

PROJEKTNI POTRESNI PARAMETRI ZA JEDRSKO ELEKTRARNO KRŠKO

Janez Lapajne*

UDK 550.34 (Krško) : 621.311.25

V času projektiranja in izgradnje jedrske elektrarne Krško je bil v Jugoslaviji v veljavi Pravilnik o začasnih tehničnih predpisih za grajenje na potresnih področjih (U. I. SFRJ, 39/1964 in 50/1964). Jedrskih elektrarn pravilnik ni posebej omejeval, je pa za »zgradbe, katerih porušitev bi lahko izzvala nadaljnje katastrofalne posledice«, predvideval projektno potresno stopnjo, ki je bila za stopnjo višja od siceršnje vrednosti na seizmološki karti. Ker je bilo območje Krškega na takrat veljavni seizmološki karti v 8. stopnji po potresni lestvici MCS, bi bila torej projektna stopnja 9 po MCS za površje lokacije. Tej stopnji je prirejen povprečen maksimalni pospešek 0,1 g. Postopek, ki ga je predpisoval pravilnik, je upošteval še nekatere dejavnike, ki bi to vrednost nekoliko povečali, bila pa bi še vedno precej manjša od vrednosti 0,3 g na globini temeljenja, ki je bila dobljena po mnogo zahtevnejši poti.

V svetu so se v času načrtovanja JE Krško s potresno varno gradnjo jedrskih elektrarn ukvarjali predvsem v Združenih državah Amerike in na Japonskem. Inštitut za potresno inženirstvo in inženirsko seizmologijo (IZIIS) iz Skopja je metoda, ki je bila takrat uveljavljena v ZDA, uporabil na primeru naše prve jedrske elektrarne. To metodo, ki daje verjetnostno oceno vrednosti projektnih parametrov predvsem na podlagi statističnih podatkov o preteklih potresih in o seizmotektoniki ozemlja, uporabljamo z določenimi dopolnitvami še danes.

Razvoj potresno varnega projektiranja jedrskih elektrarn in drugih jedrskih objektov urejata poleg **Pravilnika o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih** (Uradni list SFRJ, 31/1981 z dopolnitvami) vsaj okvirno še **Pravilnik o pogojih za lokacijo, graditev, poskusno obratovanje, zakon in uporabo jedrskih objektov** (Ur. I. SFRJ, 52/1988) in **Pravilnik o izdelavi in vsebini varnostnega poročila in druge dokumentacije, potrebne za ugotavljanje varnosti jedrskih objektov** (Ur. I. SFRJ, 68/1988). Podrobneje je določanje projektnih potresnih parametrov opisano v posebnem prispevku (5).

(Opomba: Do ureditve slovenske zakonodaje ostajajo smiselno v veljavi pravilniki nekdanje SFRJ).

Kako so določili projektne potresne pospeške za JE Krško

IZIIS je dokončal svojo prvo raziskavo potresnih vplivov na lokaciji JE februarja 1974. leta in dal za horizontalni pospešek nihanja površja lokacije za primer lokalnega maksimalnega potresa vrednost

0,45 g (9). Za pospešek projektnega potresa je predlagal polovico te vrednosti, torej 0,225 g. Pospeški oddaljenega potresa naj bi dosegli le 50 % teh vrednosti.

Če pogledamo danes veljavne seizmološke karte za razne povratne dobe potresov, vidimo, da je območje Krškega za potrese s povratno dobo 1000 let v 9. stopnji po MCS, za povratno dobo potresov 100 (pa tudi 200 in 500) let pa v območju 8. stopnje po MCS. Tema dve ma stopnjama ustrezata pospeška 0,1 g in 0,5 g. Ker v Sloveniji v praksi uporabljamo lestvico MSK (ki je bila v času projektiranja jedrske elektrarne Krško deloma že uveljavljena v Evropi), prirejam 9. stopnji v povprečju maksimalni pospešek 0,4 g, 8. stopnji pa 0,2 g. Večja vrednost ustreza približno projektnemu pospešku za maksimalni potres, manjša pa projektnemu pospešku za projektni potres. Vrednosti v seizmološki karti veljajo za srednja tla, zato se tudi po tej plati lahko bolj ali manj razlikujejo od vrednosti, ki so dobljene s podrobnimi raziskavami lokacije in njene okolice.

