

FUKUŠIMA 2011 – nesreča brez večjih vplivov, ki vseeno pomeni konec jedrske renesanse

V petek, 11. marca 2011, ob 14.46 uri po lokalnem času je na Japonskem prišlo do potresa 9. stopnje po mednarodni potresni lestvici.

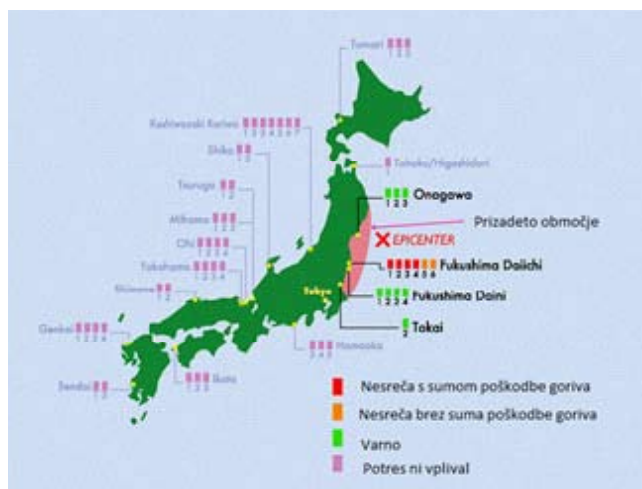


Slika 2: Jedrska elektrarna Fukušima 1 pred potresom

Vir: VGB Power Tech

Avtor:

dr. Gregor Omahen, predstojnik
Centra za fizikalne meritve,
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.
Chengdujska cesta 25
1260 Ljubljana Polje



Slika 1: Jedrske elektrarne na Japonskem in njihov status po potresu dne 14. 3. 2011

Vir: JAIF – Japan Atomic Industrial Forum Inc.

Uvod

Epicenter potresa je bil 130 kilometrov od obale in v globini 32 kilometrov (slika 1). Jedrska elektrarna v Fukušimi je bila oddaljena okoli 150 kilometrov od epicentra potresa. V Fukušimi je na lokaciji Fukušima Daiči (Fukušima 1) šest reaktorjev in na lokaciji Fukušima Daini (Fukušima 2) štiri reaktorji.

V trenutku potresa so delovali trije reaktorji na lokaciji Fukušima 1, trije pa so bili v rednem remontu. Na lokaciji Fukušima 2 so delovali vsi reaktorji. Ob potresu so se pravilno zaustavili vsi delujoči reaktorji v Fukušimi kot tudi vsi delujoči reaktorji na SZ delu otoka Honšu.

Jedrski reaktorji v Fukušimi so vrelnega tipa. Pri teh reaktorjih gre voda skozi reaktor, se upari in para poganja turbino. Jedrski reaktor v Krškem je tlačnovodnega tipa. Voda je v reaktorskem sistemu pod tlakom in se v sistemu ne upari. Preko toplotnega izmenjevalca, uparjalnika, segreva vodo v sekundarnem krogu, ki se upari in poganja turbino.

Bistvena razlika med obema tipoma reaktorjev je v tem, da imajo tlačnovodni reaktorji dodaten krog za spreminjanje vode v paro. To sicer ni povezano z jedrsko varnostjo in napačna bi bila trditev, da so tlačnovodni reaktorji bolj varni kot vrelni reaktorji.



Slika 3: Poplava v jedrski elektrarni Fukušima 1, ki jo je povzročil cunami.
Vir: VGB Power Tech.

Po potresu – jedrska nesreča

Po potresu se je avtomatsko zaustavilo 11 delujočih reaktorjev na severozahodnem delu otoka Honšū. Jedrski reaktor po zaustavitvi še vedno proizvaja t. i. zaostalo toploto, ki je posledica zaustavljanja ionizirajočega sevanja v okoliških materialih. V trenutku zaustavitve reaktorja zaostala toplota znaša okoli 6 odstotkov celotne toplotne moči reaktorja. To za Jedrsko elektrarno Krško npr. pomeni okoli 120 MW moči, kar je le nekaj manj, kot je električna moč vseh hidroelektrarn na reki Dravi. Jasno je torej, da je treba reaktor po zaustavitvi hladiti. Čeprav v štirih urah zaostala toplota pade na približno en odstotek celotne toplotne moči in po nekaj dneh na nekaj desetink odstotka celotne toplotne moči, je treba reaktor ves čas hladiti. V jedrskih reaktorjih na lokaciji Fukušima 1 so se ob zaustavitvi pravilno vključili sistemi za odvajanje zaostale toplote.

