

RA/003/R1/P4/44



CS06RA552

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE
"BORIS KIDRIČ" - VINČA
OUR ODELENJE NUKLEARNOG REAKTORA RA

REAKTOR RA

Februar 1978. godine

S A D R Ž A J

1. UVOD
2. OOUR ODELENJE NUKLEARNOG REAKTORA RA
 - 2.1. Organizaciono uredjenje OOUR-a
 - 2.2. Kvalifikaciona struktura
 - 2.3. Starosna struktura
 - 2.4. Lični dohoci
 - 2.5. Finansiranje
 - 2.6. Korišćenje reaktora
 - 2.7. Rad reaktora
3. STANJE OPREME
 - 3.1. Dozvola za rad
 - 3.2. Isluženo gorivo
4. OBNOVA OPREME
 - 4.1. Sredstva za nabavku opreme
5. DOSADAŠNJI RAD I MOGUĆNOSTI
 - Nomenklatura mogućnosti i namene Reaktora RA
6. PREDLOG ZAKLJUČAKA

NUKLEARNI REAKTOR RA

1. U V O D

Medjudržavnim ugovorom SFRJ - SSSR kupljen je nuklearni reaktor sa sledećim performansama:

- nominalna snaga 6.5 MW
- forsirani režim 10 MW
- pri nominalnoj snazi
fluks u centru reda $5 \cdot 10^{13}$ n cm^{-2} sec^{-1}
srednji fluks reda $2,9 \cdot 10^{13}$ n cm^{-2} sec^{-1}

- mogućnosti eksploatacije
dobijanje fluksa van reaktora 6 kanala
1 termalna kolona
500 x 500 mm

ozračivanje

- u reaktoru 1 kanal \varnothing 110 mm
4 kanala \varnothing 100 mm
4 kanala \varnothing 50 mm
- u grafitnom reflektoru 34 kanala \varnothing 50 mm
- u biološkom ekranu 1 kanal \varnothing 300 mm
2 kanala \varnothing 50 mm
1 kanal \varnothing 100 mm

temperature

- moderatora 40 - 60 °C
- grafitnog reflektora 100 - 300 °C

Početak zemljanih radova je bio u aprilu 1956. godine, a montaža od jeseni 1957. godine. Završetak radova i svečano puštanje u rad bilo je 28. decembra 1959. godine.

Kupljeni reaktor je koristio uransko gorivo sa 2% U-235.

Danas u reaktoru imamo izvestan broj kanala sa gorivom koje ima 80% U-235, jer se 1977. godine počelo sa prevodjenjem reaktora na novo gorivo. Prevodjenje se vrši na neuobičajeni način, jer se želi potpuno iskorišćenje 2% goriva, pa se na mesta sa kojih je uklonjeno 2% gorivo stavlja novo 80% gorivo. Ovim se vrši velika ušteda na gorivu.

Uvodjenjem, pre nekoliko godina, posebnog načina za zamenu i razmeštaj goriva omogućena je takva ušteda na ceni goriva, da danas trošimo svega 40% goriva godišnje od projektom predviđene količine.

Treba ovde reći da unošenje 80% obogaćenog goriva i primenjeni način izmene goriva već danas daju maksimalni fluks koji je veći od $7 \cdot 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$.

Namena kupljenog reaktora je bila:

- korišćenje zračenja za fundamentalna istraživanja, preko nuklearnih reakcija,
- ozračivanje materijala (proizvodnja izotopa; ispitivanje hemijskih, bioloških i mehaničkih promena pod dejstvom zračenja)
- obuka kadrova (za pogon, projektovanje, zaštitu od zračenja itd.).

Usled promena nastalih u programu razvoja nuklearne energije u SFRJ posle izgradnje reaktora, nije bilo potrebe za sistematskom obukom kadrova za potrebe drugih, sem za potrebe pogona samog reaktora i Instituta "Boris Kidrič".

2. OOUR ODELENJE NUKLEARNOG REAKTORA RA

Uvodjenjem samoupravljanja u naš društveni sistem, prvobitna "Laboratorija nuklearnog reaktora RA" prerasla je u:

OOUR ODELENJE NUKLEARNOG REAKTORA RA.