Vse to so bile vrednosti za površje lokacije. Pod površjem je pospešek navadno manjši. (Območje obravnavanja mora biti seveda dovolj daleč od potresnega žarišča tudi v primeru lokalnega potresa.) **Za koto temeljenja reaktorske zgradbe oz. za globino 19 m je dobil IZIIS za pospešek maksimalnega potresa vrednost 0,25 g, za pospešek projektnega potresa pa je privzel polovico te vrednosti, to je 0,125 g (2).**

V prvih IZIIS-ovih študijah še nista bila uporabljena izraza »maksimalni« in »projektni potres«, ampak so povzeli takratno ameriško poimenovanje. Ameriški pravilnik za jedrske objekte je uporabljal za maksimalni potres izraz »safe shutdown earthquake« ali na kratko SSE (v obeh IZIIS-ovih študijah je namesto SSE izraz »design basis earthquake« oz. DBE), za projektni potres pa izraz »operating basis earthquake« z okrajšavo OBE. — Za oba potresa oz. projektna potresna parametra sta sedaj mednarodno uvedeni oznaki SL-1 (»seismic level 1« za projektni po-

tres) in SL-2 (»seismic level 2« za maksimalni potres) (12).

Poleg projektnih pospeškov so v IZIIS-ovih študijah našteje registracije potresov z drugih območij, ki naj bi rabile za določitev spektralne sestave nihanja temeljnih tal ob lokalnem in oddaljenem potresu. To so zelo vprašljivi privzetki, vendar ob pomanjkanju zapisov močnih potresov z raziskovanega ozemlja ni bilo boljše rešitve.

Leta 1974 je na povabilo investitorja JE (Savske elektrarne, Ljubljana, in Elektroprivreda, Zagreb) prišel iz Japonske takrat svetovno znani izvedenec za potresno varno projektiranje **Kiyoshi Muto**, da bi pregledal rezultate potresnih študij in dal svojo oceno projektnih parametrov. Njegova ocena pospeška maksimalnega potresa za globino temeljenja je bila **0,22 g**, pospeška projektnega potresa pa 0,11 g (6).

