

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ

**НУКЛЕАРНО ЗРАЧЕЊЕ И МЕРЕ
ЗАШТИТЕ**
ДИПЛОМСКИ РАД

Ментор:

Др Јасмина Гачић
ванредни професор

Кандидат:

Жељко Димитријевић
302/13

Београд, 2018.

Садржај:

1. Увод	3
2. Нуклеарна енергетика	5
2.1 Опасности од коришћења нуклеарне енергије	6
2.2 Озрачивање и контаминација	7
2.3 Нуклеарни тероризам	8
2.4 Нуклеарни удеси	8
2.5 Радиоактивна контаминација хране	9
3. Карактеристике нуклеарних удеса	10
3.1 Дефиниција и подела нуклеарних акцидената	11
3.2 Безбедносне категорије удеса	11
3.3 Утицаји зрачења на човека	12
3.4 Утицај зрачења на здравље	13
3.5 Нуклеарни акциденти с великим бројем жртава	14
3.6 Утицај на животну средину	16
4. Безбедност нуклеарних постројења	17
4.1 Процена и прогноза нуклеарних удеса	19
5. Заштита од нуклеарних удеса	20
5.1 Мере обезбеђења	21
5.2 Радиолошка заштита	22
5.3 Колективна заштита	24
5.4 Заштита материјалних добара	25
6. Комуникација са јавношћу	26
6.1 Улога државних органа	26
7. Закључак	28
8. Литература:	29

1. Увод

Од употребе нуклеарне енергије су се очекивала решења за многе проблеме људског друштва. Када се говори о нуклеарној енергији пре свега се мисли на њен прелаз у електричну енергију, односно на нуклеарне електране. У литератури се издваја неколико аспеката:

- Ширење нуклеарног оружја
- Одлагање радиоактивних отпадака
- Сигуран рад нуклеарних реактора.

Једна непожељна последица нуклеарне фисије је накупљање фисионих продуката у нуклеарним горивним елементима. Дакле, свака нуклеарна електрана за неко време рада створи врло велику количину радиоактивних елемената. На овај начин конструише се радијациона опасност огромне потенцијалне моћи у случају да у току нуклеарног акцидента радиоактивни елементи доспеју у околину. Биочанин, (2002) наводи да основа за оцену последица акцидента морају бити сигурносне анализе засноване на "најгорим" претпоставкама. Безбедносним анализама може се прилазити на различит начин и са различитим циљевима.

Почеци нуклеарних акцидената обично се везују за откриће X зрака 1895. године, односно за откриће радиоактивности 1896. године. Већ 1897. године први пут су описана штетна дејства зрачења на основу искуства истраживача, с појавом еритема на абдомену проузрокованог радиоактивним материјалом који је држао у цепу. Да је појава еритема заиста последица дејства зрачења потврдио је пребацивањем радиоактивног материјала у други цеп и појавом истог феномена на тој страни тела.

Годину дана раније био је дат приказ детета коме је опала коса после излагања високим дозама X зрака. Портер 1909. године даје приказ 49 болесника подвргнутих хируршком третману због лезија на кожи изазваних X зрачењем (Јелић, Шестић, Кнежевић, 2009).

Период после Другог светског рата, чији је почетак означен употребом прве атомске бомбе, карактерише нагли процват нуклеарне технике. Уз развој нуклеарног оружја долази до развоја и све шире употребе радиоактивног материјала и нуклеарне енергије у мирнодопске сврхе: у индустрији, енергетици, медицини, истраживачким и развојним

лабораторијама. Иако су ове активности увек биле пропраћене и одговарајућим мерама заштите, у складу са степеном научно-технолошког развоја у датом моменту, нуклеарни акциденти постали су њихов пратилац.

Јелић, Шестић, Кнежевић, (2009) наводе да готово да није било дана у години у протеклих 65 година да није било неког нуклеарног акцидента од којих, на срећу, већина није имала значајнији утицај на здравље становништва и стање животне средине. Међународна агенција за атомску енергију у свом извештају из 1999. године дала је преглед већих нуклеарних акцидената који су се догодили у свету од 1945. до 1999. године (European Communities, 2005). Из тог извештаја се може уочити да су се у том периоду сваке године у просеку десила 2–3 већа нуклеарна акцидента у којима је дошло до прекомерног озрачења једне или више особа.

Од 2000. до 2005. године у свету је забележено још девет таквих акцидената (осам у цивилном и један у војном сектору) (European Communities, 2005). Ови подаци потврђују упозорења стручњака да још увек присутни техничко-технолошки недостаци појединих нуклеарних постројења, удружени са људским фактором (незнање, немар, грешке, непридржавање мера заштите), представљају сталну опасност од нуклеарних акцидената. Могућност употребе радиоактивног материјала у терористичке сврхе представља други проблем.

У првом поглављу рада обрађена је нуклеарна енергетика и опасности које долазе од употребе исте. Ту су озрачивање и контаминација, али и нуклеарни тероризам. Потом су у другом поглављу рада представљене карактеристике нуклеарних удеса и безбедносне категорије на основу којих се одређује озбиљност удеса. Објашњени су утицаји зрачења на човека, на здравље, материјална добра и животну средину. У трећем поглављу је обрађена безбедност нуклеарних постројења, као и процена и прогноза нуклеарних удеса. Четврто поглавље се односи на заштиту од нуклеарних удеса – мере обезбеђења, радиолошке и колективне заштите и заштите материјалних добара. У петом поглављу је представљен значај комуникације са јавношћу и улога коју у томе имају државни органи.

2. Нуклеарна енергетика

Електрична енергија која је нуклеарног порекла, данас задовољава око 25% светских потреба (Стојсављевић, 2008). Залихе фосилних горива су ограничене па се сматра да ће, када се исцрпи, неки од облика експлоатације нуклеарне енергије (фисиони, фузиони, или њихова комбинација) постати преко потребни. Са 160 000 MW, Сједињене Америчке Државе (САД), имају највећу апсолутну електричну снагу нуклеарног порекла, док Француска, која са 60 000 MW подмирује око 75% својих потреба, има највећи удео тог извора у општој потрошњи (Анчин, 2012). Проблем се јавља услед појаве радиоактивног нуклеарног отпада и могућност акцидента у којима радиоактивност може да доспе у околину. Међутим, Анчин, (2012) сматра да са данашњим степеном сигурности који је постигнут у овом домену, нуклеарна енергетика наноси релативно мање штете од конвенционалне енергетике.

Уран (или уранијум) је најтежи елемент који постоји на Земљи (Затежић, Биочанин, 2009). Има само радиоактивне изотопе, чији распад доприноси радијационом фону у нашој околини. Два главна изотопа урана су као Уран-238 и Уран-235 (Затежић, Биочанин, 2009). Уран је у великој мери диспергован елемент (има га свуда, али у неупотребљиво малим концентрацијама) а груписане минерализације (односно рудници) су релативно ретки. Од давнина се користио као минерални пигмент а од краја 19. века, када је појава природне радиоактивности захваљујући урану и откривена, па до 40-тих година 20. века, првенствено се користио као извор осталих природно радиоактивних елемената, нарочито радијума.

