SERIJA „SIGURNOSNI STANDARDI“, IAEA, br. SSR-5

**ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA**

SPECIFIČNI SIGURNOSNI ZAHTJEVI

MEĐUNARODNA AGENCIJA ZA ATOMSKU ENERGIJU

BEČ, 2011.

SADRŽAJ

[1. UVOD 3](#_Toc42766171)

[POZADINA 3](#_Toc42766172)

[CILJ 8](#_Toc42766173)

[DJELOKRUG 8](#_Toc42766174)

[STRUKTURA 9](#_Toc42766175)

[2. ZAŠTITA LJUDI I OKOLIŠA 9](#_Toc42766176)

[PRIMJENA TEMELJNIH PRINCIPA SIGURNOSTI 9](#_Toc42766177)

[ZAŠTITA OD ZRAČENJA U OPERATIVNOM PERIODU 10](#_Toc42766178)

[ZAŠTITA OD ZRAČENJA U PERIODU NAKON ZATVARANJA 11](#_Toc42766179)

[PITANJA ZAŠTITE OKOLIŠA I NERADIOLOŠKA PITANJA 12](#_Toc42766180)

[3. SIGURNOSNI ZAHTJEVI ZA PLANIRANJE ODLAGANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA 13](#_Toc42766181)

[UPRAVNI, ZAKONSKI I REGULATORNI OKVIR 14](#_Toc42766182)

[PRISTUP SIGURNOSTI 16](#_Toc42766183)

[KONCEPTI PROJEKTOVANJA U CILJU SIGURNOSTI 18](#_Toc42766184)

[4. ZAHTJEVI ZA RAZVOJ, RAD I ZATVARANJE OBJEKTA ZA ODLAGANJE 21](#_Toc42766185)

[OKVIR ZA ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA 22](#_Toc42766186)

[DOKAZ SIGURNOSTI I SIGURNOSNA PROCJENA 22](#_Toc42766187)

[KORACI U RAZVOJU, RADU I ZATVARANJU OBJEKTA ZA ODLAGANJE 26](#_Toc42766188)

[5. GARANCIJA SIGURNOSTI 29](#_Toc42766189)

[6. POSTOJEĆI OBJEKTI ZA ODLAGANJE 33](#_Toc42766190)

[DODATAK 35](#_Toc42766191)

[ANEKS 38](#_Toc42766192)

[REFERENCE 39](#_Toc42766193)

