

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Lara Mercedes Železnik

**Krizno upravljanje in vodenje ob jedrskih nesrečah: primerjava jedrske nesreče v
Černobilu leta 1986 in v Fukušimi leta 2011**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Lara Mercedes Železnik

Mentorica: doc. dr. Jelena Juvan

**Krizno upravljanje in vodenje ob jedrskih nesrečah: primerjava jedrske nesreče v
Černobilu leta 1986 in v Fukušimi leta 2011**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2016

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji družini, ki mi je stala ob strani vsa ta dolga leta šolanja.

Zahvaljujem se tudi svoji mentorici dr. Juvan, ki je vedno obdana s pozitivno energijo ter študentom vedno nudi strokovno pomoč in vodenje.

Zahvaljujem se tudi vsem mojim prijateljem, ki so me spodbujali, mi svetovali, se z menoj učili in zabavali.

Krizno upravljanje in vodenje ob jedrskih nesrečah: primerjava jedrske nesreče v Černobilu leta 1986 in v Fukušimi leta 2011

Jedrski nesreči v Černobilu in Fukušimi sta bili ocenjeni z enako, in sicer najvišjo stopnjo po mednarodni lestvici jedrskih in radioloških dogodkov. Povod za nesrečo v Černobilu je bil varnostni test turbine, v Fukušimi pa naravna nesreča, cunami. Posledice se prav tako razlikujejo, saj je bilo v Černobilu zaradi eksplozije kar nekaj smrtnih žrtev in ogromno kontaminiranega okolja, medtem ko v Fukušimi ni bilo smrtnih žrtev ter tudi veliko manjše območje kontaminacije. Zakaj sta torej ocenjeni z enako oceno? Ker imata obe enak vzrok, da je država morala izvesti ukrepe za zaščito prebivalstva in okolja pred sevanjem, in sicer so ti razlogi človeške napake. Sem lahko uvrstimo vse, kar so dejansko naredili narobe pri obeh nesrečah: malomarnost, neprimerna varnost reaktorske zgradbe, nezadostno preventivno delovanje, slabo krizno upravljanje in vodenje, prepočasno odločanje, slaba komunikacija in zadrževanje informacij, skrivanje in zanikanje. Predvsem pa jima je obema skupno preveliko zaupanje v jedrsko tehnologijo ter trdno prepričanje, da se kaj takega nikoli ne more zgoditi. .

Ključne besede: jedrska nesreča, krizno upravljanje in vodenje, človeška napaka.

Crisis management of nuclear disasters: a comparison between a nuclear disaster at Chernobyl in 1986 and Fukushima in 2011

Nuclear accidents at Chernobyl and Fukushima were assessed with the same, namely the highest level of the International Nuclear Events Scale. The reason for the Chernobyl accident was a safety test of the main turbine and the reason for Fukushima accident was a natural disaster, a tsunami. Consequences were also different. There was a number of deaths due to an explosion at Chernobyl power plant and a huge area of contaminated environment, while at Fukushima there were no deaths and contaminated area was much smaller. So why were they assessed with the same level? Because they have the same cause. In both cases, the country had to implement counter measurements to protect the population and environment from radiation. This cause are human errors. This includes everything that went wrong in both accidents: negligence, inadequate safety of the reactor building, lack of preventive action, poor crisis management, slow decision-making, poor communication and retention of information, concealing and denial. Above all, the common problem was excessive reliance on nuclear technology and a strong conviction, that something like this can never even happen.

Key words: nuclear disaster, crisis management, human error.

KAZALO

1 UVOD	7
2 METODOLOŠKI OKVIR	8
2.1 Predmet preučevanja in cilji raziskovanja	8
2.2 Raziskovalno vprašanje in hipoteza	8
2.3 Raziskovalne metode	8
2.4 Opredelitev temeljnih pojmov	9
2.4.1 Krizno upravljanje in vodenje.....	9
2.4.2 Jedrska nesreča.....	9
3 ANALIZA IZBRANIH PREDMETOV	10
3.1 Jedrska nesreča v Černobilu: opis dogodkov	10
3.1.1 Posledice	11
3.1.2 Analiza vodenja in upravljanja ob dogodku	13
3.1.3 Kritika	17
3.2 Jedrska nesreča v Fukušimi: opis dogodkov	17
3.2.1 Posledice	19
3.2.2 Analiza vodenja in upravljanja ob dogodku	20
3.2.3 Kritika	24
4 PRIMERJAVA KRIZNEGA UPRAVLJANJA IN VODENJA.....	25
5 SKLEP.....	29
6 LITERATURA.....	31

SEZNAM KRATIC

ECCS	Zasilni sistem za ohlajanje jedra
IAEA	Mednarodna agencija za jedrsko energijo
INES	Mednarodna lestvica jedrskih in radioloških dogodkov
KGB	Komite državne varnosti
METI	Ministrstvo za ekonomijo, trgovino in industrijo
MEXT	Ministrstvo za izobraževanje, kulturo, šport, znanost in tehnologijo
NISA	Agencija za jedrsko in industrijsko varnost
TEPCO	Tokyo Electric Power Corporation (upravitelj japonske jedrske elektrarne Fukušima Daiči)

1 UVOD

Do prvih pomembnih odkritij na področju jedrske energije so prišli še pred drugo svetovno vojno, njen prvotni namen uporabe pa je bil v vojaške namene. Po drugi svetovni vojni pa je bil sprejet zakon o atomski energiji, ki je prinesel jedrsko energijo v civilno področje. Prvi poskusni reaktor je bil narejen leta 1951 v ZDAi, prva jedrska elektrarna pa leta 1954 v Sovjetski zvezi. Jedrske elektrarne proizvedejo veliko količino električne energije, zato se zmanjšajo potrebe po uvozu le-te, kar je mnogo držav spodbudilo h gradnji svojih jedrskih elektrarn. Te pa imajo tudi svoje slabosti, kot so radioaktivni odpadki, radioaktivno sevanje ter predvsem jedrske nesreče, ki so sicer razmeroma redke, vendar imajo neizmerne razsežnosti in dolgoročne posledice (ICJT 2013).

Skozi zgodovino uporabe jedrske energije je bilo že mnogo nesreč. Po večni so bile te bolj nezgode, nekaj pa se jih je razvilo v katastrofo nepredstavljenih razsežnosti. Samo dve nesreči sta bili ocenjeni s 7. stopnjo po mednarodni lestvici jedrskih in radioloških dogodkov, Černobil in Fukušima. Kljub temu, da imata enako oceno, se med seboj močno razlikujeta v zasnovi reaktorske zgradbe, strukturi reaktorjev, v povodu in vzroku zakaj je do nesreče prišlo, glede na število poškodovanih reaktorjev in število eksplozij, glede na količino radioaktivnih izpustov, kontaminacijo okolja ter smrtnih žrtev.

Skupni imenovalec obeh pa je človek. Človek je izumil to tehnologijo in jo spreminja po svojih potrebah, ne da bi pomislil na varnost in posledice. V Černobilu se jim je tako mudilo zagnati reaktor, da niso opravili najnujnejših varnostnih testov. V Fukušimi, »deželi cunamijev«, pa elektrarna ni bila zaščitena pred njimi. To je izključno človeška napaka.

V diplomski nalogi se bom osredotočila na človeške napake pri jedrskih nesrečah v Černobilu in Fukušimi. Najprej bom opisala potek dogodkov jedrske nesreče v Černobilu, analizirala krizno upravljanje in vodenje ob samem dogodku in na kratko opisala posledice. Nato bom na enak način opisala potek dogodkov ob jedrski nesreči v Fukušimi, ravno tako analizirala krizno upravljanje in vodenje ob dogodku ter izpostavila napake, ki so bile delo človeka, saj na naravo ne moremo vplivati. V zadnjem delu pa bom primerjala krizno upravljanje in vodenje pri obeh jedrskih nesrečah

2 METODOLOŠKI OKVIR

2.1 Predmet preučevanja in cilji raziskovanja

Jedrske nesreče imajo lahko katastrofalne posledice za človeka in okolje. Razsežnost posledic in stopnja ogroženosti pa se razlikujejo glede na količino radioaktivnega sevanja, vremenske razmere ob dogodku in število izpostavljenega prebivalstva. Za zmanjšanje posledic morebitnih nesreč so pomembne tako preventivne priprave kot tudi zaščitni ukrepi ob dogodku, ki olajšajo in pospešijo upravljanje in vodenje v primeru, ko pride do krizne situacije. Jedrske nesreči v Černobilu leta 1986 in v Fukušimi leta 2011 veljata za dve največji jedrske nesreči v zgodovini človeštva.

Cilj diplomske naloge je analizirati in primerjati preventivno ukrepanje, ukrepanje ob samem dogodku ter posledice obeh jedrskih nesreč. Pri tem je vsekakor potrebno upoštevati izjemno kompleksnost dogodkov, ki so povzročili, da je prišlo do takšnih posledic pri jedrski nesreči v Fukušimi, kjer tudi narava nosila velik del odgovornosti.

2.2 Raziskovalno vprašanje in hipoteza

RV: Obe jedrske nesreči sta bili ocenjeni z enako stopnjo ogrožanja. Zakaj so bile torej v Fukušimi posledice jedrske nesreče bistveno manjše kot pa v primeru jedrske nesreče v Černobilu?

H: Ključni vzrok za jedrsko nesrečo je v obeh primerih mogoče najti v malomarnosti in neupoštevanju varnostnih pravil, kljub temu da je jedrsko nesrečo v Fukušimi povzročil potres.

2.3 Raziskovalne metode

Metode, uporabljene pri pisanju diplomskega dela so:

- Analiza primarnih in sekundarnih virov: gradivo iz preučevanja primarne literature, kot so knjige in dokumentarni filmi ter gradivo iz sekundarne literature, ki zajema članke, raziskave in specifične dokumente,
- deskriptivna metoda: z njo bom opisala dogajanje ob in po jedrskih nesrečah,
- zgodovinska metoda: gre za zgodovinski pregled nesreče, od začetka dogajanja do nastali posledic,

- primerjalna metoda: uporabila jo bom za primerjavo kriznega upravljanja in vodenja ob dogodkih.