Један од таквих елемената, који се добија распадом урана, је и радон односно радиоактивни гас чија је концентрација у рудницима урана велика и представља озбиљну опасност за рударе. Године 1939. откривена је фисија урана и значај урана као стратешке сировине, као и свега у вези са тим (Стојсављевић, 2008). Фисија је процес цепања језгра атома тешког елемента на два језгра атома лакших елемената, при чему се тако формирана језгра крећу огромним брзинама, што представља велику енергију која се даље може користити. Значај долази из могућности остварења ланчане реакције, у коме се негде у маси урана ("нуклеарног горива") започета фисија шири на целу масу, док не "изгори" (Затежић, Биочанин, 2009). Разлика од обичног хемијског сагоревања, које се одвија на атомско-молекуларном а не на нуклеарном нивоу као овде, је

првенствено у око милион пута већој енергији која се у овом процесу ослобађа а затим и у великој брзини којом се то сагоревање догађа. То сагоревање може да буде експлозивно бурно, или како се то каже "неконтролисано", као у "атомској" бомби, или споро тињаво - "контролисано", као у нуклеарном реактору, који је срце нуклеарног енергетског постројења (Затежић, Биочанин, 2009).

Поступак обогаћивања у крупној скали, први је у низу тајних нуклеарних вештина и представља екстремно скупу технологију на којој се добрим делом заснива монопол онога ко је већ поседује (Анчин, 2012). Први степен обогаћења је онај на коме у урану има 3% Урана-235, уместо 0,7% у природном урану, што онда представља нуклеарно гориво са којим ради највећи број постојећих нуклеарних енергетских постројења (Анчин, 2012). Оно што се не исплати даље обогаћивати зове се осиромашени уран и више се практично не може користити као нуклеарни полуфабрикат (Анчин, 2012).

2.1 Опасности од коришћења нуклеарне енергије

Може се сматрати да опасност долази од могућности коришћења нуклеарне енергије у војне сврхе и да се тако могу угрозити како појединци тако и веће друштвене заједнице. Потенцијално најопаснији извор зрачења су нуклеарни реактори. Данас у свету постоји 531 електрана, 325 истраживачка реактора, бројне нуклеарне подморнице, сателити бродови, а многи су застареле технологије (Анчин, 2012). У окружењу Републике Србије, налази се 16 блокова нуклеарних електрана. Највећа нуклеарна катастрофа у свету десила 26. 04. 1986. године у Чернобилу. У овом случају, упозорења није било на време, последице су биле катастрофалне, а могуће је да се неке и дан данас испољавају.

После напада у САД – у, Русији, Паризу, Шпанији, цео свет је у страху од тероризма и употребе нуклеарних технологија у терористичке сврхе. У склопу диверзантскотерористичких акција, могућа је злоупотреба мини атомских бомби, које се могу носити у војничком ранцу и усмртити на десетине хиљада људи у граду (Анчин, 2012).

Нуклеарни удеси су све појаве изненадног и неконтролисаног ослобађања и дејстава изотопа јонизујућег зрачења уз остале пропратне појаве. Спадају у намерне нападе и најчешће су последица људског фактора. До оваквих напада може доћи услед незнања,

нехата, техничко-технолошких пропуста, непридржавања мера заштите на раду, застареле технологије, диверзије, саботаже, терористичких аката. Нуклеарни удеси у миру су и оштећења или хаварије на нуклеарним реакторима (нуклеарне електране, истраживачки реактори, бродови, подморнице) и другим објектима (вештачки сателити, контејнери са нуклеарним горивом и радиоактивним материјалом), услед чега долази до истицања радиоактивног материјала у спољну средину чиме се угрожава живот људи и животиња (Анчин, 2012). У ову врсту удеса могу се сврстати и оштећења нуклеарних пројектила у складиштима, на војним и полицијским вежбама и полигонима. Коришћење јаких извора јонизујућег зрачења одвија се уз ригорозне мере безбедности и заштите која ризик озрачења људи смањује на минимум (Анчин, 2012). Међутим, у кратком временском периоду коришћења нуклеарне технологије, догодио се велики број ванредних догађаја у којима је дошло до озрачивања људи и контаминације великих површина земљишта и објеката за дужи временски период. Последице су биле жртве, велики број повређених и контаминираних, паника, страх, материјална разарања и неразјашњење околности како је могло доћи до удеса. Последице радиоактивне контаминације и данас су присутне, пре свега у виду дегенеративних промена (Затежић, Биочанин, 2009).

2.2 Озрачивање и контаминација

Бити озрачен, значи примити извесну дозу зрачења емитованог или од неког радиоактивног или нерадиоактивног извора. Ефекат озрачивања зависи од примљене дозе, времена изложености и распореда у времену, од дела тела који је изложен зрачењу, итд. (Томанец, 2010). По престанку озрачивања, озрачена средина сама не постаје радиоактивна. Бити контаминиран, значи доћи и остати у контакту са радиоактивном супстанцом. Контаминирани објект ће бити озрачиван све док је супстанца у контакту са њим (до деконтаминације), док се природно не распадне својим сопственим темпом распадања, или док не буде неким метаболичким процесом избачена из организма (Стојсављевић, 2008). Потом, бити активираан значи постати делимично радиоактиван захваљујући томе што ће атоми постати радиоактивни као резултат озрачивања одређеним зрачењима. Неутрони, зрачење које се ослобађа у свим процесима фисије, контролисаним и неконтролисаним, најјачи су активирајући агенс (Стојсављевић, 2008).

2.3 Нуклеарни тероризам

Терористичке активности и саботаже у миру, непосредној ратној опасности и рату на објектима градске инфраструктуре, нуклеарним постројењима и војним арсеналима могу изазвати радиолошку контаминацију широких размера и озбиљно угрозити снаге одбране, становништво и животну средину, са неизбежним губицима, повредама и ненадокнадивим материјалним штетама и последицама (Анчин, 2012). Терористи се окрећу коришћењу ефикаснијих убојних средстава. У том погледу нуклеарни материјал изазива велика страдања, сеје страх и панику. Откриће црне берзе нуклеарног материјала и "уранијумске везе", односно тајних канала који преносе плутонијум од "мирнодопских" нуклеарних централа Европе, ка неким земљама трећег света, користећи њихову очајничку глад за " нуклеарном бомбом", изазивају масовни страх (Анчин, 2012).

Опасност долази од залиха плутонијума у институтима, лабораторијама, атомским електранама, где је обезбеђење испод очекиваног нивоа. Током 1993-94. године у Немачкој је откривено више од 300 случајева кријумчарења радиоактивних материјала, што је узнемирило западноевропску јавност због могућности да разорна средства буду продата заинтересованим земљама или терористичким групама (Биочанин, Николић, Петковић, 1998).