# UVOD

## POZADINA

**Opšte**

1. Radioaktivni otpad nastaje iz proizvodnje struje u nuklearnim centralama, iz djelatnosti sa nuklearnim gorivnim ciklusom i iz aktivnosti u kojima se koristi radioaktivni materijal. On takođe nastaje iz aktivnosti i procesa u kojima se radioaktivni materijal prirodnog porijekla koncentriše u otpadnom materijalu, pa treba razmotriti sigurnost u njegovom zbrinjavanju. Radioaktivni otpad može nastati nizom aktivnosti, od onih u bolnicama do nuklearnih centrala, rudnika i objekata za preradu mineralnih ruda.
2. Svojstva radioaktivnog otpada su takođe raznolika, ne samo u smislu radioaktivnog sadržaja i koncentracije aktivnosti, nego i u smislu fizičkih i hemijskih osobina. Stopa nastajanja otpada takođe varira. Jedna od zajedničkih karakteristika svog radioaktivnog otpada je njegov potencijal da predstavlja opasnost za ljude i okoliš, pa se zbog toga mora zbrinuti tako se svi potencijalni rizici smanje do prihvatljivih nivoa. Potencijalna opasnost se može kretati od velike do trivijalne: to je varijacija koja se odražava u opcijama zbrinjavanja i odlaganja koje su neophodne za razne vrste otpada.
3. Sigurnosni principi koji se trebaju primijeniti u svim aktivnostima zbrinjavanja radioaktivnog otpada su izloženi u publikaciji „Temelji sigurnosti“, IAEA, (referenca 1). Ti principi takođe čine etičku i konceptualnu osnovu Zajedničke konvencije o sigurnosti zbrinjavanja istrošenog goriva i sigurnosti zbrinjavanja radioaktivnog otpada (referenca 2). Zahtjevi za zaštitu od zračenja su navedeni u „Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od jonizirajućeg zračenja i sigurnost izvora zračenja“ (Međunarodni osnovni sigurnosni standardi) (referenca 3). Mnogi od sigurnosnih zahtjeva i koncepata zaštite usvojeni u navedenim standardima i u Zajedničkoj konvenciji (referenca 2) izvedeni su iz preporuka Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP) (reference 4–7).
4. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ utvrđuje sigurnosne zahtjeve koji se odnose na odlaganje radioaktivnog otpada svih vrsta. Ona navodi cilj i kriterije sigurnosti radi zaštite ljudi i okoliša od radijacijskh rizika koji proističu iz objekata za odlaganje radioaktivnog otpada kad su u funkciji i nakon zatvaranja. Da bi se kriteriji ispunili, možda treba poduzeti određene mjere pri odabiru i procjeni lokacije i pri projektovanju, izgradnji, radu i zatvaranju objekta za odlaganje. Ti zahtjevi su od suštinske važnosti iz perspektive sigurnosti, a propust da se ispuni bilo koji od njih bi zahtijevao poduzimanje mjera.
5. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ ne naglašava sve sigurnosne zahtjeve u pogledu upravnog, zakonskog i regulatornog okvira, zaštite od zračenja i planiranja za vanredne situacije koji su utvrđeni u drugim publikacijama iz serije „Sigurnosni zahtjevi“. Ona je zasnovana na premisi da generalno moraju postojati mehanizmi kako bi se osiguralo da su ti zahtjevi u vezi sa ovima ispunjeni. Ova publikacija utvrđuje neke zahtjeve koji su u bliskoj vezi s tim drugim tematskim oblastima i koji su od posebne važnosti za sigurnost objekata za odlaganje radioaktivnog otpada. Smjernice za ispunjavanje sigurnosnih zahtjeva izloženih u ovoj publikaciji su dati u nekoliko vodiča za sigurnost koji su specifični za razne vrste objekata za odlaganje radioaktivnog otpada.
6. Preferirana strategija zbrinjavanja svog radioaktivnog otpada jeste da se on fizički ograniči (odnosno, da se radionuklidi zadrže unutar jedne cjeline otpada /*waste matrix*/, ambalaže i objekta za odlaganje) i da se izoluje od dostupne biosfere. Ta strategija ne isključuje oslobađanje (odnosno, kontrolisano ispuštanje) efluenata koji proizlaze iz aktivnosti zbrinjavanja otpada i koji sadrže rezidualne količine radionuklida, ili oslobađanje od regulatorne kontrole materijala koji ispunjavaju relevantne kriterije. Utvrđeni su međunarodni sigurnosni standardi koji pokrivaju obje te okolnosti (reference 8 i 9).
7. Radioaktivni otpad inicijalno može nastati u raznom gasovitom, tečnom i čvrstom stanju. U aktivnostima zbrinjavanja otpada se otpad generalno prerađuje tako da nastane stabilna i čvrsta forma, zapreminski smanjena i imobilisana koliko je to moguće da bi se olakšalo njegovo skladištenje, transport i odlaganje. Ova publikacija se bavi fazom odlaganja čvrstih ili očvrsnutih materijala, što je zadnji korak u procesu zbrinjavanja radioaktivnog otpada.

