



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE

URAD ZA REGIJSKO DELOVANJE

Izpostava Postojna

Kolodvorska 5, 6230 Postojna

T: 05 728 02 23

F: 05 726 48 44

E: izpostava.po@urszr.si

www.sos112.si/postojna

Številka: 8421-8/2023-3 - DGZR

Datum: 12. 12. 2023

OCENA OGROŽENOSTI OB JEDRSKI IN RADIOLOŠKI NESREČI V NOTRANJSKI REGIJI

Verzija 3.0

	ORGAN	DATUM	ODGOVORNA OSEBA/PODPIS
SPREJEL	Izpostava URSZR Postojna		mag. Aleš Klemenc sekretar vodja izpostave
IZDELAL	Izpostava URSZR Postojna	December 2023	Metka Kovač

KAZALO

KAZALO.....	2
1 UVOD.....	7
2 KATEGORIZACIJA VIROV NEVARNOSTI	8
3 JEDRSKI OBJEKTI	10
3.1 Viri nevarnosti.....	10
3.2 Možni vzroki nastanka nesreče	10
3.3 Verjetnost pojavljanja nesreče	11
3.3.1 Metode za oceno verjetnosti pojavljanja nesreče in oceno njihovih posledic oz. ocena tveganja zaradi delovanja jedrske elektrarne.....	11
3.3.2 Osnovne značilnosti metode.....	12
3.3.3 Tipični redi velikosti rezultatov	12
3.3.4 Uporaba VVA pri načrtovanju ukrepov	13
3.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti.....	13
3.5 Potek in možen obseg nesreče	15
3.5.1 NE Krško.....	15
3.5.2 Reaktor TRIGA	17
3.5.3 Skladišče CSRAO na Brinju	17
3.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	18
3.7 Verjetne posledice nesreče.....	18
3.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče	18
3.9 Kombinacija jedrske in druge nesreče	19
3.10 Možnost predvidevanja nesreče	19
3.11 Načrtovanje zaščitnih ukrepov	19
3.11.1 Stopnje nevarnosti izrednega dogodka v NEK.....	19
3.11.2 Območja načrtovanja za jedrsko nesrečo v NEK in zaščitni ukrepi.....	20
4 UPORABA RADIOAKTIVNIH SNOVI	22
4.1 Viri nevarnosti.....	22
4.2 Možni vzroki nastanka nesreče	22
4.3 Verjetnost pojavljanja nesreče	22
4.4 Vrsta oblika in stopnja ogroženosti.....	23
4.5 Potek in možni obseg nesreče	23

4.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	24
4.7	Verjetne posledice nesreče	24
4.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	24
4.9	Možnost predvidevanja nesreče	24
4.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	25
5	KRIMINALNO DEJANJE	26
5.1	Viri nevarnosti	26
5.2	Možni vzroki nastanka nesreče	26
5.3	Verjetnost ponavljanja nesreče	26
5.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	27
5.5	Potek in možni obseg nesreče	27
5.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	28
5.7	Verjetne posledice nesreče	28
5.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	29
5.9	Možnost predvidevanja nesreče	29
5.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	29
6	NENADZOROVANI VIRI SEVANJA	31
6.1	Viri nevarnosti	31
6.2	Možni vzroki nastanka nesreče	33
6.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	33
6.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	33
6.5	Potek in možni obseg nesreče	33
6.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	33
6.7	Verjetne posledice nesreče	34
6.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	34
6.9	Možnost predvidevanja nesreče	34
6.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	34
7	PREVOZ RADIOAKTIVNIH IN JEDRSKIH SNOVI	35
7.1	Viri nevarnosti	35
7.2	Možni vzroki nastanka nesreče	35
7.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	35
7.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	36

7.5	Potek in možni obseg nesreče	36
7.5.1	Prevoz svežega goriva	37
7.5.2	Prevoz izrabljenega goriva	37
7.5.3	Prevoz radioaktivnih snovi za potrebe medicine, industrije, raziskav in drugih dejavnosti 38	
7.5.4	Tranzit radioaktivnih snovi	38
7.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	39
7.7	Verjetne posledice nesreče	39
7.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	39
7.9	Možnost predvidevanja nesreče	39
7.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	39
8	PADEC SATELITA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI.....	40
8.1	Viri nevarnosti.....	40
8.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	40
8.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	40
8.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti.....	40
8.5	Potek in možni obseg nesreče	41
8.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	41
8.7	Verjetne posledice nesreče.....	41
8.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	41
8.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	41
8.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	41
9	PLOVILA NA JEDRSKI POGON	42
9.1	Viri nevarnosti.....	42
9.2	Možni vzroki nastanka nesreče.....	42
9.3	Verjetnost pojavljanja nesreče	42
9.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti.....	42
9.5	Potek in možni obseg nesreče	43
9.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	44
9.7	Verjetne posledice nesreče.....	44
9.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	44
9.9	Možnost predvidevanja nesreče.....	45
9.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	45

10	JEDRSKA NESREČA V TUJINI.....	46
10.1	Viri nevarnosti	46
10.2	Možni vzroki nastanka nesreče so enaki kot v 2.2.	46
10.3	Verjetnost pojavljanja nesreče.....	46
10.4	Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti	46
10.5	Potek in možni obseg nesreče.....	46
10.6	Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina	46
10.7	Verjetne posledice nesreče	47
10.8	Verjetnost nastanka verižne nesreče	47
10.9	Možnost predvidevanja nesreče	47
10.10	Načrtovanje zaščitnih ukrepov	47
11	RAZLAGA POJMOV IN KRATIC	49
11.1	Pomen pojmov	61
11.2	Seznam kratic	64
12	PRILOGE	66
3	KRITERIJI ZA RAZVRŠČANJE OBČIN V RAZREDE OGROŽENOSTI OB JEDRSKI ALI RADIOLOŠKI NESREČI V NEK	49
3.1	Razvrščanje občin v Notranjski regiji.....	51
3.2	Ogroženost Notranjske regije ob jedrski nesreči v Nuklearni elektrarni Krško.....	52
4	OGROŽENOST OBČIN ZARADI DRUGIH JEDRSKIH IN RADIOLOŠKIH NESREČ ...	54
4.1	Ogroženost zaradi nesreče v raziskovalnem reaktorju TRIGA (Training, Research, Isotopes, General Atomics) na Brinju	54
4.2	Nesreča v Centralnem skladišču radioaktivnih odpadkov na Brinju	55
4.3	<i>Nesreča pri uporabi radioaktivnih virov</i>	55
4.4	<i>Zlonamerno dejanje</i>	56
4.5	<i>Nesreča zaradi nenadzorovanih virov sevanja</i>	56
4.6	<i>Nesreča med prevozom radioaktivnih snovi</i>	57
4.7	<i>Padec satelita z radioaktivnimi snovmi</i>	57
4.8	<i>Nesreča na plovilu na jedrski pogon</i>	58
4.9	<i>Jedrska nesreča v tujini</i>	58
4.10	<i>Poškodba odlagališč jalovine na nekdanjem rudniku Žirovski Vrh</i>	59
5	POVZETEK IN ZAKLJUČEK	60

6	VIRI PODATKOV IN VSEBIN ZA IZDELAVO OCENE OGROŽENOSTI	69
----------	--	-----------

1 UVOD

Regijska Ocena ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči v Notranjski regiji verzija 3.0 je izdelana na podlagi Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06 – UPB 97/10 in 21/18 – ZNOrg in 117/22), Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19 172/21 in 18/23 – ZDU-10), Navodila o izdelavi ocene ogroženosti (Uradni list RS, št. 39/95), Uredbo o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni list RS, št. 24/12, 78/16 in 26/19), Ocene ogroženosti Republike Slovenije zaradi jedrske in radiološke nesreče, Verzija 3.0 (številka 8420-1/2022-260 - DGZR z dne 08.11.2023), ki jo je sprejela Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR) ter drugimi predpisi s področja jedrske in sevalne stroke.

Ocena ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči v Notranjski regiji verzija 3.0 je sestavljena iz več delov. Prvi del je Uvod, drugi del je ogroženost Notranjske regije ob izrednem dogodku v jedrskih objektih in radioaktivnih snovi, tretji del pa so kriteriji za razvrstitev občin in regije v razrede ogroženosti za jedrsko nesrečo v NEK, ki jih je izdelala URSZR in četrti del razvrščanje občin zaradi drugih jedrskih in radioloških nesreč, ki vključuje notranjo kategorizacijo (geografsko porazdelitev tveganja za nesreče (povzeto po Oceni ogroženosti ob izrednem dogodku v jedrskih objektih in zaradi radioaktivnih snovi, Izdaja 8 (maj 2023), ki jo je izdelala URSJV.

Regijska ocena ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči za Notranjsko regijo je izdelana zaradi možnosti pojava jedrske in radiološke nesreče, izrednega dogodka v jedrskih objektih in zaradi vpliva radioaktivnih snovi, ki bi lahko ogrožale tako Notranjsko regijo kot celotno območje RS in čez državne meje. Regijska ocena ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči za Notranjsko regijo je podlaga za izdelavo regijskega Načrta zaščite in reševanja ob jedrski in radiološki nesreči za Notranjsko regijo in obravnava nevarnosti tudi iz drugih jedrskih objektov v Sloveniji in v tujini, vključno z radiološkimi nesrečami, kot je npr. pri uporabi in prevozu radioaktivnih snovi.

S sprejetjem te ocene ogroženosti preneha veljati Ocena ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči v Notranjski regiji št. 8421-8/2023-2-DGZR, z dne 9.11.2023.

2 KATEGORIZACIJA VIROV NEVARNOSTI

Vsakršna dejavnost, povezana z ionizirajočim sevanjem (sevalna dejavnost) predstavlja določeno nevarnost, zato je v Sloveniji je v skladu z Zakonom, ki ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji in jedrsko varnost, za vsako tako dejavnost potrebno izdelati bodisi načrt zaščite in reševanja organizacije po Zakonu, ki ureja varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami, bodisi navodilo za ukrepanje ob izrednem dogodku, ta delitev pa temelji na oceni ogroženosti, ki jo določena dejavnost predstavlja.

Viri nevarnosti so vsi objekti, naprave, stroji in postroji, ki vsebujejo jedrske ali radioaktivne snovi, ki v primeru izrednega dogodka povzročijo povečano sevanje. Vire nevarnosti lahko skladno z dokumentom GSR Part 7 in EPR-Method razvrstimo na **pet kategorij** glede na grožnjo in možne posledice nesreče:

kategorija I:	Reaktorji z močjo večjo od 100 MWth (megavat toplotne energije); bazeni z izrabljenim gorivom od reaktorjev z močjo 3000 MWth; prostori, kjer aktivnost odprtih virov znaša 10.000-kratno vrednost,
kategorija II:	Reaktorji z močjo večjo od 2 MWth in manj kot 100 MWth; bazeni z izrabljenim gorivom iz reaktorjev z močjo od 10 MWth do 3.000 MWth; prostori, kjer je aktivnost odprtih virov 10-kratnik vrednosti
kategorija III:	Reaktorji z močjo manjšo od 2 MWth; potencialna nevarnost za hitrost doze 10 Sv/h na razdalji 30 cm pri nezaščitenem viru; prostori, kjer aktivnost odprtih virov ne presega 0,01 vrednosti, določene v [4 – Appendix 8],
kategorija IV:	Aktivnosti, ki lahko povzročijo jedrsko ali radiološko nesrečo na neznani lokaciji; nenadzorovani (izgubljeni ali ukradeni) viri sevanja; nesreča pri transportu radioaktivnih snovi, padec satelita, viri v odpadnih kovinah; sem spadajo tudi jedrske ali radiološke nesreče v tujih državah, ki ne spadajo v kategorijo V. Kategorija IV predstavlja tveganje, ki ga je potrebno upoštevati na vseh nivojih za celotno državo (na državnem nivoju in v vseh lokalnih skupnostih),
kategorija V:	Območja v državi, ki je soseda z državo, v kateri so objekti kategorije I in II in katerih območja načrtovanja zaščitnih ukrepov se raztezajo na območje prve države.

Po terminologiji MAAE se zgornje kategorije imenujejo kategorije pripravljenosti na izredni dogodek

(Emergency Preparedness Categories - EPC) in se uporabljajo za načrtovanje in vzdrževanje pripravljenosti. Ne smemo jih zamenjevati s kategorijami iz dokumenta MAAE, ki razvrsti zaprte vire sevanja v pet kategorij glede na možne deterministične učinke sevanja. Svet EU je leta 2013 izdal Direktivo Sveta 2013/59/Euratom, ki določa visokoaktivne vire sevanja, da se prepreči izpostavljenost delavcev in prebivalstva ionizirajočemu sevanju zaradi neustreznega nadzora nad visokoaktivnimi viri sevanja, ki predstavljajo največje potencialno tveganje. Meje za visokoaktivne vire sevanja in nevarne vire sevanja določa Uredba o sevalnih dejavnostih (Uradni list RS, številka 19/18).

3 JEDRSKI OBJEKTI

3.1 Viri nevarnosti

Jedrski objekt je objekt za predelavo in obogatitev jedrskih snovi ali izdelavo jedrskega goriva, jedrski reaktor v kritični ali podkritični sestavi, raziskovalni reaktor, jedrska elektrarna, objekt za skladiščenje, predelavo, obdelavo ali odlaganje jedrskega goriva ali visokoradioaktivnih odpadkov in objekt za skladiščenje, obdelavo ali odlaganje nizko- ali srednjeradioaktivnih odpadkov. Jedrski objekt lahko sestoji tudi iz več jedrskih objektov, če so funkcionalno povezani na istem geografsko zaokroženem območju in jih upravlja ena oseba.

V Sloveniji imamo v skladu s kategorizacijo v [4] naslednje jedrske objekte:

- NEK (I. kategorija),
- Raziskovalni reaktor TRIGA Mark II v Podgorici (III. kategorija) in
- Centralno skladišče radioaktivnih odpadkov Brinje (III. kategorija).

Na območju Notranjske regije nimamo tovrstnih jedrskih objektov.

V Sloveniji ni drugih jedrskih objektov, za katere bi bilo potrebno načrtovati ukrepe za primer izrednega dogodka skladno s kategorizacijo.

Ko bo v Sloveniji zgrajeno načrtovano odlagališče radioaktivnih odpadkov, bo potrebno oceno ogroženosti dopolniti tudi za takšen objekt.

3.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Nesreča v tej oceni ogroženosti pomeni dogodek, pri katerem je prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi, ali pa obstaja potencialna nevarnost, da bo prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi v takšnem obsegu, da so oziroma bodo znatno presežene omejitve, ki so predpisane z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti oziroma s pravilniki, ki jih predpisuje ta Zakon.

Za jedrske objekte so izdelane študije, ki razvrščajo vzroke za nesrečo na skupine po začetnih dogodkih. Vzroki za nesrečo lahko izvirajo iz okvare tehnoloških sistemov oziroma komponent ali pa zaradi človeške napake. Tako so npr. za NEK posamezni scenariji - sekvence dogodkov, ki lahko vodijo do nesreče s taljenjem sredice razdeljeni na več skupin, ki se začnejo s karakterističnim začetnim dogodkom. Takšni začetni dogodki so:

- izguba reaktorskega hladila skozi veliko odprtino,
- izguba reaktorskega hladila skozi srednjo odprtino,
- izguba reaktorskega hladila skozi majhno odprtino,

- zlom cevi v uparjalniku,
- odpoved reaktorske posode,
- puščanje reaktorskega hladila skozi različne sisteme,
- prehodni pojav brez delujočega sistema glavne napajalne vode,
- prehodni pojav z delujočim sistemom glavne napajalne vode,
- zlom glavnega parovoda,
- izguba vsega zunanjšega napajanja,
- izguba vsega izmeničnega napajanja,
- prehodni pojav brez ustavitve reaktorja,
- izguba bistvene napajalne vode,
- izguba sistema za hlajenje komponent,
- izguba enosmernega napajanja in
- izguba instrumentacijskega zraka.

Samo ena okvara ne vodi do nesreče, ker so bistveni sistemi podvojeni oziroma je potrebno več okvar in napak, da bi prišlo do zaporedja dogodkov, ki vodijo k poškodbi sredice reaktorja. Zgoraj so naštetih t. i. notranji začetni dogodki, obstajajo pa tudi zunanji začetni dogodki, kot so požar, poplava, potres, padec letala, ki lahko tudi vodijo do nesreče.

Pri obravnavanju nesreče seveda ne moremo mimo človeških napak, ki se lahko pojavijo v vsaki fazi nesreče, in so lahko vzrok za začetek nesreče ali za poslabšanje situacije med potekom nesreče. Med začetne dogodke, ki lahko vodijo do poškodbe sredice, pa lahko vključimo tudi diverzijo ali sabotažo.

3.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

3.3.1 Metode za oceno verjetnosti pojavljanja nesreče in oceno njihovih posledic oz. ocena tveganja zaradi delovanja jedrske elektrarne

Verjetnost nastanka in poteka nesreče v jedrski elektrarni ocenjujemo z metodologijo verjetnostnih varnostnih analiz (VVA). VVA je postopek za pridobitev numerične ocene tveganja, ki so mu izpostavljeni okolica in prebivalstvo zaradi obratovanja različnih tehnoloških objektov, oziroma prisotnosti različnih dejavnosti in procesov. VVA temelji na identifikaciji možnih začetnih dogodkov ter na določanju zaporedij dogodkov, ki jih vsak začetni dogodek lahko sproži, skupaj s posledicami. VVA so sestavljene iz treh nivojev:

- **Nivo 1** - izračunana je verjetnost poškodbe sredice zaradi notranjih dogodkov (izguba vsega izmeničnega napajanja, zlom cevi primarnega sistema ...) in zunanjih dogodkov (požar, potres, poplava ...).

- **Nivo 2** - izračunana je verjetnost in količina radioaktivnih izpustov, časovni razvoj poteka dogodkov v zadrževalnem hramu za različne oblike in količine izpustov radioaktivnih snovi v okolje zaradi odpovedi pregrad in sistemov zadrževalnega hrama.
- **Nivo 3** - izračunane so pričakovane posledice za prebivalstvo in okolje zaradi radioaktivnih izpustov, določenih v nivoju 2. Upoštevana je tudi meteorološka, topografska in demografska značilnost lokacije.

3.3.2 Osnovne značilnosti metode

Glavni rezultati

Glavni rezultat VVA je verjetnost za poškodbo sredice ter verjetnost, količina in časovni potek radioaktivnih izpustov zaradi odpovedi zadrževalnega hrama.

Glavne kategorije vhodnih podatkov

Jedrska nesreča se prične z začetnim dogodkom, ki sproži različne odzive elektrarne in s tem potek nesreče. Pomembno je stanje elektrarne v trenutku nesreče, razpoložljivost komponent, zanesljivost komponent in človeške napake. Vse to vpliva na potek nesreče. VVA kažejo, da med množico možnih scenarijev obstaja skupina prevladujočih scenarijev poteka nesreče. Vsota verjetnosti vseh možnih potekov nesreče nam da celotno verjetnost za nastanek poškodbe sredice.

Negotovost rezultatov

Zaradi negotovosti vhodnih podatkov ne smemo obravnavati rezultatov analize kot absolutnih vrednosti za možnost nesreče. Analiza nam pokaže najverjetnejše scenarije, katere komponente in človeške akcije so najpomembnejše za potek nezgode ter stopnjo njihove pomembnosti.

Omejitve

V predpostavkah in poenostavitvah analize so običajno upoštewane nekatere omejitve. Obravnavajo se le potencialni radioaktivni izpusti iz sredice.

3.3.3 Tipični redi velikosti rezultatov

Pričakovana verjetnost poškodbe sredice za NEK je $4,26 \cdot 10^5$ [15], kar je primerljivo z elektrarnami podobnega tipa in starosti drugje. Ta vrednost vključuje notranje začetne dogodke, dogodke zaradi požarov, poplav, potresov in ostale zunanje dogodke, kamor spadajo padci letal, zunanje poplave, vremenske ujme ipd. Zadrževalni hram zmanjša verjetnost izpustov radioaktivnih snovi v okolje v primeru jedrske nesreče za 10 do 50-krat. Prav tako se podaljša čas, po katerem pride do potencialnega izpusta. To omogoča učinkovitejše ukrepanje po nesreči.