Шверцери радиоактивног материјала откривени су у Италији, док је шверц уранијума откривен у Македонији. Веома значајан аспект нуклеарног тероризма представља и напад и заузимање нуклеарног постројења (електране, истраживачки реактори) од стране терористичких група, ради уцена, претњи, изазивања страха и публицитета, јер може довести до катастрофа великих разарања и масовних жртава.

2.4 Нуклеарни удеси

Нуклеарна енергија се користи данас у великом обиму, не само у виду атомских бомби, пројектила или погонског средства, већ много шире у различитим облицима и видовима. Примена нуклеарне енергије у цивилне сврхе заступљена је у великој мери

уз постојање великог ризика коришћења. Заступа се подела нуклеарних удеса у четири групе:

- реакторски удеси (дешавају се у самој нуклеарној електрани, на реактору или у постројењу);
- отпадни удеси (када дође до изненадног цурења ускладиштеног нуклеарног отпада, приликом саобраћајне незгоде при транспорту радиоактивног материјала, при извозу атомског отпада у неразвијене земље);
- војни удеси (када дође до грешке при извођењу нуклеарне пробе, или приликом случајног активирања пројектила са нуклеарним пуњењем);
- разарање нуклеарних постројења (у непосредној ратној опасности и у време рата) и смишљена употреба муниције са осиромашеним ураном (Затежић, Биочанин, 2009).

Велике последице могу настати при удесима у нуклеарним електранама, удесима на нуклеарном оружју, при примени нуклеарног оружја, а до контаминације може доћи и при употреби муниције на бази осиромашеног урана. Постоји вероватноћа да у миру и рату дође до нуклеарних удеса на нуклеарном оружју и до употребе пројектила са осиромашеним ураном. Као пример може се навести удес на нуклеарном оружју, који се десио 1966. године на источној шпанској обали, где је дошло до судара стратешког бомбардера Б-52Г који је превозио нуклеарно оружје (Стојсављевић, 2008). При нуклеарном удесу поред непосредних штетних последица постоје и трајне, које за дуги низ година деградирају животну средину и штетно утичу на здравље људи.

2.5 Радиоактивна контаминација хране

Подземне и надземне воде могу да садрже веће концентрације уранијума. Извори загађења вода могу бити: радиоактивне отпадне воде, раствори неорганских и органских једињења који садрже радионуклиде, удеси нуклеарних постројења и нуклеарног оружја, радиоактивне падавине и др. Стајаће воде са мањом запремином могу бити контаминирани за дужи период, а у време кишних периода контаминираност се повећава услед спирања радиоактивних материја са контаминираниог земљишта (European Communities, 2005). Током ваздушних експлозија контаминација воде је 2-3 пута нижа него контаминација при приземним експлозијама (European Communities,

2005). Временски рок трајања контаминације проточних вода много је мањи и одређен је брзином протицања и распрострањања контаминираних вода у већа водена пространства.

3. Карактеристике нуклеарних удеса

Размере нуклеарних удеса и последице су озбиљније него хемијске, са дужим трајањем. Данас се нуклеарна енергија користи у војне сврхе у неким земљама света, у атомским бомбама, пројектилима, за погон војних бродова истраживачким реакторима. Превелике дозе радиоактивности у животној и радној средини човек може да изазове намерно или ненамерно.

Велике последице могу настати при удесима у нуклеарним електранама, на нуклеарном оружју и употреби нуклеарног оружја, а до контаминације може доћи и при употреби муниције на бази осиромашеног урана. При удесу на нуклеарном оружју где није дошло до нуклеарне експлозије постоје три извора радиоактивности:

- плутонијум,
- уранијум и
- трицијум. (Биочанин, Николић, Петковић, 1998)

Одређени изотопи плутонијума су алфа емитери, што значи да представљају велику опасност ако се у организам унесу путем органа за дисање, хране или воде. Само постојање нуклеарног оружја, односно производња, транспорт и постављање представљају опасност за све земље, без обзира на њихов географски положај и политичке ставове према том оружју. Неке земаље које су јавно потврдиле да поседују нуклеарно оружје до сада су извеле преко 1600 пробних експлозија, од тога преко 400 у атмосфери (Томанец, 2010). Радиоактивне падавине се и данас таложе на Земљи.

3.1 Дефиниција и подела нуклеарних акцидената

Нуклеарни акцидент се може дефинисати као изненадно, непредвидиво и неконтролисано ослобађање и деловање радиоактивног материјала, односно јонизујућег зрачења што за последицу има, или би могло да има, оштећење људског здравља (European Communities, 2005). Овом дефиницијом обухваћен је широк опсег доза јонизујућег зрачења: од оних које тек прелазе горњу границу дозвољених вредности, па до оних које изазивају патолошке знаке и симптоме због којих је потребно предузети одговарајуће мере лечења. Постоји више подела нуклеарних акцидената:

- према узроку који је до њих довео (људска грешка, квар на уређају, застарела технологија),
- пореклу (критични нуклеарни системи, реактор, радиокативни извор),
- броју особа изложених дејству зрачења, према томе да ли су се десили у цивилним или војним установама, итд.

Нуклеарни акциденти се могу поделити и на оне који су били или који се могу препознати одмах, односно на оне који се препознају тек касније. Ово је великим делом условљено карактеристичним током акутног радијационог синдрома (АРС) који, због периода латенције, може да доведе до погрешног закључивања о постојању акцидента будући да се по дефиницији нуклеарни акцидент ослања углавном на видљиве штете по здравље (Биочанин, 2002).

Из медицинског угла, је најважнија подела нуклеарних акцидената с обзиром на број експонираних особа, као и време препознавања акцидента јер то, може да утиче на квалитет предузимања одговарајућих мера збрињавања и лечења жртава акцидента.

3.2 Безбедносне категорије удеса

У циљу омогућавања брзе и тачне информације о тежини нуклеарног акцидента, донети су критеријуми прихваћени у међународној заједници за њихово разврставање у седам безбедносних категорија или нивоа:

- ниво 0 – девијација (без значаја за безбедност),
- ниво 1 – аномалија (функционисање нуклеарног постројења изван прописаног режима рада, али без безбедносних последица),
- ниво 2 – инцидент без утицаја на спољашњу средину (односи се на значајно ширење контаминације у зони рада уз експозицију запослених),
- ниво 3 – мањи утицај на спољашњу средину иако постоји значајна контаминација у зони рада (појава акутних ефеката код једног или више радника),
- ниво 4 – односи се на оштећење језгра реактора/ радиолошких баријера и/или фатално излагање зрачењу једне или више особа, али без већег утицаја на спољашњу средину (изложеност становништва зрачењу је у прописаним границама),
- ниво 5 – ограничено ослобађање радиоактивности у спољашњу средину што захтева делимичну имплементацију планираних противмера, спољашњу средину; захтева пуну имплементацију предвиђених противмера,
- ниво 6 – значајно ослобађање радиоактивности у спољашњу средину, усед чега се морају покренути предвиђене противмере,
- ниво 7 – велики утицај на спољашњу средину (изван зоне рада) са широко распрострањеним последицама по здравље становништва и животну средину (пример: чернобиљски акцидент) (European Communities, 2005).