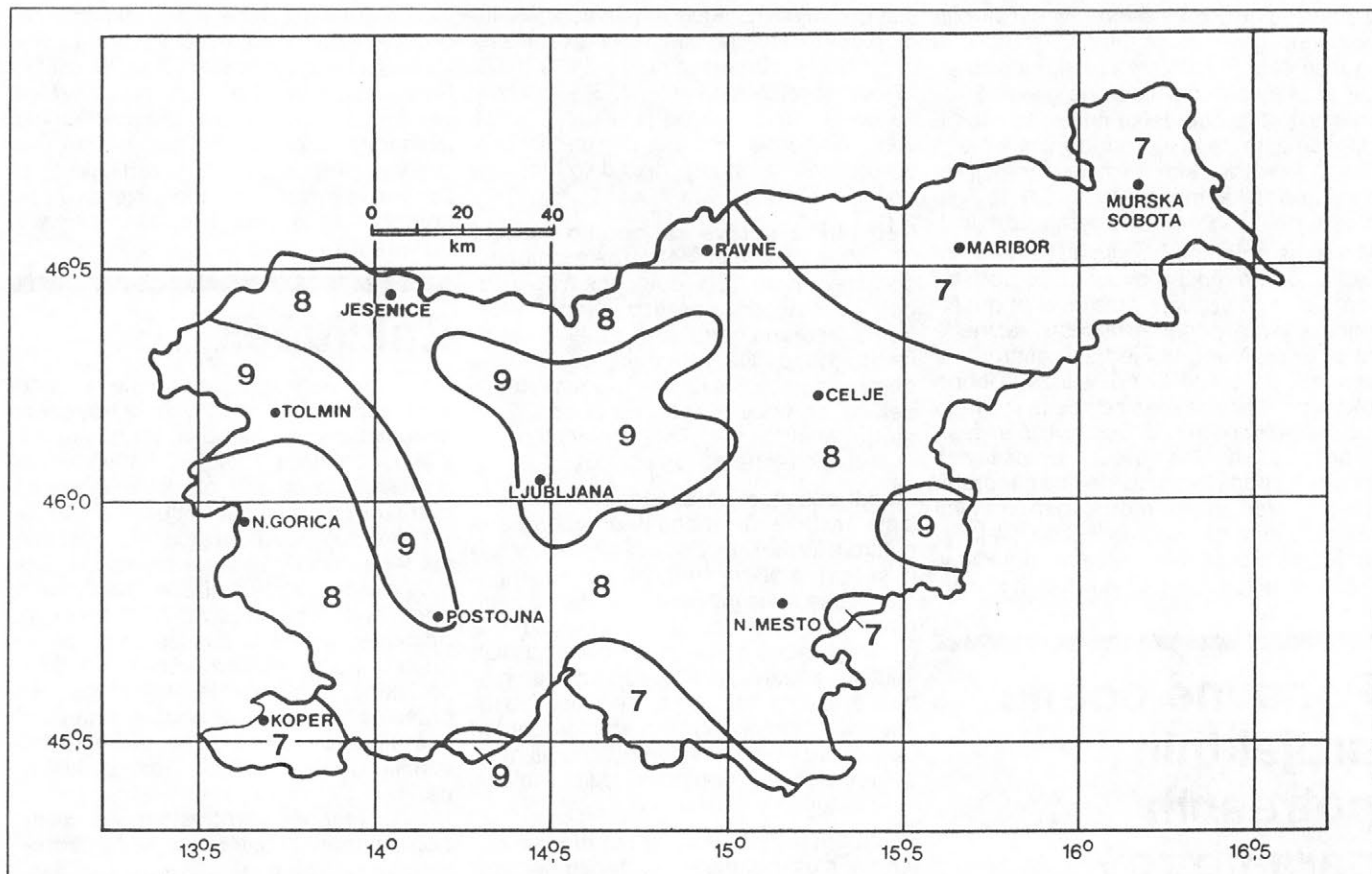
Strokovni svet za oceno primernosti kriterijev za potresno varno projektiranje in dimenzioniranje jedrske elektrarne, ki so ga sestavljali seizmologi, gradbeniki in drugi strokovnjaki iz Ljubljane, Zagreba, Skopja in Krškega, je na več sejah obravnaval problematiko potresno varnega projektiranja oz. dane projektne pospeške. Zaključek 7. seje dne 26. junija 1974, ki so ga podpisali **Sergej Bubnov** in **Viktor Turnšek** iz Ljubljane, **Jakim Petrovski** iz Skopja ter **Dražen Aničić** in **Dragutin Cvijanović** iz Zagreba, je bil, da je treba objekte JE dimenzionirati na maksimalno vrednost pospeškov **0,22—0,25 g**, pri čemer je bila investitorju prepuščena izbira končne vrednosti znotraj tega razpona.

Po podatkih in izjavah sodelavcev JE je bila za projektiranje privzeta vrednost pospeška **0,30 g** za maksimalni potres. Pri takem potresu ne sme priti do poškodb, zaradi katerih bi lahko prišlo do izpusta radioaktivnih snovi v okolico in s tem ogrožanja zdravja ljudi.

Vzroki nezaupanja v pravilnost določitve projektnih parametrov

Glede na gornje ugotovitve se postavlja vprašanje, čemu je prišlo do dvomov o

* Dr. geofizike, Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Kersnikova 3, Ljubljana.



Slika 1. Seizmološka karta Slovenije za povratno dobo potresov 1000 let (po V. Ribariču).

pravilnosti ocene potresne nevarnosti na območju JE in ustreznosti izbire projektnih potresnih parametrov ter kaj je pogojilo razhajanja v pogledih in tudi javnih izjavah nekaterih strokovnjakov. Po mojem videnju so trije glavni vzroki nesoglasij, ki so na kratko opisani v nadaljevanju.

Prva stvar neposredno zadeva nesporezum glede vrednosti projektnega pospeška za maksimalni potres. Menim, da je glavni vzrok, ki vzbuja dvome o pospešku 0,3 g, dejstvo, da se ta pogosto primerja z vrednostjo 0,45 g, čeprav velja slednja za površje lokacije. Vrednost 0,3 g je postala sumljiva tudi zato, ker se je o tej ali približno taki številki govorilo, preden je bil znan rezultat IZZIS-ovega izračuna 0,25 g in Mutova ocena 0,22 g za pospešek na globini temeljenja.