Negotovost rezultatov in razlike pri verjetnostih za poškodbo rezultatov so odvisne od metodologije VVA, zato skoraj nikoli direktno ne primerjamo končnih rezultatov za verjetnost taljenja sredice med posameznimi reaktorji, ne da bi pred tem upoštevali vrsto metodologije. Pri primerjavi rezultatov za verjetnost taljenja sredice za različne reaktorje je potrebno upoštevati le velikostne rede, ne pa podrobnih rezultatov. Glavni namen VVA je odkriti šibke točke tako, da se s čim manjšimi posegi doseže čim večji učinek - čim večje zmanjšanje verjetnosti taljenja sredice.

3.3.4 Uporaba VVA pri načrtovanju ukrepov

Začetni dogodek in sekvence razvoja nesreče

Pri načrtovanju ukrepov nam VVA omogoča, da glede na začetni dogodek predvidimo možno zaporedje poteka nesreče.

Prevladujoče najkrajše poti odpovedi in prevladujoča zaporedja razvoja nesreče

Predvidimo lahko kombinacije odpovedi, ki najbolj vplivajo na odziv elektrarne glede na poznavanje stanja sistemov in komponent v času nesreče.

Izpusti za posamezne skupine nevarnih stanj elektrarne

Predvidimo lahko količino in časovni potek izpustov radioaktivnih snovi v okolje.

3.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

V primeru jedrske nesreče v jedrskem objektu se sprostijo radioaktivne snovi (radioaktivni plini in radioaktivni delci) pretežno v ozračje in se razširjajo v obliki radioaktivnega oblaka v širše okolje. Stopnja ogroženosti ob jedrski nesreči zaradi radioaktivne kontaminacije okolja je odvisna od vrste in od količine izpuščene aktivnosti posameznih skupin radionuklidov (žlahtni plini, radioizotopi joda, delci z dolgoživimi fisijski in aktivacijskimi produkti) in od vsakokratnih meteoroloških razmer. Izpuščene radioaktivne snovi se iz kraja nesreče gibljejo v prevladujoči smeri vetrov. Transport in razširjanje zavisi od vremenskih razmer in tudi lokalne topografije. Radioaktivni delci se med zračnim transportom usedajo na površino tal (suha depozicija) ali pa z izpiranjem s padavinami (mokra depozicija oz. mokri used).

Škodljivo ionizirajoče sevanje zaradi radioaktivnega onesnaženja ob jedrski nesreči prihaja do človeka po naslednjih prenosnih poteh:

- inhalacija radioaktivnih zračnih delcev,
- zaužitje kontaminirane hrane, mleka in pitne vode,
- neposredno zunanje obsevanje iz radioaktivnega oblaka in iz kontaminiranih tal,
- kontaminacija kože in oblačil,

- nenamerno zaužitje (prehranjevanje s kontaminiranimi rokami, kajenje, igranje otrok na kontaminiranih tleh) in
- v primeru poškodb, ko lahko radioaktivne snovi vstopajo v telo tudi preko odprtih ran.

Izpostavljenost ionizirajočemu sevanju vpliva na zdravje ljudi. Učinke sevanja razdelimo na dve kategoriji:

Deterministični učinki

- Velike doze, prejete v kratkem časovnem obdobju, kratkoročno in dolgoročno ogrožajo zdravje izpostavljenih posameznikov. Če so doze dovolj velike, poškodujejo izpostavljene organe, kar povzroči sevalno bolezen ali smrt v nekaj dneh ali mesecih. Sevalna bolezen obsega bruhanje, diarejo, izgubo las, slabost v želodcu, črevesne težave, visoko temperaturo, izgubo teka in splošno slabost. Smrt lahko povzročijo poškodbe pljuč, tankega črevesa in kostnega mozga. Če ne gre za smrtni primer, traja okrevanje zaradi sevalne bolezni od nekaj tednov do enega leta. Po ozdravljeni sevalni bolezni so posamezniki še vedno lahko prizadeti zaradi zakasnelih učinkov sevanja.
- Majhne doze v glavnem ne poškodujejo organov v takšni meri, da bi odpovedali, vendar pa obstaja dozni prag, pri katerem se pričnejo pojavljati poškodbe organov in tkiv. Ko je ta prag presežen, se začnejo poškodbe organov hitro pojavljati pri večini prebivalstva. Doza, pri kateri je določeni zdravstveni učinek dosežen pri 50% prebivalstva, označimo z D50, pri efektivnih dozah od 0,5 do 1 Sv se pričnejo pojavljati poškodbe organov. Pri efektivnih dozah nad 2,5 Sv pa prvi smrtni primeri. LD50 (lethal dose - smrtna doza) je oznaka za dozo, pri kateri 50% ljudi, ki je prejelo takšno dozo, umre v 60 dneh. LD50 znaša od 3 Sv do 4,5 Sv, odvisno od medicinske oskrbe.
- Če je efektivna doza okoli 1 Sv podeljena v zelo kratkem času, imamo tudi že pri povprečnem prebivalstvu primere s smrtnim izidom, ki se pojavijo po približno 2 mesecih. Za zdravega odraslega človeka in daljša obdobja obsevanja pa so vrednosti za LD50 premaknjene k 2,5 Sv.

Stohastični učinki

- Izpostavljenost majhnim dozam, ki jih oseba prejme v daljšem časovnem obdobju, lahko povzroči raka, ki se pojavi po daljšem času in ga ni možno opaziti takoj po obsevanju. Tveganje za raka naj bi bilo sorazmerno z dozo, ne glede na to, kako majhna je ta doza. Nekateri viri navajajo podatek, da kolektivna efektivna doza 20 čl-Sv (človek Sievert) povzroči en primer raka ne glede na to, koliko ljudi je bilo obsevanih. Potrebno je dodati, da večina ocen ne upošteva verjetnosti rakov, ki so ozdravljivi (rak ščitnice, kožni rak).

Glede na čas so učinki lahko takojšnji (akutni) in zakasneli (latentni). Vsi takojšnji učinki so deterministični in skoraj vsi deterministični učinki so takojšnji. Najpogostejši zakasneli učinki so stohastični.

Stopnja ogroženosti se s časom spreminja. Prebivalstvo v bližini kraja nesreče bo v prvih urah po izpustu najprej izpostavljeno zunanjemu sevanju iz radioaktivnega oblaka žlahtnih plinov, nato pa vdihavanju radioaktivnih delcev, še posebej izotopov radioaktivnega joda, ki se kopičijo v ščitnici. Srednjeročno (nekaj dni po nesreči) pa prihaja do obsevne obremenitve kratkoživih izotopov zaradi zauživanja kontaminirane hrane in pitne vode (še posebej v krajih, kjer uporabljajo za pitje deževnico) ter zaradi zunanjega sevanja iz kontaminiranih tal. Med bolj dolgoročno obsevanost prebivalcev pa štejemo dozo zaradi vnosa radioaktivnih snovi z dolgoživimi radionuklidi (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr) s hrano vzdolž celotne prehranske verige.

Ob preteklih jedrskih nesrečah se je pokazalo, da je ogroženost zaradi sevanja precej večja v krajih s pričakovano večjo količino padavin. Padavine namreč izperejo iz radioaktivnega oblaka radioaktivne snovi v obliki t. i. "mokrega useda".

V primeru jedrske nesreče v NE Krško je stopnja ogroženosti največja v bližnjih območjih, to je do nekaj 10 km. V večji oddaljenosti je ogroženost območij odvisna od smeri zračnih tokov. V primeru nesreče v oddaljenih jedrskih objektih lahko pričakujemo enakomernejšo kontaminacijo po vsem ozemlju Slovenije kot tudi na območju Notranjske regije.

3.5 Potek in možen obseg nesreče

3.5.1 NE Krško

Za jedrsko elektrarno Krško so možni poteki nesreč razdelani v verjetnostni varnostni analizi NEK iz leta 1994. Te analize so bile podrobneje obdelane v oceni ogroženosti NEK iz leta 2015, kjer so opisani tudi vsi možni notranji in zunanji vzroki za nesreče. Ta ocena pa ne vključuje dogodkov ogrožanja fizičnega varovanja. Ti dogodki so analizirani v Načrtu fizičnega varovanja. Med zunanjimi vzroki so analizirani padci letal, potresi, poplave, požari, suša, žled, veter in neurja ter industrijske nesreče v okolici elektrarne.

Različni poteki projektnih nesreč ter scenariji z verjetnostjo za taljenje sredice za NEK so povzeti in opisani v končnem varnostnem poročilu za NEK.

Med nesreče v jedrskih elektrarnah, ki imajo vpliv na prebivalstvo, spadajo nesreče s poškodbo sredice, t.i. težke nesreče. Jedrske elektrarne z zadrževalnim hramom zadržijo večino radioaktivnih snovi, tako da zaščitni ukrepi za prebivalstvo niso potrebni ali pa so minimalni. Toda če pride do odpovedi zadrževalnega hrama, se lahko v okolje sprostí znatna količina radioaktivnih snovi in zaščitni ukrepi za prebivalstvo so potrebni.

Ob težki nesreči v jedrski elektrarni (in odpovedi zadrževalnega hrama) se lahko znatne količine radioaktivnih snovi med drugim sprostijo tudi v ozračje in se razširjajo v obliki radioaktivnega oblaka v širše okolje. Ogroženost je odvisna od vrste in od količine izpuščenih radioaktivnih snovi (žlahtni plini, radioizotopi joda, dolgoživi cepitveni produkti). Prenos in razširjanje sta odvisna od vremenskih razmer. Radioaktivni delci se med prenosom usedajo (suhi used) ali pa izpirajo s padavinami (mokri used).

Stopnja ogroženosti se s časom spreminja. Nezaščiteni prebivalci v bližini kraja nesreče bi bili v prvih urah po izpustu najprej izpostavljeni zunanjemu sevanju iz radioaktivnega oblaka in vdihavanju radioaktivnih delcev, še posebej izotopov radioaktivnega joda, ki bi se kopičil v ščitnici. Srednjeročno (nekaj dni po nesreči) bi prišlo do obsevanja zaradi uživanja kontaminirane hrane z radioaktivnim jodom I-131 (npr. mleko, listnata zelenjava, pitna voda) ter zaradi zunanjega sevanja iz kontaminiranih tal. Podobno je dolgoročno (meseci in leta po nesreči), ko so pomembni dolgoživi radionuklidi, kot npr. cezij (Cs-137, Cs-134) in stroncij (Sr-90).

Kakšen bo izpust radioaktivnih snovi, je odvisno od mnogih faktorjev: obsega poškodbe sredice, hitrosti puščanja zadrževalnega hrama, ali gre za suh ali za moker izpust itd. Na koncentracijo in pot radioaktivnih snovi v zraku vpliva tudi vreme. Pri resni poškodbi sredice se sprostijo vsi žlahtni plini (Kr, Xe) in dobršen del izotopov joda (I). Zelo hlapljiv je tudi cezij (Cs), ki nastopa kot aerosol vodotopnih snovi (CsI, CsOH). Hlapne snovi, ki nastopajo v malo topnih oksidih so telur, stroncij in barij (Te, Sr, Ba). Malo hlapne snovi pa so rutenij, lantan in cerij (Ru, La, Ce). Širjenje radioaktivnih snovi si lahko predstavljamo kot širjenje oblaka. To uporabljamo v ustreznih računalniških modelih, oblak pa s prostim očesom ni viden, saj plini ne kondenzirajo.

Za preprečevanje in za zmanjšanje posledic jedrske nesreče so v elektrarni vgrajeni varovalni in varnostni sistemi ter naprave, katerih skupna naloga je preprečevanje poškodbe goriva ter nenadzorovanega uhajanja radioaktivnih snovi v okolico elektrarne.

Med remontom 2013 so v NEK vgradili filtrirni sistem za nadzorovano razbremenjevanje zadrževalnega hrama (PCFVS - Passive Containment Filtered Vent System), ki omogoča nadzorovan izpust preko filtrov za preprečitev odpovedi zadrževalnega hrama. Filtri zmanjšajo izpust izotopov joda za 100-krat, aerosolov za 1000-krat, medtem ko na izpust žlahtnih plinov ne vplivajo.

V okviru načrta gradnje verige hidroelektrarn (HE) na reki Savi se je leta 2017 izgradila HE Brežice in akumulacijsko jezero. Ogroženost okolice zaradi razlitja ali izpusta radioaktivne snovi iz NEK v okolico je obravnavala "Analiza sprememb radioloških in toplotnih vplivov NEK na okolje po zgraditvi HE Brežice" Instituta Jožef Stefan (IJS-DP-9657, september 2007). Analiza obravnava izpust radioaktivnih tekočin v Savo iz rezervoarjev odpadnih tekočin (WMT – Waste Monitoring Tank in BD - kaluža uparjalnikov). Po izpustu v Savo bi se večina suspendiranih snovi usedla na dno bazena HE Brežice. Ti se bodo razporedili približno enakomerno po površini dna in koncentracija radioizotopov v sedimentih bo znašala do 2,3 MBq/m³. Predpostavljeno je zadrževanje kontaminiranih sedimentov na dnu bazena 10 let. V tem času ne bodo dosežene vrednosti, ki bi zahtevale uvedbo posebnih varnostnih ukrepov pri ravnanju s sedimenti. Zaradi tesnjenja bazena HE Brežice radioaktivnost ne bo prešla v podzemno vodo in v črpališča pitne vode.

3.5.2 Reaktor TRIGA

Končna varnostna ocena za raziskovalni reaktor TRIGA Mark II v Podgorici ne predvideva, da bi lahko prišlo do nesreče z radioaktivnim izpustom v okolico, ki bi imel posledice za prebivalstvo. Reaktor je tako konstruiran, da pri nenadnem povečanju moči sam ugasne (verižna reakcija se prekine zaradi negativnega Dopplerjevega koeficienta goriva) se preden se proizvede dovolj toplote, da bi prišlo do taljenja sredice. Najhujša predvidena nesreča na področju reaktorskega centra bi bila izguba vode iz reaktorskega tanka, kar bi povzročilo razkritje sredice in zelo veliko hitrost doze v reaktorski hali brez vpliva na področje zunaj ograde reaktorskega centra.

Sevanje gama iz nepokrite sredice bi bilo:

- a) hitrost doze direktnega sevanja po 1 s znaša 50 Sv/h, po 1 dnevu pa 6 Sv/h (na ploščadi reaktorja),
- b) Hitrost doze sipanega sevanja po 1 s znaša 1.2 mSv/h, po 1 dnevu pa 0.03 mSv/h (v reaktorski hali).

Nesreča z "največjim" vplivom na prebivalstvo pa bi bila poškodba srajčke gorivnega elementa pri premeščanju, kar bi povzročilo dozo nekaj mikroSv na oddaljenosti 100 m od reaktorja TRIGA.

3.5.3 Skladišče CSRAO na Brinju

Končno varnostno poročilo za CSRAO predvideva, da bi lahko v primeru požara v skladišču prišlo do kontaminacije okolice z dolgoživimi radionuklidi, ki so skladiščeni. Nadaljnja možnost izrednega dogodka v skladišču je lahko tudi teroristična diverzantska akcija z namenom, da bodisi izzove požar

na lokaciji ali pa da odtuji radioaktivne odpadke in posledično namerno povzroči radioaktivno kontaminacijo.

3.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Opravljeni analizi ob upoštevanju verjetnosti posameznih začetnih dogodkov in nedavno vgrajenih filtrov glede stohastičnih učinkov ugotavljata, da je najbolj ogroženo območje nekaj kilometrov od elektrarne. V primeru izpusta skozi filtre je to območje manj kot 10 km. V primerih, ko bi izpust šel mimo filtrov, kar predstavlja zgolj 1,27% skupne verjetnosti izpustov, bi bilo ogroženo večje območje.

Analizi nadalje ugotavljata, da radioaktivni izpusti med težko nesrečo zelo verjetno ne bi bili usmerjeni v določeno smer, tako da je potrebno načrtovati izvajanje zaščitnih ukrepov v vseh smereh istočasno.

Tudi pri staljeni sredici še ne bi bili potrebni takojšnji zaščitni ukrepi v okolju, če zadrževalni hram zdrži (ohrani svojo projektirano tesnost) in ni močnih vetrov. Toda ker se odpovedi zadrževalnega hrama ne da napovedati, je potrebno izvajati preventivne zaščitne ukrepe, npr. evakuacijo bližnjega območja ob razglasitvi splošne nevarnosti.

3.7 Verjetne posledice nesreče

Pri posledicah jedrske nesreče je poleg zdravstvenih posledic (glej poglavje 2.4) potrebno upoštevati tudi gospodarske in psihosocialne posledice, ki izvirajo iz zaščitnih ukrepov (npr. zaradi zaklanjanja, evakuacije, zaužitja jodovih tablet, omejitev uporabe hrane itd.). Predmete, ki jih ni možno dekontaminirati, je potrebno vzeti iz uporabe in odložiti na predpisano mesto. Vpliv takšne nesreče bi bil na industrijsko proizvodnjo, trgovanje, turizem, pridelovanje hrane, šolstvo in šport.

3.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni predvideno, da bi jedrska nesreča sprožila druge nesreče. Morebiti bi lahko spontana evakuacija povzročila porast prometnih nesreč, vendar takšen scenarij ni bil analiziran. Druge nesreče, ki bi lahko morebiti vodile do jedrske nesreče, so zunanji vzroki, ki bi lahko povzročili taljenje sredice. Ta verjetnost je bila ocenjena v okviru verjetnostne varnostne analize za zunanje dogodke in znaša okoli 4×10^6 na leto za vse zunanje dogodke (požar, poplava, vihar itd.) razen za potres, ki sam prispeva okoli 1×10^5 na leto k verjetnosti za taljenje sredice.

Nastanka jedrske nesreče se ne da napovedati, predvidimo lahko le verjetnost. Obstajajo ocene o pričakovani verjetnosti nesreč ter ocene o najbolj verjetnih scenarijih razvoja nesreče. Vse nesreče se ne zaključijo z radioaktivnimi izpusti v okolje. Izpusti so različni po sestavi in količini. Lahko se določijo najbolj vplivni faktorji na verjetnost nesreče, radioaktivni izpusti (izvorni člen) in morebitni vpliv na njih.

3.9 Kombinacija jedrske in druge nesreče

V primeru kombinacije jedrske in druge nesreče lahko posledice druge nesreče onemogočijo ali otežijo ukrepanje ob jedrski nesreči. V okviru po Fukušimskih ukrepov je NEK izvedla več ukrepov in nabavila večji nabor mobilne opreme, potrebne za obratovanje nujnih varnostnih sistemov elektrarne. V analizi ob izvedbi stresnih testov po nesreči v Fukušimi je bilo ugotovljeno, da lahko NEK v najslabšem možnem primeru neodvisno zagotavlja delovanje varnostnih sistemov najmanj tri dni, v kolikor pa ne bi odpovedali prav vsi trije redundantni dizel generatorji sistema za zasilno napajanje, pa najmanj sedem dni, ne glede na zunanjo podporo. Ocenjeno je, da bi NEK zunanjo podporo najbolj potreboval v primeru kombinacije s katastrofalnim potresom, ki bi huje poškodoval infrastrukturo tako na lokaciji kot v njeni okolici. V takšnem primeru, ki bi lahko imel za posledico popolno izgubo sistema zasilnega napajanja, bi bilo treba po treh dneh NEK dostaviti zlasti gorivo za mobilne dizel generatorje ter morebiti še kakšen kos dodatne mobilne opreme (generatorji, črpalke, kompresorji ipd.).