Ovaj OOUR je Samoupravnim sporazumom o udruživanju udružen sa ostalim OOUR-ima u:

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ".

2.1.1 Organizaciono uredjenje OOUR-a

Osoblje OOUR-a se deli u dve osnovne grupe:

- grupa koja vrši pogon (smenski rad)
- grupa koja vrši ostale poslove (održavanje, modifikacije opreme, administracija itd.).

U pogonu reaktora još uvek radi i grupa dozimetrista, pripadnika OOUR Laboratorije od zračenja.

Šematski prikaz organizacione šeme dat je u prilogu.

2.2 Kvalifikaciona struktura

Radnici OOUR-a prema prethodno steknutim kvalifikacijama (po Zakonu) imaju sledeće kvalifikacije:

6	VS
45	VKR
8	SSS
5	PKR

Ukupno: 64

2.3 Starosna struktura

do 30 god.	3
30 - 40 god.	5
40 - 50 god.	43
50 - 60 god.	13

Ukupno: 64

Za sada je jedan radnik oslobođen noćnog rada. U toku su pregledi ostalih radnika.

2.4 Lični dohoci

U decembru mesecu 1977. godine su bili (zajedno sa dodatkom za zračenje):

- najviši 9500 dinara
- najniži 3000 dinara

2.5 Finansiranje

Osnovni izvor prihoda je Republička zajednica nauke Srbije (RZN). Ostatak potrebnog prihoda OOUR ostvaruje kroz eksploataciju reaktora i pružanje usluga slobodnim kapacitetima (samofinansiranje).

U sledećoj tabeli je prikazan odnos finansiranja od strane RZN i samofinansiranja u nekoliko zadnjih godina, kao i plan za 1978. godinu.

u milionima dinara

God.	Finansiranje		Ukupno	Povećanje %			
	RZN	Samofinan.					
1975	9,7	(86%)	1,6	(14%)	11,3	100	
1976	9,8						
	1,8 *						
	11,6	(87%)	1,7	(13%)	13,3	117,7	100
1977	13,5						
	0,8 *						
	14,3	(85%)	2,4	(15%)	16,7	167,8	125 100
1978	16,0	(82%)	3,5	(18%)	19,5	172,6	116,7

* - interventna sredstva

NAPOMENA 1: pri sadašnjoj organizacionoj formi u OOUR-u i IBK nije jednostavno znatnije povećati procenat samofinansiranja, a što bi se moglo učiniti pri drugačijem organizovanju.

NAPOMENA 2: Rad na horizontalnim eksperimentalnim kanalima i usluge oko njih se ne naplaćuju (uglavnom ih koriste korisnici sredstava RZN).

Ozračivanje uzoraka van RZN i za komercijalne potrebe naplaćuje se u iznosima, koji su znatno niži od realnih cena izvršenih usluga u našim uslovima.

2.6. Korišćenje reaktora

Prema godišnjim izveštajima i usvojenom načinu odredjivanja stepena iskorišćenja pojedinih mesta za ozračivanje, tj. za dobijanje snopa zračenja iskorišćeni su sledeći kapaciteti reaktora, od mogućih:

Godina	Ozračivanje u reaktoru	Ozračivanje van reaktora
1975	63%	45%
1976	42%	54%
1977 [*]	41%	31%

* delimično rezultat povećanja fluksa

Iz ove tabele se vidi da je obim mogućnosti, koje pruža reaktor, znatno veći od obima njegovog korišćenja.

Ovaj zaključak je uticao na planiranje rada reaktora u 1978. godini (videti sledeći odeljak), kao i na pokušaj eksploatacije reaktora od samog OOUR-a, koji time pokušava da podigne tehnologiju u SRS na viši nivo, i da poboljša dohodovanje.

2.7. Rad reaktora

Plan rada reaktora se pravi u decembru mesecu za sledeću godinu. Do sada je plan ostvarivan uz minimalne korekcije, koje su uvek činjene samo na zatev korisnika.

Godina	Broj radnih dana na nominalnoj snazi
1975	192
1976	198
1977	181
1978	158*

* - planiran je isti obim mogućnosti ozračivanja kao u prethodnim godinama, zahvaljujući novom (80%) gorivu, to se ostvaruje u planom predviđenom vremenu.