Нивои од 5 до 7 односе се на тешко оштећење језгра реактора и радиолошких баријера. Постоје и догађаји означени као „изван скале“ за које је карактеристично да немају никакав безбедносни значај.

3.3 Утицаји зрачења на човека

Утицај сваког агенса, било физичког или хемијског, који делује на живи организам зависи од низа фактора. На првом месту налази се количина агенса односно прекорачење дозе која изазива штетне ефекте, а у најгорим случајевима и смрт. Потом се наводи динамика дозирања. Потребно је одређено време да се организам избори са примљеном дозом, и припреми за следећу. Релативно мале дозе имају различите ефекте

по човека, па су због тога тешко предвидиви. Утицај једног агенса увек има и позитивне и негативне ефекте.

Већина здравствених ефеката које зрачење изазива може се сматрати негативним, док се само у малом броју специфичних ситуација ти ефекти могу сматрати позитивним, све то у смислу односа корист:штета (Затежић, Биочанин, 2009). Ефекти зрачења деле се на соматске, оне видљиве на самој озраченој особи, и генетске, видљиве на потомству. Интензитет тог утицаја зависи од висине примљене дозе, распореда у времену, од озраченог дела тела. Ефекти већих доза могу изазвати смрт. Затежић, Биочанин, (2009) наводе да контроверзе око ефеката јако малих, неконтролисано примљених доза, близу оним од природног фона, ни дан данас нису разрешене. У том погледу се срећу два супротна становништа. Према првом, не постоји безопасно мала доза и свака доза преко природне је штетна. Према другом, доза чак и десет пута већа од природне изазива ефекте са којим људски организам без проблема излази на крај, као што излази на крај и са толиким другим потенцијално штетним агенсима.

Радијационе повреде ћелије могу да буду критичне, иако системи регенерације могу доста успешно да се боре са значајним повредама ћелије, нарочито ако се између озрачивања праве одговарајуће паузе (Анчин, 2012). На овоме је засновано и канцерогено и антиканцерогено дејство зрачења.

3.4 Утицај зрачења на здравље

Резултати посматрања преживелих становника Хирошиме и Нагасакија указују на повећање броја оболелих у пропорцији са примљеном дозом зрачења, као и на различит степен ризика по старосним групама (Затежић, Биочанин, 2009).

При разматрању превентивних мера заштите, фактори (брзина и начин озрачивања и контаминације становништва) биће од непосредног интереса за избор метода, правилност и брзину заштите и уклањања последица (Затежић, Биочанин, 2009). Потребно је узети у обзир соматска оштећења човека, настала услед излагања високим дозама јонизујућег зрачења. Израз соматске озледе (соматски ефекат) се употребљава у вези са клинички испољеним ефектима, који настају услед оштећења ћелије после изложености радијацији (Затежић, Биочанин, 2009). Такви ефекти могу се испољити

после неколико часова или седмица, или тек после неколико месеци, или чак много година након излагања радијацији. Повећањем дозе зрачења тежа обољења и смрт наступају брже. Природне разлике у осетљивости и отпорности појединих особа објашњавају разноликости последица које могу настати за исте дозе.

3.5 Нуклеарни акциденти с великим бројем жртава

Чернобиљски акцидент пример је нуклеарног акцидента с великим бројем жртава, али и акцидента који је, до сада, имао највећи утицај и на здравље становништва и на животну средину и који по свим критеријумима одговара нивоу 7 на Интернационалној скали нуклераних догађаја. У септембру 2005. године, European Communities, (2005) објавиле су документ у коме се наводи процена међународног тима, састављеног од преко 100 научника и експерата из различитих области, да ће од последица нуклеарног акцидента у Чернобиљу умрети готово 4 000 људи. До сада је умрло 56 особа чија се смрт доводи у директну везу с акцидентом: 47 радника који су се у време акцидента или у првим сатима после њега затекли на месту удеса и деветоро деце са карциномом штитасте жлезде насталим због контаминације животне средине радиокативним јодом, ослобођеним у току акцидента. Према Добрић, Ђуровић, (2006), 3 940 фаталних исхода, за које се процењује да ће бити последица карцинома и леукемије изазваних зрачењем, очекује се у групи од 200 000 радника који су у периоду 1986/1987. година радили на деконтаминацији места удеса, затим у групи од 116 000 евакуисаних становника са подручја у близини неуклеарне електране, као и међу 270 000 становника најконтаминиранијих зона што чини укупно око 600 000 људи. До сада је у групи радника који су били ангажовани на санацији места акцидента и који су били и највише изложени дејству зрачења, уочен пораст учесталости леукемије.

Други пример нуклеарног акцидента током којег је већи број људи био изложен дејству зрачења је акцидент који се десио 1. марта 1954. године, када су америчке оружане снаге извеле термонуклеарну пробу на атолу Бикини у Тихом океану. Неочекивана снага експлозије, 17 мегатона уместо предвиђених 5, са неповољним метеоролошким условима, довела је до радиоактивних падавина на удаљености од 100 до 300 миља од места експлозије, тако да су њима била захваћена и четири Маршалска

острва са 239 локалних становника и 28 Американаца који су се ту затекли као техничко особље (Добрић, Ђуровић, 2006).

Највише дозе зрачења примили су становници Ронгелапа, њих 67 (Добрић, Ђуровић, 2006). Дугогодишњим праћењем њиховог здравственог стања установљен је да већи број поремећаја у раду штитасте жлезде са заостајањем у расту и појавом хипотиреозидизма, и то углавном код деце. У то време, јапански рибарски брод Фукуруумару са 23 члана посаде био је око 100 миља удаљен од атола Бикини и налазио се изван забрањене зоне експеримента. Три сата после експлозије на брод је почео да пада пепео с радиокативним материјалом. Истог дана, увече, код чланова посаде почели су се јављати знаци АРС. Брод се вратио у матичну луку 14. марта 1954. и том приликом је процењено да су рибари примили дозу зрачења на цело тело од 2 до 6 Gy (Добрић, Ђуровић, 2006). Код њих су се испојили различити знаци АРС пропраћени лезијама на кожи и епилацијом. Један члан посаде умро је шест месеци после акцидента. Код већине рибара дошло је до поремећаја у сперматогенези у трајању од око осам месеци (Добрић, Ђуровић, 2006). Опоравак је трајао око две године и већина њих је касније могла да има здраво потомство (Добрић, Ђуровић, 2006).