2.4 Opredelitev temeljnih pojmov

2.4.1 Krizno upravljanje in vodenje

Vsaka kriza prinese ogrožanje temeljnih norm in vrednot, kratek čas za sprejemanje odločitev ter negotove razmer. Odločanje, dogovarjanje in oblikovanje postopkov, ki vplivajo na potek krize, imenujemo krizno upravljanje in vodenje. V sklop tega spadajo organizacija, priprave, ukrepi in razporeditev virov za obvladovanje krize. Vse odločitve večinoma potekajo v organizacijskem kaosu, pod medijskim pritiskom, ob pomanjkanju informacij ter predvsem v stresnih razmerah. Glavni akter kriznega upravljanja je lahko država, družba, organizacija, skupina ali posameznik. Sodobne krize so vedno bolj kompleksne, kar otežuje celoten proces reševanja krize, preprečevanja ali vsaj zmanjševanja negativnih izidov krize (Malešič 2004, 11–14).

2.4.2 Jedrska nesreča

Jedrske in radiološke nesreče spadajo pod tehnološke nesreče. Problem pri tehnologiji je, da so oprema in njeni procesi vedno bolj zapleteni, za kar pa žal ni možno vedno predvideti stranskih učinkov. Okvara na enem sistemu lahko vodi v okvaro drugega sistema in tako verižno do tehnološke krize in na koncu do nesreče. Ker je tehnologija rezultat človeškega dela, so tudi jedrske nesreče rezultat človeške manipulacije, nepoznavanja tehnologije, neizobraženosti, namernih ali nenamernih napak pri upravljanju jedrske elektrarne. Nesreča je torej vsak nenameren dogodek, ki vodi do nezanemarljivih posledic z vidika zaščite ali varnosti. Glavni vir ogrožanja pri jedrski nesreči je sama jedrska elektrarna, kjer se s pomočjo jedrske cepitve v jedru reaktorja pridobiva električno energijo. Jedrske nesreče ogrožajo ljudi, živali, infrastrukturo ter okolje na neposreden (eksplozija, sevanje) ali posreden (uživanje kontaminiranih živil) način (International Atomic Energy Agency 2009, 183; Župančič 2011, 81–82).

Leta 1990 so strokovnjaki IAEA razvili INES, ki ima 7 stopenj: 1-3 so »nezgode«, 4-7 so »nesreče«; dogodki, ki pa nimajo varnostnega pomena so označeni z »pod lestvico/stopnja« 0. Dogodki so ocenjeni glede na njihov vpliv na treh različnih področjih: vpliv na ljudi in okolje (glede na dozo sevanja in število ogroženih ljudi); vpliv na radiološke pregrade in nadzor nad objektom (taljenje jedra, razlitje določene količine radioaktivnih materialov, ki je nastalo

zaradi odpovedi pregrad in nadzornih sistemov in s tem ogrozilo ljudi ter okolje); ter glede na vpliv na obrambo v globino (ali so bili ukrepi pravočasni in ustrezni glede na dogodek). 1. stopnja pokriva le neuspešno obrambo v globino. 2. in 3. stopnja vključujeta resnejše neupoštevanje obrambe v globino ali lažje oblike posledic na ljudeh ali infrastrukturi. Stopnje 4-7 vključujejo vedno resnejše posledice za ljudi, okolje in infrastrukturo (International Atomic Energy Agency 2009, 1–2).

3 ANALIZA IZBRANIH PREDMETOV

3.1 Jedrska nesreča v Černobilu: opis dogodkov

Dan pred nesrečo, 25. aprila 1986, so ob 01:00 začeli s pripravami za test turbine z zmanjšanjem moči reaktorja. Želeli so preizkusiti, če lahko generator turbine napaja bistvene sisteme kot je ECCS, v primeru večjega izpada električne energije. Ravno turbina pa je bistvenega pomena za varnost reaktorja, saj se v primeru napake upočasni, vendar pa še vedno proizvaja elektriko, ki je potrebna za obtočno črpalko, kontrolne palice, osvetlitev nadzorne sobe in nadzorne plošče (World Information Service on Energy 2011, 3; British Nuclear Energy Society 1987, 27).

Ob 13:05 je reaktor deloval samo še s 50% močjo in ugasnili so turbo generator. Ob 14:00 pa so zaustavili priprave na test in izolirali ECCS, kar je kršitev varnostnega pravila. Naredili pa so še eno varnostno napako. Izključili so namreč tudi sistem za samodejni izklop reaktorja, da ne bi nihanja med ravni bobna in parnega tlaka povzročila zaustavitev delovanja. Dnevna izmena, ki so je zadnjih nekaj dni poučevali in pripravljali na ta test, je ob 16:00 zaključila z delom. Prisotna pa je bila posebna ekipa elektronskih inženirjev. Ob 23:10 so ponovno začeli s pripravami na test. Ekipa inženirjev je bila utrujena, nočna izmena delavcev pa je imela manj izkušene operaterje, ki niso bili poučeni za tak test. Ob 00:28 je zaradi operaterjeve napake prišlo do zmanjšanja moči, saj ni ukrepal takoj, ko je tok postal neusklajen. Posledica tega je bila dodana negativna reaktivnost in hkrati odmik nekaj ročnih kontrolnih palic kot nadomestilo. Pol ure za tem pa je reaktor deloval z močjo pod dovoljeno ravno in ni bilo dodatne reaktivnosti, ki bi povečala moč reaktorja. Operaterji so priklopili četrto glavno hladilno črpalko, kar je povzročilo nasičenost temperature hladilne tekočine in pretok le-te je narastel preko dovoljene vrednosti. Negativna reaktivnost se je še povečala, z njo pa tudi nivo vode in pare v parnih bobnih. Para se je začela vzpenjati, kontrolne palice pa so se avtomatsko začele premikati nazaj. Napajalna voda in para sta se stabilizirali, povečal pa se je tlak (International Atomic Energy Agency 1986, 16; Nuclear Energy Agency 1987, 74–76).

26. aprila, ob 01:23:04 uri zjutraj, so pričeli s testom in že takoj se je zmogljivost elektrarne nepričakovano povečala. Da so lahko test izvedli, so zaprli varnostni ventil na turbini in blokirali varnostni signal, kar bi, če bi ju pustili vklopljena, rešilo reaktor. Po 36 sekundah, je Aleksander Akimov, vodja izmene, pritisnil gumb za izklop v sili, vendar ni bilo učinka. Kontrolne palice so se začele spuščati, vendar so se na neki točki zataktnile. Povečan pritisk pare je povzročil deformacijo cevi za gorivo. Po 56 sekundah je pritisk v reaktorju toliko narastel, da so gorivni elementi počili in majhni delci so pristali v vodi za hlajenje. Ta voda se je spremenila v paro in povečala pritisk v ceveh, zato so cevi počile. Tako je prišlo do prve eksplozije, pri kateri se je dvignil pokrov nad gorivnimi elementi, težak 1 000 ton. V zrak se je sprostilo sevanje in v reaktor je prišlo dovolj kisika za vžig grafita. Kovina cevi je reagirala z vodo in nastala je kemična reakcija, s katero nastane vodik. Vodik je eksplodiral in prišlo je do druge eksplozije. Goreče smeti so letele po zraku in pristale na strehi tretje enote in po različnih lokacijah černobilske jedrske elektrarne se je vnelo 30 požarov (World Information Service on Energy 2011, 4; Nuclear Energy Agency 1987, 76).

Glavni nadzornik nočne izmene Anatolij Djatlov ni verjel, da se je zgodila nesreča, zato je na ogled poslal operaterje. Klub temu, da so poročali, da je reaktor uničen, je trdil, da je vse v redu, da so se zmotili in da ni nobenih težav. Operaterjem je ukazal le, naj dodajajo vodo za hlajenje. Na srečo je že minuto po eksploziji, ob 1:25 uri zjutraj začel zvoniti požarni alarm v lokalni gasilski postaji. Gasilci so se pripeljali s tremi vozili in ugotovili, da je to prevelik zalogaj za tako majhno ekipo ter poklicali na pomoč gasilce iz Pripjata, Černobila in Kijeva. Skupno je prišlo približno 186 gasilcev. Vodja gasilske enote je z nekaj možmi splezal na streho nad reaktorjem, da bi pogasili ogenj, kljub temu, da so bili zaradi tega izpostavljeni zelo veliki količini sevanja. Celotna situacija pa je bila problematična tudi za vse ostale gasilce, čeprav se niso toliko približali reaktorju. Sevanje je bilo izredno močno, saj so kosi grafita ležali okoli stavbe, gasilci pa niso imeli nobenih zaščitnih oblek in se niso niti zavedali v kakšni nevarnosti so (Murphy 2013; World Information Service on Energy 2011, 4).

3.1.1 Posledice

- Posledice eksplozije: izvržen material okrog reaktorja (grafit, gorivo), stavbe so bile hudo poškodovane, žerjav in stroj za dovod goriva sta se sesula, zgornja plošča je pristala v pokončnem položaju znotraj reaktorja, vsi kanali goriva so bili pretrgani,

zaščitni rezervoarji z vodo so se polomili (International Atomic Energy Agency 1989, 25–26).

- Radioaktivni izpusti: v prvem dnevu je bilo 25% vseh izpustov, ostali izpusti pa so uhajali še naslednjih 9 dni. Najbolj nenavaden pojav je bil 6. dan po nesreči, ko se je stopnja izpustov kar naenkrat povečala, vendar niso našli vzroka za ta pojav. Za zmanjšanje izpustov so na jedro reaktorja nasuli pesek in glino, s čimer so zmanjšali temperaturo le-tega, kar se je izkazalo za zelo učinkovito (International Atomic Energy Agency 1986, 34–41)
- Umrlo je 30 delavcev in gasilcev, od tega 26 zaradi akutne radiacijske bolezni, ki jo je povzročila direktna izpostavljenost sevanju, 4 osebe pa so umrle zaradi požara (British Nuclear Industry Forum 1995, 30).
- 16 500 policistov je bilo izpostavljenih sevanju, od tega je po statističnih podatkih dve leti kasneje 57 policistov trpelo za kronično boleznijo, ki jo je povzročilo sevanje, 4000 je imelo različne druge simptome, 1500 policistov pa je trpelo za kroničnimi dihalnimi problemi. Problem pa se pojavi tudi pri »likvidatorjih« (okoli 600 000 ljudi), ki so odpravljali posledice nesreče. Niso bili zaščiteni proti sevanju in niso imeli svojih merilcev sevanja. Nekateri so prejeli večje doze sevanja, ko so odstranjevali razbitine. Strokovnjaki predvidevajo, da vsebnosti niso bile tako velike, da bi povzročile radiacijsko bolezen, lahko pa bi povečale možnosti za nastanek raka. Vendar pa je bilo to število ljudi preveliko, da bi se lotili raziskave njihovega zdravstvenega stanja (British Nuclear Industry Forum 1995, 30–31; Electricité de France 1994, 52; World Information Service on Energy 2011, 5).
- ¼ rudarjev, ki so kopali tunel pod elektrarno je umrla do 40 leta (Johnson 2014).
- 135 000 ljudi evakuiranih v radiju 30 km okoli tovarne, pri katerih ni bilo vidnih kliničnih simptomov akutnega radiacijskega sindroma (International Atomic Energy Agency 1986, 6).
- Zdravstvene posledice: med zakasnele posledice vključujemo povečanje pogostosti raka na ščitnici, predvsem med otrocih na kontaminiranem območju. Pod zdravstvene posledice pa spada tudi pojav psihološkega stresa, ki je močno prisoten med prizadetim prebivalstvom. Iz tega se je razvilo nezaupanje javnosti do državnih organov in strokovnjakov ter razkrile nepravilnosti v zdravstvenem sistemu: ni bilo opreme, ni bilo sistematičnega jemanja vzorcev krvi, ni bilo koordinacije in zdravil,

bil pa je slab nadzor prizadetih prebivalcev (Electricité de France 1994, 53; Nuclear Energy Agency 1995, 7–8).