3. STANJE OPREME

Do sada je Reaktor RA u proteklih 18 godina bio u radu po bitnijim agregatima:

elektronska oprema	72.230 časova
teškovodna pumpa A	45.056 "
" " B	64.033 "
" " V	58.300 "
gasna duvaljka A	40.222 "
" " B	32.567 "
spec. ventilacija V-2/1	109.027 "
" " V-2/2	101.661 "

Gornje cifre ukazuju da je elektronska oprema prešla granicu vremena u kojoj je trebala da bude zamenjena (oko 30 godina rada u jednoj smeni), dok ostala oprema, mada nije sva pobrojana dopušta još toliki rad, koliki je ostvarila do sada.

Od važnijih komponenti sistema su još:

reaktorski sud i zaštitni sud oko reaktorskog suda.

Za sam reaktorski sud bi trebalo i proceniti njegovu celishodnost u pogledu funkcionalnosti i izvršiti potrebna ispitivanja.

Zaštitni reaktorski sud nije više hermetičan, kao što je projektom predviđeno, te bi ga trebalo srediti.

Reaktorska betonska zaštita je naprsila još 1960 godine. Ispitivanja su pokazala da se prskotine ne šire i da je zaštita u potpunosti funkcionalna.

Ostali delovi sistema i zgrada, zajedno sa temeljima su u dobrom stanju.

Ako se uzme da je uobičajeni vek reaktora 35 do 40 godina, to bi se u ovom slučaju moglo reći da se sa odredjenim zahvatima može obezbediti rad u sledećih 15 do 20 godina,

čimajući u vidu da sa izmenom postojećeg goriva on dobija performanse današnjih vrhunskih reaktora.

Da bi se mogle obaviti potrebne pripreme za zahvate "osveženja" reaktorskog sistema, potrebno je izvršiti odgovarajuće konsultacije i ekspertize. Ovaj deo posla će se, prema zamisli, uraditi tokom 1978. godine. Definitivni predlozi i dinamika radova pripremili bi se za početak 1979. godine. Za obavljanje radova je potrebno dve do tri godine (1979. i 1980., eventualno 1981. godina). Brzina obavljanja radova će mnogo zavisiti od moguće finansijske konstrukcije.

3.1. Dozvola za rad

Reaktor RA radi na osnovu saglasnosti date od strane DRŽAVNOG SEKRETARIJATA ZA POSLOVE NARODNE ODBRANE - UPRAVE ZA CIVILNU ZAŠTITU aktom broj 11/77-2 od 1.IV.1963. godine, a koja glasi:

Na osnovu člana 1. Pravilnika o korišćenju i stavljanju u promet radioaktivnih elemenata iznad odredjene granice aktivnosti (Sl. list ENRJ br. 31/(52) i molbe INSTITUTA ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ" VINČA u Beogradu br. 17-6032/1-62 od 28.III.1963. godine Uprava za civilnu zaštitu Državnog sekretarijata za poslove narodne odbrane izdaje:

O D O B R E N J E

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ" - VINČA u Beogradu za korišćenje zatvorenih radioaktivnih elemenata u svrhu naučno-istraživačkog rada i proizvodnje radioaktivnih elemenata. Odobrenje služi i za nabavljanje radioaktivnih elemenata u granicama datim ovim odobrenjem. Korisnik će posedovati: Reaktor RA od 6.5 MW u objektu broj 6...

Prethodni akt se u neku ruku može smatrati i radnom dozvolom za jezgro reaktora sa 2% obogaćenim gorivom.

Da bi se kompletirala oprema reaktora i da bi se danas dobila dozvola za rad sa 80% obogaćenim gorivom i pored nepostojanja odgovarajućih preciznih zakonskih propisa, potrebno je:

- dograditi sistem za prinudno hladjenje,
- osposobiti ventilacioni sistem za akcidentalne uslove i
- uraditi privremeni izveštaj o sigurnosti.

Na ovaj način bi se mogla dobiti privremena dozvola za rad, i ovaj posao bi se mogao realno uraditi do kraja 1979. godine. Za dobijanje dozvole za rad potrebno je u potpunosti preći na gorivo sa 80% obogaćenja i da se uradi konačni izveštaj o sigurnosti.