Чернобиљски акцидент и акцидент проузрокован експлозијом термонукларне бомбе на атолу Бикини примери су акцидената који су препознати одмах, што је резултовало и брзим збрињавањем и лечењем експонираних особа. Међутим, постоје акциденти с већим бројем жртава који нису одмах препознати и који су сврстани у ту категорију акцидената. Акциденти који нису на време препознати могу код великог броја људи проузроковати дуготрајну изложеност различитим нивоима доза зависно од времена у коме је извор зрачења остао непрепознат као узрок (McLean, 1997). Вероватноћа да ће већи број људи да буде изложен зрачењу повећава се с временом у којем је извор изван контроле. Најчешће се ради о изгубљеним изворима, али, понекад, и примена зрачења у медицинске сврхе може проузроковати овај тип акцидента.

Први озбиљан акцидент с медицинским извором зрачења догодио се у Колумбусу у САД - у. У периоду од 1974. до 1976. године погрешна калибрација извора, због грешке у прорачуну корекције за радиоактивни распад, довела је до повећане експозиције 426 болесника (European Communities, 2005). Они су примили дозе које су биле 15–45% више од планираних. Од 183 болесника који су још били живи годину дана после терапије, више од 30% имало је озбиљне поремећаје централног нервног система и гастроинтестиналног тракта (European Communities, 2005).

Други пример прекомерног озрачивања болесника десио се у Сан Хозеу, Костарика, у периоду од 28. августа до 27. септембра 1996. године. Због погрешне калибрације извора у телетерапијској јединици дошло је до озрачивања болесника дозама које су биле за 50–60% више од планираних (European Communities, 2005).

Следећи акцидент, који није одмах препознат, десио се 1987. године у Бразилу. Поред веома тешких здравствених последица имао је значајан утицај и на животну средину. Проузрокован је напуштеним извором за радиотерапију који се састојао од високорастворног хлорида (McLean, 1997). Лаици у чије руке је извор дошао, отворили су заштитну капсулу и, на тај начин, створили услове за контаминацију већег броја људи и спољашње средине (McLean, 1997). Први знаци који су се испојили код акутно експонираних особа били су приписани тропској болести, тако да су прошле пуне две недеље док акцидент није препознат (McLean, 1997). Већини жртава било је озрачено цело тело, имали су радијационе опекотине, а многи од њих били су и интерно контаминисани.

3.6 Утицај на животну средину

Узрок нуклеарних удеса је људски или технички фактор. Код удеса изазваних нуклеарним оружјем, може да дође до активирања процеса нуклеарне експлозије. Нуклеарним електранама треба додати као потенцијалне опасности и остале делове горивог циклуса, почев од рудника урана, радиоактивног отпада, прераде истрошеног горива и одлагања. Почетни импулс експлозије при нуклеарном удесу карактерише знатно зрачење, што има утицај на животну средину (Анчин, 2012). При експлозији нуклеарног пројектила емитују се радионуклиди, са полувременом распада од милисекунде до неколико хиљада година (Анчин, 2012). Нуклеарни пројектили у ваздуху избацују продукте фисије, па ће се они јављати у виду радиоактивних падавина на површини земље дужи низ година. Анчин, (2012) наводи да ако продукти нуклеарне експлозије доспеју у стратосферу, онда ће их ваздушне струје разнети око Земље у обе хемисфере, где се могу задржати 5-10 година, стално загађујући површину Земље радиоактивним падавинама.

Уколико дође до употребе већег броја нуклеарних пројектила дошло би и до утицаја на климу. Нуклеарни ратови би представљали посебну опасност, услед чега би

температура на Земљи могла да опадне и за 300°C, док би температура ваздуха изнад океана била око 100°C (Затежић, Биочанин, 2009). Велика разлика температуре између копна и мора била би узрок разорних олуја и урагана. После таложења честица чађи, почело би загревање Земље, али најпре би се загревали планински врхови, па ледени масиви Антарктика. Све би то имало за последицу велике поплаве. Последице ових удеса биле би катастрофалне, јер би због температуре испод нуле страдали сви усеви, питка вода би била залеђена, а радиоактивност би, разуме се, била велика.

Нуклеарне електране могу да буду нуклеарне „бомбе“ на сопственој или територији суседних земаља. На основу метеокарактеристика подручја изложених деловању НЕ, око 30% годишњег испуштања радиоактивних ефлуената из НЕ Пакш (Мађарска) и око 20% емитовања радиоактивних ефлуената из НЕ Козлодуј (Бугарска) усмерено је ка Републици Србији (Анчин, 2012). Потенцијални извори нуклеарних удеса су такође производи широке потрошње који садрже радионуклиде, где спадају детектори дима, радиоактивни громобрани, најављивачи пожара, индустријски радио изотопи, изотопи са применом у медицини.

4. Безбедност нуклеарних постројења

Коцић, (1985) сматра да је вероватноћа наступања озбиљног акцидента врло мала узимајући у обзир следеће аргументе:

- Вишеструке, секвенцијалне грешке су неопходни предуслов за наступање озбиљног акцидента.
- Нуклеарни реактори су сами по себи стабилни и пројектовани су тако да поседују механизам самоконтроле, преко повратне спреге, бар кад се говори о повећању снаге.
- Да би дошло до значајног ослобађања фисионих продуката мора доћи до топљења реакторског горива.
- Контејнмент затвара реактор и служи да изолира радиоактивни материјал у случају акцидента

- Већина физионих продуката је у чврстом стању на радним температурама и нема могућност ни да истече, ни да испари из језгра.

Нуклеарно зрачење отежава мере неопходне за осигурање безбедности. Неопходно је многе операције извршавати са одстојања. Сигурно руковање радиоактивним материјалима захтева одређене мере заштите. Пројектовање, конструкција и рад нуклеарних реактора захтева велику пажњу на свим нивоима.

Сигурност рада нуклеарних електрана обезбеђује се преко три нивоа. На *првом нивоу* се обезбеђује карактеристикама својственим самом систему и пројектом којим се предвиђа максимална сигурност код нормалног рада и безбедно толерисање лаких одступања. У том циљу се предвиђа висок квалитет опреме, повећање делова система, инспекција и тестирање опреме пре почетка рада. *Други ниво* сигурности обухвата мере које се предузимају да се у случају акцидента постројења заштите, а штета умањи или спречи. *Трећи ниво* сигурности обезбеђује додатне сигурносне системе који ступају у дејство приликом хипотетичког акцидента уз претпоставку да је неки елемент система сигурности отказао у исто време када је наступио акцидент приликом кога би морао тај део сигурносног система да делује. (Затежић, Биочанин, 2009)

Издвајају се три категорије:

- Очекивана стања (вероватни догађаји)
- Удеси који ређе наступају (мало вероватни догађаји)
- Удеси као основа за одређивање пројектантских параметара (хипотетички догађаји) (Коцић, 1985)

У погледу последица, наводе се следеће групе:

- Стања која стварају радне проблеме
- Догађаји са економским последицама
- Удеси са последицама на професионално особље
- Удеси са последицама на становништво. (Коцић, 1985)

Енергетски нуклеарни реактор може бити повргнут различитим примарним поремећајима који могу довести до озбиљних последица, односно до ослобађања радиоактивног материјала. Ови поремећаји су:

- Недовољно хлађење
- Неконтролисани вишак реактивности. (Коцић, 1985)

Оба поремећаја могу бити изазвана различитим догађајима и могу довести до разних последица. Поремећај хлађења може изазвати реактивност, и обрнуто.

