čas, ki je potreben, da se vzpostavi približno stacionarno stanje, potem ko izvlečemo kontrolno palico, je tem večji, čim bliže je reaktor kritičnosti. Nedvomno pa se prepričamo, da je reaktor kritičen tako, da izvlečemo nevtronski izvor. Če se signal na startnem kanalu in s tem število nevtronov v reaktorju ustali na neki določeni vrednosti, je reaktor ravno kritičen. Če po prenehanju prehodnega pojava, ki nastane zaradi izvlečenja izvora, število nevtronov oziroma signal na startnem kanalu pada, je reaktor še vedno podkritičen, če pa po izvlečenju število nevtronov narašča, smo kritično točko že presegli.

### 3.4 Podkritično pomnoževanje

Preden reaktor postane kritičen (ko sta popolnoma izvlečeni dve kontrolni palici; V in P) naj operater izvleče izvor nevtronov. Opazuj kako se spreminja signal na startnem kanalu ter izračunaj s kakšno periodo se zmanjšuje.

Isto napravi, ko je dosežena kritičnost in ko je reaktor nadkritičen



## 4 NALOGA

- Nariši diagram  $I_0/I_i$  v odvisnosti od vstavljene reaktivnosti in točno določi kritični položaj kontrolnih palic
- Oceni, kolikšen bi bil teoretično pomnoževalni faktor reaktorja, če bi vse kontrolne palice v celoti izvlekli iz reaktorja
- Oceni, kolikšen je bil  $k$  na začetku eksperimenta, ko so bile vstavljene vse kontrolne palice
- Oceni negotovosti rezultatov

## 5 LITERATURA

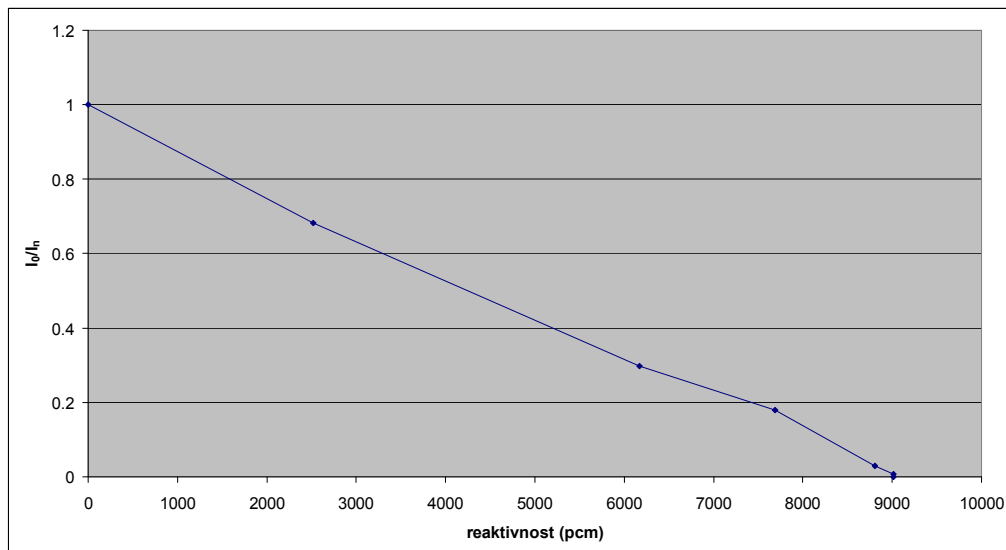
1. RAVNIK, Matjaž, SNOJ, Luka. Reaktorska in radiacijska fizika : vaje. Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko, 2007. 71 str
2. Duderstadt-Hamilton, Nuclear reactor analysis, John Wiley & Sons, NY, 1976
3. Lamarsh-Baratta, Introduction to nuclear engineering, Prentice Hall, NY, 2001

## 6 PRILOGE

### 6.1 Primer meritev

Tabela 6-1: Tabela meritev.

n	$I_n^1$	$I_n^2$	$I_n^3$	$t_n(s)$	$\bar{I}_n (s^{-1})$	$\frac{I_0}{\bar{I}_n} (s^{-1})$	$\Delta\rho_i$	$\Sigma\Delta\rho_i$	opombe
0									Pulzna 900 -> 750
1									
2									
3									
4									
5									
6									



Slika 6-1: Kvocient  $I_0/I_i$  v odvisnosti od celotne vstavljenе reaktivnosti.