- Okoljske posledice: 150 000 km² površine kontaminirane z radioaktivnimi snovmi, vpliv na poljedelstvo, prst, gozdove, reke in jezera je bil še večji kot na zdravje. Veliko poljedelskih območij še danes ni uporabno, kontaminacija vodnih sistemov pa na srečo ni vplivala na zdravje prebivalcev. Najhujše posledice so v bližini lokacije doletele 'rdeči gozd', kjer so morali drevesa uničiti kot radioaktivni odpadki, zaradi premočnega sevanja (Nuclear Energy Agency 1995, 8–9).
- Šest operaterjev in inšpektorjev je bilo spoznanih za krivce in poslanih v zapor. Viktor Brukanov, direktor elektrarne in Anatoli Djatlov namestnik glavnega inženirja sta bila obsojena na 10 let zavora (British Nuclear Industry Forum 1995, 24; Murphy 2013).
- Posledice izven Ukrajine: doze izven Ukrajine so bile zelo majhne, zato ni bilo večjih posledic. Največje posledice je utrpela Velika Britanija, v pokrajinah Wales in Cumbria, saj je v času eksplozije tam deževalo. Radioaktiven dež je kontaminiral ovce, zato so takrat prepovedali zaužitje jagnjetine, kasneje pa le omejili (British Nuclear Industry Forum 1995, 35).

3.1.2 Analiza vodenja in upravljanja ob dogodku

Jedrska elektrarna v Černobilu je bila zasnovana na tak operativni način, da ko pride do jedrske verižne reakcije, ta narašča eksponentno, če ni prekinjena že na prvi točki pred razširitvijo. Torej, ko se nesreča že zgodi, ni več možnosti zaustavitve. Drugi problem zasnove elektrarne je v strukturi stavbe. Za večjo varnost mora biti struktura stavbe, v kateri se nahaja jedro reaktorja, trdna, zanesljiva, nepropustna in zmožna zadržati produkte cepitve pri najhujših možnih nesrečah. Pri gradnji černobilske elektrarne tega niso upoštevali, zaradi previsokih stroškov pa jedrski zadrževalnik okoli reaktorja sploh ni bil do konca zgrajen, zato so bili delavci in širša javnost v nenehni nevarnosti. S tem povezan problem pa je tudi preverjanje varnosti že zgrajene elektrarne in reaktorja. Preden pride do zagona reaktorja je potrebno opraviti teste vseh komponent, še posebno pa glavnih, saj mora vse delovati brezhibno. V černobilski elektrarni niso izvedli varnostnih ukrepov pred zagonom reaktorja. Glavni direktor Viktor Brukanov pa je 12. decembra 1983 celo podal izjavo, da so bili vsi varnostni preizkusi uspešno opravljeni, kljub temu da je bil test turbine, ki je ena glavnih komponent reaktorja, neuspešno izveden. Naslednja pomembna preventivna dejavnost je izobraževanje, urjenje in primerna usposobljenost operativnega osebja. Tudi ta del preventive

je bil pri tem primeru zanemarjen. Pobuda za test in zagotavljanje postopkov je bila pravzaprav s področja elektrotehničnih in ne jedrskih strokovnjakov, zato so domnevali, da test ne bo imel nobenega učinka na varnost reaktorja in s tem zanemarili varnostni vidik. V elektrarni so sicer bili primerno izobraženi delavci in specialisti, ki pa so večinoma delali dnevne izmene. V času izvedbe testa turbine, ki je bil povod za nastanek nesreče, je bilo v elektrarni osebje, ki ni bilo informirano o dogajanju in se ni niti usposabljal za takšno delovanje. Prav tako kot delavci, pa morajo biti za svojo funkcijo izurjeni nadrejeni, ki upravljajo in vodijo celotno elektrarno. Morajo biti usposobljeni pravočasno odkriti napake in ukrepati takoj, ko pride do nepravilnosti. Tudi to področje je bilo zanemarjeno v primeru černobilske nesreče, saj so nadrejeni zanikali obstoj nesreče, ignorirali eksplozijo in trdili, da je z reaktorjem vse v redu, namesto da bi šli sami preveriti situacijo. Obstajati mora torej tako imenovani 'upravljalni sistem', ki vključuje zasnovo, konstrukcijo, delovanje, vzdrževanje, odgovornost, zagotavljanje varnosti in zanesljivosti, načrtovanje, nadzor, podporo, uspešno in varno opravljanje nalog, revizijo in povratne informacije. Upoštevanje in izvajanje tega sistema pa je odgovornost vseh, torej lastnikov, operaterjev, oblikovalcev in izvajalcev. Na žalost pa so zatajili popolnoma vsi, ki bi morali opraviti svoje delo (International Atomic Energy Agency 1992, 19–20; International Atomic Energy Agency 1999, 22; Malešič in drugi 2012, 69).

Kot lahko vidimo, so v černobilski elektrarni preventivni del delovanja popolnoma zanemarili. Kaj pa samo ukrepanje ob dogodku? Tu se da še veliko narediti in popraviti, če vpletene osebe razmišljajo s trezno glavo, upoštevajo varnostne predpise in ukrepajo ob pravem času. Vendar temu žal ni bilo tako. Ko so 25. aprila zvečer začeli s pripravami na test, so zmanjšali moč reaktorja ter izklopili sistem za samodejni izklop reaktorja, kar je bistvena kršitev postopka. Izklopili pa so ga zato, da ne bi prišlo do zaustavitve reaktorja v primeru, če bi morali test ponoviti. Prav tako pa po varnostnih predpisih, operativna moč reaktorja ne sme pasti pod 700 megavatov zaradi problemov s termalno-hidravlično nestabilnostjo. Moč reaktorja je padla na 200 megavatov, tok je postal neusklajen, vendar operater tega ni takoj opazil in je prepozno ukrepal (International Atomic Energy Agency 1986, 15). Nato je napravil še večjo napako. Računalniški sistem za centralni nadzor je javil informacijo o stanju reaktorja in kontrolnih palic. Iz informacije je bilo razvidno, da rezervne kontrolne palice, ki bi jih potrebovali za zaščito pred izrednim dogodkom ni bilo več na voljo, saj so bile vse v uporabi, zato da so lahko manipulirali z močjo delovanja reaktorja. To pa pomeni nujno in takojšnjo zaustavitev reaktorja. Namerno je ignoriral in začel s testom (International Atomic

Energy Agency 1986, 16). Takoj po začetku testa, torej 36 sekund kasneje, je vodja izmene ukazal ugasnitev reaktorja, a je bilo že prepozno, prišlo je do eksplozije. (International Atomic Energy Agency 1986, 25).

Anatolij se je sestal z Brukanovom in mu povedal, da je sevanje višje od normalnega, vendar se je Brukanov odločil v Moskvo sporočiti, da je sevanje v mejah normale in da imajo vse pod nadzorom. V Moskvi so sklenili tja poslati jedrskega fizika Valerija Aleksejeviča Legasova, da bi preučil dogajanje. Brukanov je enemu od delavcev naročil, naj izmeri radioaktivnost znotraj in zunaj elektrarne. Ko se je vrnil, je poročal, da je reaktor popolnoma uničen, da je radioaktivnost 400x višja od normalne in da se zelo slabo počuti. Brukanov ga je odslovil, češ da je to nemogoče, da je nesposoben in da je uporabil pokvarjeno opremo. Vendar pa je vseeno poklical v Moskvo ter vprašal za dovoljenje za evakuacijo Pripjata. Njihov odgovor je bil, da naj bi imeli vse pod nadzorom, ter da evakuacije ne odobrijo, saj bi to le povzročilo paniko med ljudmi, kar je po njihovo huje od sevanja. Prav tako so prepovedali širjenje informacij o nesreči. Prvi dan po nesreči torej niso naredili ničesar, omejili niso niti gibanja, kar bi očitno zmanjšalo doze prejetega sevanja. Zvečer so naredili prelet nad reaktorjem in videli, da je odprt ter še vedno gori. Predlog je bil, da bi ga pustili dogoreti. Legasov je bil proti temu, saj bi to gorelo 3 mesece, ljudje pa prejemajo take količine sevanja, da lahko umrejo čez noč, saj bi večina v 4 dneh prejela smrtno dozo. Sklenili so, da bodo takoj zjutraj začeli evakuirati Pripjat. 36 ur po eksploziji so organizirali avtobusni prevoz in evakuirali okoli 40 000 ljudi. Oblast je celo spodbujala ljudi, naj se udeležijo slavlja in procesij za 1. maj, tudi na območjih kjer je bila radioaktivnost več 100x višja od normalne. Naslednji dan so evakuirali še območje 10 km okoli elektrarne, v območju 30 km pa so do 6. maja evakuirali 90 000 prebivalcev. Prav tako v prvem tednu niso razdelili jodovih tablet, kljub temu da so v takem času žleze ščitnice že nasičene z radioaktivnim jodom. Ljudje niso bili poučeni o uporabi jodovih tablet, niti pred nesrečo in niti po njej (British Nuclear Industry Forum 1995, 25–26; Johnson 2014; Murphy 2013).