Ti za svoje delovanje potrebujejo električno energijo. Ker je potres poškodoval električno napeljavo, električne energije ni bilo mogoče dobiti iz omrežja. Zato je prišlo do zagona dizelskih generatorjev, ki so zagotavljali potrebno električno energijo.

Ob potresu je zaradi premika vodnih mas nastal cunami. Do najbližje obale je potreboval 15 minut, do Fukušime 55 minut. Okoli jedrske elektrarne Fukušima 1 so zgrajeni valobrani, ki bi zaustavili valove višine 5,8 metra. Cunami, ki ga je povzročil potres, je imel ob obali Fukušime višino 14 metrov. Velike količine vode so zalile jedrsko elektrarno Fukušima 1 do višine 2–3 metre (slika 3) in povzročile, da so dizelski generatorji obstali.

Ob zaustavitvi dizelskih generatorjev so potrebno električno energijo zagotavljali akumulatorji. Po nekaj urah so se aku-

mulatorji izpraznili in sistemi za odvajanje zaostale toplote so obstali. Prišlo je do naraščanja temperature v reaktorjih št. 1, 2 in 3. Z naraščanjem temperature se je povečeval tudi tlak v reaktorski posodi. Osnovno vodilo jedrske varnosti je, da je treba zagotoviti integriteto reaktorske posode in zadrževalnega hrama. Zato so operaterji odprli razbremenilne ventile in nadzorovano izpustili vodo v kondenzacijski bazen, torej iz zadrževalnega hrama. Nivo vode v sredici se je nižal in prišlo je do odkritja sredice. Pri 50-odstotnem odkritju sredice še ni bilo večjih poškodb goriva. Ko je bila sredica odkrita do dveh tretjin, je temperatura narasla do okoli 900 stopinj Celzija. Pojavile so se lokalne poškodbe gorivnih palic v obliki nabrekavanja, razpok v srajčkah (ovoj okoli gorivne palice) in prišlo je do puščanja plinastih cepitvenih produktov. Z naraščanjem temperature je prišlo še do oksidacije cirkonija, iz katerega so zgrajene srajčke gorivnih palic, ob čemer nastaja vodik in se še dodatno sprošča toplota. Zmes vodika in kisika je eksplozivna. Ob dovolj veliki koncentraciji je prišlo do vodikove eksplozije, ki je poškodovala reaktorsko zgradbo (slika 4). Eksplozije so imele velik vizualni učinek, povzročile so zaskrbljenost javnosti, v resnici pa niso imele večjega vpliva na varnost, saj je zadrževalni hram ostal nepoškodovan.

Da bi zaustavili taljenje sredice, so po izgubi drugih možnosti hla-

jenja v jedrske reaktorje v Fukušimi 1 vlivali borirano morsko vodo z gasilskimi črpalkami. Na ta način jim je z velikimi napori uspelo ustaviti naraščanje temperature. Po vzpostavitvi električnega napajanja in zagona črpalk za hlajenje reaktorjev lahko rečemo, da je bil razvoj dogodkov zaustavljen in nesreča obvladana.