3.10 Možnost predvidevanja nesreče

Nastanka jedrske nesreče se ne da napovedati, predvidimo lahko le verjetnost. Obstajajo ocene o pričakovani verjetnosti nesreč ter ocene o najbolj verjetnih scenarijih razvoja nesreče. Vse nesreče se ne zaključijo z radioaktivnimi izpusti v okolje. Izpusti so različni po sestavi in količini. Lahko se določijo najbolj vplivni faktorji na verjetnost nesreče, radioaktivni izpusti (izvorni člen) in morebitni vpliv na njih.

3.11 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

3.11.1 Stopnje nevarnosti izrednega dogodka v NEK

Za zagotavljanje pravočasnega in ustreznega ukrepanja zaščite in reševanja se izredne dogodke v NEK razvršča v stopnje nevarnosti:

- **Stopnja 0** - nenormalni dogodek (unusual event) se razglasi ob nastanku dogodkov, ki bi lahko ob nepravilnem ukrepanju ali razvoju stanja, ki ga osebe v izmeni jedrske elektrarne ne bi imelo več pod nadzorom, vplivali na varnost elektrarne in bi vodili v višjo stopnjo nevarnosti;
- **Stopnja 1** - začetna nevarnost (alert) se razglasi pri nastanku ali razvoju dogodkov, ki imajo ali bi lahko imeli za posledico zmanjšanje varnosti v jedrski elektrarni. Možen je manjši izpust radioaktivnih snovi, ni pa pričakovati večjega tveganja za okolje;
- **Stopnja 2** - objektna nevarnost (site emergency) se razglasi pri nastanku ali razvoju dogodkov, ki imajo ali bi lahko imeli za posledico večjo odpoved varnostnih funkcij elektrarne in posledično ogroženost osebja jedrske elektrarne in okoliškega prebivalstva. Obstaja možnost ali pa je že prišlo do izpusta radioaktivnih snovi v takem obsegu, ki zahteva zaščitne ukrepe v jedrski

elektrarni, vključno z evakuacijo območja jedrske elektrarne in območja, ki je pod neposrednim nadzorom jedrske elektrarne in

- **Stopnja 3** - splošna nevarnost (general emergency) se razglasi, ko grozi oziroma je prišlo do poškodbe ali taljenja sredice z možnostjo poškodovanja zadrževalnega hrana. Obstaja možnost ali pa je prišlo do izpusta radioaktivnih snovi v okolje v tolikšnem obsegu, ki zahteva zaščitne ukrepe na območju izven jedrske elektrarne.

Izredni dogodek v NEK se lahko začne s stopnjo 0, ki se potem postopoma slabša in razvije v težko jedrsko nesrečo. Temu primerno bi bile razglašene stopnje nevarnosti vse do stopnje 3. Vendar to ni nujno. Izredni dogodek se lahko začne takoj s katerokoli stopnjo, tudi s stopnjo 3, kar je sicer zelo malo verjetno.

3.11.2 Območja načrtovanja za jedrsko nesrečo v NEK in zaščitni ukrepi

Za zagotavljanje pravočasnega izvajanja zaščitnih ukrepov se vnaprej določi območja izvajanja zaščitnih ukrepov:

- **Območje preventivnih ukrepov (OPU)** - območje s polmerom 3 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti
- **Območje takojšnjih ukrepov (OTU)** - območje s polmerom 10 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti
- **Razširjeno območje ukrepanja (ROU)** - območje s polmerom 25 km okrog NEK po mejah krajevnih skupnosti; območje je zaradi lažjega izvajanja ukrepov razdeljeno na 16 sektorjev po 22,50
- **Območje splošne pripravljenosti (OSP)** - območje celotne Slovenije

Ob razglasitvi splošne nevarnosti (stopnja 3) se takoj prične izvajati preventivna evakuacija in jedna profilaksa območja OPU. Gre za avtomatično evakuacijo (ang. reflex evacuation) z odločanjem na lokalni oz. regijski ravni, tako da je izguba časa čim manjša.

Ob razglasitvi splošne nevarnosti (stopnja 3) se v OTU najprej odredi zaklanjanje in jedna profilaksa. Ko je območje OPU evakuirano, se evakuira tudi celotni OTU, na podlagi strokovne ocene. Odrejanje ukrepov v OTU je v pristojnosti Poveljnika CZ RS, ker je časovna komponenta manj pomembna, in ker OTU obsega več občin. Preventivno evakuacijo se izvaja v dveh korakih zaradi bolj učinkovite evakuacije OPU.

Ob razglasitvi splošne nevarnosti (stopnja 3) v območju ROU se preventivno odredi zaklanjanje in jedna profilaksa po sektorjih glede na izračune in meritve na terenu ter presojo razvoja dogodka.

Če pri objektni nevarnosti (stopnja 2) obstaja verjetnost sproščanja radioaktivnosti v okolico, se izvedejo zaščitni ukrepi v območjih OPU in OTU ter v tistih delih območja ROU, v katere se pričakuje širjenje morebitnega radioaktivnega oblaka.

Evakuacijo OPU in OTU se ustrezno načrtuje s sprejemališči čim dlje zunaj mej območij ROU. Tudi v ROU se lahko izvaja zaščitni ukrep evakuacije, zato se v ROU opredeli strategijo evakuacije.

Evakuacija je primarni zaščitni ukrep in zaklanjanje sekundarni, če evakuacija ni možna. Zaužitje stabilnega joda (jodna profilaksa) pa je vzporedni ukrep k preostalima dvema, ki se ga nikoli ne izvaja samostojno.

Za odločanje o zaščitnih ukrepih v območjih OPU in OTU se uporablja stanje objekta oz. stopnja nevarnosti. V območju ROU se zaščitne ukrepe določa na podlagi izračunov in/ali izvedenih meritev. Za usmerjanje terenskih meritev se tudi lahko uporabi izračune, tako da se mobilne enote najprej napoti na območja, kjer je večja verjetnost za potrebno ukrepanje.

V območju OSP se izvedejo ustrezne priprave za izvedbo zaščitnih ukrepov (rezerve tablet kalijevega jodida, strategije evakuacije in zaklanjanja prebivalstva, navodila za uživanje hrane itd.).

4 UPORABA RADIOAKTIVNIH SNOVI

4.1 Viri nevarnosti

Radioaktivne snovi se uporabljajo v stacionarnih objektih (npr. raziskovalni inštituti in bolnišnice, v industriji za merjenje debeline pločevine, nivojev v posodah), lahko pa so radioaktivni viri premični (npr. radiografski viri, sonde za merjenje vlažnosti in gostote cestišča, kalibracijski viri itd.). V Prilogi 2 so navedeni statistični podatki o nevarnih radioaktivnih virih sevanja v Sloveniji – tj. virih sevanja, ki predstavljajo s stališča sevalne varnosti in varovanja najvišje potencialno tveganje.

4.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzrok pri nastanku nesreče z radioaktivnimi snovmi je lahko izključno človeška napaka, ker so radioaktivne snovi pasivne naprave, tako da ne more priti do odpovedi delovanja. Vzroke lahko razdelimo na:

- **Nepravilno uporabo**, vključno z vzdrževanjem, hrambo ali izgubo radioaktivne snovi zaradi malomarnosti, nevednosti, neznanja ali neupoštevanja predpisov varstva pred sevanji,
- **konstrukcijsko napako pri vgradnji vira sevanja** (npr. slaba izdelava ščita, neustrezno izdelano orodje za rokovanje z virom),
- **namerna povzročitev** nesreče zaradi osebnih motivov ali organiziranega subverzivnega delovanja.

4.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Le manjše število virov sevanja v Sloveniji ima takšno aktivnost, da bi lahko z njimi povzročili radiološko nesrečo takšnega obsega, da bi bilo zaradi prejetih doz ogroženo življenje večjega števila ljudi. Po drugi strani pa lahko vsak vir sevanja povzroči kontaminacijo okolja in s tem povezano ekonomsko škodo. Na območju Notranjske ni takšnih objektov, zaradi česar na območju Notranjske regije ni bilo primerov izrednih dogodkov pri uporabi radioaktivnih virov.

Glede na izkušnje v Sloveniji in tujini predpostavljamo, da lahko ob sedanjem številu virov sevanja v Sloveniji pričakujemo dogodek ali nesrečo z nenamerno kontaminacijo v 10 do 60 letih (glej pojasnilo). Poudariti velja, da so učinkovite doze med takimi dogodki zelo različne, odvisne od vsakega posamičnega primera.

Pojasnilo:

Verjetnost	Opis/razlaga
enkrat v 60 letih	Ocenjeno, nesreča z lokalnimi posledicami z radioaktivno snovjo, stopnje 4 po lestvici INES (se še ni zgodila)
enkrat v 30 letih	Ocenjeno, resna nezgoda z radioaktivno snovjo, stopnje 3 po lestvici INES (se še ni zgodila)
enkrat v 10 letih	Ocenjeno, nezgoda z radioaktivno snovjo, stopnje 2 po lestvici INES (primer Q Techna -TEŠ)

Le manjše število virov sevanja v Sloveniji ima takšno aktivnost, da bi lahko z njimi povzročili radiološko nesrečo takšnega obsega, da bi bilo zaradi prejetih doz ogroženo življenje večjega števila ljudi. Po drugi strani pa lahko skoraj vsak vir sevanja povzroči kontaminacijo okolja in s tem povezano ekonomsko škodo. V Sloveniji ni bila do sedaj ugotovljena nobena namerno povzročena nesreča z virom sevanja. V preteklih letih se je pripetilo nekaj nezgod, ki pa niso imele pomembnejšega vpliva na zdravje ljudi.

V zadnjem desetletju in pol je bilo zaradi izboljšane nadzora odkritih več virov sevanja med odpadnimi kovinami, predvsem tistimi, ki izvirajo iz področja nekdanje Jugoslavije. Večinoma gre za vire sevanja manjših aktivnosti (številčnice instrumentov, merilniki nivojev, javljalniki požara, strelovski in podobno), zato ne predstavljajo nevarnosti večjih razsežnosti. Viri sevanja so praviloma odkriti pravočasno, zato zaradi njih ne prihaja do nesreč. Če izvirajo iz tujine, se vrnejo znanemu pošiljatelju ali pa se na stroške imetnika uskladiščijo v CSRAO.

4.4 Vrsta oblika in stopnja ogroženosti

Za razliko od jedrskega objekta gre pri uporabi radioaktivnih snovi v glavnem za naslednji vrsti ogroženosti:

- Nenamerno zunanje obsevanje osebja, ki dela z radioaktivnimi snovmi ali drugih oseb, ki pridejo v njegovo bližino,
- Kontaminacija delovnega okolja z radionuklidi, kot so npr. dolgoživim Am-241 ali s srednje dolgoživima Cs-137, Co-60, kratkoživim I-131 in podobno.

Pri delu z odprtimi izotopi gre praviloma za raztres ali razlitje virov nižje aktivnosti, ki prizadenejo predvsem delovno osebje in okolje. Splošno prebivalstvo pa praviloma ni ogroženo. Običajno gre za kratkožive izotope, tako da ogroženost ni niti trajnega niti aktualnega značaja.

4.5 Potek in možni obseg nesreče

Nesreča se zgodi zaradi nevednosti ali površnosti. Ljudje so v takih primerih obsevani zaradi najdbe neoznačenega in nezaščenega vira sevanja ali pa zaradi njegove izgube, pri čemer pa ne vedo, da

so v njegovem območju sevanja. Pri delu z viri sevanja pa lahko pride do izpada kapsule z radioaktivno snovjo iz naprave ali do okvare mehanizma, ki opravlja zaščitno funkcijo - vrne vir v zaščitni vsebnik, ali zapre pot med uporabnikom in virom z zaščitnim zaslonom ali steno.

Pri delu z odprtimi viri lahko pride do kontaminacije delovnih pripomočkov ali prostora. Če pripomočkov ali prostora ne dekontaminiramo oziroma ne omejimo dostopa do njih, se lahko kontaminacija raznese po objektu ali širši okolici. Obseg nesreče je praviloma lokalne razsežnosti, saj zaradi kontroliranega delovnega okolja ni pričakovati kontaminacije ali povišane hitrosti doze na širšem območju. Izjema so primeri, ko pride do taljenja visoko radioaktivnega in disperznega vira sevanja v železarni, pri čemer lahko pride do kontaminacije zaradi zračnega transporta tudi na večje razdalje.

Obseg nesreče je praviloma lokalne razsežnosti. Izjema je železarna, ki pa je na območju Notranjske regije ni.

4.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

V običajnih primerih nesreč, ko gre za delovno nesrečo pri uporabi vira sevanja, bi bilo ogroženih le nekaj ljudi, ki so v neposrednem stiku z radioaktivnimi snovmi oziroma s kontaminacijo. V primeru namernega obsevanja in/ali kontaminacije zaradi teroristične akcije bi lahko bila prizadeta večja območja in večje število prebivalstva. Smrtnih žrtev zaradi prekomernega obsevanja ali pomembnejših vplivov na zdravje ljudi skoraj ni pričakovati. Zaradi radioaktivne kontaminacije bi lahko bili določeni predmeti izloženi oziroma trajno neuporabni. Zaradi psiholoških razlogov bi lahko zamrle nekatere ekonomske in družbene dejavnosti, kar bi lahko povzročilo začasen padec cen nepremičnin.

4.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 3.4. in 3.7.

4.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

4.9 Možnost predvidevanja nesreče

Nesreče pri uporabi virov ni možno neposredno predvideti. Kljub temu lahko inšpekcijski nadzor ugotovi pomanjkljivo vzdrževanje, izobraževanje, pogoste napake, neupoštevanje predpisov, pomanjkljive postopke, slabo varnostno kulturo ipd., kar so že lahko možni vzroki nesreče in jih je zato potrebno popraviti.

4.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Prvi ukrep v primeru radiološke nesreče je zavarovanje območja zato, da se omeji sevanje in kontaminacijo. Z zavarovanjem območja se onemogoči dostop ljudem in živalim ter s tem prepreči nezgodno obsevanost in širjenje morebitne kontaminacije. Potrebno je fizično zavarovati ustrezno veliko območje okrog vira sevanja oz. lokacije nesreče. Velikost območja je odvisna od doznega polja (hitrosti doze), zato je potrebno čim prej opraviti meritve, na začetku pa se glede na vrsto dogodka določi konservativno večje območje.

5 KRIMINALNO DEJANJE

5.1 Viri nevarnosti

Kazenski zakonik opredeljuje kot terorizem tudi uporabo ali grožnjo uporabe jedrskih ali radioaktivnih snovi. Ena od povzročitev splošne nevarnosti je tudi povzročanje nevarnosti za življenje ljudi ali premoženje velike vrednosti z ionizirajočim sevanjem.

Dokument MAAE [30] nakaže več možnosti tovrstnih radioloških dogodkov, med drugim:

- sum na ali dejanska "umazana bomba" (eksploziv in radioaktivna snov),
- verjetne grožnje ali sporočila s tovrstno grožnjo,
- naprave, ki nakazujejo na to, da so namenjene razpršitvi kontaminacije,
- znaki možne namenske kontaminacije (npr. razlitje),
- visoke hitrosti doze gama sevanja ali prisotnost nevtronskega sevanja,
- nevarni viri sevanja, ki so ukradeni ali vključeni v teroristično dejanje ali eksplozijo.

5.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Gre za storitev kaznivega dejanja z naklepom ali iz malomarnosti.

Posamezniki ali skupine, ki bi storile taka dejanja, bi lahko imele različne motive, npr. ideološke, politične, psihološke, osebne ("ego") ali ekonomske. Lahko bi bili tudi prisiljeni z izsiljevanjem, da storijo kaznivo dejanje ali pripomorejo k njegovi izvedbi.

Pri notranjih storilcih (zaposlenih, "insajderjih") gre pogosto za maščevanje nezadovoljnih posameznikov, nenaklonjenost organizaciji, ki je vpeta v določeno okolje, ali vpliv poslabšanja gospodarske situacije.

5.3 Verjetnost ponavljanja nesreče

Glede na dogodke po svetu, ki so znani, oziroma so strokovno odmevali v zadnjih desetletjih in vsebujejo kriminalno komponento, velja omeniti naslednje primere:

- 1972: oče namensko obseval sina v Teksasu s ^{137}Cs ,
- 1995: najdba kontejnerja s ^{137}Cs , ki naj bi ga v moskovski park zakopali Čečeni,
- 1998: študent kitajskega rodu, ki je v ZDA poskušal z ukradenim ^{125}I zastrupiti dve osebi,
- 2005: načrti britanskega državljana, da iz ionizacijskih javljalnikov požara z ^{241}Am izdela "umazano bombo",
- 2013: kraja ^{60}Co (kategorije 1) v Mehiki med prevozom v skladišče in
- 2016: pošiljanje pisem s sledovi ^{241}Am na različne naslove na Slovaškem.

Gre za referenčne primere z različnimi radionuklidi, ob konzervativni predpostavki (zanesljivost je srednja) se lahko zaradi globalnih političnih razmer poda ocena, da bi do takega dogodka lahko prišlo enkrat v 25 letih (ali redkeje), pri čemer so vključeni tudi dogodki - kriminalna dejanja, ki ne bi imela resnejših radioloških posledic.

V tej točki ni posebej omenjeno teroristično dejanje z uporabo ukradenega jedrskega orožja ali improvizirane atomske bombe, ker ocenjujemo tovrstne dogodke na ozemlju Slovenije za skrajno malo verjetne - več velikostnih razredov nižje tveganje kot tveganje za dogodek, ki bi vključeval "umazano bombo".

5.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Gre za ogroženost posameznikov ali določenega števila ljudi zaradi zlonamerne izpostavljenosti sevanju, bodisi zaradi radioaktivnega vira, kontaminacije okolja, hrane, pitne vode ali razpršitve radioaktivnih snovi z umazano bombo.

5.5 Potek in možni obseg nesreče

Do nesreče lahko pride zaradi kraje, sabotaže ali izsiljevanja - tu so možni različni poteki, od nenamerne obsevanja zaradi nepoznavanja, da gre za radioaktivno snov, do namernega obsevanja ali zaužitja radioaktivne snovi, ki lahko pripelje do znatnih zdravstvenih posledic oziroma kontaminacije okolja.

Če povzamemo skrajni scenarij "umazane bombe", bi bili koraki oziroma potek dejanja lahko naslednji: ustanovitev skupine s trdnim ciljem, sprejeta odločitev o nasilju z uporabo jedrskih oz. radioaktivnih snovi, kraja jedrskih oz. radioaktivnih snovi, pridobitev teh snovi - pretihotapljene na varno lokacijo, izdelava bombe, tihotapljenje na ciljno lokacijo v državi in do "tarče" ter končna detonacija.

Za prve reševalce je pomembno, da je treba pri terorističnih oziroma kriminalnih dejanjih privzeti možnost, da so storilci lahko med opazovalci v javnosti.

Razstrelitev radioaktivne "umazane bombe" s ^{137}Cs oziroma s ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{226}Ra ali drugimi radionuklidi ali razpršitev takih snovi na drugačen način kot teroristično dejanje bi lahko imela zdravstvene posledice za ljudi. Podobno bi lahko nastale posledice zaradi namernega kriminalnega dejanja, kot je bil primer zastrupitve s ^{210}Po pred leti v Londonu. Vplivno območje dogodka je odvisno predvsem od aktivnosti in razpršljivosti uporabljenega vira sevanja. Učinki takšnega dejanja bi imeli velik psihološki vpliv in ekonomske posledice ter bi vzbudili tudi večjo pozornost mednarodne javnosti. Najbolj

problematična bi bila dekontaminacija v gosto naseljenih urbanih centrih, npr. glavni trg z bogato kulturno dediščino v večjem mestu z 20.000 prebivalci in več, kontaminacija vodovodnih sistemov ipd.