Angažiranje K. Muta nezaupanja ni zmanjšalo, ampak kvečjemu še okrepilo, saj je bolj ali manj prevladovalo prepričanje, da ga je investitor povabil zato, da bi ta kot svetovno priznani izvedenec za potresno inženirstvo in prebivalec dežele, kjer so ljudje »navajeni« na pogoste in močne potrese, ocenil potresno nevarnost na območju Krškega kot »nič posebnega« in dal razmeroma nizko oceno pospeška za maksimalni potres.

K zmedbi v zvezi s projektnimi pospeški prispeva še napačno razumevanje nekaterih meritev pospeškov nihanja tal z akceleroграфи. V zapisih potresnega pospeška (akceleroграмih) tu in tam izstopajo posamezne amplitude tresljajev pri razmeroma šibkih potresih. Gre za kratkoperiodno potresno nihanje, ki v nekaterih

primerih doseže ali celo preseže pospešek 0,5 g brez kakršnihkoli potresnih učinkov na gradbenih objektih. (To opazajo povsod v svetu, kjer zapisujejo potrese z akceleroграфи.) Razmeroma velike hipne pospeške kratkoperiodnega potresnega nihanja so izmerili tudi že z akceleroграфи, ki jih je na jedrski elektrarni in izven nje namestil IZZIS in ki je instrumente doslej tudi vzdrževal ter obdeloval in vrednotil zapise.

Druga stvar zadeva prerekanje okoli potresne dejavnosti in nedejavnosti geoloških prelomov v bližnji okolici elektrarne. Ne glede na razne geološke podmene, ni mogoče zanikati dejstva, da se je to ozemlje večkrat razmeroma močno treslo, na kar kaže potresna zgodovina, živahno šibkejšo potresno dejavnost pa dokazujejo sedanje meritve.

Seizmotektonik **Boris Sikošek** omenja tri potrese 9. stopnje po MCS (8), ki naj bi na območju Brežic in Krškega »obrušili« okolišnje hribe, pregradili vodotoke in jim spremenili smer«. To naj bi se zgodilo leta 567, leta 1000 in leta 1097. Starejši vir (4) navaja za vse tri potrese skupaj le kratko opombo iz beležke zgodovinarja **Ivana Kukuljevića Sakcinskega**: »V južnih krajih Hrvaške in Kranjske strašni potresi, ki so porušili mnoge hribe in dali potokom drugo smer.«

Pri obravnavanju podatkov o »silnih potresih« in drugih nesrečah v daljni preteklosti je treba biti previden, saj gre pogosto za slikovite opise in pretiravanja. Podatki o katastrofah v letu 1000 so še posebej sumljivi, saj gre za leto, v katerem

naj bi bil prišel konec sveta. Zato moramo podatke o potresih obravnavati s pridržkom, še zlasti ko pretvarjamo opise v potresne stopnje. Skrbno je treba pregledati vse razpoložljive pisne vire in ohranjene materialne dokaze (poškodbe gradov, cerkev in drugih trajnejših gradenj ter učinke v naravi).

Po zadnjem ovrednotenju seizmologa Vladimira Ribariča so bili na območju Krškega učinki izpričanih potresov največ 8. stopnje po MSK. Kot sem že povedal in kot je razvidno iz ustrezne seizmološke karte, pa lahko po verjetnostni oceni v povprečju na vsakih 1000 let pričakujemo tudi potrese 9. stopnje po MSK. Šibki potresi so na tem ozemlju razmeroma pogosti in jih Seizmološki zavod Republike Slovenije od konca julija 1990 neprekinjeno instrumentalno zapiše z začasno potresno opazovalnico v Brezju pri Senušah. **Ker potresi v bližnji okolici JE so, morajo biti tudi (lokalni) globinski geološki vzroki zanje, ne glede na to, kako in kje se to natančno kaže na površju.**

Tretja stvar je očitek, da je bila izbira lokacije »politična« in ne strokovna. Tu je treba povedati, da je in mora biti vsaka končna odločitev, ki zadeva gradnjo takega ali podobnega objekta, politična. Pri tem ne mislim na odločitev enega ali peščice poklicnih politikov, ampak na politično odločitev v širšem smislu, pri kateri sodeluje tudi nestrokovna javnost, saj gre za splošno pridobitev in splošno tveganje. Taka odločitev oz. odločanje pa terja predhodno vsestransko in objektivno strokovno presojo.