Do sada je uradjeno sledeće:

- a. Sistem za prinudno hladjenje je delimično uradjen i pre kraja 1978. godine će biti pušten u probni pogon.
- b. Da bi se osposobio ventilacioni sistem za akcidentalne uslove, potrebno je ugraditi u postojeći sistem filtre sa aktivnim ugljem i pripadajućom opremom.

Do sada je za ovo uradjen predprojekat. U ovom trenutku još nije završen konkurs za kredite kod RZN, na koji smo se prijavili sa učešćem od 15%. Nadamo se da ćemo dobiti ovaj kredit (2.000.000 dinara) i da ćemo biti u stanju da ga pustimo u pogon pre kraja 1979. godine.

v. Pojedini odeljci privremenog sigurnosnog izveštaja su već uradjeni, radi dobijanja dozvole, od Komiteta za sigurnost IBK, za ugradnju novog goriva (80%). Ovaj izveštaj će moći da bude završen do kraja 1979. godine.

3.2. Isluženo gorivo

Za protekli period rada utrošeno je preko 6.000 gorivih elemenata. Ovi elementi, zbog intenzivnog zračenja su smešteni u specijalnim sudovima i potopljeni u jednom od bazena; u zgradi Reaktora RA. Kako je bazen ispušjen i početo je sa redjanjem drugog reda, to se u najbližoj budućnosti mora naći novo skladište za smeštaj ovog isluženog goriva. Zbog ovog OOUR Reaktor RA je jako zainteresovan za izradu skladišta za otpadne materijale u kom bi se moglo izvršiti uskladištenje i goriva.

Ovde se mora napomenuti da ima gorivnih elemenata koji odležavaju već 18 godina i da postoji opasnost da im se prožuplji košuljica i da dovedu do značajne kontaminacije fisionim produktima.

Zbog prethodna dva problema trebalo bi možda, preduzeti korake za prodaju ovog goriva, jer bi to oslobodilo znatna sredstva za nabavku novog goriva.

4. OBNOVA OPREME

Kao što je rečeno u trećem odeljku najurgentniji deo za zamenu je elektronska oprema. Naravno pri zameni elektronske opreme bi se moralo pridržavati sledećih zahteva:

- obnavljanje opreme sistema za upravljanje radom reaktora bi trebalo vršiti na sadašnjem nivou, bez pretenzija za ostvarenjem neke automatizacije.
- obnavljanje ostale kontrolne elektronske opreme izvršiti na današnjem nivou digitalizacije i automatskog merenja i zapisivanja podataka.

Kako se dobar deo opreme za upravljanje ne proizvodi više, a izvestan deo postojećih agregata može da radi još uvek dobro, projekat i opremu bi trebalo nabaviti od isporučiooca reaktora.

Nabavku ostale elektronske tehnološke opreme i projekat zamene, izvršio bi i sam OOUR Reaktora RA.

Zahvati na ostaloj opremi su znatno manji i obimom i finansijski.

4.1. Sredstva za nabavku opreme

Planirano je da se za nabavku, obnovu i projektovanje koristi mogućnost ostvarenja finansiranja preko Agencije iz Beča, u kom pogledu su već preduzeti određeni koraci.

Dinarska sredstva biće obezbedjena bilo preko bankarskih kredita ili na konkursu kod RZN.

5. DOSADAŠNJI RAD I MOGUĆNOSTI

Ranijih godina pored fundamentalnih istraživanja i proizvodnje izotopa bilo je i primenjenih istraživanja, čak i saradnja sa Francuzima (Saclay - projekat VISA).

Danas su primenjena istraživanja svedena na minimum a korišćenje se svelo na fundamentalna istraživanja (na jednom kanalu se odvija i saradnja sa Poljskom) i proizvodnju radioizotopa za zdravstvene i industrijske potrebe.

Način korišćenja i proširenja mogućnosti reaktora su diktirani delimično željama, za pružanjem što širih mogućnosti sadašnjim i budućim korisnicima, ali delimično i potrebom da se jedan deo dohotka ostvari pružanjem usluga, koje se mogu realizovati u obliku finansijskih efekata.

Prvo proširenje mogućnosti i to još u 1978. godini će biti uvodjenje aktivacionih analiza, na širokoj skali, za potrebe privrede. Pored kompletiranja tehničkih mogućnosti, moraćemo pronaći i korisnike tih mogućnosti.