5.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Največjo grožnjo, ki je sicer najmanj verjetna, bi predstavljala "umazana bomba" ali druga razpršitev razpršljivih radioaktivnih snovi z visoko radioaktivnostjo oziroma visoko radiotoksičnostjo. Takih dogodkov do sedaj po svetu ni bilo. Eden od ukrepov za okoliške prebivalce (npr. v razdalji 1 km) bi bil, da se do preklica ne je in ne pije ničesar, kar bi bilo lahko kontaminirano, npr. zunaj rastoča zelenjava ali deževnica. Omeniti velja še izogibanje igranja otrok v območju razpršitve in izogibanju prašnih površin ali dejavnosti, ki bi povzročale prašenje, s čimer se prepreči nenamerni vnos radioaktivnih snovi v telo.

5.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 3.4. in 3.7.

Teroristično dejanje z jedrskimi ali radioaktivnimi snovmi bi imelo močan političen vpliv tako v domovini kot v tujini. Znatno bi bil lahko tudi gospodarski vpliv nesreče. Odvisen bi bil predvsem od siceršnjega pomena tega območja (urbano, ruralno, kritična infrastruktura, narodni parki ali zaščitena območja, prireditve z večjim številom udeležencev in gledalcev, kulturna dediščina ...). Posledice "umazane bombe" bi lahko vplivale na več sto ljudi (stohastični učinki ionizirajočega sevanja, evakuacija, dekontaminacija in ravnanje z nastalimi radioaktivnimi odpadki ter psihološko-socialni vidiki).

Pri drugih kriminalnih dejanjih bi bile lahko posledice zelo različne ali bi za njih izvedeli celo po daljšem časovnem obdobju. V tem sklopu velja omeniti namensko obsevanje (RED – radiation exposure device), ki bi lahko povzročila deterministične ali stohastične učinke. Na srečo bi bil njen gospodarski vpliv časovno omejen, prav tako psiho-sociološki vplivi na prebivalce. Zanimanje medijev bi bilo veliko, a vseeno manjše kot pri terorističnem dejanju.

Omeniti velja še razpršitev oziroma dajanje radioaktivnih snovi v hrano, pijačo oziroma kontaminacijo pitnih virov. Tudi v teh primerih, ki so si po učinkih lahko precej različni, bi lahko šlo za deterministične ali stohastične učinke. Iz tujega primera namenske zastrupitve s ^{210}Po , ki se je zgodil pred leti, izhaja, da je detekcija lahko izredno zahtevna, primer pa ima lahko mednarodni odmev, obsežno preiskavo številnih sledi in lokacij, kjer so se nahajale razpršljive radioaktivne snovi pred svojim končnim ciljem.

Kriminalna in predvsem teroristična dejanja bi bila najverjetneje povezana z globalnimi političnimi izzivi, njihove posledice pa bi lahko povzročile okrnjeno delovanje državnih organov in ovirale normalno življenje večjega dela prebivalstva.

5.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni za pričakovati, da bi kriminalno dejanje sprožilo druge nesreče. Pri "umazani bombi" bi, če bi eksplodirala tam, kjer bi se nahajali ljudje, bile posledice detonacije eksplozije tiste, ki bi povzročale takojšnji učinek. Verjetnost, da bi hkrati odjeknilo več eksplozij "umazanih bomb" ali da bi šlo hkrati za več ločenih obsevanj ali da bi se npr. hkrati uporabilo še druge nevarne snovi (kemikalije, biološki agensi), je majhna.

5.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvidevanje kriminalnega dejanja z uporabo jedrskih ali radioaktivnih snovi ni možno. Vendar je ravno stopenjski pristop, ki velja za uporabo, vključno s prevozom, tisti, ki zagotavlja strožja pravila uporabe, vključno s fizičnim varovanjem oziroma ukrepi varovanja, za tiste snovi, ki predstavljajo višje tveganje v smislu kraje, sabotaže ter drugih ravnanj (npr. namenskega obsevanja). Spremlja se tuje dogodke, ki se jih ustrezno ovrednoti v smislu ocene ogroženosti in na druge načine. V zadnjem obdobju se daje večji poudarek tudi na notranje grožnje ("insajderstvo").

5.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glej tudi poglavje 4.10.

V primeru "umazane bombe" bi morali biti zaradi varovanja zdravja ljudi zaščitni ukrepi hitri in hkrati dobro premišljeni. Dekontaminacija v urbanem okolju bi bila zahtevna in draga.

V smislu namenske izpostavljenosti v urbanem okolju in v cestnem prometu imajo določene službe (npr. FURS, policija) detekcijsko opremo, vključno s tisto, ki se uporablja v vozilih ali se jo nosi na sebi. Oprema bi bila pomembna zlasti v primerih, ko bi obstajala grožnja in bi bilo treba poiskati, kje bi se lahko nahajale jedrske ali radioaktivne snovi. Pri tem bi bili pomembni tudi obveščevalni podatki.

Podatki o jedrskih snoveh in visoko radioaktivnih virih sevanja niso javni. Ustrezno varovanje teh podatkov in informacij je eden od pomembnih preventivnih ukrepov.

Eden od možnih ukrepov je tudi evakuacija. Preselitev bi prišla v poštev le v skrajno malo verjetnem dogodku. V primeru kontaminacije hrane, vode ali prevoznih sredstev (npr. avtobusov) je ključna

dejavnost skrb za omejitev možnosti izpostavljenosti prebivalstva. Gospodarski vpliv nesreče bi nastal zaradi omejene uporabnosti območja zaradi kriminalnega ali terorističnega dejanja.

6 NENADZOROVANI VIRI SEVANJA

6.1 Viri nevarnosti

So predvsem viri sevanja nad katerimi je bil izgubljen nadzor (t.i. "orphan sources" oziroma izgubljeni viri; tudi viri sevanja neznanega izvora). To so lahko viri, na katere se lahko preprosto "pozabi" zaradi pomanjkljivega nadzora upravljavca oziroma zaradi pomanjkljivega upravnega in inšpekcijskega nadzora ali pa sploh nikoli niso bili pod nadzorom. Takšni viri sevanja se pogosto pomešajo med sekundarne kovinske surovine, pogosto pa izhajajo iz dejavnosti, ki so bile v preteklih desetletjih pomanjkljivo regulirane glede na sedanje stanje.

Nekateri pretekli izredni dogodki z nenadzorovanimi viri:

- Poškodovan zapuščen visoko radioaktivni vir ^{137}Cs v brazilski Goiânii leta 1987,
- Stalitev visoko radioaktivnega ^{137}Cs s v španski železarni v Algecirasu leta 1998,
- Najdba visoko radioaktivnega ^{192}Ir v Egiptu leta 2000,
- Najdba RTG naprav s ^{90}Sr v Gruziji leta 2001,
- ^{60}Co v odpadnih kovinah v Indiji 2010 ter drugi podobni dogodki.

Glede na pretekle izkušnje v tujini lahko predstavljajo izgubljeni viri sevanja veliko nevarnost, še posebej tisti, ki so nezaščiteni in imajo veliko aktivnost ter povzročajo visoke hitrosti doze, ali pa tisti, ki so nehote staljeni pri predelavi odpadnih kovin in gredo v plinaste izpuste (^{137}Cs). Vzpostavljeni nadzor nad viri sevanja (načelo "od zibelke do groba") in nad uvozom oziroma vnosom virov sevanja v državo, vključno z nadzorom nad odpadnimi kovinami, bistveno zmanjšujeta verjetnost takšnih dogodkov in posledic v Sloveniji. Poseben primer so kovinski polizdelki in izdelki kontaminirani s ^{60}Co , ki so bili odkriti v številnih državah po svetu.

Ker je odkritje nenadzorovanega vira sevanja povezano z merjenjem sevanja, jih je možno odkriti tam, kjer se to sistematično meri. To so lokacije odpadov, kjer se zbira, obdeluje in predeluje odpadne kovine, predvsem železo. Tovrstne lokacije so tudi mednarodni mejni prehodi, kjer so portalni ali drugi stacionarni merilniki sevanja oz. se uporablja prenosna detekcijska oprema. Slovenska Policija in carina (FURS) imata na voljo tudi detekcijsko opremo v vozilih, ki bi lahko zaznala povišane vrednosti sevanja. Nenadzorovane vire je možno odkriti tudi na vstopu v talilnice, kjer se ravno tako izvaja nadzor nad vsebnostjo radioaktivnih snovi v vhodnem materialu. V Sloveniji se skoraj vsako leto v okviru raziskovalnih ustanov, industrije in drugih subjektov odkrije manjše količine uranovih ali torijevih spojin, ki predhodno niso bile pod upravnim nadzorom.

Na območju Notranjske regije je takšna lokacija deponija železa - ODPAD Kal pri Pivki, Velika Pristava 23, 6257 Pivka.

Slika 1: ODPAD Kal pri Pivki, Velika Pristava 23, 6257 Pivka.



1942/43 k.o. Narin 7.412 m²
1942/45 k.o. Narin 3.559 m²
Skupaj: 10.971 m²

Slika 2: ODPAD Pivka Industrijsko obrtna cona Neverke



3566/21 k.o. Stara Sušica 15.313 m²
3566/40 k.o. Stara Sušica 3.560 m²
Skupaj: 18.873 m²

6.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzroki za tovrstne nesreče so praviloma malomarnost upravljavca (oz. lastnika) in pomanjkljiv upravni nadzor. Ker se izgubljeni vir lahko nahaja kjerkoli, predstavlja do ponovnega "odkritja" potencialno nevarnost. Ne da bi se zavedali nevarnosti lahko ljudje takšen vir vtaknejo žep, ali pa ga prinesejo v bivalne prostore, nestrokovno razstavljajo naprave z radioaktivnimi snovmi oziroma poškodujejo embalažo ter se obsevajo. Pri virih, ki se nahajajo v odpadnih kovinah, je velika možnost, da končajo v talilnici železarne ali jeklarne oziroma druge livarne.

6.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost za tak dogodek – nastanek nesreče z nenadzorovanim visokoaktivnim virom sevanja – je v Sloveniji ocenjena na enkrat na dvajset do petindvajset let.

Doslej se največje nesreče, ki so terjale življenje ali pustile hujše zdravstvene posledice posameznikom, dogajajo v svetovnem merilu približno enkrat na pet do deset let. Podobnega reda velikosti bi bila tudi svetovna verjetnost stalitve visoko radioaktivnega vira (ali drugega vira sevanja, ki bi kontaminiral okolje) pri predelavi kovin. Te nesreče doslej niso terjale življenj ali povzročile trajnih posledic za zdravje ljudi. Povzročile so le občutno ekonomsko škodo.

V Sloveniji smo beležili pri predelavi kovin stalitev vira sevanja manjše aktivnosti približno enkrat na deset let.

6.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Vrsta, oblika in stopnje ogroženosti je podobna kot je opisana v poglavju 4.4, medtem ko gre pri taljenju vira v peči železarne ali jeklarne za radioaktivno kontaminacijo produkta (običajno ^{60}Co) ali za izpust hlapljivih radioaktivnih snovi v ozračje (običajno ^{137}Cs). Dodati je treba, da je izpust v ozračje praviloma zelo razredčen, tako da znatnih doz, ki bi terjale evakuacijo prebivalstva, ni pričakovati.

6.5 Potek in možni obseg nesreče

Potek in možni obseg nesreče je enak kot v poglavju 4.5.

6.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

V običajnih primerih nesreč gre za ogroženost nekaj ljudi, ki pridejo v neposredni stik z radioaktivnim izvorom. Zaradi radioaktivne kontaminacije bi lahko bili določeni predmeti izločeni oziroma trajno neuporabni.

6.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 3.4. in 3.7.

6.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

6.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvidevanje nesreče ni možno, vendar se da iz dosedanjih izkušenj doma in v tujini predvideti verjetnost in posledice takšne nesreče.

6.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glej poglavje 4.10.

7 PREVOZ RADIOAKTIVNIH IN JEDRSKIH SNOVI

7.1 Viri nevarnosti

Pri prevozu radioaktivnih in jedrskih snovi se lahko zgodi prometna nesreča; verjetnost za radiološko nesrečo (ko bi prišlo do znatnih povišanj ravni sevanja, puščanja in kontaminacije vozila, okolice) je malo verjetna. Podatki o virih sevanja so razvidni iz prevozne listine oziroma v primerih, ko je potrebno dovoljenje, tudi iz dovoljenja za prevoz radioaktivne snovi, ki ga izdala bodisi Uprava RS za varstvo pred sevanji bodisi Uprava RS za jedrsko varnost.

MAAE INES lestvica navaja npr. nepravilno pakiranje visoko radioaktivnega vira kot nezgodo stopnje 2, v primeru kraje visoko radioaktivnega vira ali njegove napačne dobave brez ustreznih postopkov za rokovanje z njim pa celo stopnjo 3 (resna nezgoda).

7.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Pri prevozu radioaktivnih snovi so lahko vzroki predvsem prometna nesreča, kraja vozila in/ali radioaktivnih snovi in padec tovorka z radioaktivnimi snovmi iz vozila. Možen vzrok je lahko tudi nesreča med pretovarjanjem radioaktivnih snovi, npr. nakladanje oziroma razkladanje ali padec težkega predmeta pri čakanju na prevoz.

7.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Točnih evidenc o številu opravljenih prevozov radioaktivnih snovi in številu prevoženih kilometrov v Sloveniji ni (cesta, železnica, po morju, v zračnem prometu). Na podlagi delnih domačih statistik sklepamo, da je v Sloveniji v prevozu nekaj tisoč tovorov z radioaktivnimi snovmi letno (5700, vključno z medicino in izvzetimi tovorki, ocenjeno navzgor). Na podlagi izkušenj in podatkov iz tujine ocenjujemo, da gre za verjetnost enega dogodka v obdobju več kot petindvajset let. Pri tem je mišljena nesreča pri prevozu radioaktivnih snovi, ki bi bila ovrednotena s stopnjo najmanj 3 po lestvici INES.

Do sedaj v Notranjski regiji ni bilo uradno evidentiranih nesreč pri prevozu radioaktivnih snovi. Verjetnost, da pri prevozu radioaktivnih snovi po cesti pride do nesreče, obstaja, vendar je zelo majhna.

Iz podatkov iz tujine in objav drugih jedrskih upravnih organov ugotavljamo, da gre pri večini »dogodkov« med prevozom za različna neskladja in le v približno petini primerov za dogodke, povezane s kontaminacijo (tovora ali vozila) ali krajo ter izgubo. Po svetu je bilo v zadnjih dveh desetletjih nekaj primerov nesreč vozil, ki so prevažala visoko aktivne vire sevanja, tudi s smrtnimi izidi, a ne zaradi sevanja.

Pri prevozu izrabljenega jedrskega goriva je verjetnost, da bi prišlo do raztrosa jedrskih in radioaktivnih snovi, zelo majhna, saj so vsebniki projektirani zelo robustno in testirani kot tovorki vrste B.

Ocenimo lahko tudi, kje je večja verjetnost, da bo prišlo do nesreče pri prevozu radioaktivnih snovi. Radioaktivne snovi potujejo znotraj države od meje, ker so dobavitelji v tujini, ali pa z mednarodnega letališča Brnik do končnih uporabnikov. Pri tem se (razen pri lokalnem prevozu na končni naslov) uporabljajo ceste, ki sestavljajo slovenski avtocestni križ. Tu je povečana verjetnost nesreče zaradi števila prevozov in zaradi gostote prometa.

7.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Podobno kot v poglavju 4.4. velja, da lahko pri nesreči z radiografskim ali obsevalnim virom sevanja nastanejo sevalna polja z visoko dozno hitrostjo. Glede na tehnologijo izdelave vira sevanja z visoko radioaktivnostjo, načinom ščitenja vira sevanja in zasnove tovorka ter glede na zahtevano usposobljenost osebja, ki prevaža takšne radioaktivne snovi, je zelo majhna verjetnost, da bi udeleženci prejeli visoke doze sevanja.

Pri odprtih virih sevanja zaradi majhnega volumna prav tako ni pričakovati radioaktivnega onesnaženja širšega okolja, četudi bi prišlo do nesreče. Malo verjetna je tudi ogroženost zaradi kontaminacije površinskih vodotokov ali podtalnice, ker sta volumen in aktivnost tekočinskih radioaktivnih virov glede na volumen podtalnice majhna (ob pogoju, da se kontaminirana zemlja in materiali hitro odstranijo s prizadete površine). Razlitje ali raztros sta tudi malo verjetna, ker so praviloma tovrstni viri za prevoz ustrezno zapakirani in zaščiteni. Ob nesreči pri prevozu je možna kontaminacija embalaže, vozila ter oseb iz spremstva, udeleženi v nesreči. Le v primeru požara pri nesreči lahko pride do termične poškodbe vira in v zvezi s tem tudi do morebitne kontaminacije oseb in okolja.

Glede na tehnologijo izdelave vira sevanja z visoko aktivnostjo, načinom ščitenja vira sevanja in zahtevane embalaže pri prevozu ter glede na zahtevano usposobljenost osebja, ki prevaža takšne radioaktivne snovi, je zelo majhna verjetnost, da bi udeleženci prejeli visoke doze sevanja.

Pri odprtih virih sevanja zaradi majhnega volumna ni pričakovati radioaktivnega onesnaženja širšega okolja, četudi bi prišlo do nesreče.

7.5 Potek in možni obseg nesreče

Zaradi prometne nesreče lahko pride do poškodbe embalaže z radioaktivno snovjo in razsutja radioaktivnih ali jedrskih snovi na mestu nesreče. Obseg nesreče bi bil večji, če bi pri tem prišlo do požara ali eksplozije.

7.5.1 Prevoz svežega goriva

NEK uvozi enkrat na 18 mesecev od 50 do 60 gorivnih elementov (maksimalna obogatitev z ^{235}U je 5 %). Sveže gorivo se prevaža predvsem po morju in po cesti. Sveže gorivo pride običajno z namensko ladjo po morju do luke Koper, nato pa s tovornimi vozili po cesti do NEK. Prevozi svežega goriva za potrebe raziskovalnega reaktorja TRIGA so redki, zadnji je bil povezan z izvozom 10 svežih gorivnih elementov v Francijo leta 2007.

Morebitna nesreča povzroči znatno gospodarsko škodo zaradi morebitne fizične poškodbe goriva. Kontaminacija je malo verjetna, ker je sveže gorivo zaprto v posebnih vsebnikih za prevoz goriva. Samo gorivo je v keramični obliki, zato ni topno v vodi. Obsevanje zaradi svežega goriva je zanemarljivo, saj je sveže gorivo malo radioaktivno.

7.5.2 Prevoz izrabljenega goriva

NEK

Trenutno se vse gorivo iz NEK hrani na lokaciji. Na lokaciji se bo zgradilo suho skladišče izrabljenega goriva. V bližnji prihodnosti se izrabljeno gorivo ne bo prevažalo iz lokacije NEK.

TRIGA

Raziskovalni reaktor TRIGA uporablja za svoje obratovanje jedrsko gorivo, ki je bilo kupljeno v ZDA. V skladu z dogovorom med vladama RS in ZDA je bil večji del izrabljenega goriva leta 1999 vrnjen v ZDA. Izdelano je bilo ustrezno varnostno poročilo in pridobljena vsa dovoljenja. Ta prevoz je minil brez posebnosti.

Tranziti izrabljenega goriva

V zadnjih letih je bilo preko Slovenije opravljenih več tranzitov izrabljenega goriva (nazadnje iz Romunije, Madžarske, Srbije in Avstrije). V bližnji prihodnosti takšni tranziti niso predvideni. Tranzit je bodisi cestni bodisi železniški (na relaciji Dolga vas–Luka Koper). Običajno gre za gorivo iz raziskovalnih reaktorjev, ki se vrača v državo, ki ga je izdelala (Rusija oz. ZDA). V Luki Koper se zabojniki - tovorki vrste B(U) preložijo na namensko ladjo, na kateri se včasih nahaja že gorivo, ki je bilo naloženo v drugih pristaniščih. Organizator prevoza skupaj z varnostno službo in s policijo poskrbi za ustrezno fizično varovanje. Za varstvo pred sevanji je ustrezno poskrbljeno.