4.1 Процена и прогноза нуклеарних удеса

Процена ризика је стратешка метода односно сложена процедура која на непосредан начин описује сву тежину проблема угрожене средине и настале последице. Процена ризика се у основи односи на човека и здравље, а обрађује утицај различитих хемијских супстаци природног или вештачког порекла на здравствено стање јединке или популације, која је изложена дејству одређене хемијске супстанце. Процена ризика обухвата такође и анализу изложености јединке, или популације, током протеклог времена, затим анализу врсте и степена негативних утицаја по здравље и процену могућих последица у будућности (Стојсављевић, 2008). Анализа и процена ризика се састоји од следећих активности:

- Сакупљање података и обрада (препознавање угрожене популације, односно региона и опасне супстанце);
- Процена изложености (анализа степена изложености јединке или популације опасној супстанци уз одређивање времена изложености при одређеној дози);
- Оцена штетности и токсичности (квалитативна и квантитативна одређивања токсичних супстанци);
- Карактеризација ризика (препознавање врсте ризика који изазива штетна супстанца и нивоа поузданости током карактеризације ризика);
- Управљање и санација ризика (фаза која следи након процене ризика) (Затежић, Биочанин, 2009).

5. Заштита од нуклеарних удеса

За заштиту животне средине од нуклеарних удеса, потребна организација обезбеђења условљена је:

- законском регулативом услова рада са изворима јонизујућег зрачења - превентивним мерама,
- потребом што ранијег откривања нуклеарног удеса,
- спречавању последица у складу са организованошћу и могућностима друштва и
- ефикасном уклањању последица нуклеарних удеса. (Томанец, 2010)

Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности ("Сл. гласник РС", бр. 36/2009 и 93/2012), прописује мере заштите живота и здравља људи и заштите животне средине од штетног дејства јонизујућих зрачења и мере нуклеарне сигурности при свим поступцима у вези са нуклеарним активностима и одређује услове за обављање делатности са изворима јонизујућих зрачења и нуклеарним материјалима, као и управљање радиоактивним отпадом.

У циљу обезбеђивања услова за спровођење политике у области радијационе и нуклеарне сигурности и безбедности и политике управљања радиоактивним отпадом, Влада, на предлог Агенције за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије, доноси Програм радијационе сигурности и безбедности, Програм нуклеарне сигурности и безбедности и Програм управљања радиоактивним отпадом, у складу са прописом о стратешкој процени утицаја на животну средину. У циљу правовременог откривања акцидента који угрожава или може угрозити територију Републике Србије успоставља се систем правовремене најаве акцидента који обезбеђује непрекидно мерење јачине амбијенталне еквивалентне дозе, на основу Програма за правовремену најаву акцидента који доноси Агенција.

Мере нуклеарне сигурности и безбедности које се предузимају код свих активности у вези са нуклеарним објектима, нуклеарним материјалима, радиоактивним отпадом, као и у случају акцидента, у светлу Закона, јесу:

- 1) обезбеђивање услова за лоцирање, пројектовање, изградњу, пробни рад, пуштање у рад, коришћење, трајан престанак рада и декомисију нуклеарних објеката;

- 2) испуњавање критеријума за оцену сигурности нуклеарних објеката;
- 3) обезбеђивање услова за промет и коришћење нуклеарних материјала;
- 4) обезбеђивање и спровођење мера заштите од јонизујућих зрачења у нуклеарном објекту и његовој околини;
- 5) утврђивање прописаних услова које морају испуњавати лица која раде у нуклеарном објекту;
- 6) обезбеђивање услова за сакупљање, евидентирање, обрађивање, складиштење и одлагање радиоактивног отпада;
- 7) физичка заштита нуклеарног објекта;
- 8) спречавање недозвољеног промета нуклеарних материјала;
- 9) обезбеђивање услова за спровођење Плана деловања у случају акцидента.

5.1 Мере обезбеђења

Заштита од нуклеарних удеса је део обезбеђења у оквиру јединственог система АБХО и обухвата процену и прогнозу ситуације, мониторинг, заштиту и уклањање последица (Коцић, 1985). За заштиту животне средине од удеса са изворима јонизујућих зрачења, организација обезбеђења условљена је законском регулативом, раним откривањем удеса, спречавањем последица и ефикасним уклањањем последица. Основни субјекти планирања и организације нуклеарне заштите су органи власти, ресорна министарства, научно-истраживачке установе, високо-школске установе, Војска, МУП, предузећа.

Битне мере у оквиру обезбеђења од нуклеарног удеса су:

- успостављање линије контроле нуклеарног удеса-систем раног откривања удеса и непосредна линија координације (од корисника извора зрачења до републичке владе),
- мерења у случају нуклеарног удеса (појачавају се мерења која се у мирнодопско време врше према законским прописима и уводе се по потреби специфична мерења експертских тимова и појединих института у Војсци и друштву),

- мере за спречавање и уклањање последица (доносе се на основу одговарајућих правилника и у складу са конкретном ситуацијом),
- обавештавање јавности и проглашавање ванредних догађаја - оспособљавање кадра и обучавање снага за обезбеђење од удеса,
- опремање снага са средствима и опремом посебне намене,
- едукација становништва о мерама обезбеђења. (Затежић, Биочанин, 2009)

Обезбеђење Војске од нуклеарних удеса у миру и заштита животне средине остварује се функцијом планирања, организовања, руковођења и командовања, реализацијом садржаја обезбеђења, оспособљавањем кадрова, обучавањем јединица, опремањем средствима НВО АБХО за специјалистичке задатке, организацијом сарадње и ослоном на капацитете територије (Биочанин, Николић, Петковић, 1998). Планом се обухватају сви битни садржаји од интереса за организацију обезбеђења, којима се стварају услови за живот и рад, очување готовости и радне активности и могућности интервенције у удесним ситуацијама. Уз основна документа плана обезбеђења (процена опасности, закључак из процене, директиве за организацију), плану се прикључују и друга документа која омогућавају успешну организацију и спровођење мера (радна карта, план ангажовања снага, упутства за рад, план везе). Основу плана чине процена опасности од нуклеарних удеса и она има превасходну улогу у организацији обезбеђења, а постављени циљ могуће је остварити ако су сви носиоци мера и садржаја обезбеђења јединствено припремљени, организовани, оспособљени, обучени и опремљени, у оквиру јединственог система АБХО.