Spektar zatvorenih izvora, za razne potrebe i primene, biće proširen i brojno povećan u ovoj godini.

Postoji nezavršen projekat hladjene petlje sa CO₂, koji se može reaktivirati, ako nuklearni program bude to zahtevao.

Sistematizovan pregled mogućnosti koje pruža reaktor date su prema sledećoj osnovnoj klasifikaciji mogućnosti i namene:

1. Aktivacija i proizvodnja izotopa
2. Izvor zračenja (pre svega neutrona) za osnovna i primenjena istraživanja u raznim oblastima nauke, tehnike i dr.
3. Realizacija važnih delova nuklearno-energetskog programa.

TABELA I:

NOMENKLATURA MOGUĆNOSTI I NAMENE REAKTORA RA

Kod	Mogućnosti i namene	Osnova (objašnjenje)
1.	<u>AKTIVACIJA I PROIZVODNJA RADIOIZOTOPA</u>	(osnovna namena)
1.1.	<u>Proizvodnja radioizotopa (aktivacija)</u>	Ekperimentalni prostor za ozračivanje uзорaka (vertikalni ekperimentalni kanali, hladjenje petlje sa eksternim hladio- cem, hladjenje petlje D20, hladio- cem reaktora, specijalni kanali tipa VISA)
1.2.	<u>Proizvodnja (zatvorenih) radioaktiv- nih izvora (kompletna proizvodnja)</u>	Sve kao gore + mogućnosti "vrućih komora" reaktora RA, sa opremom za mehaničku obra- du radioaktivnih izvora.
1.3.	<u>Neutronska aktivaciona analiza</u>	Sve kao u 1.1. + pneumatska pošta sa ter- minalima za merenja na bazi gama spektro- metrije za merenje kratkoživećih nivoa.
2.	<u>IZVOR ZRAČENJA</u>	(Osnovna namena)
2.1.	<u>Izvor neutronskega zračenja za fundamentalna i primenjena is- traživanja (leakage neutron spectrum)</u>	Horizontalni ekperimentalni kanali
2.2.	<u>Izvor termalnih neutrona</u>	Grafitna termalna kolona
2.3.	<u>Izvor brzih neutrona (fisionih)</u>	Kao u 2.2. + ugradjeni konvertor brzih

(nastavak tabele: Nomenklatura mogućnosti i namene reaktora RA)

kod	Mogućnosti i namene	Osnova (objašnjenje)
2.4.	<u>Izvor zračenja za neutronske radiografije</u>	neutronske na bazi visokoobogaćenog uranskog goriva sa odgovarajućim filterima ili konvertori drugog tipa Kao u 2.1. ili 2.2. + ugrađena oprema za neutronske radiografije
2.5.	Vanreaktorski izvor gama zračenja	Isporučeno gorivo reaktora RA
3.	<u>UČEŠĆE U REALIZACIJI NUKLEARNO-ENERGETSKOG PROGRAMA</u>	(Osnovna namena)
3.1.	<u>Ispitivanje reaktorskih materijala</u>	Specijalni gorivni kanal i tipa VISA, kao i vruće komore reaktora RA i oprema Laboratorije za materijale
3.1.1.	Ispitivanje konstrukcionih materijala reaktora nuklearno-energetskog postrojenja u pogledu radiacionih oštećenja od brzih neutrona	
3.1.2.	Ostala ispitivanja reaktorskih konstrukcionih materijala (nuklearne i druge karakteristike) u uslovima zračenja	Kao u 1.1., 2.1., 2.2., 2.3. i 2.4.
3.2.3.	Ispitivanje reaktorskog goriva nuklearno-energetskih postrojenja u uslovima zračenja u reaktoru (uglavnom za delove gorivnih sklopova)	Instrumentisane petlje hladjene eksternim hladnocem (CO ₂) u vertikalnim eksperimentalnim kanalima reaktora RA. Instrumentisane petlje hladjene sopstvenim D ₂ O hladnocem, ubačene u postojeće pozicije gorivnih kanala reaktora RA.