Tretji dan po nesreči, je Legasov soočil Brukanova z dejstvom, da je vedel, da instrumenti pokažejo le najvišjo točko normalne ravni sevanja, zato operaterji niso mogli poročati realne številke. Brukanov je odgovoril, da naj bi bil tistega leta odlikovan za svoje delo in tega ni hotel zavreči. Verjel je, da lahko tiho in hitro rešijo. KGB pa je sporočil, da novica o nesreči še ni prišla v širšo javnost niti v Ukrajini niti po svetu. Vendar pa se je to spremenilo petega dne, ko so Švedi zaznali povišano radioaktivnost v njihovem ozračju. Takoj so obvestili

direktorja IAEA in povedali, da je prišlo iz tujine. Klical je Gorbačova, ki je najprej vse zanikal, nato pa priznal in istočasno so v medije sporočili novico, da nevarnosti ni več. Vendar pa so bili v hudi nevarnosti, saj so v elektrarni zaznali povišanje temperature, ki bi lahko vodila v tako močno termalno eksplozijo, da bi zravnila s tlemi površino večjo od 200 km². Našli so nekaj prostovoljcev, ki so odplavali v zelo radioaktivno vodo pod reaktorjem in ročno odprli črpalke. Voda je odtekla in ni bilo več nevarnosti eksplozije. Reaktor je bilo treba še vseeno dodatno hladiti, zato so nameravali skopati 150 m dolg tunel pod elektrarno in 30 m širok prostor pod reaktorjem, kamor bi namestili hladilno napravo s tekočim dušikom. Zbrali so okoli 10 000 rudarjev starih med 20 in 30 let, iz Rusije in Ukrajine, ki so v 1 mesecu skopali tunel in prostor pod reaktorjem, vendar hladilna naprava ni bila nikoli nameščena. Namesto tega so zapolnili prostor s cementom, zato da je bila celotna struktura bolj utrjena (Johnson 2014; Murphy 2013).

V Moskvi so v mednarodnem novinarskem središču napovedali mednarodno konferenco na Dunaju, kjer bi naredili analizo nesreče in delili vsa poročila. Politbiro¹ je Legasovu, kot glavnemu raziskovalcu dovolil, da gre tja in pove kaj vse se je dogajalo, vendar je njegovo poročilo spisal moskovski komite jedrskih fizikov. Iz poročila so odstranili vse povezave na že pred nesrečo znane napake in pomanjkljivosti v zasnovi reaktorja. Legasov ni smel izdati, da operaterji niso imeli vseh informacij o delovanju in pomanjkljivostih reaktorja. Ni smel omeniti, da obstaja možnost nenadnega povečanja nevtronov, ko so vstavljene grafitne konice kontrolnih palic, kar se je zgodilo že pred černobilsko nesrečo v neki drugi sovjetski elektrarni, vendar na srečo ni bilo večjih posledic. Legasov je navodila upošteval, na Dunaju je obtožil operaterje in zamolčal vse ostalo. 2 leti kasneje pa je javnosti izdal vse kar je vedel in naredil samomor (Murphy 2013).

Akcije gasilcev so se izkazale za zelo učinkovite pri preprečevanju širjenja požara na druge enote elektrarne, imeli pa so velike probleme z visoko stopnjo radioaktivnosti. Drugi dan se je začel valiti črn dim iz reaktorja, ki je nastal kot posledica reakcije z grafitom. V naslednjih dneh so začeli na reaktor odlagati 5 000 ton različnega materiala (bor, dolomit, pesek, ilovica, svinec) za tesnjenje in filtriranje, s 5. majem pa so začeli v reaktor vbrizgavati še dušik. Vendar pa to ne bi bilo dovolj. Julija so začeli graditi »sarkofag« okoli poškodovanega reaktorja, da bi zadržal radioaktivne snovi. Sarkofag naj bi zdržal 30 let, a je bil zgrajen na

¹ Okrajšava za politični biro, ki je bil najvišji izvršilni organ sovjetske komunistične partije (Dolinar in Knop 2003, 815).

zelo slabih temeljih in ima že 1 500 m² razpok. Leta 1993 so jih v večini zamašili, vendar ga bo treba zamenjati (British Nuclear Industry Forum 1995, 24–25; International Atomic Energy Agency 1986, 28).

3.1.3 Kritika

Zaradi zasnove reaktorja, je bila varnost elektrarne popolnoma odvisna od dejanj operaterjev. Ti naj bi upoštevali varnostna pravila, kar pa več kot očitno niso. Sistem delovanja in nadzorovanja elektrarne je bil prav tako neprimeren, saj je dopuščal človeške napake, zaradi katerih je prišlo do nesreče. Glavni dejavniki, ki so pripeljali do nesreče, so bile kršitve predpisov, ki so jih opravili pred in med izvajanjem testa turbine. To naj bi bil pravzaprav varnostni test, ki naj bi dokazal, da bo turbogenerator dovajal dovolj energije za pogon varnostnih sistemov. Test so želeli preizkusiti v elektrarni v Kursku, vendar je bil tamkajšnji direktor dovolj izkušen, da jih je zavrnil zaradi prevelikega tveganja jedrske varnosti. Najpomembnejše kršitve so torej ohranjanje reaktorja na krepko prenizki operativni moči, vklop dodatnih črpalk, ki je povzročil nestabilnost reaktorja in otežil nadzor, izklop sistema za samodejni izklop reaktorja, namerno ignoriranje informacij o radioaktivnosti in odločitev za nadaljevanje s testom, kljub nestabilnosti reaktorja. Vse to je bilo namerno izvedeno, kar pa je z že tako težkimi specifičnimi karakteristikami delovanja reaktorja RKBM na znižani moči vodilo naravnost v nesrečo. Že pri sami gradnji niso namenili dovolj poudarka na varnosti elektrarne. Prav tako so zanemarili pomen usposobljenosti, oziroma v tem primeru neusposobljenost delavcev, ki so bili takrat tam. Pravzaprav v celotni Sovjetski zvezi niso imeli na voljo nobenega simulatorja tega tipa reaktorja, na katerem bi se lahko operaterji izučili preden bi dejansko delali v elektrarni. Žrtve jedrske nesreče v Černobilu so bile žrtve skrivnosti in zanikanja, korupcije in nevednosti.

3.2 Jedrska nesreča v Fukušimi: opis dogodkov

11. marca 2011, je 80 kilometrov stran od Japonske obale obremenitev med tektonskima ploščama postala prehuda. Ob 14:46 se je Pacifiška plošča sprostila in nenadoma sunkovito zdrsnila navzdol. To je povzročilo, da se je Severnoameriška plošča dvignila navzgor, kar je sprostilo pritisk. Zgodil se je potres z magnitudo 9.0 po Richterjevi lestvici. Ob 14:46:46 so senzorji v 1 enoti elektrarne povzročili, da je bilo vseh 97 kontrolnih palic vstavljenih v jedro, kar prepreči verižno jedrsko reakcijo in avtomatsko izklopi reaktor. V roku ene minute pa sta

se na enak način ustavila še reaktorja v enoti 2 in 3. Ostali trije reaktorji niso delovali, zaradi rednih vzdrževalnih del (Lochbaum in drugi 2014, 3–5).

V jedrski elektrarni Fukušima Daiči se je v reaktorjih nahajalo več kot 200 ton goriva, poleg tega pa so v bazenih hranili še stotine ton izrabljenega jedrskega goriva. Večina tega ni bilo več primerna za generiranje elektrike, vseeno pa je proizvajalo še toliko toplote, da je moralo biti ohlajevanje vklopljeno ves čas. Električna za sistem samodejnega izklop reaktorja in hladilnega sistema je prihajala izven elektrarne skozi električno omrežje. Vendar pa je potres 11. marca zrušil in poškodoval daljnovode. Ob 14:48 se je tresenje povečalo, alarmi so opozarjali, da je bila električna od zunaj prekinjena in zagnali so se zasilni sistemi znotraj elektrarne. Istočasno so se ugasnili generatorji turbine in zaprli ventili za pretok pare v turbino (Lochbaum in drugi 2014, 7–8).

Ob 15:35 je obalo dosegel cunami, ki je uničil črpalke za morskovo vodo ter potopil električne plošče. V elektrarni je nastal mrk. Imeli so preventivne ukrepe za take primere, saj hladilni sistem reaktorskega jedra deluje le na pritisk pare, zato ne potrebuje električnih črpalk. Odvisen je le od akumulatorjev, ki zdržijo 8 ur, kar da delavcem elektrarne čas, da vzpostavijo električno napajanje. Nato je poplavelo še akumulatorje. Nadzorni sobi reaktorjev enot 1 in 2 sta izgubili popolnoma vso elektriko. Brez elektrike, ki so jo dovajali akumulatorju, so hladilni sistemi delovali le še kratek čas, preden je začela na jedrih reaktorjev nastajati škoda.. Vsi reaktorji od 1 do 5 so ostali brez elektrike, le številka 6 je imel še delujoč generator, ki se je nahajal na višjem delu zgradbe (Lochbaum in drugi 2014, 10–13).

Ob 16:46 je TEPCO obvestil vlado, da so se razmere poslabšale. Operaterji niso mogli določiti ravni vode v reaktorjih 1 in 2, prav tako ni bilo nobene zagotovitve, da sistemi, ki dovajajo vodo sploh delujejo. Prav tako so bili ugasnjeni tudi zasilni hladilni sistemi jedra. Uspelo jim je ugotoviti, da raven vode upada, zato bi uporabili ročne črpalke, ki pa so bile uničene. Obstajala je le še opcija odzračevanja pare v atmosfero, skozi zračnik, ki se odpre v nadzorni sobi. Na tej točki so dogodek ocenili s stopnjo 3 po INES. Predsednik vlade Naoto Kan še ni želel razglasiti izrednih razmer. V elektrarni pa niso čakali in so skušali ukrepati. Ugotovili so, da je taljenje jedra neizogibno. V 1. enoti se je raven radioaktivnosti toliko povišala, da so prepovedali vstop v reaktorsko stavbo, kar je zakompliciralo kakršna koli varnostna opravila (Lochbaum in drugi 2014, 18–24).