200 V primeru JE Krško širša javnost ni bila vključena (javnost se je pač zbudila in zgodila šele v zadnjem času), pa tudi sicer je bila stvar obrnjena na glavo. Strokovnjaki so začeli delati na že dani lokaciji, namesto da bi s predhodnimi temeljitimi in vsestranskimi raziskavami najprej opredelili nekaj možnih lokacij in se šele potem politično odločili za eno od njih.

Morda se sploh ne bi odločili za nobeno, čeprav o tem močno dvomim, če upoštevam splošno vzdušje pred dvema desetletjema in še posebej takratno razmerje sil za in proti uporabi jedrske energije. V primeru, da se ne bi odločili za nobeno lokacijo, bi bile seveda zahtevne in drage raziskave nepotrebno zapravljanje časa in denarja. Načelna politična odločitev za ali proti gradnji jedrskih elektrarn morabiti jasna pred vsemi morebitnimi drugimi obsežnejšimi dejavnostmi. Pred dvajsetimi leti ni šlo za tako načelno odločitev. Treba pa je tako ravnati vsaj v prihodnje.

Ponovne ocene projektnih potresnih parametrov

JE je v zadnjih petih letih vložila precej sredstev v preverjanje varnosti obratovanja, ki je vključevalo tudi ponovne ocene potresne nevarnosti. Preverjanja sta do-

sej opravljali inštituciji, ki sta napravili tudi prvotne študije (ameriška svetovalna organizacija **Gilbert** in skopski **IZIIS**). IZIIS-ove novejšje študije (1, 7, 3) so nekoliko bolj sofisticirane od prejšnjih. Ker pa vhodni podatki niso bili kaj prida boljši od prejšnjih, te študije niso dale bistveno novih informacij.

Republiška uprava za jedrsko varnost (RUJV) je 14. junija 1991 izdala odločbo, po kateri mora JE v določenem roku izdelati verjetnostno analizo varnosti elektrarne glede na notranje in zunanje začetne dogodke. Če zanemarimo človeške dejavnike, je najnevarnejši zunanji dogodek na območju elektrarne potres. Zato mora analiza vključevati verjetnostno analizo potresne nevarnosti (5).

Zaradi nezanesljivosti vhodnih podatkov (zelo majhna natančnost določitve epicentrov preteklih potresov, nezanesljivost ocen stopenj starejših potresov, pomanjkanje krajevnih instrumentalnih zapisov močnih potresov in zato nepoznavanje frekvenčne sestave potresov na dani lokaciji, nezanesljive predpostavke globalne seizmotehniko, še zlasti potresne zmogljivosti območja pod lokacijo) je taka analiza zelo odvisna od bolj ali manj subjektivnih predpostavk raziskovalcev, ki sodelujejo v analizi.