7.5.3 Prevoz radioaktivnih snovi za potrebe medicine, industrije, raziskav in drugih dejavnosti

Pošiljke radioaktivnih snovi potekajo bodisi zaradi dobave organizacijam, ki jih uporabljajo, bodisi zaradi prevoza prenosnih virov na mesto uporabe. V prvem primeru gre predvsem za uporabo virov sevanja v medicini (^{125}I , ^{131}I , ^{18}F in $^{99\text{m}}\text{Tc}$) in za dobavo stacionarnih virov industriji (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{85}Kr , ^{55}Fe , ^{90}Sr in ^{241}Am). V drugem primeru pa gre za prevoze virov sevanja, ki se uporabljajo pri kontroli zvarov ali gradbenih del na terenu. Najpogostejši radionuklidi so ^{192}Ir v tovorkih B(U) oz. ^{75}Se , ^{137}Cs , $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ v tovorkih A. Pogosto se prevažajo še viri sevanja nizke aktivnosti, ki so vgrajeni v prenosne merilne instrumente (^{63}Ni , ^{133}Ba , ^{137}Cs v izvzetih tovorkih).

Prevozniki morajo v skladu z Zakonom o prevozu nevarnega blaga imeti navodila, kako ukrepati v primeru nezgode. V skladu s Pravilnikom o uporabi virov sevanja in sevalni dejavnosti morajo imeti prevozniki visokoaktivnih virov sevanja tudi pisna navodila, kako ukrepati oz. preprečevati nedovoljen dostop, izgubo vira sevanja, krajo ali poškodbo vira sevanja v požaru.

Posledice morebitne nesreče pri prevozu radioaktivnih snovi – če že pride do radiološkega dogodka – so prostorsko omejene, praviloma na neposredno okolico prometne nesreče ali izjemoma na bližnje območje. V primeru radionuklidov s kratkimi razpolovnimi dobami (^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ali ^{18}F) je vpliv nesreče razmeroma kratkotrajen (nekaj dni ali tednov), zato je dekontaminacija praviloma manj zahtevna. Pri nesreči z viri sevanja, ki imajo razpolovno dobo daljšo od enega leta pa je potrebno predvideti prepakiranje oziroma dekontaminacijo in način ravnanja z nastalimi radioaktivnimi odpadki. Obstaja tudi možnost kontaminacije oseb, udeleženih v nesreči, ki bi jih bilo potrebno ustrezno oskrbeti in dekontaminirati.

7.5.4 Tranzit radioaktivnih snovi

Veljajo enaki ukrepi in podatki kot pri prevozu v domačem prometu. Posebej pa je potrebno izpostaviti tranzite virov sevanja s pomembno aktivnostjo – tj. tistih, katerih aktivnosti dosegajo kategoriji I in II (kategorizacija MAAE). Tovrstni tranziti se dogajajo z različno pogostostjo (kategorija I manj kot enkrat letno; kategorija II večkrat letno, npr. tranziti $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$, ki se uporabljata v industrijski radiografiji) in ustrezajo terminologiji ADR kot "radioaktivne snovi s potencialno hudimi posledicami".

Do zdaj ni bilo nobene nesreče s tovrstnimi viri v tranzitu. Tudi v svetovnem merilu ni poznano, da bi prišlo v tranzitu do omembe vrednih posledic z virom, ki vsebuje "radioaktivne snovi s potencialno hudimi posledicami".

7.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Zaradi tovrstne nesreče bi bilo ogroženih nekaj ljudi oziroma bi potencialno za daljši čas morali omejiti dostop na območje, če ga ne bi bilo mogoče dekontaminirati. Površina takšnega področja bi znašala nekaj sto kvadratnih metrov, v najbolj konservativnem primeru nekaj tisoč kvadratnih metrov.

7.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 3.4. in 3.7.

7.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

7.9 Možnost predvidevanja nesreče

Ni možno.

7.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glej poglavje 4.3.10.

8 PADEC SATELITA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI

8.1 Viri nevarnosti

Padec satelita, ki nosi na krovu radioaktivne snovi, na ozemlje naše regije oziroma v našo bližino, je potrebno predvideti v načrtovanju zaščite in reševanja.

8.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Vzrok za padec satelita je odpoved motorja, ki dvigne satelit na višjo orbito, ali okvara navigacijskih naprav oziroma komunikacijskih povezav z zemeljskim nadzorom leta. Odpoved motorja je lahko zaradi tehnične okvare ali pa, ker je zmanjkalo goriva. Satelit pri vstopu v zračne plasti načeloma zgori in lahko razpade na veliko število manjših delov.

8.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost padca satelita na območje Notranske regije je težko oceniti, saj ni dovolj podatkov o satelitih in o snoveh, ki jih določen satelit nosi na krovu, saj gre v precej primerih za satelite, ki so v zvezi z vojaško ali vohunsko uporabo. Prav tako je nemogoče oceniti, kam točno bo satelit padel, da bi lahko ukrepali, preden satelit pade na Zemljo.

Ob predpostavki, da vsakih deset let padeta dva satelita z radioaktivnimi snovmi na krovu na Zemljo, pomeni da je verjetnost, da bi padel satelit na ozemlje Slovenije in našo regijo, manj kot 10^{-6} na leto.

8.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Razlikujemo vrsto vira sevanja na satelitu: Izvor visoke alfa aktivnosti (izotopi plutonija) ali pa reaktorski vir. V prvem primeru gre za možno kontaminacijo z zelo toksičnim sevalcem alfa. V drugem primeru pomeni padec satelita kontaminacijo s fisijskimi produkti, vendar se to kontaminacija razlikuje od tiste, ki je posledica jedrske eksplozije. Predvsem ostaja radioaktivnost večinoma vezana na delce z visokimi specifičnimi aktivnostmi, in je zanjo značilno, da ne vsebuje ne jodovih in ne cezijevih izotopov. Ogroženost za ljudi izvira pretežno zaradi inhalacije radioaktivnih delcev, ki v posamezniku lahko povzročijo visoke doze, in ne od zunanjega sevanja. Območja kontaminacije so trakaste oblike s širino nekaj 10 km in v dolžini nekaj 100 km (referenca npr. padec sovjetskega satelita Kosmos na kanadsko ozemlje). Zaradi neposredne kontaminacije z radioaktivnimi delci so ogroženi nekateri prehranski pridelki (sveža zelenjava, sadje), medtem ko mleko, meso in gomoljasti plodovi niso kontaminirani. Ocenjene doze zaradi sevanja gama iz tal so znotraj mejnih vrednosti za prebivalstvo.

Sateliti lahko nosijo na krovu tudi manjše količine radioaktivnih snovi v instrumentih in napravah (npr. ^{63}Ni , ^{137}Cs , ^3H , ^{85}Kr ...), ki bi ob nesreči povzročili le neznatno (dodatno) kontaminacijo oziroma obsevanje.

8.5 Potek in možni obseg nesreče

Nesreča se zgodi v trenutku, ko satelit pade na Zemljo. Prejšnjega dogajanja ni moč z gotovostjo napovedati oziroma kontrolirati. Nadzor nad gibanjem satelita (če je satelit še možno kmariti) imajo samo države, ki so lastnice satelita.

Področje, ki ga je potrebno preiskati po padcu satelita, da bi ugotovili morebitno kontaminacijo zemljišča, znaša okoli 100 000 km², kar predstavlja približno petkratno velikost Slovenije. Lahko bi bil prizadet znaten del celotnega ozemlja Slovenije ali pa le njen manjši del, regije.

8.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Ogroženi so tisti prebivalci in živali, ki se nahajajo na območju kontaminacije (v najslabšem primeru so to lahko vsi prebivalci Notranjske regije).

8.7 Verjetne posledice nesreče

Posledice nesreče izvirajo iz visokih doz, ki bi jih posameznik prejel, de bi v pljuča vdihnil "vroče delce" (za fisijske produkte npr. velikosti 10 mikrometrov z aktivnostjo 50 Bq; takšen delec da efektivno dozo 3 mSv, vroči delec z enako aktivnostjo sevalca alfa pa bi povzročil od tisočkrat do deset tisočkrat višjo dozo). To so drobni delci, ki imajo veliko specifično aktivnost in jih bodisi vdihnemo direktno ali ob resuspenziji s tal (ko se ponovno dvignejo v zrak). Takšne delce bi lahko človek vnesel v telo tudi z uživanjem neumitega sadja in zelenjave.

Posledice vnosa "vročih delcev v telo" za prebivalstvo so lahko v obliki stohastičnih učinkov sevanja, ne zaradi akutnega obseva.

8.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

8.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvideti je možno čas padca satelita, ki ga objavi lastnik satelita oziroma države, ki imajo možnost opazovanja in spremljanja satelitov ter morebitno izotopsko sestavo radioaktivnih snovi na krovu, če so na razpolago vsaj kakšni podatki o satelitu. Ni pa možno z gotovostjo napovedati, kam bo satelit padel.

8.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

V primeru padca satelita je potrebno predvideti predvsem ukrepe v prehranski verigi (nadzor kontaminiranosti hrane), lociranje vročih točk in dekontaminacijo.

9 PLOVILA NA JEDRSKI POGON

9.1 Viri nevarnosti

Vir nevarnosti je civilno ali vojaško plovilo na jedrski pogon v slovenskih teritorialnih vodah ali v bližini teh voda.

9.2 Možni vzroki nastanka nesreče

Neposredni vzrok za nesrečo je kakršnakoli okvara ali napačno ravnanje z reaktorjem ali reaktorji, ki se nahajajo na plovilu. Tovrstna nesreča pa lahko ima tudi zunanji vzrok, kot npr. teroristični napad, vihar, eksplozijo/požar na plovilu, trčenje z drugim plovilom ali podobno.

9.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost pojavljanja tovrstne nesreče je težko oceniti, saj zanesljivih podatkov o nesrečah reaktorjev na plovilih, kjer bi prišlo do taljenja sredice, ni na razpolago. Za slovenski primer lahko napravimo naslednjo oceno:

Obisk takšnega plovila je približno enkrat na deset let za približno en teden, kar znese za verjetnost obiska 0,2% na leto.

Za verjetnost hude nesreče s taljenjem sredice bomo vzeli, da je podobno kot pri jedrskih reaktorjih za proizvodnjo električne energije, kjer je zelo konservativna ocena 10^{-4} na leto, čeprav so v času obiska plovila reaktorji ustavljeni ali na nizki moči.

Če v oceni upoštevamo, da ladja lahko odpluje, smer vetra, in da izvaja ukrepe (npr. poplavljanje, zapiranje loput/prekatov, filtriranje izpusta), ki bi preprečili znaten izpust radioaktivnih snovi, lahko oceno zmanjšamo še za nekaj velikostnih razredov npr. 10^{-1} ali 10^{-3} na leto.

Ko vse to zmnožimo, dobimo verjetnost 2×10^{-8} ali 2×10^{-10} na leto, kar je izredno majhna vrednost (primerljiva s padcem satelita) ob dejstvu, da smo drugo verjetnost (za taljenje sredice) verjetno precenili, saj je reaktor v primeru plovila ustavljen, na razpolago pa so neomejene količine vode.

9.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

V študijah ogroženosti zaradi plovil so ugotovili, da imajo na razpolago nekoliko več podatkov o ruskih plovilih, in da obstaja večje tveganje za nesrečo pri izdelavi plovil in montaži ter servisiranju reaktorjev [38]. Prav tako so analizirali morebitna puščanja pri potopljenih plovil, ki so bila potopljena daljše časovno obdobje, ko ima korozija znaten vpliv. Vse te predpostavke niso primerne za naš scenarij, saj je plovilo na obisku, pa tudi v primeru potopitve bi ga lahko izvlekli, saj globina morja plitva in ne

presega 25 m. Plovilo tudi ne bi razpadlo na več delov zaradi velikega pritiska v globini. Pomemben podatek je tudi, da je večina plovil na jedrski pogon, podmornic, in da so površinska plovila v glavnem letalonosilke (ZDA) in ledolomilci (Rusija).

Glede scenarija in količine izpusta (t.i. »source terma«) se v literaturi najde kar približek z izpustom iz npr. 200 MW(t) tlačnovodnega reaktorja. Ladja je običajno zasidrana 1-2 km od obale, vendar jo je, če bi bilo treba, možno odvleči na odprto morje. Glede na to, da gre za tlačnovodni reaktor, jo lahko primerjamo z jedrsko elektrarno, ki ima 10-krat manjšo moč kot NE Krško, tako da se v nadaljnjem naslonimo na oceno ogroženosti za JE Krško in jo ustrezno skaliramo, npr. območje takojšnjih zaščitnih ukrepov zmanjšamo za 10-krat, tj. z 10 km na 1 km, kar pomeni, da to območje ne bi segalo do kopnega.

Največji prispevek k dozi bil zaradi inhalacije, še posebej v začetni fazi (prvih nekaj ur ali prvi dan), in sicer zaradi žlahtnih plinov in hlapljivih izotopov joda in cezija.

Obstajajo zbirke nesreč plovil na jedrski pogon z opisi, ki se nanašajo v glavnem na jedrske podmornice. Ni podatkov, da bi bilo v teh nesrečah prizadeto prebivalstvo. Pri potopljenih podmornicah (SSN Tresher, SSN Scorpion) so merili radioaktivnost v okolici, vendar so v sedimentih izmerili samo ^{60}Co kot korozijski aktivacijski produkt iz primarnega kroga. Izmerjena aktivnost (okoli 1 pCi/g) je bila več kot 10-krat manjša od naravne radioaktivnosti sedimenta.

9.5 Potek in možni obseg nesreče

Podobno kot pri jedrskih nesrečah pride zaradi različnih začetnih vzrokov do taljenja sredice reaktorja, ki je sestavni del plovila. Najugodnejše bi bilo v tem primeru odvleči ladjo na odprto morje. Na potek nesreče bistveno vpliva ravnanje posadke plovila, na katero pa nimamo nobenega vpliva. Za hlajenje tovrstnega reaktorja en dan po ustavitvi, in sicer z izparevanjem vode, potrebujemo približno pol litra na sekundo. Če pa bi reaktor deloval s polno močjo tik pred ustavitvijo pa desetkrat več, vendar kot že razloženo, pri stoječih plovilih ta scenarij ni verjeten. Pričakujemo vsaj obvestilo poveljnika plovila o težavah, čeprav ni nobenih zagotovil za to.

Pri zelo konservativnem scenariju bi lahko prišlo do izpusta radioaktivnih snovi. V tem primeru je potek nesreče odvisen od meteoroloških pogojev. Radioaktivni oblak bi lahko dosegel kopno ob ustrezni smeri vetra. Na kopnem bi lahko prebivalstvo prejelo doze zaradi vdihavanja in zunanje kontaminacije, ki pa ne bi presegle referenčnega nivoja 100 mSv.

9.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Ogroženi so tisti prebivalci in živali, ki se nahajajo na območju, ki ga je dosegel radioaktivni oblak, vendar je treba dodati, da so pričakovane vrednosti kontaminacije in prejetih doz tako majhne, da ne zahtevajo uvedbe območja takojšnjega ukrepanje. Najbolj bi bilo ogroženo prebivalstvo, ki se nahaja v smeri vetra.

Ogroženost prebivalstva in živali je minimalna. Če bi bilo potrebno, zadostuje že zaklanjanje v zaprte prostore ob izključenem prezračevanju, kar lahko precej zmanjša dozo zaradi vdihavanja. Posebni ukrepi za živali niso potrebni. Za predmete in premoženje pa zadostuje že dekontaminacija z izpiranjem ali pranjem. Ukrepi po kopenski prehrambeni verigi niso pričakovani. Prav tako v primeru potopitve plovila niso pričakovani ukrepi po morski prehrambeni verigi.

Če pride do taljenja sredice in radioaktivnega izpusta, bi merili tudi radioaktivnost morja in ustrezno ukrepali, vendar ni pričakovati, da bi bili preseženi nivoji za omejitev uporabe morske hrane za vse slovensko morje in za daljše obdobje (več kot mesec). Glede na skromen obseg slovenskega ribištva morebitni (praktično neverjetni) ukrepi (prepoved ribarjenja in nadzor morskih ribogojnic) ne bi povzročili večje škode.

9.7 Verjetne posledice nesreče

Posledice nesreče bi bile zaradi prejetih doz prebivalstva, ki pa naj ne bi presegle referenčne ravni, tako da pričakujemo motnjo, ki jo predstavlja morebitno zaklanjanje v trajanju nekaj ur in psihološke učinke zaradi zaskrbljenosti prebivalstva.

Tu je potrebno pravočasno in ciljno obveščanje, ki naj natančno razloži tveganja in morebitne učinke na zdravje ljudi in ravnanje z hrano, živalmi, predmeti.

Ni pričakovati škode zaradi kontaminirane hrane in predmetov. Lahko pa bi bila potrebna dekontaminacija, da se povrne zaupanje in tudi okrepljen nadzor sevanja v življenjskem okolju za določeno obdobje.

Kot razloženo, potopljeno plovilo ne predstavlja nevarnosti, še posebej, ker lahko pričakujemo da bo država lastnica plovila, le tega dvignila in odvlekla iz slovenskih teritorialnih vod.

9.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Obstaja še verjetnost transportne (ladijske) nesreče, tj. potopitev plovila.

9.9 Možnost predvidevanja nesreče

Predvideti je možno, da bi plovilo zašlo v težave v primeru trka z drugim plovilom ali pa terorističnega napada. Glede na vrsto in tip plovila, slabo vreme praktično ne more biti vzrok za tovrstno nesrečo.

9.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

Glede na izredno majhno verjetnost dogodka je treba oceniti, ali je sploh smiselno izdelovati/dopolnjevati načrt zaščite in reševanja za ta scenarij. Odsvetuje se kakršnokoli načrtovanje območij ukrepanja in podobno v obalnem območju. Velja pa razmisliti o ukrepih, ki bi pozitivno vplivali na javno mnenje, in tudi izvajanje ukrepov, ki bi zagotovili, da imamo nadzor nad situacijo.

10 JEDRSKA NESREČA V TUJINI

10.1 Viri nevarnosti

Potrebno je načrtovati ukrepe tudi za primer izrednega dogodka v jedrskih elektrarnah v tujini (v Prilogi 1 so elektrarne, ki se nahajajo v krogu s polmerom do 1100 km). Za ostale jedrske objekte v tujini načrtovanje ukrepov za primer izrednega dogodka ni predvideno, ker:

- so raziskovalni reaktorji dovolj oddaljeni, oziroma so prešibke moči),
- se bazeni z izrabljenim gorivom nahajajo v okviru jedrskih elektrarn (ni samostojnih bazenov z izrabljenim gorivom); podobno velja za suha skladišča izrabljenega goriva in ker
- so ostali jedrski objekti dovolj daleč.

10.2 Možni vzroki nastanka nesreče so enaki kot v 2.2.

10.3 Verjetnost pojavljanja nesreče

Verjetnost za nesrečo v jedrski elektrarni v tujini ocenimo z verjetnostjo za taljenje sredice na približno $1,0 \times 10^{-4}$ na leto (enkrat na deset tisoč let). Zadrževalni hram zmanjša verjetnost izpustov radioaktivnih snovi v okolje v primeru jedrske nesreče za 10 do 50-krat. Prav tako se podaljša čas, po katerem pride do potencialnega izpusta. To verjetnost pomnožimo s številom elektrarn (npr. v Evropi) in dobimo verjetnost približno enkrat na tisoč let ali še manj.

10.4 Vrsta, oblika in stopnja ogroženosti

Vrsta, oblika in stopnje ogroženosti je podobna kot je opisana v 1.4, vendar ob predpostavki, da je zračna razdalja vsaj 400 km, kar bistveno zmanjša posledice, ki načeloma padajo s kvadratom razdalje. Npr. posledice v Notranjski regiji so tisočkrat ali večkrat manjše kot tiste, ki so v okolici prizadetega objekta (npr. na razdalji 10 km).

10.5 Potek in možni obseg nesreče

Ne glede na vremensko situacijo bi nesreča v tuji jedrski elektrarni imela lahko posledice v Notranjski regiji samo, če bi prišlo do taljenja sredice ob hkratni odpovedi zadrževalnega hrama. Glavne značilnosti poteka nesreče so že opisane v 1.5.