5.2 Радиолошка заштита

Лична заштита обухвата заштиту органа за дисање и заштиту тела. Заштита органа за дисање датира још из времена Првог светског рата, после употребе хлора од стране Немаца. Прва средства заштите била су урађена од вишеслојног текстилног материјала у виду повеске натопљене натријум тиосулфатом, натријум бикарбонатом и глицерином (Томанец, 2010). Ове повеске су веома добро штитиле од ниских концентрација хлора, међутим ускоро су употребљене и друге токсичне материје, па су се ове повеске показале недовољно ефикасним за заштиту (Томанец, 2010).

У заштити органа за дисање доминирају два принципа и то: филтрујући и изолујући принцип заштите (Амићић, Биочанин, 2005). При филтрујућем принципу заштите органи за дисање користе спољашни ваздух пречишћен од штетних гасова/пара и аеросола. При изолујућем принципу заштите органи за дисање су потпуно изоловани од спољне атмосфере.

Филтрујуће заштитне маске обезбеђују релативну заштиту. У реалним условима, испод заштитних маски увек продре одређена количина токсичних материја. Контаминиран ваздух може ући испод маски због кашњења затварања вентила издисаја при преласка из фазе издисаја у фазу удисаја, кроз отворе на местима међусобног спајања делова маске и пробијањем кроз цедило (Амићић, Биочанин, 2005).

Табела 1: Врсте филтера за заштиту органа за дисање

Ознака	Боја	Намена – заштита
A	Смеђа	Органске паре и растварачи
B	Црвена	Кисели гасови и паре
CO	Црна	Угљен диоксид
E	Жута	Сумпор IV - оксид
G	Плава	Цијановодоник
J	Црвена са плавом траком	Хлороводонична киселина
K	Зелена	Амонијак
L	Жута са црвеном траком	Сумпор водоник
Hg	Сива са црвеном траком	Арсен водоник и фосфор водоник
Ne	Сива са црном траком	Живине паре
BC	Црвена са црном траком	Кисели гасови, паре и аеросоли

Извор: Амићић, Биочанин, (2005)

За заштиту органа за дисање могу се употребити повеске и маске израђене од приручног материјала, марамце и слично. Повеска се ставља у заштитни положај тако што се најпре натопа 2,5 % раствором соде бикарбоне или обичном водом па се онда стави преко носа и уста (Амићић, Биочанин, 2005). За заштиту тела могу се употребити

разни заштитни комбинезони, за заштиту руку користе се разне рукавице као што су лабораторијске, хирушке, индустријске и друге. За заштиту ногу користе се различите врсте гумених чизама.

5.3 Колективна заштита

Под колективном заштитом подразумева се истовремена заштита већег броја људи. Објекти за колективну заштиту су: склоништа, метрои, подрумске просторије, грађевински и други слични објекти. Заштиту од пара/гасова и аеросола контаминанта пружају само склоништа (Јелић, Шестић, Кнежевић, 2009). Према уређењу склоништа могу бити наменска и подешена (Јелић, Шестић, Кнежевић, 2009). Наменска склоништа су унапред одређена, изграђена и опремљена за заштиту. Подешена склоништа су сви објекти који имају другу намену (подруми, рударска окна, пећине), а по потреби се могу преуредити и подесити за заштиту (Јаковљевић, 2011).

Склоништа за заштиту од контаминанта могу бити са или без уређаја за филтровентилацију. Уређаји за филтровентилацију могу бити формацијски или урађени од месног и приручног материјала (Јаковљевић, 2011). Основни принцип заштите склоништа од контаминаната је:

- херметичност склоништа,
- филтрација ваздуха и
- вентилација. (Јаковљевић, 2011)

Контаминант у склоништу може бити унесен и ваздухом. Узроци уношења контаминанта ваздухом у склоништу су: отварање и затварање врата, кретање ваздуха узроковано кретањем тела (гурањем ваздуха пред собом, повлачење ваздуха за собом и попуњавање ваздухом запремине коју је заузело тело), увлачење ваздуха у шупљине, разлика притиска са једне и друге стране врата (последица разлике температуре), деловањем ветра на отворена врата и уношење контаминанта апсорбованог на одећи.

У циљу спречавања уношења контаминанта са одећом у склониште потребно је:

- улазити у склониште из контаминиране атмосфере само при непрекидној филтровентилацији склоништа,

- улажење при режиму изолације и регенерације може се дозволити, али уз ограничење броја људи и само онда када постоје средства која спречавају продирање контаминанта из преткоморе у комору,
- скидање одеће и паковање у херметичне вреће, облачење чисте одеће,
- деконтаминација одеће у преткомори и задржавање неколико минута у преткомори, са маском улазити у комору,
- маска се скида у комори, тек пошто се утврди да нема контаминанта
- по могућности забранити улазак и излазак у времену постојања контаминанта ван склоништа (Јелић, Шестић, Кнежевић, 2009).

Спречавање продирања контаминираног ваздуха у склониште остварује се:

- изградњом већег броја преткомора,
- херметизацијом-затварањем свих шупљина,
- постављањем херметичних врата и вентила и
- стварањем натпритиска у склоништу. (Затежић, Биочанин, 2009)

5.4 Заштита материјалних добара

За заштиту материјалних добара су најпогодније просторије и слични објекти где се херметизација отвора (врата, прозори) врши разним лепљивим тракама. Циљ је да контаминант не дође у додир са материјалним средствима. Основно начело да се заштите материјална добра, храна и вода је спречавање контакта са контаминантима, што се ефикасно може остварити складиштењем и чувањем ових производа у затвореном простору (Биочанин, Амићић, 2005). Могу се употребити магацини, силоси, оставе, подруми и друге просторије које се мањим прилагођавањем могу користити за те потребе. Основни услов ефикасне заштите је добра херметизација (Биочанин, Амићић, 2005). Заштита је толико боља уколико су намирнице и други производи запаковани у амбалажи, чиме се могућност контаминације своди на минимум. Лимене, стаклене, пластичне и друге сличне амбалаже ефикасно штите од контаминације.

6. Комуникација са јавношћу

Комуникација у области нуклеарне сигурности је потребна:

- ради подизања сигурности информисањем о нуклеарним технологијама, образовањем становништва како да избегне непотребна излагања зрачењу; да би се добила повратна информација о забринутости становништва, која би могла да се обради са гледишта реалности основа за ту забринутост;
- да би се информисала јавност о сигурносним прописима и стандардима и о начинима за њихово прихватање и спровођење;
- ради одржавања поверења јавности у спровођењу сигурносних стандарда у нуклеарној технологији која се реализује;
- да би се приказивањем и поређењем информацијама олакшало доношење одлука у процесу одлучивања о нуклеарним питањима. (Затежић, Биочанин, 2009)

6.1 Улога државних органа

Примена зрачења и радиоактивних супстанци у медицини, индустрији, пољопривреди, истраживања у нуклеарној енергетици, руковање радиоактивним отпадом и његово одлагање и транспорт радиоактивних материјала предмет су бројних националних и међународних сигурносних прописа, стандарда, захтева и упутстава. Надлежни државни органи имају важну улогу у комуникацији са јавношћу у вези са нуклеарном сигурношћу јер постављају, контролишу и врше инспекцију и спроводе нуклеарну регулативу. Први се контактирају у случају удеса. Надлежни државни органи морају да обезбеде рад тела са независним функцијама контроле коришћења јонизујућег зрачења, као и организацију обезбеђења поузданих, независних, упоређених и неутралних чињеница о свим релевантним стварима у вези са нуклеарном сигурношћу и радијационом безбедношћу у земљи (Затежић, Биочанин, 2009).