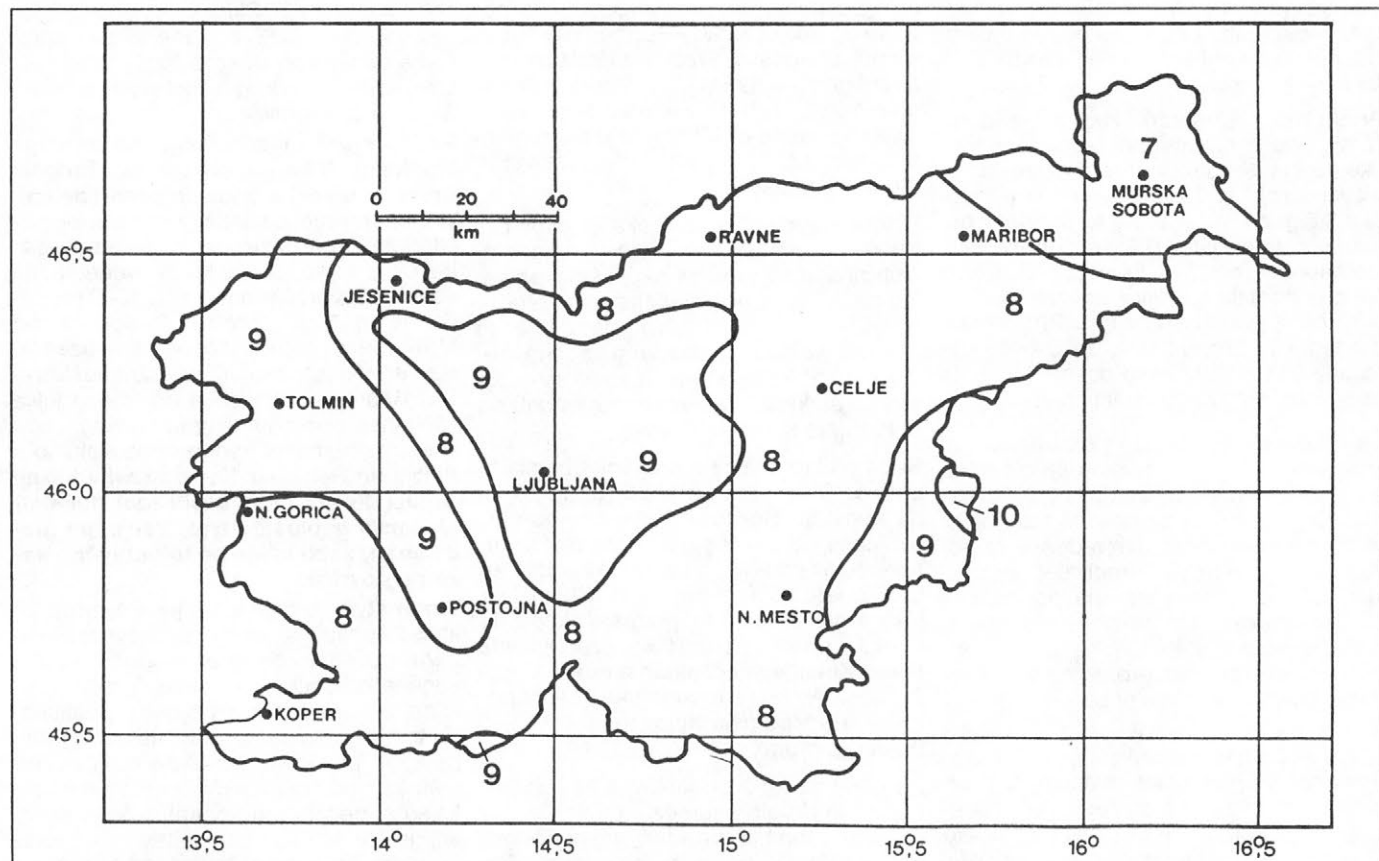
Po ameriških priporočilih naj bi verjetnostno analizo potresne nevarnosti napravilo neodvisno drug od drugega več strokovnjakov oz. skupin strokovnjakov. S tem naj bi bil »nevtaliziran« subjektivni vidik posameznega strokovnjaka oz. skupine, obenem pa bi bila tako ocenjena

tudi negotovost rezultatov. Resnično neodvisne analize dajo večinoma zelo velika razhajanja v ocenah izhodnih količin. Pri povsem razumnih razlikah v privzetkih vhodnih količin se izračunane vrednosti izbranega projektnega parametra (pospeška, intenzitete itd.) razlikujejo za faktor dva in več, verjetnost njegove prekoračitve pa za enega do dva velikostna razreda (5).

Zaključek

Pri verjetnostni analizi potresne nevarnosti je najbolj nerodno to, da ni nobenega matematičnega postopka, po katerem bi lahko objektivno določili, katera ocena potresne nevarnosti oz. kateri projektni potresni parameter je najbližje »resnici«. Še tako sofisticirani izračuni in vrednotenja ter vključitev večjega števila neodvisnih skupin strokovnjakov ne morejo spremeniti tega dejstva. Ker je končna odločitev možna le z »inženirsko presojo«, se problem izbire »prave« vrednosti projektnega parametra lahko kaj hitro preseli s strokovnega področja na politično, kjer se nujno soočijo interesi zagovornikov in nasprotnikov jedrske elektrarne.