Jedrski reaktorji tipa WER-440 (fizikalni principi delovanja enaki kot pri tlačnovodnih reaktorjih - PWR) v glavnem nimajo zadrževalnega hrama, kot ga imajo jedrske elektrarne v zahodnoevropskih državah.

10.6 Ogroženi prebivalci, živali, premoženje in kulturna dediščina

Lahko zaključimo, da bi bil pri jedrski nesreči v tujini ogrožen del naše regije ali pa kar celotna regija, in sicer zaradi mokrega useda.

10.7 Verjetne posledice nesreče

Za zdravstvene posledice glej poglavje 2.4. in 2.7.

10.8 Verjetnost nastanka verižne nesreče

Ni možno.

10.9 Možnost predvidevanja nesreče

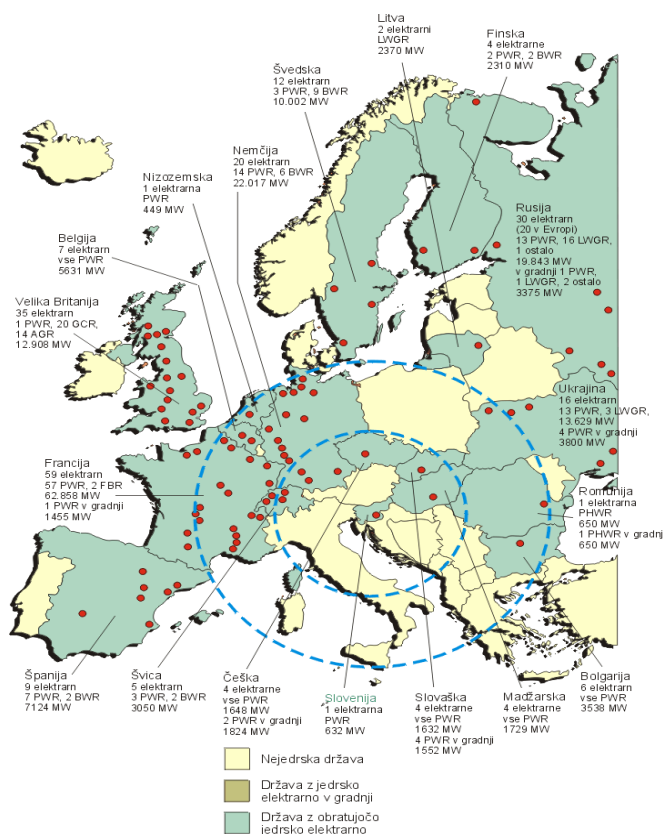
Nastanka jedrske nesreče se ne da napovedati, predvidimo lahko le verjetnost. Delno lahko nastanek nesreče predvidevamo ob predpostavki postopnega razvoja nesreče iz predhodnih dogodkov (prekursorjev).

10.10 Načrtovanje zaščitnih ukrepov

V primeru jedrske nesreče v tujini je potrebno predvideti predvsem ukrepe v prehranski verigi (nadzor kontaminiranosti hrane) ter ukrepe, ki se nanašajo na potovanja oseb z oziroma na ogroženo področje v tujini (omejitev potovanja, trgovine, stikov, ipd, s prizadetim območjem).

V primeru zelo hude jedrske nesreče v bližini (npr. jedrska elektrarna Paks) bi bilo lahko potrebno izvajati jedno profilakso.

Slika 3: Jedrske elektrarne iz 1000 km območja oddaljene od SLO



Sloveniji so najbližje elektrarne na Madžarskem, Slovaškem, Češkem in v Nemčiji (na Bavarskem). V Preglednici 1 so navedene jedrske elektrarne, ki so od mej Slovenije oddaljene manj kot 300km.

Preglednica 1: Jedrske elektrarne iz 300 km območja

<i>DRŽAVA</i>	<i>IME</i>	<i>TIP</i>	<i>REF. MOČ [MWE]</i>	<i>ODDALJENOST V KM (od meje Slovenije)</i>
Madžarska	Paks 1	VVER	430	180
	Paks 2	VVER	433	180
	Paks 3	VVER	433	180
	Paks 4	VVER	433	180
Slovaška	Bohunice 1	VVER	408	205
	Bohunice 2	VVER	408	205
	Bohunice 3	VVER	408	205
	Bohunice 4	VVER	408	205
	Mochovce1	VVER	440	260
Češka	Dukovany 1	VVER	420	239
	Dukovany 2	VVER	420	239
	Dukovany 3	VVER	420	239
	Dukovany 4	VVER	420	239
Nemčija	Isar1	BWR	870	255
	Isar2	PWR	1410	255
	Gundremminge n -B	BWR	1240	335
	Gundremminge n -C	BWR	1248	335

11 KRITERIJI ZA RAZVRŠČANJE OBČIN V RAZREDE OGROŽENOSTI OB JEDRSKI ALI RADIOLOŠKI NESREČI V NEK

Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (Uradni List RS, št. 24/12, 78/16 in 26/19) v 4. členu določa, da morajo ocene ogroženosti vsebovati tudi razvid, katere občine in v kakšnem obsegu so ogrožene zaradi posameznih vrst nesreč.

Kriterij za razvrstitev občin v regiji v razrede ogroženosti so izdelani na osnovi območij načrtovanja zaščitnih ukrepov, ki so določene na osnovi oddaljenosti od NEK.

Območja načrtovanja zaščitnih ukrepov so naslednja:

- območje preventivnih zaščitnih ukrepov - OPU, območje oddaljeno 3 km od NEK,
- območje takojšnjih zaščitnih ukrepov – OTU, območje oddaljeno 10 km od NEK,
- območje dolgoročnih zaščitnih ukrepov – ODU, območje oddaljeno 25 km od NEK in
- območje splošne pripravljenosti, le ti zajemajo celotno RS.

Posamezna območja načrtovanja zaščitnih ukrepov ne predstavljajo geometrijskih likov - krogov, ampak so prilagojena izvajanju zaščitnih ukrepov.

Zaščitni ukrepi, ki se izvajajo na področju Notranjske so razčlenjeni v Regijskem načrtu zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči za Notranjsko.

Preglednica 2: Podatki o številu prebivalcev v območjih načrtovanja zaščitnih ukrepov

OBMOČJE NAČRTOVANJA ZAŠČITNIH UKREPOV /KM OD NEK	ŠTEVILO PREBIVALCEV V RS
OPU (0 - 3)	11 489
OTU (3 - 10)	29 978
ROU (10 - 25)	57 856
SKUPAJ 0-25	99 323
OSTALO V RS	1 963 551
SKUPAJ	2 062 874

Slika 4: Območja načrtovanja zaščitnih ukrepov ob jedrski nesreči v NEK



Občine in regije so v tej oceni razvrščene v tri od petih mogočih razredov ogroženosti ob jedrski nesreči v Nuklearni elektrarni Krško. Z nazivom "regije" so mišljene izpostave URSZR. Regije so ozemeljsko in glede vključenosti občin vanje identične izpostavam URSZR.

Občine v Notranjski regiji so razvrščene v 2. razred ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK po Državni oceni ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči v RS.

Preglednica 3: Razredi ogroženosti v katere se razvršča nosilce načrtovanja

Razred ogroženosti	ogroženost
1	Zelo majhna
2	Majhna
3	Srednja
4	Velika
5	Zelo velika

1 – zelo majhna, 2 – majhna, 3 – srednja, 4 – velika, 5 – zelo velika.

Prvi razred predstavlja zelo majhno, drugi razred majhno, tretji razred srednjo, četrti razred veliko in peti razred zelo veliko ogroženosti zaradi obravnavane naravne ali druge nesreče.

Ugotovitve iz tega in naslednjega poglavja predstavljajo podlago za določanje obsega obveznosti nosilcev načrtovanju v zvezi s požari v naravnem okolju. Obveznosti določa Državni načrt zaščite in reševanja ob velikem požaru v naravnem okolju.

Kriteriji za razvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti zaradi jedrske nesreče v Nuklearni elektrarni Krško so izdelani na **osnovi območij načrtovanja zaščitnih ukrepov**, ki so določene na osnovi oddaljenosti od Nuklearne elektrarne Krško.

Definicije območij načrtovanja zaščitnih ukrepov okoli Nuklearne elektrarne Krško izhajajo iz Kriterijev za ukrepanje ob jedrski ali radiološki nesreči, ki jih je sprejela strokovna komisija za jedrsko varnost leta 1998, mednarodnih priporočil in praks v svetu.

Preglednica 4: Kriteriji za uvrstitev občin oziroma regij v razrede ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK

1. razred ogroženosti	2. razred ogroženosti	3. razred ogroženosti	4. razred ogroženosti	5. razred ogroženosti
	Območje oddaljenosti več kot 25 km od Nuklearne elektrarne Krško	Območje oddaljenosti 10-25 km od Nuklearne elektrarne Krško	Območje oddaljenosti 3-10 km od Nuklearne elektrarne Krško	Območje oddaljenosti 0-3 km od Nuklearne elektrarne Krško

V Preglednici 4 so navedeni kriteriji za uvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti na osnovi območij načrtovanja zaščitnih ukrepov, ki so določene na osnovi oddaljenosti od NEK po Državni oceni ogroženosti.

Z nazivom »Notranjska regija« je mišljeno območje Izpostave URSZR Postojna.

11.1 Razvrščanje občin v Notranjski regiji

Občine v Notranjski regiji (10) smo razvrstili v razrede ogroženosti v skladu s kriteriji, ki so določeni v preglednici 4.

Razvrstitev občin Notranjske regije v razrede ogroženosti pa je razvidna iz preglednic pet in šest. Iz preglednice pet je razvidno, da so vse občine v regiji razvrščene v drugi razred ogroženosti.

Obveznosti občin na območju Izpostave URSZR Postojna so z naslova načrtovanja ob jedrski ali radiološki nesreči glede na njihovo ogroženost določene z obstoječim Regijskim načrtom ZiR ob jedrski ali radiološki nesreči.

Na območju Notranjske regije je vseh 10 občin razvrščeno v 2 razred ogroženosti.

Preglednica 5: Pregled občin Notranjske regije, razvrščenih po razredih ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK

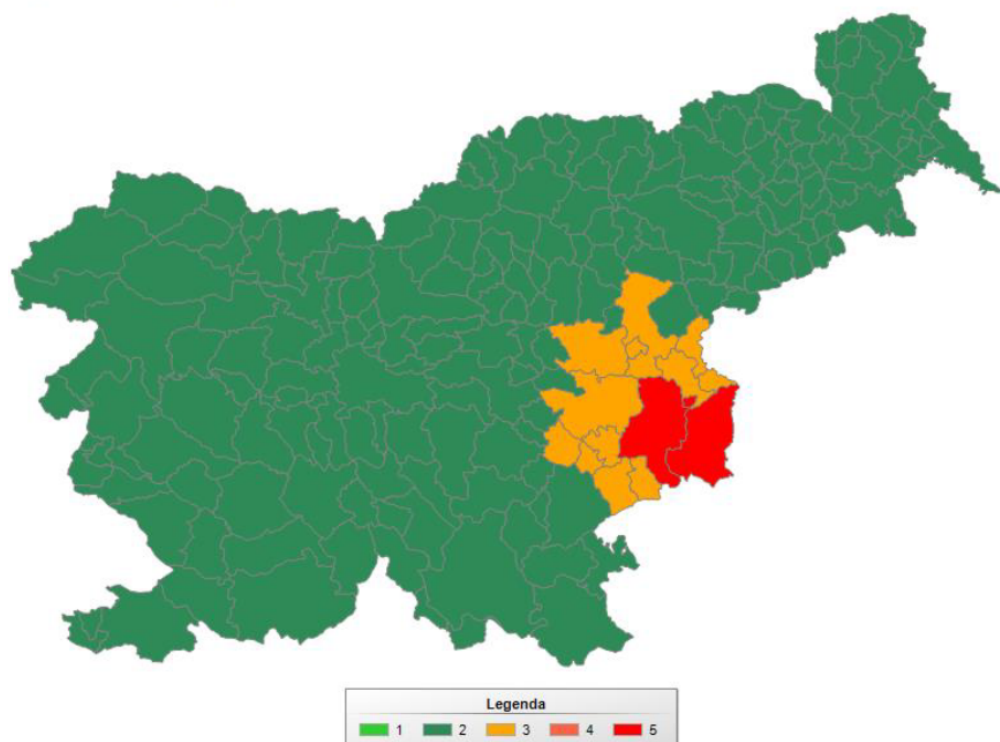
Regija	Občina	Razred ogroženosti
NOTRANJSKA	Bloke	2
(10 občin)	Cerknica	2
	Divača	2

	Hrpelje-Kozina	2
	Ilirska Bistrica	2
	Komen	2
	Loška dolina	2
	Pivka	2
	Postojna	2
	Sežana	2

Razvrstitev občin v razrede ogroženosti zaradi jedrske nesreče v NEK je prikazana v sliki 5.

Slika 5: Ogroženost občine zaradi jedrske nesreče v NEK

Ogroženost občin zaradi jedrske nevarnosti



11.2 Ogroženost Notranjske regije ob jedrski nesreči v Nuklearni elektrarni Krško

Preglednica 6: Pregled števila občin Notranjske regije, razvrščenih po razredih ogroženosti ob jedrski nesreči v NEK

Regija	1. razred ogroženosti	2. razred ogroženosti	3. razred ogroženosti	4. razred ogroženosti	5. razred ogroženosti	Št. občin	Razred ogrože nosti regije

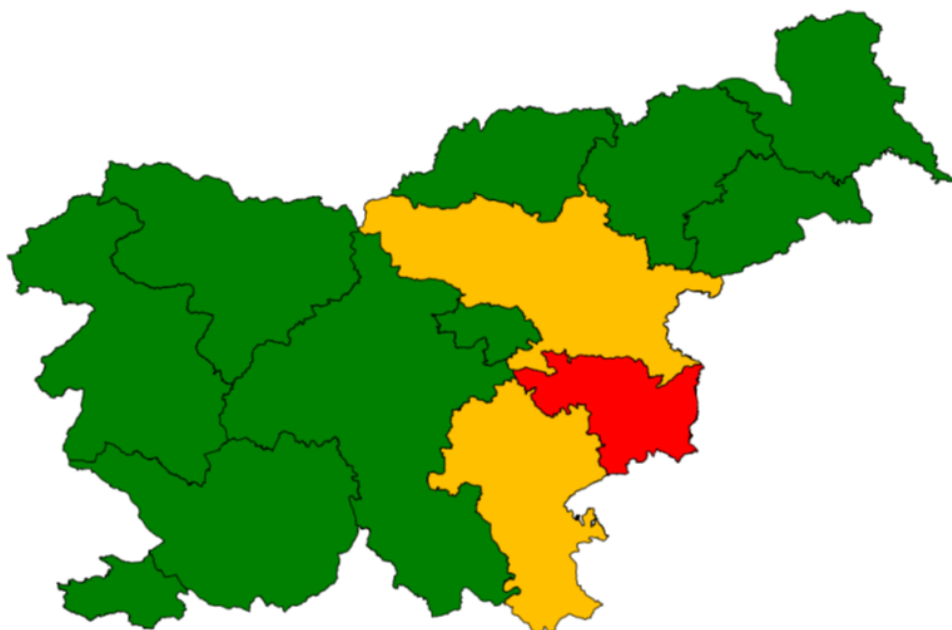
Notranjska	0	10	0	0	0	10	2
------------	---	----	---	---	---	----	---

Preglednica 7: Število in pregled regij po razredih ogroženosti

Razred	Število regij	Regija
1	/	/
2	10	Koroška, Obalna, Vzhodno Štajerska, Podravska, Pomurska, Zasavska, Gorenjska, Severno Primorska, Notranjska , Ljubljanska
3	2	Zahodno Štajerska, Dolenjska
4	-	-
5	1	Posavska
Skupaj	13	

Pregled rezultatov te preglednice je razviden iz slike 6.

Slika 6: Ogroženost regij zaradi jedrske nesreče v NEK



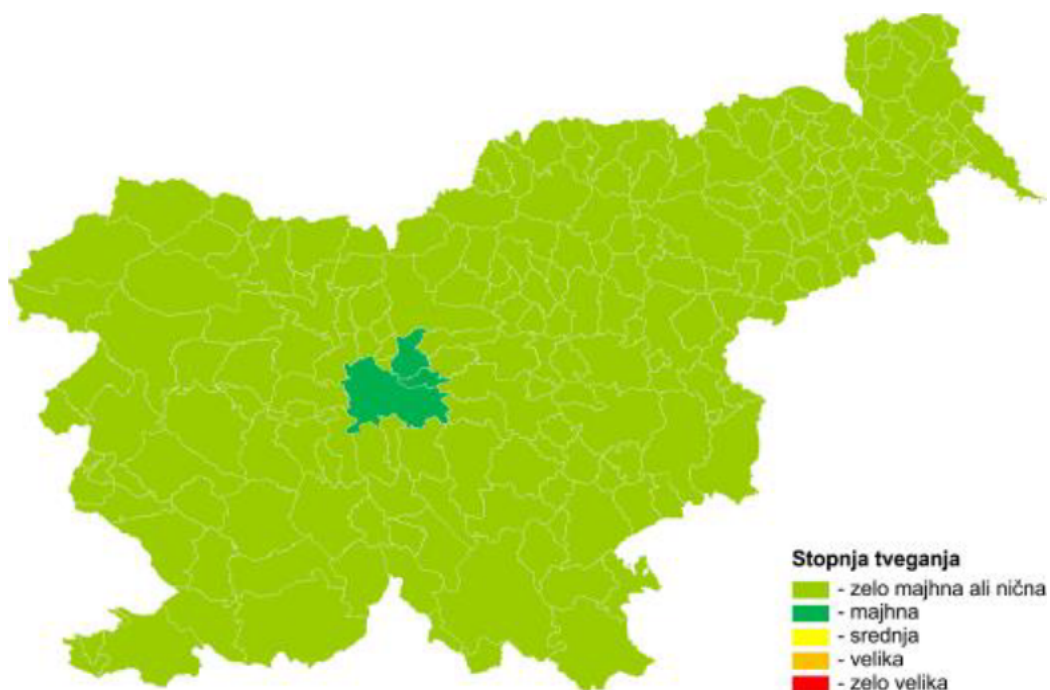
© QGIS 2013

12 OGROŽENOST OBČIN NOTRANJSKE REGIJE ZARADI DRUGIH JEDRSKIH IN RADIOLOŠKIH NESREČ

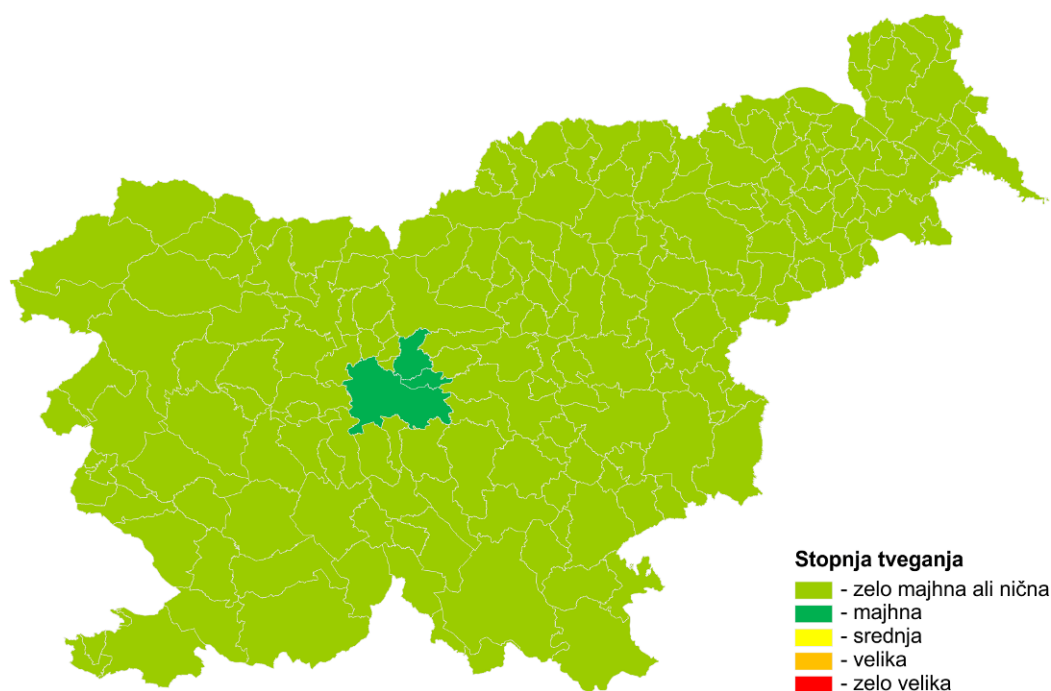
Četrty del ocene vsebuje ogroženost občin zaradi drugih jedrskih in radioloških nesreč, ki vključuje notranjo kategorizacijo (geografsko porazdelitev tveganja za nesreče. Gre za 10 možnih jedrskih in radioloških nesreč. Povzet je iz Ocene tveganja za jedrske in radiološke nesreče, ki jo je dopolnila Uprava RS za jedrsko varnost v letu 2023. V tej oceni, ki je objavljena na osrednjem spletišču državne uprave GOV.SI, ter v oceni v drugem poglavju oziroma v prilogi, so tudi na voljo podrobnejši podatki o posameznih drugih jedrskih in radioloških nesrečah oziroma podatki o tem, za kakšne jedrske in radiološke nesreče gre.