Потребно је да постоји и програм за комуникацију са јавношћу, како би код становништва могла да се образује реална слика и да се надаље одржава. Задатак надлежних државних органа састоји се у обезбеђењу информација и њиховом пласирању јавности. Надлежни државни органи имају за задатак ширење сигурносне

културе, путем подстицања дугорочних образовних програма и кроз школски систем, на бази основног концепта радијационе и нуклеарне сигурности (Затежић, Биочанин, 2009). То се односи на проактивну и реактивну комуникацију. Под реактивном комуникацијом се подразумева однос са јавним мњењем у коме се становништву пласирају одређене информације и на основу њихове реакције добија се повратна информација (Затежић, Биочанин, 2009). Проактивна комуникација подразумева вид комуникације са јавношћу у коме се пласирају препознатљиве чињенице, на основу којих се код циљане популације изазива размишљање у складу са расположивим знањем и долажење до одређених класа закључака (Затежић, Биочанин, 2009). Ти закључци се враћају као повратна информација. Проактивна комуникација са јавношћу о нуклеарној сигурности и радијационој безбедности важна је и када нема инцидената.

7. Закључак

Радна и животна средина нашла се под утицајем енергије разорне моћи, застареле и прљаве технологије, густог и неконтролисаног саобраћаја, трке у наоружању, ратних дејстава диверзантско-терористичких активности и других утицаја, који нарушавају равнотежу природе и угрожавају живот људи. Бројне су врсте и облици угрожавања радне и животне средине, од природних несрећа и катастрофа до нуклеарних удеса. У свету постоји велика количина нуклеарног оружја различите снаге и моћи, које се и даље гомила и усавршава уз стално проширење земаља поседника. Угрожавање светског мира нуклеарним тероризмом, који је попримио глобалне размере, утицале су да већина држава преиспита сопствене системе одбране и да на нов начин дефинишу безбедоносне претње и изазове, који могу угрозити националне интересе. Под нуклеарним удесима (акциденти) подразумевају се све појаве изненадног и неконтролисаног ослобађања и дејстава изотопа јонизујућег зрачења уз остале пропратне појаве. Под нуклеарним удесом у миру сматрају се и оштећења (хаварије) на нуклеарним реакторима (нуклеарне електране, институти, бродови, подморнице) и другим објектима (вештачки сателити, контејнери са нуклеарним горивом и радиоактивним материјалом), услед чега долази до истицања радиоактивног материјала (чврст, течни или гасовити) у спољну средину чиме се угрожава живот људи, животиња и биљака. Под одређеним условима, у ову врсту удеса могу се сврстати и оштећења нуклеарних пројектила у складиштима, на вежбама, полигонима.

Употребе нуклеарног оружја, нуклеарни удеси и услед тероризма, изазвале би последице катастрофалне по људе, биљни и животињски свет. Страдало би становништво у великом броју, градови би били разорени или оштећени, а облак радиолошке контаминације био би разнешен на широком пространству. У постнуклеарном периоду дошло би до значајне промене климе, која би утицала, да они који су преживели нуклеарни рат или удес са тежим последицама, имају мале шансе за преживљавање.

8. Литература:

- Амицић Б., Биочанин Р., *Ефекти и последице нуклеарних удеса и мере заштите животне средине*, Научностручни часопис " ИМК-14 ", 3 4/2005, Крушевац, 2005.
- Анчин, И., *Умеће манипулисања језгрима атома: благослов или проклетство ? или зрачење - благодет или несрећа ?*, Универзитет у Београду, Физички факултет, Београд, 2012. , доступно на:
<http://www.ff.bg.ac.rs/Katedre/Nuklearna/clanci/zracenje.PDF> (10.04.2018.)
- Биочанин Р., Николић Д., Петковић М., *Нуклеарни удеси у миру и заштита*, VII Конгрес нуклеарне медицине Југославије, 24 - 26 септембар, Соко Бања, 1998.
- Биочанин Р., *Нуклеарни удеси у миру*, НИЦ ВОЈСКА, Београд, 2002.
- Биочанин, Р., Амицић, Б., *Нуклеарни удеси и заштита*, Зборник радова 49. Конференције за ЕТРАН, Будва, 5-10. јуна 2005, том IV, http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/121/37121841.pdf (22.04.2018.)
- Добрић, С., Ђуровић, Б., *Нуклеарни акциденти у свету од 1950. до 2005. године*, Војносанит. Прегл. 2006; 63(5): 465–469.
- European Communities, *Radioactivity, Radionukleids, Radiation*, Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- Затежић, М., Биочанин, Р., *Нуклеарна заштита у животној средини*, 1. Научни скуп са међународним учешћем Синергија 2009.
- Јаковљевић, В., *Цивилна заштита Републике Србије*. Универзитет у Београду, Факултет безбедности. Београд, 2011.
- Јелић, С., Шестић, Т., Кнежевић, Б., *Радиолошка заштита у условима нуклеарне опасности*, Паневропски универзитет "АПЕИРОН" Бања Лука, 2009., <http://apeironsrbija.edu.rs/icama2009/Tamara%20Sestic%20-%20Radiološka%20zaštita%20u%20uslovima%20nuklearne%20opas.pdf> (11.04.2018.)
- Коцић, А., *Нуклеарни проблеми сигурности енергетских нуклеарних реактора*, Институт за нуклеарне науке "Борис Кидрич" – Винча, 1985.,

http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/107/38107204.pdf
(18.04.2018.)

- McLean, A.S., *Radiation Accidents*, Proc. Symposium Handling of Radiation Accidents, IAEA, Vienna 1997.
- Стојсављевић, С., *Нуклеарне електране – утицај на животну средину*, Универзитет у Новом Саду, Природно – математички факултет, Нови Сад, 2008.
- Томанец, Р., *Радиоактивно загађивање и заштита и бука и заштита од буке*, Универзитет у Београду, Рударско геолошки факултет, Београд, 2010., http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/II%20semestar/Zastita%20zivotne%20sredine/Pr edavanja/7aZZSsedma_radijacija_buka2.pdf (15.03.2018.)

Законска регулатива:

- Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности ("Сл. гласник РС", бр. 36/2009 и 93/2012)