## 6.2 Umeritvene tabele kontrolnih palic

Tabela 6-2: Umeritvena tabela regulacijske palice

SREDICA 191

Ljubljana, 12.12.2011

VREDNOSTI REGULACIJSKE PALICE NA POSAMEZNIH POZICIJAH

Korak	Vred./pcm
181	0.0
186	0.3
191	1.1
196	2.4
201	4.2
206	6.6
211	9.5
216	13.0
221	17.0
226	21.5
231	26.6
236	32.1
241	38.3
246	44.9
251	52.1
256	59.9
261	68.3
266	77.0
271	86.4
276	96.3
281	106.8
286	117.8
291	129.4
296	141.5
301	154.1
306	167.3
311	181.0
316	195.3
321	210.1
326	225.4
331	241.3
336	257.7
341	274.6
346	292.0
351	310.0
356	328.4
361	347.4
366	366.8
371	386.7
376	407.1
381	428.0
386	449.3
391	471.1
396	493.4
401	516.0
406	539.1
411	562.6
416	586.5

Korak	Vred./pcm
421	610.7
426	635.4
431	660.4
436	685.7
441	711.4
446	737.4
451	763.8
456	790.4
461	817.2
466	844.4
471	871.8
476	899.5
481	927.3
486	955.4
491	983.7
496	1012.1
501	1040.8
506	1069.6
511	1098.5
516	1127.6
521	1156.8
526	1186.0
531	1215.4
536	1244.9
541	1274.4
546	1304.0
551	1333.7
556	1363.3
561	1393.0
566	1422.8
571	1452.5
576	1482.2
580	1511.9
585	1541.6
590	1571.2
595	1600.8
600	1630.3
605	1659.7
610	1689.1
615	1718.4
620	1747.6
625	1776.7
630	1805.6
635	1834.5
640	1863.2
645	1891.7
650	1920.1
655	1948.3

Korak	Vred./pcm
660	1976.3
665	2004.1
670	2031.7
675	2059.1
680	2086.3
685	2113.2
690	2139.8
695	2166.1
700	2192.2
705	2217.9
710	2243.4
715	2268.4
720	2293.1
725	2317.5
730	2341.4
735	2364.9
740	2388.0
745	2410.7
750	2432.8
755	2454.5
760	2475.7
765	2496.4
770	2516.5
775	2536.1
780	2555.0
785	2573.4
790	2591.2
795	2608.3
800	2624.7
805	2640.5
810	2655.6
815	2670.0
820	2683.7
825	2696.6
830	2708.8
835	2720.1
840	2730.8
845	2740.6
850	2749.6
855	2757.7
860	2765.1
865	2771.6
870	2777.3
875	2782.1
880	2786.0
885	2789.0
890	2791.2
895	2792.6
900	2793.0

Izmeril:

**Tabela 6-3: Umeritvena tabela pulzne palice**

**SREDICA 191**

Ljubljana, 12.12.2011

VREDNOSTI **PULZNE** PALICE NA POSAMEZNIH POZICIJAH

Korak	Vred./pcm
0	0.0
5	0.0
10	0.2
15	0.4
20	0.7
25	1.1
30	1.6
35	2.2
40	2.9
45	3.8
50	4.7
55	5.7
60	6.8
65	8.1
70	9.5
75	11.0
80	12.7
85	14.4
90	16.4
95	18.5
100	20.7
105	23.1
110	25.7
115	28.5
120	31.4
125	34.5
130	37.9
135	41.5
140	45.2
145	49.2
150	53.4
155	57.9
160	62.5
165	67.5
170	72.7
175	78.1
180	83.8
185	89.8
190	96.1
195	102.7
200	109.5
205	116.7
210	124.1
215	131.9
220	139.9
225	148.4
230	157.1
235	166.1
240	175.5
245	185.2
250	195.2
255	205.5
260	216.3
265	227.4
270	238.7
275	250.4
280	262.7
285	275.2
290	287.7
295	300.8