Radioaktivni izpusti

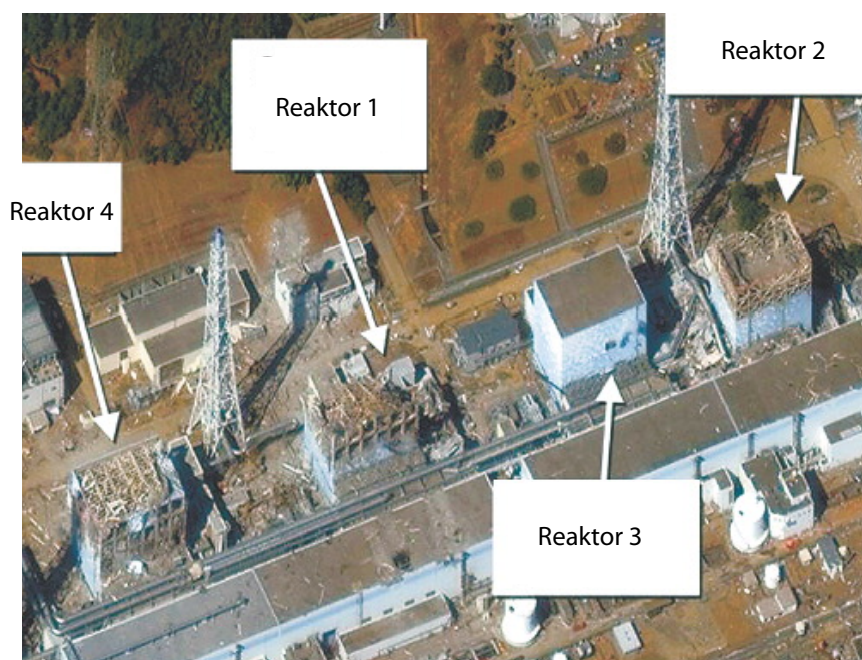
Objedrske reakciji nastajajo številni cepitveni produkti. Nekateri od teh so plinasti, nekateri so lahko hlapni. Ob poškodbah gorivnih srajčk je prišlo do uhajanja teh radioaktivnih snovi v zadrževalni hram. Ko so operaterji znižali tlak v zadrževalnem hramu z odprtjem razbremenilnih ventilov, so radioaktivne snovi ušle v reaktor-sko zgradbo in okolje. Večinoma

je šlo za zračne izpuste (slika 5), razen v primeru reaktorja 2, ko je prišlo tudi do tekočih izpustov in kontaminacije morja. Iz grafa (slika 5) je lepo razviden potek izpustov in padavin, ki so povzročile povečanje radioaktivnosti na lokaciji Kanagava. Največ sevanja je v oblaku z radioaktivnimi snovmi. Po prehodu oblaka se doza močno zmanjša. Če se prehod radioaktivnega oblaka združi s padavinami, pa pride do useda radioaktivnih snovi. V tem primeru so kontaminirana tla in nadaljnje zmanjševanje je povezano le z radioaktivnim razpadom.

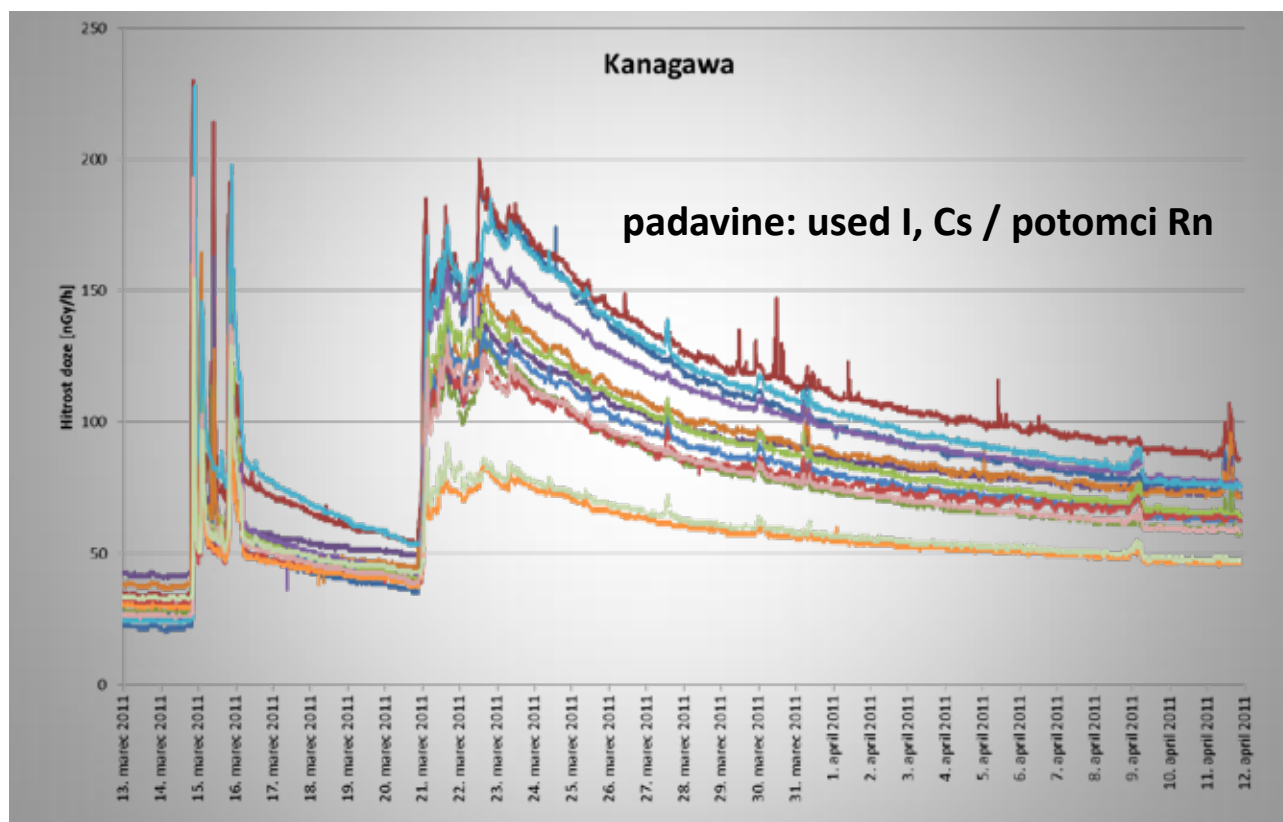
Zračni izpusti radioaktivnih snovi so bili približno desetkrat manjši kot ob černobilski nesreči leta 1986. Tudi spekter radioaktivnih izotopov v izpustih je precej dru-