Ob 1h ponoči so ugotovili, da je pritisk dvakratno narastel. Radioaktivnost je naraščala, zato so morali nositi zaščitna oblačila in maske tudi v nadzornih sobah enot 1 in 2. Celo noč so skušali povezati požarno cev do turbine, da bi lahko črpali vodo v jedro reaktorja. Nazadnje jim je le uspelo, vendar je bilo že prepozno in črpalka ni imela dovolj pritiska. Ob 15:36 se je zgodila eksplozija vodika v 1. enoti, ki je odnesla streho in raznesla onesnaženje vse naokoli (Lochbaum in drugi 2014, 31–33; TEPCO 2011, 53–55). 14. marca ob 11:01 se je zgodila eksplozija še v 3. enoti, zaradi upada hladilne vode in s tem povečanja temperature jedra, pare ter vodikovega plina. Bila je močnejša kot v 1. enoti, odneslo je streho in stene reaktorja ter poškodovalo veliko ljudi. Dve uri kasneje je prenehal delovati še hladilni sistem v 2. enoti (Lochbaum in drugi 2014, 72–75). Naslednje jutro se je ob 6:20 zgodila vodikova eksplozija v 4. enoti, kjer je bil v času cunamija ugasnjen reaktor zaradi rednega vzdrževanja, vendar so imeli napolnjen bazen z vročim gorivom. Okoli bazena z gorivom ni bilo več hladilne vode, zato se je gorivo pregrevalo. Zaradi odzračevanja v 3. enoti, je vodikov plin skozi skupne cevi prišel v stik z gorivom v bazenu in reagiral (Ahn in drugi 2015, 43; Lochbaum in drugi 2014, 88).

3.2.1 Posledice

- Evakuacija: do 4. novembra 2011 je bilo evakuiranih 114 460 ljudi. Nekateri so se morali tudi 6x premakniti, saj so iz dneva v dan povečevali območje evakuacije. Centri so bili po večini improvizirani, bili so brez vode, ogrevanja, hrane in zdravstvene oskrbe. Pojavila se je tudi gripa. Po večini so bili brez elektrike, zato niso imeli informacij kaj se sploh dogaja. V nekaterih centrih so celo zahtevali uradno potrdilo, da tisti ki želi vstopiti ni kontaminiran, drugače so mu onemogočili vstop. Evakuirati so morali tudi bolnišnice, ki bi sicer morale imeti svoj načrt evakuacije, vendar niso, zato je bilo okoli 60 smrtnih žrtev. Problem se je pojavil tudi v kmečki vasici Iitate, kjer so odkrili povišano količino sevanja, a niso ukrepali takoj in so jih evakuirali šele maja. Kmetje so se zavedali, da nihče ne bo kupil njihove živine zaradi kontaminacije, zato so ubili okoli 3 000 glav živine. Pol leta po nesreči se je vrnilo le 3 100 prebivalcev, vlada pa je razglasila, da območje ne bo popolnoma varno do leta 2022 (Ahn in drugi 2015, 147; Lochbaum in drugi 2014, 119–120; Malešič in drugi 2012, 75).
- Smrtne žrtve: skupno število smrtnih žrtev potresa in cunamija je okoli 20 000. Jedrska nesreča ni povzročila nobene smrtne žrtve (Ahn in drugi 2015, 140).

- Doze sevanja: od marca 2011 do marca 2013 je bilo 27 351 delavcev izpostavljenih sevanju, od tega je 1 370 prejelo dozo sevanja višjo od dovoljene za delavce v primeru izrednih razmer. 99,98% prebivalcev je prejelo normalno dozo sevanja (Atomic Energy Society of Japan 2014, 92–97).
- Kontaminacija živil: 19. marca so odkrili radioaktivne elemente v špinači in mleku v prefekturah okoli Fukušime, zato so prepovedali uživanje in izvoz. 21. marca so 330 km od elektrarne zaznali radioaktivnost v morju, kar je ogrozilo ribolovno območje, prodajo ter uživanje morskih sadežev (Lochbaum in drugi 2014, 155–157).
- Kontaminacija okolja: zaradi eksplozij prišlo do velike količine izpustov radioaktivnega joda in cezija. Kontaminirano je bilo široko območje vzhodne Japonske, nekaj pa tudi severozahodno od elektrarne. V ne-kontaminiranih območjih je bilo tudi nekaj točk povečane kontaminacije, ki so nastale zaradi spreminjanja smeri vetra v času eksplozij. Območja potrebna dekontaminiranja: 51 km² gradbenih zemljišč, 349 km² kmetijskih zemljišč ter nekaj tisoč km² gozda (Atomic Energy Society of Japan 2014, 99–101).
- Dva od treh delavcev, ki so 24. marca polagali kable v kontaminirani vodi v kleti 3. enote sta dobila hude opekline od sevanja (Lochbaum in drugi 2014, 158).
- Protesti: 19. aprila je vlada avtorizirala odprtje šol v prefekturi Fukušima, s trditvijo, da otroci ne bodo prejeli večje doze sevanja od dovoljene in naj se zadržujejo znotraj šol. Prav tako so objavili, da je doza sevanja za otroke enaka kot za odrasle, kar je sporno, saj so otroci veliko bolj občutljivi. Prebivalci so se temu uprli, začel se je protest, ki je dosegel zmanjšanje doze za otroke ter organizirano čiščenje šolskih dvorišč (Lochbaum in drugi 2014, 162). Protesti so se nadaljevali do konca leta in še celo 2012. Septembra 2011 je tisoče protestnikov na ulicah Tokia zahtevalo, naj ugasnejo vse reaktorje na Japonskem. Začasno jim je bila želja uslišana, vendar so 16. junija 2012 že avtorizirali zagon nekaterih reaktorjev, kar je na ulice pognalo 45 000 ljudi (Lochbaum in drugi 2014, 222–223).

3.2.2 Analiza vodenja in upravljanja ob dogodku

Prvič v zgodovini je jedrska nesreča prizadela več reaktorjev hkrati. Na tako situacijo ni bil pripravljen nihče in nihče tudi pomislil, da je kaj takega sploh mogoče. Konstruktorji jedrskih elektrarn skozi zgodovino niso nikoli obravnavali take dogodke kot mogoče, zato jih tudi niso upoštevali pri zasnovi in gradnji. Predpisi so zahtevali le, da reaktorji zdržijo veliko manj

hude nesreče, kjer obstaja minimalna verjetnost, da bi se zgodile v celotni dobi obstoja jedrskega reaktorja, ampak so dovolj mogoče, da zahtevajo napisana pravila in preventivne ukrepe. V kolikor zasilni hladilni sistemi in zadrževalna struktura ne delujejo, to pomeni poškodbe jedra ter izpust radioaktivnosti v zrak, jedrska nesreča preide v »najhujšo nesrečo«. Navodila v primeru izpada elektrike, ki jih je izdal TEPCO v primeru niso veljala, saj so predvidevali, da bi bila prizadeta le ena enota, v katero bi dovajali elektriko iz druge enote. Prav tako v navodilih niso predvidevali, da bi istočasno izgubili elektriko od zunaj ter rezervno elektriko, ki jo dovajajo akumulatorji znotraj stavbe (Lochbaum in drugi, 13–14).

Kot pri Černobilu so tudi tu pomembni preventivni ukrepi. Fukušima Daiči je bila dobro zaščitena jedrska elektrarna s sprejetimi standardi, s trdnimi in okrepljenimi plastmi zaščite. Imeli so dobro vzpostavljen princip obrambe v globino, ki zahteva, da gre veliko stvari narobe preden dejansko pride do nesreče. Imeli so več različnih hladilnih sistemov, ki preprečujejo škodo na jedru reaktorja, ter nepropustno zgradbo za omejitev izhajanja radioaktivnosti. Vendar pa ima vsak načrt obrambe v globino šibko točko, ko enkrat dogodek preseže vse varnostne ovire. V tem primeru je bila to poplava elektrarne, ki jo je povzročil cunami (Lochbaum in drugi 2014, 248–250).

Ko je potres zrušil električne daljnovode zunaj elektrarne, so imeli pripravljene zasilne dizelske generatorje, 2-3 na enoto. Glede na to, da se elektrarna nahaja nedaleč stran od dveh tektonskih plošč, bi morali zgradbo zaščititi proti potresom in cunamijem. Valobran so sicer imeli, vendar je bil visok le 10 metrov, kljub vedenju, da cunamiji lahko dosežejo tudi 30 m višine. Valobran kot edina zaščita reaktorjev in njihovih generatorjev pred cunamiji je bil torej prenizek, da bi zadržal 15 m visok cunami. Morska voda je zalila vse reaktorje, generatorje ter akumulatorje. Nekatere akumulatorje so sicer lahko uporabili, vendar navadno zdržijo le 8 ur, potrebovali pa so 9 dni, da so delno vzpostavili elektriko za zagon generatorjev. Operaterji in ostali delavci so bili visoko usposobljeni in pripravljeni za vse nujne ukrepe, niso pa imeli dovolj simulacij, zato niso predvidevali kakšne razsežnosti lahko ima nesreča ter kam usmeriti prioritete. Poznali so vse postopke, kako odzračiti prostor za zmanjšanje pritiska in pospešitev črpanja vode, vendar priročniki niso predvidevali situacije, kjer bi to morali opraviti v popolni temi ob električnem mrku. Na zalogi so imeli nekaj mobilnih električnih enot, vendar jih pred nesrečo niso varnostno preverili, zato so šele v času izrednih razmer ugotovili, da niso kompatibilne z električnim sistemom elektrarne (Ahn in drugi 2015, 140–149; Lochbaum in drugi 2014, 250–251).

Japonska je, ko gre za jedrsko energijo, zelo birokratsko usmerjena država. Odgovornost je razdeljena med številne vladne agencije, katerih naloge se velikokrat prekrivajo in prihaja do konfliktov. Jedrske elektrarne na japonskem ureja NISA, ki pa deluje pod pristojnostjo METI. NISA deli nekatere odgovornosti z MEXT: spodbujanje jedrske energije in hkrati zagotavljanje njenega varnega delovanja. Imajo še Komisijo za jedrsko varnost, ki je neodvisna agencija znotraj izvršilne veje oblasti in nadzira delo METI in MEXT. Za pregledovanje jedrskih elektrarn, opravljanje varnostnih pregledov in predlaganje zasilne evakuacije skrbi Japonska organizacija za varnost jedrske energije. Prefekture pa so zadolžene za spremljanje ravni radiacije in po potrebi izvajanje evakuacije. Vse te naloge so razdeljene in se zdijo popolnoma jasne, a le na papirju, v praksi žal ni tako. Med 11. in 15. marcem je bilo zaznati neustrezno in pomanjkljivo komunikacijo med glavnimi akterji, zadolženimi za krizno odločanje (vlada, NISA, TEPCO, občine okoli elektrarne). Nekaj malega preventive so imeli, in sicer vnaprej pripravljene kanale komuniciranja med vlado in TEPCO. Vendar pa je bila med nesrečo potreba po informacijah velika, zato so na hitro dodali nekaj kanalov. TEPCO in elektrarna sta komunicirala preko videokonference, medtem ko vlada in NISA tega nista mogla narediti, zato je TEPCO zbiral informacije in jih predajal premierju preko mobilnega telefona. Ti pa v centru za krizno upravljanje niso delovali, ker se je nahajal v kleti. Posledično so vse informacije prihajale zapoznelo in razdrobljeno. Izmenjava informacij je bila nezadovoljliva v količini in kvaliteti, tudi med vlado, občinami in prebivalci, predvsem evakuiranci, saj jih je le 20% vedelo, da se je nesreča sploh zgodila (Atomic Energy Society of Japan 2015, 112–113; Lochbaum in drugi, 15–16).