V skladu z regijskim načrtom zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči, se obveznosti občin ne razlikujejo, kajti vse občine morajo v delih načrta zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči razdelati zaščitne ukrepe in naloge ob drugih izrednih dogodkih - druge jedrske ali radiološke nesreče.

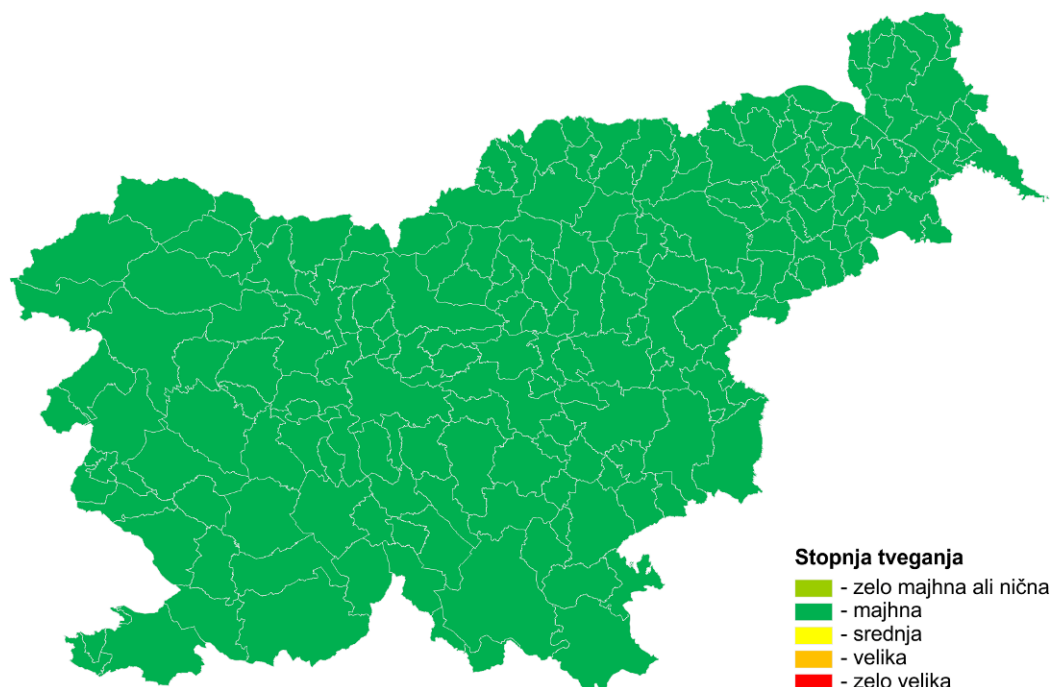
12.1 Ogroženost zaradi nesreče v raziskovalnem reaktorju TRIGA (Training, Research, Isotopes, General Atomics) na Brinju



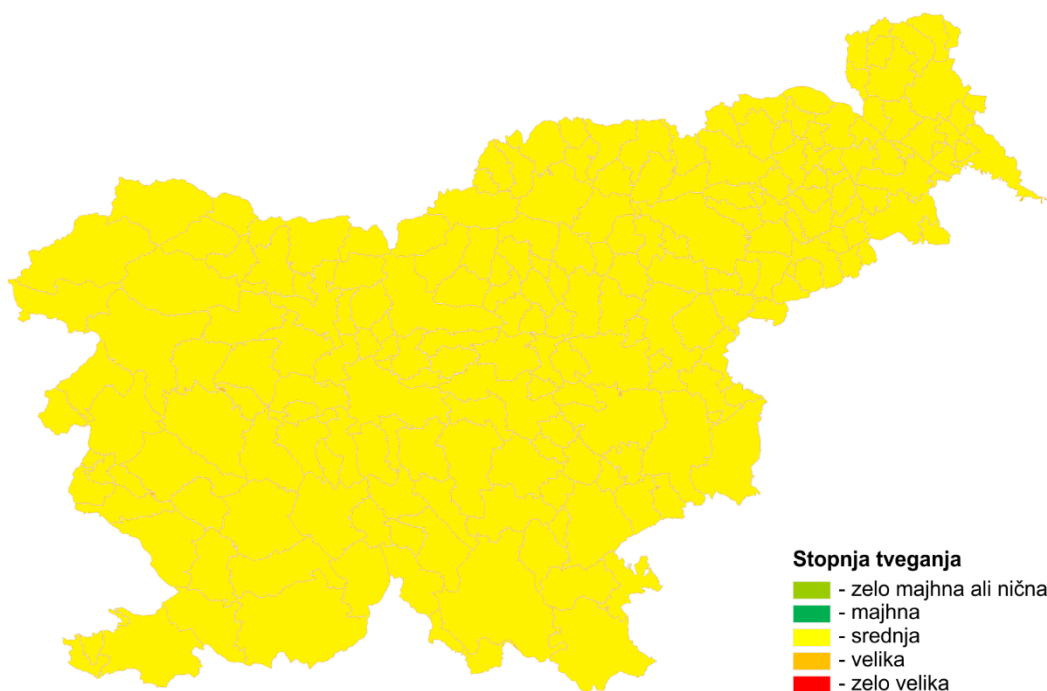
12.2 Nesreča v Centralnem skladišču radioaktivnih odpadkov na Brinju



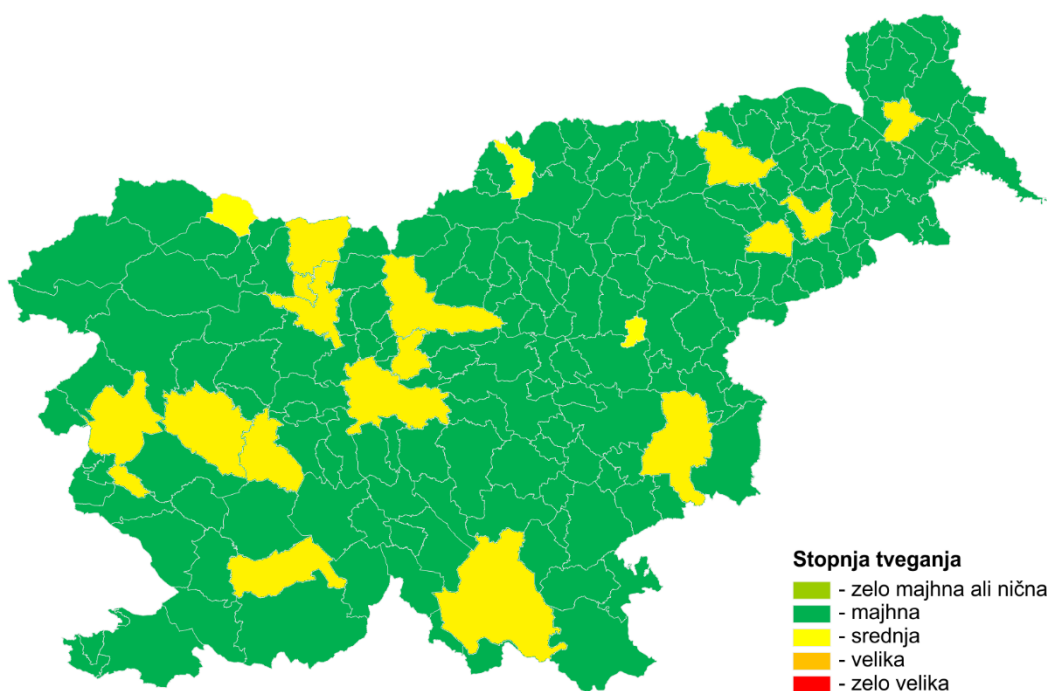
12.3 Nesreča pri uporabi radioaktivnih virov



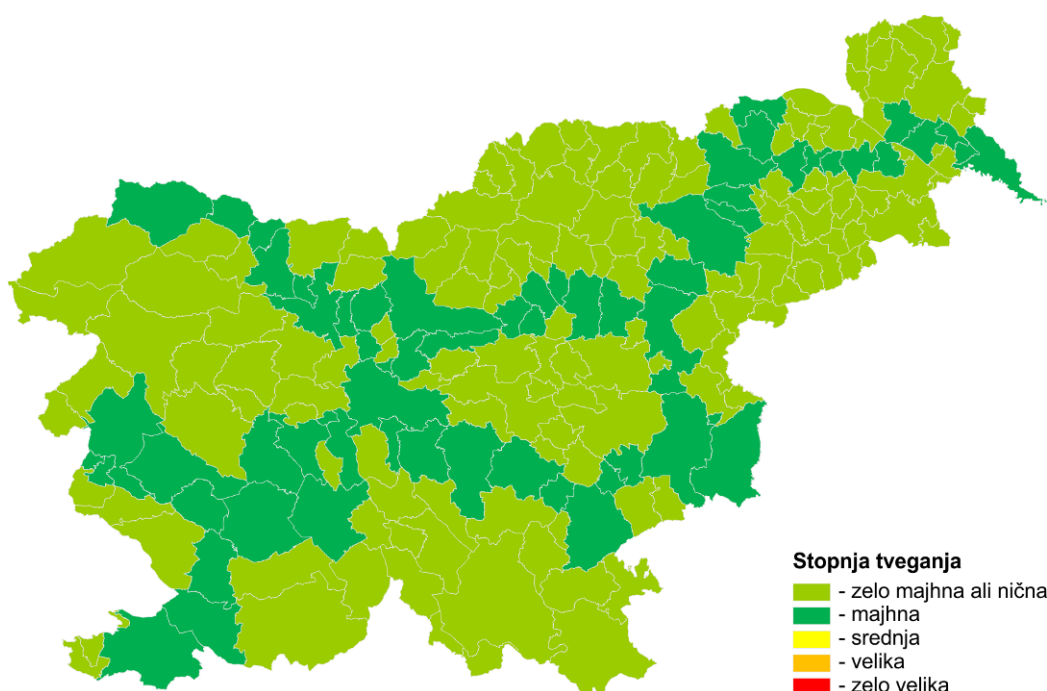
12.4 Zlonamerno dejanje



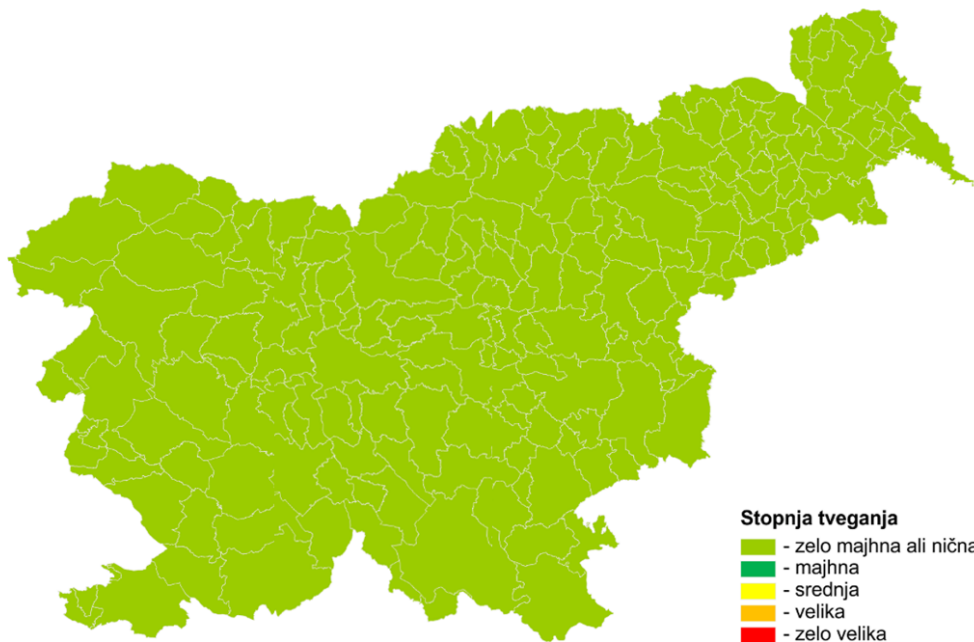
12.5 Nesreča zaradi nenadzorovanih virov sevanja



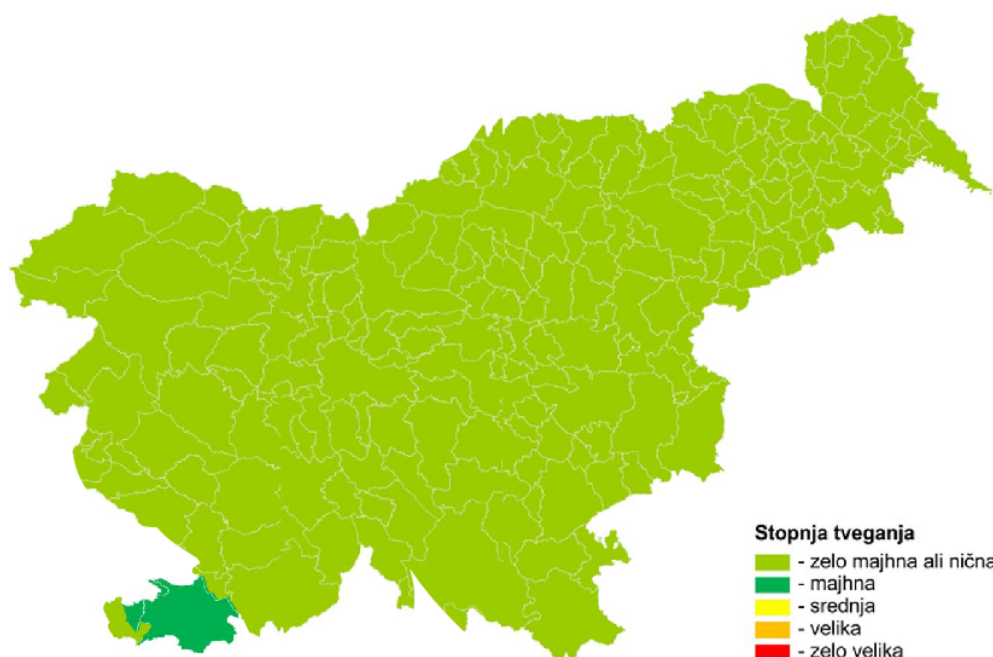
12.6 Nesreča med prevozom radioaktivnih snovi



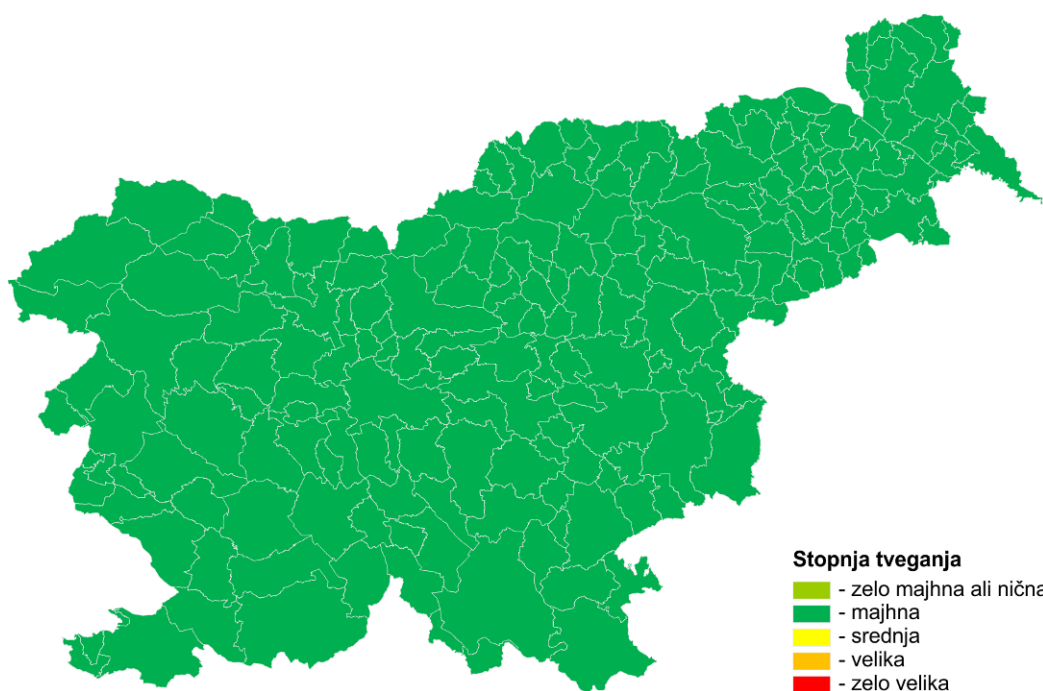
12.7 Padec satelita z radioaktivnimi snovmi



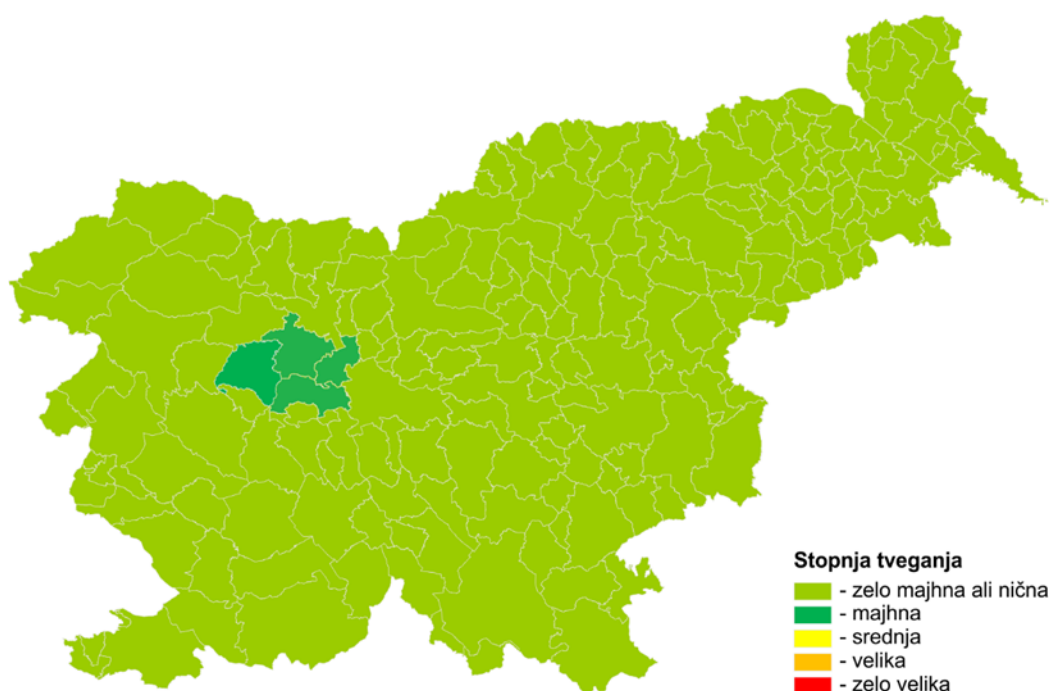
12.8 Nesreča na plovilu na jedrski pogon



12.9 Jedrska nesreča v tujini



12.10 Poškodba odlagališč jalovine na nekdanjem rudniku Žirovski Vrh



13 POVZETEK IN ZAKLJUČEK

Ocena ogroženosti Notranjske regije zaradi jedrske in radiološke nesreče, verzija 3.0, ki jo je pripravila URSZR Izpostava Postojna, skladno z Oceno ogroženosti Republike Slovenije zaradi jedrske in radiološke nesreče, verzija 3.0, vsebuje najbolj ažurne informacije o značilnostih jedrskih in radioloških nesreč in o ogroženosti države zaradi jedrskih in radioloških nesreč.