Da bi omogočil verodostojnejšo analizo potresne nevarnosti na območju jedrske elektrarne Krško, je Seizmološki zavod Republike Slovenije predlagal opazovanja (zelo) šibkih potresov, ki so na območju Krškega razmeroma pogosti, z mrežo primerno razporejenih šestih potresnih opazovalnic na širšem območju



Slika 2. Seizmološka karta Slovenije za povratno dobo potresov 10000 let (po V. Ribariču).

elektrarne (10, 11). Te meritve naj bi v nekaj letih med drugim razmeroma natančno pokazale, kje nastajajo lokalni potresi, oz. kateri prelomi so aktivni. To bi omogočilo določiti boljši model (zlasti krajevnih) potresnih izvorov, ki se je najpomembnejši vhodni podatek verjetnostne ocene projektnih parametrov. Morebitni močnejši potresi pa bi prispevali še druge pomembne podatke.

Ocena potresne nevarnosti na lokaciji elektrarne, ki bi temeljila na boljše opredeljenih vhodnih podatkih (in upoštevala tudi nova teorijska spoznanja in s tem spremembe in dopolnitve metodologije), bi imela smisel tudi v primeru, če bi elektrarno v nekaj letih zaprli, saj ne zadeva le varnosti v času obratovanja, ampak tudi (ne)varnost izpusta radioaktivnih snovi v primeru močnega potresa še daljše obdobje po ustavitvi obratovanja. Seveda bi bilo treba pri tem presoditi, kako zahteven cilj, ki določa obseg in strošek raziskav, bi si v tem primeru zastavili.

Po naročilu JE je Seizmološki zavod za vzpostavitev lokalne mreže opazovalnic že napravili projektno študijo (10, 11). Postavitev mreže pa je za JE in RUJV očitno predraga, po drugi strani pa je čas, ki je potreben za pridobitev uporabnih podatkov, zanju predolg. Zato bo nova verjetnostna analiza potresne nevarnosti, ki naj bi bila napravljena po zadnjih priporočilih **Mednarodne agencije za atomsko energijo** (IAEA) z Dunaja (12), očitno temeljila na podatkih, ki ne bodo bistveno boljše od dosedanjih.

V. Mihajlov, D. Aleksovski, D. Cvijanović, V. Ribarič, 1974. Nuklearna elektrana Krško, Istraživanje dejstva zemljotresa na lokaciji elektrane. Knjiga I in II, IZIS, Skopje, Izveštaj Br. OIS 74—2.

10. Trnkoczy, A., in sod., 1991. Projekt: Izgradnja lokalne seizmološke mreže NE Krško. Seizmološki zavod RS, Ljubljana.
11. Trnkoczy, A., M. Živčić, 1992. Design of local seismic network for NPP Krško. Proceedings of the workshop: Local and national seismic networks, European Center for Geodynamics and Seismology, Luxembourg, Nov. 1991 (v tisku).
12. 1991. Earthquakes and associated topics in relation to nuclear power plant siting, A safety guide. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Janez Lapajne

Projected Earthquake Parameters (Design Basis Ground Motions) for the Krško Nuclear Power Plant

When the Krško nuclear power plant was still in the design stage, the problem of earthquake-proof construction of nuclear power plants was dealt with mainly in the USA and Japan. The Institute for Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IEEES) of Skopje applied the American method to the case of the Krško nuclear power plant. This method, which provides probability estimates of projected parameters (design basis ground motions) based primarily on statistical data on earlier earthquakes and on seismotectonic properties of the terrain, has with some amendments been mandatory in Slovenia nad Yugoslavia since 1981.

In 1974, the IEEES gave the value of 0.45 g (9) for the horizontal acceleration of site surface longitudinal vibration for "safe shutdown earthquake" (SSE). At the depth of the nuclear reactor building's foundation, i.e. 19 m, the calculated value was 0.25 g (2). In addition to projected accelerations, the IEEES's studies list earthquakes recorded in other areas to be used for determining ground response to a local or distant earthquake. These adopted values are highly questionable; however, in view of the lack of accelerograms from the studied area, this was the best possible solution.