11. marca so ob 15:42 so razglasili nevarnost 1. stopnje, kar pomeni, da se bo ali se je zgodila nesreča. TEPCO bi moral obvestiti METI, guvernerja prefekture Fukušima in župana mesta kjer se nahaja elektrarna. Glede na postopkovne zahteve načrta v sili bi morali poslati faks vsem naenkrat v roku 15 minut in nato še poklicati po telefonu. Vendar načrt ni ustrezal tej nesreči, saj so bili v popolnoma brez elektrike, telefonske linije in stolpi pa uničeni. Noben očitno ni pomislil, da bi nesreča, ki povzroči škodo na reaktorju uničila tudi sposobnost komuniciranja z zunanjim svetom. Vendar pa tudi znotraj elektrarne niso mogli komunicirati drugače kot osebno. Prav tako TEPCO ni predvidel scenarija brez elektrike, tako da navodila v izrednih razmerah niso pojasnjevala, kako odpreti zračnik ročno. Zračnik ni imel filtrov za odstranjevanje radioaktivnosti v pari, saj so načrtovalci takih reaktorjev predvidevali, da filtri niso potrebni, ker gre radioaktivna para v vodo. Znašli so se v dilemi, ali kontrolirano spustiti radioaktivnost v ozračje in tako preprečiti taljenje jedra in nekontrolirane izpuste

radioaktivnosti. Nadzornik Masao Yoshida bi moral dobiti dovoljenje od vlade in vodilnih v TEPCO, vendar je bila večina le teh odsotnih (Lochbaum in drugi 2014, 16–21).

Predsednik vlade Naoto Kan je 4 ure po cunamiju razglasil izredne razmere, evakuiral prebivalce 3 km oddaljene od elektrarne in dovolil kontrolirane izpuste sevanja v ozračje, zato da so s tem zmanjšali pritisk, črpali vodo v reaktorje in ohlajali jedra. Naslednje jutro pa je evakuiral prebivalce do 10 km oddaljene od elektrarne, vendar ni bilo nobenega predhodno pripravljenega načrta, kako in kam evakuirati vse te ljudi. Vlada je na hitro ustanovila ekipo, ki je skrbela za njihovo nastanitev, oskrbovala z zalogami, priskrbela zdravstveno nego ter informacije (Ahn in drugi 2015, 147; Lochbaum in drugi 2014, 31–33).

Pojavil pa se je nepričakovano velik problem. Meritve nivoja vode v vseh 3 reaktorjih so bile po večini napačne, ker merilniki niso bili umerjeni za ekstremne temperaturne in tlačne pogoje. To je pomenilo, da niso mogli vedeti koliko vode je v reaktorski posodi, kar pa je kritična informacija o razumevanju učinkovitosti njihove strategije, ko so ročno vbrizgavali vodo. Črpalka ni imela dovolj pritiska, nivo v reaktorju se je iz ure v uro manjšal, prišlo je do izpostavljenosti in poškodb jedra, sevanja v ozračju je bilo vedno več. 12. marca ob 15:36 je prišlo do vodikove eksplozije v 1. enoti. Premier je razširil evakuacijsko cono na 20 km ter v nagovoru prebivalcem povedal, da so se znašli pred nepredstavljivo krizo in naj ostanejo mirni. Kljub evakuacijam in povečani količini sevanja, niso nikoli naročili ljudem, naj vzamejo jodove tablete. Nekatere občine so po lastni presoji izdale ukaz (Ahn in drugi 2015, 147; Lochbaum in drugi 2014, 263–264).

Na tej točki se je kot pri zračniku pojavil problem odgovornosti in pooblastil. Vse kar je v navodilih za obvladovanje hudih nesreč, se operaterji odločajo sami, za vse ostalo pa potrebujejo pooblastila pristojnih organov. V elektrarni so prišli do kritične odločitve ali vbrizgati morsk vodo v reaktorje, kar bi jih zagotovo uničilo, hkrati pa bi s tem dovolj ohladili jedro, da bi preprečilo njegovo taljenje. Nadzornik elektrarne se je zavedal resnosti problema v katerem so se znašli in začel črpati morsk vodo že pred 19:00, kljub temu da te odločitve ne bi smel sam sprejeti. Šele ob 20:20 so mu sporočili, da je premier odobril črpanje vode, ne vedoč da je Yoshida to počel že ves čas njihovega odločanja in s tem preprečil poslabšanje situacije v 1. enoti. V tem času, ko so črpali vodo v 1. enoto, je v 3. enoti ugasnil hladilni sistem in ga niso mogli več vzpostaviti. Takoj bi morali črpati vodo tja, vendar so vse črpalke porabili za 1. enoto. Jedro je bilo že izpostavljeno in poškodovano, količina sevanja

okoli elektrarne se je višala in prišlo je do eksplozije. Istočasno pa so se začeli problemi v 4. enoti, kjer se je v bazenu z gorivom začela dvigati temperatura. Ker ni deloval hladilni sistem je voda izparela in izpostavljeno gorivo je reagiralo z vodikom, kar je naslednji dan privedlo do eksplozije. Delavce so umaknili iz najbolj kontaminiranih prostorov v potresno izolirano zgradbo, s premalo zaščitnimi oblekami ter le nekaj suhe hrane in vode. Osebe, ki ni imelo bistvenih funkcij so poslali domov, vendar so po potrebi prihajali nazaj. Evakuacijske cone niso več širili, kljub dodatnima dvema eksplozijama. Naročili so le prebivalcem oddaljenim 20-30 km od elektrarne, naj ne zapuščajo domov. 16. marca so s helikopterjem preverjali, če ima bazen še dovolj vode in jo začeli dovajati šele 20. marca, ker so šele takrat dobili temu primerno opremo. Voda je bila prioriteta in ko jim je to končno uspelo vzpostaviti so začeli urejati elektriko (Ahn in drugi 2015, 178; Atomic Energy Society of Japan 2014, 74; Lochbaum in drugi 2014, 65–85; Nuclear Energy Agency 2012).

Junija so prvič javno objavili taljenje jedra treh reaktorjev, kljub temu da je bila ta informacija potrjena že 12. marca. Novi premier Noda je 16. decembra 2011 na nacionalni televiziji podal izjavo, da je situacija v jedrski elektrarni Fukušima Daiči popolnoma pod nadzorom, saj so vsi reaktorji stabilni (Lochbaum in drugi 2014, 180).

3.2.3 Kritika

Vse obrambne ovire so zatajile zaradi enega razloga, naravne nesreče. Vsaka je imela premalo varnostne rezerve, da bi lahko preprečili neuspeh. Noben organ nikoli ni niti pomislil, da lahko zatajijo popolnoma vse obrambne ovire, zato ni bilo načrtov za tak primer. Regulatorji in sama industrija bi se morali osredotočiti na to kaj vse se lahko zgodi, ne le na to kar se je že zgodilo. Glavni očitki, da je sploh prišlo do nesreče so povezani s tem, da noben ni verjel, da se kaj takega lahko zgodi. TEPCO ni predvideval niti, da lahko nesreča prizadene več reaktorjev hkrati, niti to, da bi lahko prišlo do popolnega mrka v elektrarni, zato ni zagotovil primerne preventivnega usposabljanja in postopkov. Vlada in drugi organi niso predvidevali, da lahko istočasno pride do naravne in jedrske nesreče, zato je prišlo do problemov pri odločanju, informiranju, komuniciranju in evakuiranju. Eden ključnih faktorjev, ki so privedli do nesreče, so bili neustrezni protiukrepi za cunami. Kljub temu, da je Japonska država cunamijev in zanje pravzaprav uporabljamo japonsko ime, so bili v tem primeru nanj popolnoma nepripravljeni. Kdo je kriv je težko določiti. Vsi organi skušajo sebe oprati krivde, tako da obtožujejo druge, specifično tehnologijo, slabe varnostne standarde,

starost reaktorjev, naravno nesrečo itd. Nekateri strokovnjaki pravijo, da bi se dalo preprečiti eksplozije z opremo, ki so jo takrat imeli, zato obtožujejo TEPCO ter japonske regulatorje nesposobnosti in korupcije.

Glede na to koliko stvari je šlo hkrati narobe in koliko časa je kriza trajala, so se najbolj izkazali delavci elektrarne. Pokazali so profesionalen odnos, predanost in požrtvovalnost za celotno družbo. Nekateri delavci so zaradi potresa in/ali cunamija izgubili družine in domove, a so ostali v elektrarni in pomagali. Nekaj delavcev je celo žrtvovalo svoje življenje, da so preprečili hujše poškodbe jedra in s tem rešili mnogo ljudi pred sevanjem.

4 PRIMERJAVA KRIZNEGA UPRAVLJANJA IN VODENJA

Ne glede na situacijo v življenju, najhujše posledice vedno prepreči oziroma vsaj omili preventivno delovanje. V primeru jedrske elektrarne, kjer imajo lahko posledice nepravilnega delovanja oziroma eksplozije katastrofalne učinke na bližje ali celo na širše okolje, je preventiva izredno pomembna. Vendar pa je na žalost v veliko primerih ravno ta del izpuščen ali pa površno opravljen.