Korak	Vred./pcm
300	314.2
305	327.9
310	342.1
315	356.5
320	371.2
325	386.3
330	401.8
335	417.5
340	433.5
345	450.0
350	466.6
355	483.7
360	500.9
365	518.5
370	536.4
375	554.6
380	573.0
385	591.8
390	610.8
395	630.0
400	649.6
405	669.4
410	689.4
415	709.6
420	730.1
425	750.8
430	771.7
435	792.9
440	814.2
445	835.8
450	857.4
455	879.4
460	901.5
465	923.7
470	946.1
475	968.7
480	991.4
485	1014.2
490	1037.2
495	1060.3
500	1083.5
505	1106.8
510	1130.2
515	1153.8
520	1177.3
525	1201.0
530	1224.7
535	1248.5
540	1272.4
545	1296.2
550	1320.2
555	1344.1
560	1368.1
565	1392.0
570	1416.0
575	1439.9
580	1463.9
585	1487.8
590	1511.7
595	1535.5

Korak	Vred./pcm
600	1559.2
605	1582.9
610	1606.6
615	1630.1
620	1653.6
625	1676.9
630	1700.1
635	1723.2
640	1746.2
645	1769.0
650	1791.6
655	1814.1
660	1836.4
665	1858.5
670	1880.4
675	1902.0
680	1923.5
685	1944.7
690	1965.6
695	1986.3
700	2006.7
705	2026.8
710	2046.6
715	2066.0
720	2085.2
725	2104.0
730	2122.4
735	2140.5
740	2158.3
745	2175.5
750	2192.5
755	2209.0
760	2225.0
765	2240.6
770	2255.8
775	2270.6
780	2284.7
785	2298.5
790	2311.8
795	2324.5
800	2336.7
805	2348.3
810	2359.6
815	2370.1
820	2380.1
825	2389.7
830	2398.6
835	2406.9
840	2414.6
845	2421.9
850	2428.4
855	2434.3
860	2439.7
865	2444.4
870	2448.5
875	2451.9
880	2454.8
885	2457.1
890	2458.5
895	2459.5
900	2460.0

Izmeril:

Tabela 6-4: Umeritvena tabela varnostne palice.

SREDICA 191

Ljubljana, 12.12.2011

VREDNOSTI **VARNOSTNE** PALICE NA POSAMEZNIH POZICIJAH

Korak	Vred./pcm
200	0.0
205	0.4
210	1.5
215	3.2
220	5.6
225	8.7
230	12.6
235	17.2
240	22.4
245	28.3
250	35.0
255	42.3
260	50.4
265	59.1
270	68.5
275	78.7
280	89.6
285	101.1
290	113.3
295	126.3
300	139.9
305	154.3
310	169.4
315	185.1
320	201.5
325	218.7
330	236.6
335	255.1
340	274.3
345	294.5
350	314.8
355	336.1
360	358.1
365	380.7
370	404.0
375	428.0
380	452.7
385	478.0
390	504.0
395	530.6
400	557.9
405	585.8
410	614.3
415	643.4
420	673.2
425	703.5
430	734.5