In 1974, Kiyoshi Muto, a world-recognized Japanese expert in earthquake-proof design, visited the plant at the invitation of the investors and determined for

the depth of the foundation an acceleration estimate value of 0.22 g for SSE (6). For the sake of safety, the investors adopted in their design the somewhat higher value of 0.30 g. An earthquake of such intensity should not cause any damage that might lead to radioactive emissions into the surroundings and jeopardize the safety of the population.

In the current seismic map for a return period of 1000 years, the area of the Krško nuclear power plant is ranked at 9⁰ MSK, which corresponds roughly to an acceleration of 0.4 g. In view of the above, the choice of the design basis ground motion for SSE appears to have been correct. Nevertheless, there were doubts concerning his conclusions, which are still the subject of animated professional and political debate. The main bone of contention is the estimation of earthquake capability of geological faults in the vicinity of the nuclear power plant.

On June 14, 1991, the Republic Administration for Nuclear Safety (RANS) issued a decree according to which the Krško nuclear power plant had to be checked for safety through a probability risk analysis due to external events by June 1, 1993. Outside human error, the most dangerous external event in the area of the plant is earthquake. The analysis must therefore include a probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) (5). Because of the high degree of uncertainty in the input data, especially of earthquake capacity in the area below the site, such analysis largely depends on more or less subjective assumptions of the researchers participating in the analysis. This is why according to American recommendations the probabilistic seismic hazard analysis should be carried out independently by several experts or groups of experts.

In order to facilitate a more reliable analysis of earthquake danger in the area of the Krško nuclear power plant, the Seismological Institute of the Republic of Slovenia proposed monitoring the weaker earth tremors which are relatively frequent in the Krško area with a local seismic network (10, 11). Over several years, these measurements along with others should indicate exactly where local earthquakes originate, i.e. which faults are active. This would help establish a better model of local seismic sources, the most important input data for PSHA. Eventual more powerful earthquakes would contribute additional site specific instrumental data. However, for the Krško power plant authorities and RANS, a seismic network is obviously too expensive on one hand, and on the other, they find the time necessary to obtain useful information too long. Therefore, the new PSHA to be prepared according to the latest recommendations of the International Atomic Energy Agency in Vienna (12) will obviously be based on data that is no better than previously obtained data.

1. Arsovski, M., V. Ribarič, D. Skoko, D. Hadžievski, 1989. Istraživački radovi za reevaluaciju projektnih seizmičkih parametara na lokaciji NE Krško, Seizmološka, neotektonska i seismotektonska istraživanja. Knjiga I, Izveštaj IZIS 89—07, Skopje.
2. Arsovski, M., M. Stojković, V. Mihailov, D. Petrovski, 1975. Summary of the geological and seismological investigation of the nuclear power plant Krško location. IEEES (= IZIS), Skopje, Report No. OIS 75—2.
3. Čubrinovski, M., K. Talaganov, S. Stamatovska, D. Petrovski, 1990. Istraživački radovi za reevaluaciju projektnih seizmičkih parametara na lokaciji NE Krško, Projektni seizmički parametri, Ulazno kretanje i parametri interakcije nuklearnog otoka. Knjiga III, Izveštaj IZIS 90—43, Skopje.
4. Kišpatić, M., 1891. Potresi u Hrvatskoj. Rad Jugosl. akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb.
5. Lapajne, J., 1992. Določanje projektnih potresnih parametrov. Ujma, 6, Ljubljana.
6. Muto, K., 1974. Definition of earthquake design and recommendation for the aseismic design criteria for the nuclear power plant Krško, Yugoslavia. Muto Report 74—4—2.
7. Petrovski, D., K. Talaganova, M. Čubrinovski, S. Stamatovska, 1989. Istraživački radovi za reevaluaciju projektnih seizmičkih parametara na lokaciji NE Krško, Projektni seizmički parametri, Karakteristike kretanja za srednje uslove tla i na površini slobodne lokacije. Knjiga II, Izveštaj IZIS 89—08, Skopje.
8. Sikošek, B., 1986. Zemljotres i ja. Exportpress, Beograd.
9. Stojković, M., D. Petrovski, M. Arsovski,