V primeru jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi lahko jasno vidimo, kako zanemarjanje preventivnega delovanja povzroči nepredstavljive posledice. Sama struktura zgradbe ima velik vpliv pri obeh nesrečah. V Černobilu je zasnova reaktorja RKBM težka za upravljanje, vse je odvisno od znanja in delovanja operaterjev, saj lahko vsaka napaka privede do neustavljive verižne reakcije. Poleg tega pa niso niti do konca zgradili jedrskega zadrževalnika okoli reaktorja, kar je vodilo v resne posledice. Elektrarna v Fukušimi pa je grajena s trdnimi in okrepljenimi plastmi zaščite, z nepropustno zgradbo za omejitev izhajanja radioaktivnosti. Vsak reaktor je imel zračnik, dva generatorja za pomoč pri hlajenju jedra v primeru izpada elektrike, ter dodatne akumulatorje. Vendar pa je bila tudi tu odločilna napaka pri zasnovi. Elektrarna ni bila zadostno zaščiten pred cunamiji, kar je bil glavni razlog za odpoved vseh ostali obrambnih ovir. Pod preventivno spadajo tudi varnostni testi. V Černobilu jih niso opravili, saj se jim je mudilo z zagonom reaktorja, zaradi proizvodnje plutonija. Direktor je podal izjavo, da so vsi varnostni testi uspešno opravljeni, kar je bila seveda sprenevedanje. Ko so se 3 leta po zagonu reaktorja odločili opraviti test, je prišlo do eksplozije. V Fukušimi so sicer opravili vse varnostne teste povezane z reaktorjem, niso pa testirali mobilnih električnih postaj. Ko so jih v krizi električnega mrka skušali usposobiti, so

ugotovili, da niso kompatibilne z električnim sistemom elektrarne, kar je bila odločilna napaka pri preprečevanju poškodb na jedrih reaktorjev.

Zadnja, zelo pomembna točka preventive je izobraževanje in usposobljenost delavcev in krizne simulacije. V Černobilu so imeli specialiste, ki so delali le v dopoldanskih izmenah. Ti so se nekaj časa pripravljali in poučevali za izvedbo testa turbine, vendar je bil izveden v nočnem času, zato sploh niso bili prisotni. Test so izvajali delavci brez primerne znanja. V celotni Sovjetski zvezi pravzaprav niso niti imeli simulatorja RKBM reaktorja, na katerem bi se lahko učili, preden so začeli z delom v elektrarni. V Fukušimi so bili delavci visoko usposobljeni in izobraženi, vendar niso imeli kriznih simulacij, kjer bi se morali ukvarjati s popolnim električnim mrkom, delom v temi in sevanjem po celi elektrarni. Med nesrečo zato niso vedeli kako se zračnik odpre ročno, iz ure v uro so spreminjali prioritete (elektrika, odzračevanje ali hlajenje) in niso bili pozorni na dogajanje v celotni elektrarni, ampak le na en reaktor hkrati.

Vse napake v preventivi in neprimerno krizno upravljanje in vodenje, so vodile v dve najhujši jedrski nesreči. V Černobilu je bil prizadet le en reaktor, medtem ko sta bila v Fukušimi dva in še bazen z izrabljenim gorivom. Kršitve postopkov, ki so jih naredili operaterji, delavci in nadzorni organi so bile veliko hujše in bolj izrazite pri černobilski nesreči. Delavci so namerno zmanjšali moč reaktorja pod najnižjo dovoljeno, ugasnili zasilni sistem za hlajenje jedra ter sistem za samodejni izklop reaktorja. Računalnik je javil informacijo o nestabilnosti reaktorja, kar pomeni takojšno zaustavitev, vendar je operater namerno ignoriral in pričel z izvajanjem testa. Vse te namerne kršitve so vodile v katastrofo. Nadzornik in direktor elektrarne nista verjela, da je prišlo do eksplozije, delavce sta celo ozmerjala, da so nesposobni in da uporabljajo pokvarjene merilce sevanja. V Moskvo sta sporočila le, da je prišlo do incidenta in da je vse v redu. Nadrejeni v Moskvi so prepovedali kakršno koli širjenje informacij in hkrati tudi evakuacijo, saj bi povzročila le strah in govorice. Šele peti dan po eksploziji, ko je švedska elektrarna zaznala povišano radioaktivnost v ozračju, je Gorbačov priznal kaj se je zgodilo in podal izjavo, da ni več nobene nevarnosti. Vendar je nevarnost še vedno bila, saj jim je grozila termalna eksplozija, ki pa so jo uspešno preprečili. Gašenje jedra z vodo ni bilo dovolj uspešno, da bi ga popolnoma ugasnili, zato so nanj natresli 5 000 ton materiala in čez zgradili betonski sarkofag, da so preprečili nadaljnje izpuste.

Pri Fukušimi ni bilo namernih kršitev postopkov ampak predvsem slaba in pomanjkljiva komunikacija med glavnimi akterji odločanja, problem pooblastil, predolgo odločanje o kritičnih zadevah ter nevednost prebivalcev. V roku ene ure po cunamiju je bilo jasno, da bo prišlo do poškodb jedra, saj je bil v elektrarni popoln mrk, niso delovali generatorji in hladilni sistemi, ročne črpalke so bile uničene, vendar premier še ni hotel razglasiti izrednih razmer. Med glavnimi organi (vlada, TEPCO, krizni center, občine) je bila zelo slaba komunikacija, informacije so prihajale razdrobljeno in zapoznelo, večinoma kar prek mobilnih telefonov, saj nič drugega ni delovalo. V elektrarni pa so si morali informacije predajati osebno, kar je bilo zelo zamudno in nevarno, ker so se ves čas izpostavljali povišanemu sevanju. Merilcev hladilne vode v reaktorjih niso umerili na ekstremne razmere, zato delavci niso imeli pravih meritev. Vodo so sicer črpali v reaktor, vendar niso bili prepričani o svoji uspešnosti. Ko so ugotovili, da je nivo vode padel, je bilo že prepozno, škoda se je že začela delati na jedru. Tu pa se je pojavil eden večjih problemov te nesreče, pooblastila in odločanje. Operaterji se lahko odločajo le o zadevah znotraj elektrarne, za vse ostalo odločajo pristojni organi. Ko so ugotovili, da črpalke ne delujejo in bi morali sprostiti pritisk ter s tem kontrolirano izpustiti sevanje v ozračje, so morali pridobiti dovoljenje premierja. Preden so dobili dovoljenje je minilo nekaj časa, potem pa so imeli še probleme z odprtjem zračnika. Kljub odzračevanju se pritisk ni dovolj znižal, da bi lahko z vodo ohladili jedro, zato je prišlo do eksplozije. Začelo je zmanjkovati vode za ohlajanje vseh enot in najboljša možnost je bila morska voda, vendar bi zagotovo uničila reaktor. Ponovno so morali čakati na odločitev premierja. Nadzornik elektrarne se je kar sam odločil črpati morsko vodo, saj je bila prioriteta ohladiti pregreto jedro. Če bi čakal na premierjevo odločitev, bi bile posledice verjetno še hujše. S pomočjo topov in gasilskih tovornjakov so hladili reaktorje do vzpostavitve elektrike in zagona hladilnih sistemov. Glede obveščanja javnosti, tudi v Fukušimi niso blesteli. Večina prebivalcev ni vedela zakaj jih evakuirajo in kaj se sploh dogaja v elektrarni. Šele junija so javno potrdili taljenje jedra v vseh treh reaktorjih, čeprav so to vedeli že 12. marca.

Z evakuacijo so se spopadali na različne načine. V Černobilu, kot sem že zgoraj omenila, so v Moskvi sprva evakuacijo prepovedali. Šele po 36 urah so evakuirali 40 000 prebivalcev bližnjega mesta Pripjat. Nato pa so čakali in se pretvarjali, da bo vse v redu. Prebivalce po celi Ukrajini so celo spodbujali, naj se udeležujejo slavlja 1. maja, kljub temu, da je bilo sevanje močno povišano. Naslednji dan so končno evakuirali prebivalce v radiju 10 km od elektrarne, do 6. maja pa v radiju 30 km. Prav tako so cel teden čakali z delitvijo jodovih tablet, kar je vplivalo na zdravstvene posledice prebivalcev. V Fukušimi pa so imeli bolj sistematično

evakuacijo. Po prvih 4 urah so evakuirali prebivalce v radiju 3 km od elektrarne, vendar je le 20% vedelo, da je to zaradi problemov v elektrarni. Naslednje jutro so evakuirali vse v radiju 10 km, po prvi eksploziji pa so razširili evakuacijo na 20 km. Po eksploziji v 3. in 4. enoti, evakuacije niso več širili, ampak le opozorili prebivalce v radiju 20-30 km, naj ne zapuščajo domov. Vlada ni nikoli ukazala jemanje jodovih tablet, so pa to nekatere občine naredile po lastni presoji.

Posledice nesreče se močno razlikujejo. V Černobilu so bile posledice eksplozije veliko hujše. Odnoslo je streho zgradbe, okoli elektrarne je nastalo 30 požarov, najbolj problematičen pa je bil požar grafita, ki je oddajal radioaktivne izpuste do zaprtja reaktorja s sarkofagom. V Fukušimi je prav tako odneslo streho in stene pri eni od eksplozij, vendar so bili reaktorji zaščiteni z nepropustno zgradbo za omejitev radioaktivnih izpustov. Odkritje strehe je seveda povzročilo nekaj izpustov, vendar je bil večji krivec odkrit bazen z gorivom ter namerno odzračevanje za zmanjšanje pritiska.

V Černobilu je bilo 20 000 oseb več evakuiranih samo v radiju 30 km od elektrarne, kot v Fukušimi vseh skupaj. Tudi kontaminiranega okolja je bilo 2x več. V Fukušimi ni bilo smrtnih žrtev med delavci, le 2 sta dobila hude opekline, medtem ko je v Černobilu umrlo 30 delavcev in gasilcev zaradi akutne radiacijske bolezni ter požarov. Število ljudi, ki so sodelovali med in po krizi, je v Černobilu narastlo na 600 000. Policistov je bilo 16 500, od tega jih je 0,35% zbolelo za kronično boleznijo zaradi sevanja, 9% pa je imelo kronične dihalne probleme. Za ostalih 97% ljudi pa ni zdravstvenih podatkov, znano pa je, da niso bili zaščiteni. Veliko je bilo tudi zakasnelih zdravstvenih posledic, kot je rak na ščitnici, kar pa za Fukušimo še ne moremo vedeti, ker še ni minilo dovolj časa. Znano pa je, da so bile doze sevanja zelo majhne in da je le 0,02% prejelo dozo višjo od normalne. V Fukušimi je umrlo 60 pacientov bolnišnic, ko so jih skušali evakuirati brez vnaprej pripravljenih narčtov, sama jedrska nesreča pa ni povzročila nobene smrtne žrtve. 27 351 delavcev je bilo izpostavljenih sevanju, od tega je le 5% prejelo dozo višjo od standarda za delavce v izrednih razmerah.