Četrty člen Uredbe o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja določa, da URSZR izdela ali zagotovi ocene ogroženosti, iz katerih je razvidna možnost nastanka nesreče, za katero se izdelujejo državni in regijski načrti zaščite in reševanja. Iz ocene mora biti razvidno tudi, katere občine in v kakšnem obsegu so ogrožene zaradi posamezne vrste nesreče. Zato je URSZR dodala kriterije za razvrstitev občin in regij v razrede ogroženosti ob jedrski nesreči v Nuklearni elektrarni Krško in kriterije za razvrstitev občin v razrede ogroženosti ob drugih jedrskih in radioloških nesrečah, ki predstavljajo tretji del ocene. V tem delu ocene je opredeljena tudi ogroženost občin in regij zaradi jedrske nesreče v Nuklearni elektrarni Krško. Četrty del ocene vsebuje ogroženost občin zaradi drugih jedrskih in radioloških nesreč, ki vključuje geografsko porazdelitev tveganja za te nesreče. Upoštevanih je 10 scenarijev drugih jedrskih in radioloških nesreč, ki se lahko pripetijo oziroma lahko prizadenejo Republiko Slovenijo.

Na podlagi te ocene ogroženosti se izdela oziroma dopolni Regijski načrt zaščite in reševanja ob jedrski in radiološki nesreči.

14 RAZLAGA POJMOV IN KRATIC

14.1 Pomen pojmov

aktivnost	je aktivnost danega števila radionuklidov v izbranem energijskem stanju ob določenem času in je določena kot količnik $A = dN/dt$, pri čemer je dN pričakovano število spontanij jedrskih prehodov iz tega energijskega stanja v časovnem intervalu dt . Enota za aktivnost je bekerel
človek sievert (čl-Sv)	človek sievert je enota za skupno efektivno dozo določene skupine delavcev ali določene skupine prebivalstva
človeška napaka	je napaka, ki jo je naredil ali povzročil človek s svojim ukrepom zaradi napačnega razumevanja procesa ali napačne presoje stanja; nastane lahko tudi z nehoteno izvedbo ali opustitvijo nekega ukrepa
dekontaminacija	je zmanjšanje ali odstranjevanje radioaktivnih snovi iz posameznih delov življenjskega okolja, ljudi, obleke, opreme in predmetov
deterministični učinki	klinično ugotovljive okvare obsevanega organa, tkiva ali organizma zaradi poškodovanja celic. Za nastanek posameznega determinističnega učinka so določljive vrednosti doz, pri katerih se deterministični učinek pojavi, za te vrednosti doz pa velja, da je za doze, ki jih presegajo, deterministični učinek večji, če je vrednost doze večja
doza	je merilo za absorbirano energijo na enoto mase ali škodo za zdravje. Doze so absorbirane, ekvivalentne ali efektivne. Absorbirana doza izraža absorbirano energijo na enoto mase. Ekvivalentna doza izraža različne učinke, ki jih ima posamezna vrsta ionizirajočih sevanj na posamezno tkivo ali organ, efektivna doza pa stopnjo škode za zdravje ljudi, ki nastane zaradi izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem in se izračuna kot vsota vseh ekvivalentnih doz, uteženih glede na posamezno tkivo ali organ
evakuacija	je začasen in organiziran umik ljudi ob izrednem dogodku z določenega območja, da se zmanjša izpostavljenost zaradi zunanje obsevanosti in vnosa
hitrost doze	hitrost doze je časovni odvod ustrezne doze (absorbirane, ekvivalentne, efektivne, predvidene ekvivalentne, predvidene efektivne) ali njenih ekvivalentov (okoliški, smerni, osebni) in pomeni spremembo doze v enoti časa. Enota je Gy/s ali Sv/s

ionizirajoče sevanje	je prenos energije v obliki delcev ali elektromagnetnih valov z valovno dolžino 100 nanometrov ali manj ali frekvenco 3×10^{15} Hz ali več, ki lahko neposredno ali posredno povzroči tvorbo ionov.
izrabljeno gorivo	je jedrsko gorivo, ki je bilo obsevano v reaktorski sredici in trajno odstranjeno iz nje; izrabljeno gorivo se lahko šteje za vir, ki se lahko uporabi v ponovni predelavi, ali pa se nameni za končno odlaganje brez predvidene nadaljnje uporabe in se obravnava kot radioaktiven odpadek
izredni dogodek	je okoliščina ali dogodek, ki ni običajen in pri katerem se zmanjša sevalna ali jedrska varnost ali je zmanjšana raven varstva pred sevanji. Zaradi stanja, ki je posledica izrednega dogodka, je treba začeti takojšnje priprave ali izvajanje ukrepov za preprečitev ali odpravo posledic za zdravje in varnost ljudi ter kakovost njihovega življenja, za preprečitev posledic na premoženje in okolje ali za odpravo tveganj, ki vodijo do takih resnih posledic
jodna profilaksa	zaužitje neradioaktivnega joda (tablete kalijevega jodida) pred ali takoj ob nastanku izrednega dogodka, da se zaščiti ščitnica pred obsevanjem zaradi kopičenja radioaktivnih izotopov joda v njej
kontaminacija	je nenamerna ali nezaželena prisotnost radioaktivnih snovi na površinah, v trdnih, tekočih ali plinastih materialih ali na človeškem telesu
načelo »od zibelke do groba«	sledenje virom ionizirajočih sevanj od začetka do konca njihove uporabe - od nastanka do skladiščenja
nesreča	je odstopanje od normalnega obratovanja, ki je manj pogosto in ima težje posledice kot nenormalno obratovanje. Pri nesreči lahko pride do večje poškodbe jedrskega ali sevalnega objekta ali zmanjšanja učinkovitosti varnostnih pregrad
obsevanost	izraz, ki se uporablja v varstvu pred ionizirajočimi sevanji za izpostavljenost sevanju (predvsem ljudi) v določenem časovnem obdobju
poškodba sredice	je odkritje in segrevanje sredice reaktorja do točke, pri kateri je pričakovati povečano oksidacijo in resno poškodbo gorivnih elementov večjega dela sredice
radioaktivna snov	je vsaka snov, ki vsebuje enega ali več radionuklidov, katerih aktivnosti ali koncentracije ne moremo zanemariti glede na merila varstva pred ionizirajočimi sevanji

sivert (Sv)	je naziv za enoto ekvivalentne ali efektivne doze. En sievert je enak enemu joulu na kilogram: $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$
stohastični učinki	statistično ugotovljive okvare zaradi spremenjenih lastnosti obsevanih celic, ki se lahko razmnožujejo; stohastični učinki, kot so nastanek malignih rakov ali dednih posledic v genih, niso odvisni od doze in zanje prag nastanka ne obstaja, vendar je njihov nastanek verjetnejši pri višji dozi
stopenjski pristop	pomeni, da so procesi za zagotovitev ustrezne ravni analiz, dokumentacije in ukrepov sorazmerni s: – pomembnostjo za varnost, nadzor nad jedrskimi snovmi in za fizično varovanje, – velikostjo možnih nevarnosti, – fazo v življenjski dobi objekta, – načinom uporabe oziroma namembnostjo objekta, – značilnimi lastnostmi objekta, – pomembnostjo sevalnih in nesevalnih nevarnosti in drugimi ustreznimi dejavniki
upravljavalec objekta	je oseba, ki upravlja objekt in mora imeti odločbo o poskusnem obratovanju ali dovoljenje za obratovanje objekta
verjetnostne varnostne analize	so varnostne analize zanesljivosti sistemov sevalnega ali jedrskega objekta, pri katerih se z uporabo verjetnostnih metod prepozna in ovrednoti obseg možnih vplivov na sevalno ali jedrsko varnost, kakršni so odpoved komponent in njihova nerazpoložljivost, človeške napake, negativni vplivi okolja, požari, poplave in potresi
vir sevanja	je vir, ki lahko povzroči izpostavljenost z oddajanjem ionizirajočih sevanj ali sproščanjem radioaktivnih materialov
vsebnik vira	Je skupek sestavnih delov, ki je namenjen zadrževanju radioaktivnega vira sevanja, ki ni sestavni del vira sevanja in je namenjen zaščiti viri sevanja med prevozom in ravnanjem z njim ter ima lahko nameščeno zaslonko za nadzorovano obsevanje
used	usedanje radioaktivnih delcev iz radioaktivnega oblaka zaradi teže ali spiranja s padavinami na tla in na preostale prizemne površine
zaklanjanje	je zadrževanje ljudi v zaprtih prostorih ob izrednem dogodku za obdobje do nekaj dni, da se zmanjša izpostavljenost zaradi zunanje obsevanosti in vnosa

zaprti vir sevanja	je radioaktivni vir sevanja, pri katerem je radioaktivni material stalno zaprt v posodi ali je vgrajen v trdni obliki, da se pri predvidenih pogojih uporabe prepreči razpršitev radioaktivnih snovi.
zaščitni ukrepi	so ukrepi, ki se izvedejo za preprečevanje ali zmanjševanje doz, ki bi bile sicer prisotne ob izrednem dogodku ali obstoječi izpostavljenosti. Med izrednimi dogodki ima pojem zaščitni ukrep enak pomen kot v zakonu, ki ureja varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami. Zaščitni ukrepi ne vključujejo sanacije kontaminiranih območij

14.2 Seznam kratic

<i>ADR</i>	<i>Evropski sporazum o mednarodnem prevozu nevarnega blaga po cesti (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)</i>
<i>ARAO</i>	<i>Agencija za radioaktivne odpadke</i>
<i>BD</i>	<i>Kaluža uparjalnikov (Steam generator blowdown)</i>
<i>BWR</i>	<i>vrelvodni reaktor (Boiling Water Reactor)</i>
<i>CSRAO</i>	<i>Centralno skladišče radioaktivnih odpadkov</i>
<i>CZ</i>	<i>Civilna zaščita</i>
<i>čl-Sv</i>	<i>Človek sivert</i>
<i>D1</i>	<i>Doza (dose)1</i>
<i>D2</i>	<i>nevarni vir (Dangerous source)2</i>
<i>EU</i>	<i>Evropska unija</i>
<i>EURATOM</i>	<i>Evropska skupnost za atomsko energijo (European Atomic Energy Community)</i>
<i>HE</i>	<i>Hidroelektrarna</i>
<i>IJS</i>	<i>Institut Jožef Stefan</i>
<i>LD</i>	<i>Smrtna doza (Lethal dose)</i>
<i>MAAE</i> <i>(IAEA)</i>	<i>Mednarodna agencija za atomsko energijo</i> <i>(International Atomic Energy Agency)</i>
<i>MBq</i>	<i>Megabekereľ</i>
<i>MWe</i>	<i>Megavat električne energije</i>
<i>MWth</i>	<i>Megavat toplotne energije</i>
<i>NEK</i>	<i>Nuklearna elektrarna Krško</i>

<i>NUID</i>	<i>Načrt ukrepov v primeru izrednega dogodka</i>
<i>OPU</i>	<i>Območje preventivnih ukrepov</i>
<i>OTU</i>	<i>Območje takojšnjih ukrepov</i>
<i>PCFVS</i>	<i>Pasivni filtrski ventilacijski sistem zadrževalnega hrama (Passive Containment Filter Venting System)</i>
<i>PWR</i>	<i>Tlačnovodni reaktor (Pressurised Water Reactor)</i>
<i>RED</i>	<i>Merilec izpostavljenosti sevanju (Radiation exposure device)</i>
<i>ROU</i>	<i>Razširjeno območje ukrepanja</i>
<i>Sv</i>	<i>Sivert</i>
<i>TRIGA</i>	<i>Trening, raziskave, izotopi, General Atomics (Training, Research, Isotopes, General Atomics)</i>
<i>URSJV</i>	<i>Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost</i>
<i>VVA</i>	<i>Verjetnostna varnostna analiza</i>
<i>VVER</i>	<i>serija tlačnovodnih reaktorjev, ki so jih razvili v Sovjetski zvezi</i>
<i>(WWER)</i>	<i>(Vodo-Vodjanoj Energetičeski Reaktor)</i> <i>(Water-cooled water-moderated power reactor)</i>

15 PRILOGE

Priloga 1: Seznam jedrskih elektrarn v oddaljenosti do 1000 km

Država	Jedrska elektrarna	Vrsta	MWe	Km od Ljubljane	Km od mej Slovenije
BE	DOEL-1	PWR	392	951,9	875
	TIHANGE-1	PWR	962	8Bo,2	765
	DOEL-2	PWR	433	951,9	875
	DOEL-3	PWR	1006	951,9	875
	TIHANGE-2	PWR	1008	844,2	765
	DOEL-4	PWR	1008	951,9	875
	TIHANGE-3	PWR	1015	844,2	765
BG	KOZLODUY-5	WWER	953	772,9	638
	KOZLODUY-6	WWER	953	772,9	638
CH	BEZNAU-1	PWR	365	505,7	434
	MUEHLEBERG	BWR	373	562,8	490
	BEZNAU-2	PWR	365	505,7	434
	GOESGEN	PWR	970	519,1	448
	LEIBSTADT	BWR	1165	510,6	440
CZ	DUKOVANY-1	WWER	427	358,8	239
	DUKOVANY-2	WWER	427	358,8	239
	DUKOVANY-3	WWER	427	358,8	239
	DUKOVANY-4	WWER	427	358,8	239
	TEMLIN-1	PWR	963	347,6	289
	TEMLIN-2	PWR	963	347,6	289
DE	PHILIPPSBURG-2 (KKP2)	PWR	1402	576,9	498
	GUNDREMMINGEN-B (KRB B)	BWR	1284	413	335
	GROHNDE (KWG)	PWR	1360	761	688
	GUNDREMMINGEN-C (KRB C)	BWR	1288	413	335
	ISAR-2 (KKI 2)	PWR	1410	328,9	255
	BROKDORF (KBR)	PWR	1410	941,5	872
	EMSLAND (KKE)	PWR	1329	882,7	807
	NECKARWESTHEIM-2 (GKN2)	PWR	1310	519,7	441
FR	FESSENHEIM-1	PWR	880	565	492
	FESSENHEIM-2	PWR	880	565	492
	BUGEY-2	PWR	910	714,4	638
	BUGEY-3	PWR	910	714,4	638
	BUGEY-4	PWR	880	714,4	638
	BUGEY-5	PWR	880	714,4	638
	ST. LAURENT-B1	PWR	915	998,3	926
	TRICASTIN-1	PWR	915	788,9	712
	TRICASTIN-2	PWR	915	788,9	712
	DAMPIERRE-1	PWR	890	928,8	857
	ST. LAURENT-B2	PWR	915	998,3	926
	TRICASTIN-3	PWR	915	788,9	712
	TRICASTIN-4	PWR	915	788,9	712
	DAMPIERRE-2	PWR	890	928,8	857
	DAMPIERRE-3	PWR	890	928,8	857

Država	Jedrska elektrarna	Vrsta	MWe	Km od Ljubljane	Km od mej Slovenije
	DAMPIERRE-4	PWR	890	928,8	857
	CRUAS-1	PWR	915	777,6	701
	CRUAS-2	PWR	915	777,6	701
	CRUAS-3	PWR	915	777,6	701
	CRUAS-4	PWR	915	777,6	701
	ST. ALBAN-1	PWR	1335	759,7	683
	ST. ALBAN-2	PWR	1335	759,7	683
	CATTENOM-1	PWR	1300	723	646
	CATTENOM-2	PWR	1300	723	646
	BELLEVILLE-1	PWR	1310	899	827
	BELLEVILLE-2	PWR	1310	899	827
	NOGENT-1	PWR	1310	871,7	799
	NOGENT-2	PWR	1310	871,7	799
	CATTENOM-3	PWR	1300	723	646
	CHOOZ-B1	PWR	1500	848,9	772
	CHOOZ-B2	PWR	1500	848,9	772
	CATTENOM-4	PWR	1300	723	646
HU	PAKS-1	WWER	470	338,8	180
	PAKS-2	WWER	473	338,8	180
	PAKS-3	WWER	443	338,8	180
	PAKS-4	WWER	473	338,8	180
NL	BORSSELE	PWR	482	989,8	913
SI	KRSKO	PWR	688	79,1	17
SK	BOHUNICE-3	WWER	429	361,6	205
	BOHUNICE-4	WWER	410	361,6	205
	MOCHOVCE-1	WWER	436	386,6	260
	MOCHOVCE-2	WWER	436	386,6	260

Priloga 2: Nevarni viri sevanja v Sloveniji

Radionuklid	Stacionaren	Prenosen	Število nevarnih virov sevanja	Število (prenosnih) nevarnih virov sevanja, ki so hkrati radioaktivne snovi s potencialno hudimi posledicami
¹⁹² Ir	2	7	9	3
¹³⁷ Cs	4	0	4	0
⁶⁰ Co	1	0	1	0
²⁴¹ Am	2	0	2	0
⁷⁵ Se	0	2	2	0

Opombe:

- Vrednosti aktivnosti za nevarne vire sevanja (angl. »*dangerous source*« - D) so določene v Uredbi o sevalnih dejavnostih.
- Število nevarnih virov sevanja - glede na trenutno aktivnost (vzeto na dan 20. 9. 2018).
- (Trenutno) število (prenosnih) nevarnih virov sevanja, ki so hkrati radioaktivne snovi s potencialno hudimi posledicami: upoštevajoč prevoz/prevažanje in radioaktivne snovi (razred

7 pri prevozu, v skladu z ZPNB in ADR) s potencialno hudimi posledicami.

- Prenosni vir sevanja (uporaba tudi izven lokacije podjetja/organizacije).
- Stacionaren vir sevanja (stacionaren med uporabo, prevoz do organizacije in iz nje pred začetkom in po prenehanju uporabe).
- Tabela vključuje tudi zaprte vire sevanja v NEK in IJS, ne vključuje pa izrabljenih virov sevanja - radioaktivnih odpadkov v CSRAO na Brinju.
- Tabela ne vključuje virov sevanja, ki se jih vnese/uvozi v Slovenijo le za nekaj dni, potem pa ponovno vrne nazaj (npr. za karotažo vrtin ali industrijsko radiografijo).

Tabela ne vključuje virov sevanja v tranzitu.

16 VIRI PODATKOV IN VSEBIN ZA IZDELAVO OCENE OGROŽENOSTI

VIRI:

1. Državna Ocena ogroženosti ob jedrski in radiološki nesreči v Republiki Sloveniji, št. 8420-1/2022-260 - DGZR, z dne 08.11.2023,
2. Regijska ocena ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči št. 842-15/2015-3, 9.12.2015.
3. Regijska ocena ogroženosti ob jedrski ali radiološki nesreči št. 841-8/2023-2, 9.11.2023
4. Regijski načrt zaščite in reševanja ob jedrski ali radiološki nesreči št. 842-8/2010-102, 11.10.2010.
5. GIS.