gačen, saj so ob nesreči v Fukušimi v okolje ušli predvsem žlahtni plini, medtem ko je v Černobilu prišlo tudi do izpustov nehlapnih snovi. Večino izpustov iz Fukušime je predstavljal I-131. Po izpustu so se radioaktivne snovi širile v okolje. Da bi omejili izpostavljenost prebivalstva, so v okolici Fukušime izvedli evakuacijo iz 20-kilometrskega pasu okoli jedrske elektrarne. Kontaminacija znotraj omenjenega področja seveda ni enakomerna, ampak odvisna od vremenskih razmer v času radioaktivnih izpustov. Na nekaterih lokacijah, predvsem v severozahodni smeri, so področja, kjer bi prebivalci, če bi ostali na svojih domovih, v enem letu prejeli dozo, ki bi bila enaka približno petnajstkratnemu naravnemu letnemu ozadju. Večinoma pa bi bila dodatna doza zaradi izpustov iz Fukušime 1 enaka dvakratni letni dozi zaradi naravnega ozadja. To pomeni, da je bila evakuacija izvedena zaradi preventivnih razlogov in ne zato, ker bi bila res potrebna zaradi preprečevanja posledic čezmerne izpostavljenosti.

Izpuščena radioaktivnost se je iz Japonske z vetrovi razširila po vsem svetu. Najprej je dosegla ZDA, nato pa preko Atlantika tudi Evropo. V Franciji so povečano radioaktivnost v zraku zaznali 23. 3. 2011. V Sloveniji smo prisotnost fukušimske kontaminacije najprej izmerili sodelavci ZVD Zavoda za varstvo pri delu. V vzorcu zraka, ki smo ga vzorče-



Slika 4: Posledice vodikovih eksplozij
Vir: VGB Power Tech in www.nirs.org



Slika 5: Hitrosti doze zaradi radioaktivnih izpustov iz Fukušime 1 na lokaciji Kanagava (Tokio). Jasno je vidno povečanje zaradi dogodkov v Fukušimi 1.

Vir: B. Pucelj

vali na lokaciji v Ljubljani v obdobju 25. 3.–27. 3. 2011, smo izmerili povečane vrednosti I-131 in Cs-137. Izmerjene vrednosti v Ljubljani so nekaj 100.000-krat nižje, kot so bile v Ljubljani ob černobilski nesreči. Če iz izmerjenih podatkov izračunamo dozno obremenjenost prebivalstva, ugotovimo, da je zanemarljiva in približno 1000-krat manjša kot doza, ki jo prejmemo med letalskim poletom v London.