3.2.4. Vanreaktorsko ispitivanje svežeg goriva (Quality assurance control)

Iskustvo i oprema reaktora RA za merenje na bazi merenja gama pika

U 235 goriva reaktora RA. Mogućnost radionice reaktora RA da proizvede adaptirane uređjaje sličnog tipa za sveže gorivo nuklearno-energetskog postrojenja

3.2.5. Vanreaktorsko ispitivanje ozračenog goriva reaktora nuklearno-energetskog postrojenja (izgaranje goriva i inventar izotopa u izgorelom gorivu)

Iskustvo stručnjaka iz Labor. za hem. dinamiku IBK i osoblja reaktora RA, kao i oprema reaktora RA, na merenji-
ma na isluženom gorivu reaktora RA. Mogućnost radionice reaktora RA za proizvodnju ili adaptaciju opreme za takva merenja na gorivu reaktora nuklearno-energetskog postrojenja (uglavnom elementi zaštite i mehaničke opreme)

3.2. Obuka kadrova za pogon reaktora i održavanje nuklearno-energetskih postrojenja

Veliko iskustvo u pogonu i održavanju reaktora. Veoma je slično ponašanje reaktora RA i reaktora nuklearno-energetskog postrojenja u prelaznim i stacionarnim režimima, kompletnost odgovarajuće ugrađene sigurnosne šeme u sistem za upravljanje reaktorom (uključujući komandni pult). Komponente i sistemi reaktora RA i iskustvo u njihovom održavanju i rukovanju. Dovoljna učestalost i složenost zamena goriva reaktora RA i iskustvo u rukovanju isluženim

gorivom RA. Rad u smenama. Iskustvo u praksi reaktorske radiološke zaštite, i reaktorske medicinske zaštite i niz drugih specifičnosti, koje su zajedničke za rad reaktora RA i nuklearno-energetskog postrojenja, prikazuju reaktor kao izuzetno koristan uređaj za osnovnu obuku osoblja za pogon i održavanje nuklearnog-energetskih postrojenja, kao i u sticanju iskustva, što obezbeđuje znatne devizne uštede i znatno veći stepen obučenosti osoblja.

-15-

3.3. Mogućnosti za vršenje provera reaktorskih nuklearnih i termičkih analiza (u okviru nuklearno-energetskog programa

Fleksibilnost šeme izmene goriva. Merljivost prostorne raspodele snage, temperature i izgaranja u reaktoru RA. Mogućnosti za proveru postupaka za proračun kinetički i dinamički prelaznih režima. Mogućnosti za proveru efekata kontrolnih šipki. Reaktorska tehnička radiološka zaštita i.t.d.

6. PREDLOG ZAKLJUČKA

Uzimajući u obzir da reaktor kao instalacija, uz obnovu opreme, može da radi i zadovolji potrebe u istraživačkim projektima i proizvodnju velikog broja radioaktivnih izotopa još sledećih 15 do 20 godina, smatramo da bi trebalo doneti zaključke po sledećim problemima, koji su prisutni:

1. Treba pomoći u ovom trenutku da se u toku ove godine sagledaju sve tehničke potrebe, da bi se dotrajala ili nefunkcionalna oprema zamenila novom, tj. da bi se reaktorska oprema obnovila i dopunila, te time omogući bezbedan rad u sledećem periodu. Za ovo je potrebno omogućiti finansijske konstrukcije, koje bi to obezbedile uz normalan pogon i održavanje reaktora.
2. Smatramo da bi u principu trebalo doneti zaključak, u kom obimu u sadašnjoj situaciji, OOUR treba da se bavi eksploatacijom reaktora, radi dohoda iz privrede, jer postoji opasnost da se delimično zanemari osnovna delatnost.
3. Način današnjeg finansiranja, koje je znatno bolje nego pre nekoliko godina, ne dopušta pripremu i obnovu kadrova pre odlaska nekog radnika u penziju.

Ima i radnika kojima je iz zdravstvenih razloga zabranjen noćni rad. Ovo pogoršava prethodnu konstataciju.

Trebalo bi izvideti mogućnost prijema mlađjih kadrova za zameu i osveženje pogonskog osoblja na reaktoru.

Prethodna tri pitanja bi mogla da se svedu u stvari na prvu i drugu tačku i to je trenutno problematika koja se može rešiti u samom OOUR-u.