Nesreči sta bili, kljub pomembnim razlikam, ocenjeni z najvišjo stopnjo 7. po INES. Ta stopnja pomeni dovolj resno nesrečo, da mora država izvesti protiukrepe za zaščito javnosti in okolja pred sevanjem, tudi če se učinki kasneje sploh ne pojavijo. Protiukrepi so bili potrebni pri obeh nesrečah, zato sta ocenjeni z enako stopnjo. Vendar pa so razlike med njima očitne. Černobilska nesreča je edina v zgodovini komercialne rabe jedrske energije, pri kateri so bile

smrtne žrtve. Tudi količina radioaktivnih izpustov se močno razlikuje, saj jih je bilo v Fukušimi le za 10% od količine sovjetskih časih. Razlike opazimo tudi v kriznem upravljanju, saj je sovjetska vlada skušala prikriti nesrečo in minilo je kar nekaj časa preden so odobrili prvo evakuacijo, s tem pa povzročili zdravstvene posledice, ki bi jih bilo moč preprečiti. Japonci pa so že po 4 urah začeli s prvo evakuacijo in tako omejili vpliv izpustov na zdravje ljudi (Nuclear Energy Institut 2016).

5 SKLEP

V diplomskem delu sem opisala potek dogajanja in krizno upravljanje pri dveh jedrskih nesrečah, v Černobilu in v Fukušimi. Skozi raziskovanje sem iskala odgovor na zastavljeno vprašanje, ki se glasi: *»Obe jedrski nesreči sta bili ocenjeni z enako stopnjo ogrožanja. Zakaj so bile torej v Fukušimi posledice jedrske nesreče bistveno manjše kot pa v primeru jedrske nesreče v Černobilu?«*

Gre za dve ključni razliki. Prva razlika je v zasnovi reaktorske zgradbe. Černobilska elektrarna ni bila zaščitena proti radioaktivnim izpustom, saj je niso niti do konca zgradili pred zagonom reaktorja. Na drugi strani pa je bila japonska elektrarna dodatno okrepljena z nepropustno zgradbo okoli reaktorja, za omejitev izhajanja radioaktivnih izpustov.

Druga razlika pa v kriznem upravljanju in vodenju. V Černobilu so sprva zanikali obstoj nesreče vsi glavni akterji odločanja v krizi: nadzornik nočne izmene, direktor elektrarne ter sovjetska vlada v Moskvi. Celotno dogajanje so želeli prikriti pred svojimi državljani in pred svetom. Z reševanjem krize v elektrarni so se sicer spopadali, vendar so hkrati zanemarili dejstvo, da je le 3 km stran živelo 40 000 ljudi, ki so iz ure v uro prejemale vse višje doze radioaktivnega sevanja. Če bi jih evakuirali takoj, ne šele po 36 urah, bi bile zdravstvene posledice drastično manjše. V Fukušimi pa so takoj reagirali in že po 4 urah odredili prvo evakuacijo in nato postopno večali evakuacijsko cono glede na dogajanje v elektrarni.

Na podlagi tega lahko odgovorim na zastavljeno vprašanje. V Fukušimi so bile manjše posledice, zaradi ustrezne zaščite elektrarne pred radioaktivnimi izpusti ter takojšnjega evakuiranja bližnjih prebivalcev.

Za diplomsko delo sem si zastavila tudi hipotezo: *»Ključni vzrok za jedrsko nesrečo je v obeh primerih mogoče najti v malomarnosti in neupoštevanju varnostnih pravil, kljub temu da je*

jedrsko nesrečo v Fukušimi povzročil potres.» Da bi lahko hipotezo potrdila ali ovrgla, sem preučila krizno upravljanje in vodenje obeh nesreč ter naredila s primerjalno analizo.

Svojo hipotezo lahko zagotovo potrdim. Povod za nesrečo v Černobilu je bil test turbine, v Fukušimi pa potres, oziroma cunami. Vendar pa je bil vzrok pri obeh nesrečah enak, in to so človeške napake. V obeh primerih niso verjeli, da se kaj takega sploh lahko zgodi, saj so preveč zaupali v varnost jedrske tehnologije.

Pri obeh jedrskih nesrečah lahko opazimo zanemarjeno preventivno delovanje in neustrezno ukrepanje med krizo. Problem se pojavi že pri sami zgradbi elektrarne, saj je v Černobilu niso niti zgradili do konca, RKBM reaktorji pa so znani po specifičnih karakteristikah in oteženim upravljanjem, v Fukušimi pa se niso ustrezno zaščitili proti cunamijem, kljub temu da so tam zelo pogosti. V nobenih od elektrarn niso opravili vseh varnostnih testov, kar je bilo v eni povod za nesrečo, v drugi pa odločilna napaka, ki je zelo verjetno vodila do poškodb jedra in eksplozije. Med preventivo spada tudi pomanjkanje simulacij na reaktorju, ter kriznih simulacij v primeru električnega mrka, saj se je med nesrečama izkazalo, da operaterji in delavci ne znajo postaviti prioritete in uporabljati varnostnih ovir.

Glavni akterji kriznega upravljanja so prispevali velik delež k poslabšanju razmer. Pri Černobilu s tem, ko so zanikali sam obstoj nesreče in jo skušali prikriti, če bi takoj ukrepali bi bile posledice krepko manjše. Pri Fukušimi pa so imeli probleme s komunikacijo, širjenjem informacij ter predvsem z odločanjem. Če bi hitreje sprejemali odločitve, bi mogoče lahko celo preprečili eksplozije.

6 LITERATURA

1. Ahn, Joonhong, Cathryn Carson, Mikael Jensen, Kohta Juraku, Shinya Nagasaki in Satoru Tanaka. 2015. *Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident*. Dostopno prek: <http://www.springer.com/gp/book/9783319120898> (22. julij 2016).
2. Atomic Energy Society of Japan. 2014. *The Fukushima Daiichi Nuclear Accident. Final Report of the AESJ Investigation Committee*. Japan: Maruzen Publishing Co.
3. British Nuclear Emergency Society. 1987. *Chernobyl: a technical appraisal: proceedings of the seminar organized by the British Nuclear Energy Society held in London, 3 October 1986*. London: British Nuclear Energy Society.
4. British Nuclear Industry Forum. 1995. *The Chernobyl Accident Factsheets*. v *ČERNOBIL. Nesreča, posledice, nauki*, ur. Andrej Stritar, 13–45. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije.
5. Dolinar, Ksenija in Seta Knop. 2003. *Leksikon Cankarjeve založbe*. Ljubljana: Cankarjeva založba.
6. Electricité de France. 1994. *Chernobyl, True, False and Uncertain*. v *ČERNOBIL. Nesreča, posledice, nauki*, ur. Andrej Stritar, 46–69. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije.
7. ICJT. 2013. *Zgodovina jedrske tehnologije*. Dostopno prek: <http://www.icjt.org/jedrska-tehnologija/zgodovina-jedrske-tehnologije/> (27. julij 2016).
8. International Atomic Energy Agency. 1986a. *Safety Series No. 75-INSAG-1: Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group*. Dostopno prek: <http://www.ilankelman.org/miscellany/chernobyl.pdf> (13. julij 2015).

9. --- 1992b. *INSAG-5: The Safety of Nuclear Power. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group* (Safety Series No. 75-INSAG-5). Dostopno prek: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub910e_web.pdf (13. julij 2015).
10. --- 1999c. *INSAG-11: The Safe Management of Sources of Radiation: Principles and Strategies. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group*. Dostopno prek: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1080e_web.pdf (13. julij 2015).
11. --- 2009č. *INES – The International Nuclear and Radiological Event Scale: User's Manual*. Dostopno prek: https://web.archive.org/web/20110515164252/http://www-pub.iaea.org:80/MTCD/publications/PDF/INES-2009_web.pdf (14. julij 2016).
12. Johnson, Thomas. 2014. *The Battle of Chernobyl*. Discovery Channel. Dostopno prek: http://www.liveleak.com/view?i=4ae_1399765146 (10. maj).
13. Lochbaum, David, Edwin Lyman, Susan Q. Stranahan in The Union of Concerned Scientists. 2014. *Fukushima: the story of a nuclear disaster*. New York: The New Press.
14. Malešič, Marjan, ur. 2004. *Krizno upravljanje in vodenje v Sloveniji. Izzivi in priložnosti*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
15. Malešič, Marjan, Marko Polič in Jelena Juvan. 2012. *Psihološke in socialne značilnosti evakuacije*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
16. Murphy, Nick. 2013. *BBC – Surviving Disaster: Chernobyl Nuclear Disaster (sezona 1, epizoda 3)*. Velika Britanija. Dostopno prek: http://www.liveleak.com/view?i=0ee_1372192243 (25. junij).
17. Nuclear Energy Agency. 1987a. *Chernobyl and the Safety of Nuclear Reactors in OECD Countries*. Pariz: OECD.

18. --- 1995b. *Chenrobyl, Ten Years On, Radiological and Health Impact*. v *Černobil. Nesreča, posledice, nauki*, ur. Andrej Stritar, 1–12. Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije.
19. --- 2012c. *Timeline for the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident*. Dostopno prek: <https://www.oecd-neo.org/news/2011/NEWS-04.html> (23. julij 2016).
20. Nuclear Energy Institut. 2016. *Fukushima, Chernobyl and the Nuclear Event Scale*. Dostopno prek: <http://www.nei.org/News-Media/News/News-Archives/fukushima-chernobyl-and-the-nuclear-event-scale> (20. avgust 2016).
21. TEPCO. 2011. *List of Documents concerning the Response Status at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station and Fukushima Daini Nuclear Power Station*. Dostopno prek: http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu12_e/images/120620e0101.pdf (20. julij 2015).
22. Župančič, Franc Željko. 2011. *Varnostni vidiki prehoda iz intervencije v sanacijo v primeru letalske nesreče*. Dostopno prek: <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-M8EYVDUG> (24. julij 2016).
23. World Information Service on Energy. 2011. *Chernobyl: Chronology of a Disaster*. Dostopno prek: <http://www.nirs.org/mononline/nm724.pdf> (13. julij 2015).