Za primerjavo naj navedemo, da so bile vrednosti kontaminacije v Ljubljani ob černobilski nesreči leta 1986 približno enake, kot so danes približno 100 kilometrov od jedrske elektrarne v Fukušimi.

Obveščanje javnosti in posledice

Obveščanje javnosti o poteku jedrske nesreče v Fukušimi se morda zdi kaotično, vendar pa je zmeda posledica dogajanja v posameznih reaktorjih, saj razvoj dogodkov ni bil v vsakem od reaktorjev povsem enak. Vsa kodnevne informacije so zbujale občutek, kot da gre za povečevanje jedrske nevarnosti, čeprav je v resnici v vsakem od prizadetih reaktorjev potekal približno enak scenarij, le z določenim časovnim zamikom. Glede na časovni razvoj dogodkov je prihajalo tudi do radioaktivnih izpustov v okolje. Ker smo vsak dan izvedeli kaj novega o izpustih, smo informacije seštevili ali množili in imeli predstavo,

da je razsežnost nesreče mnogo večja, kot je bila v resnici.

Jasno je, da so bile največje koncentracije radioaktivnih snovi v oblaku v neposredni bližini reaktorjev. Delavci, ki so morali posredovati na lokaciji, so bili izpostavljeni temu sevanju. Seveda pa je treba poudariti, da se je vse delavce radiološko spremljalo, merilo doze in umaknilo s področja sevanja, ko se je doza delavca približala dovoljeni omejitvi za posredovanje v primeru izrednih dogodkov. Takih delavcev je bilo 20. Vsi ostali delavci so prejeli bistveno nižje doze. Zaradi strogih omejitev ni pričakovati, da bi pri katerem koli od intervencijskih delavcev prišlo do posledic zaradi prejete doze.

V zadnjih desetih letih so v mnogih državah po svetu načrtovali gradnjo novih jedrskih reaktorjev. Jedrska energija je relativno poceni, ne proizvaja izpustov toplogrednih plinov, zaloge goriva so praktično neomejene. Nova generacija jedrskih reaktorjev ima vgrajene številne nove varnostne elemente, boljše izkoristke in je bila prepoznana kot prava rešitev v energetske vedno bolj potrošni družbi. Ni si namreč mogoče predstavljati, da bi nara-

ščajoče potrebe po energiji lahko nadomestili z alternativnimi viri in učinkovito rabo energije. Kljub vsem argumentom, ki govorijo v prid jedrske energije, nesreča v Fukušimi skoraj zagotovo pomeni časovno odložitev načrtov o gradnji novih jedrskih reaktorjev. Odložitev ni posledica strokovnih argumentov, temveč politične odmevnosti in izkoriščanja dogodkov za razvoj drugih, večinoma manj čistih ali dražjih energijskih opcij.

Literatura

Japan Atomic Industrial Forum: <http://www.jaif.or.jp/english/>.

Mohrbach, L., Linnemann, T., Schaffer, G., Vallana, G. Earthquake and Tsunami in Japan on March 11, 2011 and Consequences for Fukushima and other NPP, www.vgb.org.

Pucelj, B. Černobil (1986) – Fukušima (2011), predavanje na kolokviu IJS dne 21. 4. 2011.

OZNAČEVANJE NEVARNIH KEMIKAJIJ



NOVO!!!

Nov sistem razvrščanja, pakiranja in označevanja nevarnih kemikalij GHS/CLP

Nudimo vam:



PLAKAT s stavki o nevarnosti (H stavki) in previdnostnimi stavki (P stavki), velikost 50 x 70 cm



PLAKAT – Primerjava novega in starega označevanja nevarnih kemikalij, velikost 50 x 70 cm



NALEPKE – velikosti 10,5 x 14,5 cm ali po naročilu

Kontaktna oseba in naročila:

Fanči Avbelj, T 01 585 51 21, G 041 658 953, E fanci.avbelj@zvd.si, W www.zvd.si

ZVD 50let

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d.

Chengdujska cesta 25
1260 Ljubljana - Polje
T: 01 585 51 00
F: 01 585 51 01
W: www.zvd.si
E: info@zvd.si