Korak	Vred./pcm
435	766.0
440	798.1
445	830.8
450	864.0
455	897.7
460	932.0
465	966.8
470	1002.0
475	1037.8
480	1074.0
485	1110.6
490	1147.7
495	1185.2
500	1223.1
505	1261.4
510	1300.0
515	1338.9
520	1378.2
525	1417.8
530	1457.7
535	1497.8
540	1538.1
545	1578.6
550	1619.4
555	1660.3
560	1701.3
565	1742.5
570	1783.7
575	1825.0
580	1866.4
585	1907.7
590	1949.1
595	1990.4
600	2031.7
605	2072.9
610	2114.0
615	2154.9
620	2195.7
625	2236.3
630	2276.6
635	2316.8
640	2356.6
645	2396.2
650	2435.5
655	2474.4
660	2513.0
665	2551.2

Korak	Vred./pcm
670	2588.9
675	2626.2
680	2663.1
685	2699.5
690	2735.4
695	2770.7
700	2805.5
705	2839.7
710	2873.3
715	2906.3
720	2938.7
725	2970.4
730	3001.5
735	3031.8
740	3061.4
745	3090.3
750	3118.5
755	3145.9
760	3172.5
765	3198.2
770	3223.3
775	3247.4
780	3270.8
785	3293.2
790	3314.8
795	3335.6
800	3355.5
805	3374.4
810	3392.4
815	3409.5
820	3425.7
825	3441.0
830	3455.3
835	3468.6
840	3481.0
845	3492.5
850	3503.0
855	3512.4
860	3520.9
865	3528.3
870	3534.9
875	3540.4
880	3544.9
885	3548.4
890	3550.9
895	3552.4
900	3553.0

Tabela 6-5: Umeritvena tabela kompenzacijske palice.

SREDICA 191

Ljubljana, 12.12.2011

VREDNOSTI **KOMPENZACIJSKE** PALICE NA POSAMEZNIH POZICIJAH

Korak	Vred./pcm
200	0.0
205	0.3
210	1.2
215	2.6
220	4.5
225	7.0
230	10.2
235	13.8
240	18.0
245	22.8
250	28.1
255	34.0
260	40.4
265	47.4
270	54.9
275	63.0
280	71.6
285	80.8
290	90.4
295	100.6
300	111.4
305	122.6
310	134.4
315	146.7
320	159.5
325	172.8
330	186.6
335	200.9
340	215.6
345	230.9
350	246.6
355	262.8
360	279.6
365	296.7
370	314.1
375	332.2
380	350.6
385	369.5
390	388.7
395	408.4
400	428.5
405	449.0
410	469.9
415	491.1
420	512.7
425	534.7
430	557.0

Korak	Vred./pcm
435	579.6
440	602.5
445	625.8
450	649.4
455	673.3
460	697.5
465	721.9
470	746.6
475	771.5
480	796.7
485	822.0
490	847.6
495	873.4
500	899.4
505	925.5
510	951.8
515	978.2
520	1004.8
525	1031.4
530	1058.2
535	1085.1
540	1112.0
545	1139.0
550	1166.0
555	1193.1
560	1220.1
565	1247.2
570	1274.2
575	1301.2
580	1328.2
585	1355.1
590	1381.9
595	1408.6
600	1435.2
605	1461.7
610	1488.1
615	1514.3
620	1540.3
625	1566.1
630	1591.8
635	1617.2
640	1642.4
645	1667.4
650	1692.1
655	1716.5
660	1740.7
665	1764.6

Korak	Vred./pcm
670	1788.1
675	1811.4
680	1834.3
685	1856.9
690	1879.1
695	1900.9
700	1922.3
705	1943.4
710	1964.1
715	1984.3
720	2004.1
725	2023.5
730	2042.4
735	2060.9
740	2078.9
745	2096.5
750	2113.6
755	2130.2
760	2146.3
765	2161.8
770	2176.9
775	2191.5
780	2205.5
785	2219.0
790	2232.0
795	2244.4
800	2256.3
805	2267.7
810	2278.5
815	2288.7
820	2298.3
825	2307.4
830	2316.0
835	2323.9
840	2331.3
845	2338.1
850	2344.3
855	2349.9
860	2354.9
865	2359.4
870	2363.3
875	2366.6
880	2369.2
885	2371.3
890	2372.8
895	2373.7
900	2374.0