**Koncepti koji se odnose na odlaganje (i skladištenje) radioaktivnog otpada**

* 1. Termin „odlaganje“ se odnosi na smještanje radioaktivnog otpada u objekt ili na lokaciji bez namjere njegovog ponovnog uzimanja[[1]](#footnote-1). Opcije odlaganja se kreiraju tako da se otpad fizički ograniči pomoću pasivnih inženjerski konstruisanih ili prirodnih barijera i da se izoluje od dostupne biosfere do stepena koji nalaže opasnost koja prati otpad. Termin „odlaganje“ podrazumijeva da se otpad ne namjerava ponovo uzimati; on ne znači da to ponovno uzimanje nije moguće.
	2. Suprotno tome, termin „skladištenje“ se odnosi na zadržavanje radioaktivnog otpada u objektu ili na lokaciji sa namjerom njegovog ponovnog uzimanja. Obje opcije, odlaganje i skladištenje, kreirane su sa namjerom da se otpad fizički ograničii do potrebnog stepena izoluje od dostupne biosfere. Bitna razlika je da je skladištenje privremena mjera nakon koje se planira neka buduća radnja. To može uključivati dalje kondicioniranje ili pakovanje otpada i, u krajnjoj liniji, njegovo odlaganje. Smjernice za sigurno skladištenje radioaktivnog otpada su date u referenci 11.
	3. Razrađene su brojne opcije projektovanja objekata za odlaganje otpada, a razne vrste tih objekata su izgrađene u mnogim državama i u funkciji su. Te opcije projektovanja imaju različite stepene mogućnosti fizičkog ograničenja i izolacije radioaktivnog otpada koje su primjerene vrstama otpada koje će prihvatiti. Specifični ciljevi odlaganja su sljedeći:
1. Fizički ograničiti otpad;
2. Izolovati otpad od dostupne biosfere i znatno smanjiti vjerovatnoću i moguće posljedice nenamjernog ljudskog uplitanja[[2]](#footnote-2) u otpad;
3. Uvijek usporiti, smanjiti i odgoditi kretanje radionuklida iz otpada u dostupnu biosferu;
4. Pobrinuti se da količine radionuklida koje dolaze do dostupne biosfere zbog njihovog kretanja iz objekta za odlaganje budu takve da su moguće radiološke posljedice uvijek prihvatljivo male.
5. Ravnoteža između važnosti svakog od navedenih ciljeva i obima do kojeg i načina na koji se oni postižu varira, zavisno od karakteristika otpada i vrste objekta za odlaganje.
6. Od objekata za odlaganje se ne očekuje da omoguće potpuno fizičko ograničavanje i izolaciju otpada svo vrijeme; to nije ni izvodljivo niti to nalaže opasnost povezana sa otpadom koja vremenom opada.

**Vrste objekata za odlaganje radioaktivnog otpada**

1. Kao što je navedeno u tački 1.10, razrađene su brojne opcije projektovanja objekata za odlaganje, a razne vrste tih objekata su izgrađene u mnogim državama i u funkciji su širom svijeta.
2. Unutar svake države ili regije mogu biti potrebni brojni, različito projektovani objekti za odlaganje radi prijema radioaktivnog otpada raznih vrsta. Klasifikacija radioaktivnog otpada je obrađena u jednom vodiču za sigurnost IAEA-e (referenca 12), a različite klase radioaktivnog otpada su prikazane u Aneksu. U jednoj ili više država su usvojene sljedeće opcije odlaganja koje odgovaraju priznatim klasama radioaktivnog otpada:
3. Odlaganje na specifičnoj deponiji: Odlaganje u objektu sličnom konvencionalnoj deponiji za industrijski otpad, ali koje može uključivati mjere da se obuhvati i radioaktivni otpad. Takav objekt može imati namjenu objekta za odlaganje veoma nisko radioaktivnog otpada sa malim koncentracijama ili količinama radioaktivnog sadržaja (referenca 12). Tipičan otpad koji se odlaže u objektu ove vrste može uključivati tlo ili građevinski šut koji je rezultat aktivnosti dekomisioniranja.
4. Površinsko odlaganje: Odlaganje u objektu koji se sastoji od konstruisanih rovova ili armirano-betonskih bunkera izgrađenih na površini zemlje ili do nekoliko desetina metara ispod nivoa tla. Takav objekt može biti namijenjen za odlaganje nisko radioaktivnog otpada (referenca 12).
5. Odlaganje srednje radioaktivnog otpada: Zavisno od njegovih karakteristika, srednje radioaktivni otpad se može odložiti u različite vrste objekata (referenca 12). Odlaganje se može izvesti smještanjem otpada u objekt izgrađen u pećini, armirano-betonskom bunkeru ili silosu na dubini od najmanje nekoliko desetina metara i do nekoliko stotina metara. Odlaganje može uključivati i namjenski izgrađene objekte i objekte izgrađene ili iskorištene u postojećim rudnicima. Takođe može uključivati i objekte izgrađene kod podzemnog iskopavanja planinskih ili brdskih strana, u kom slučaju bi sloj koji prekriva objekt mogao biti na dubini od više od 100 metara.
6. Geološko odlaganje: Odlaganje u objektu izgrađenom u tunelu, armirano-betonskom bunkeru ili silosu na posebnoj geološkoj formaciji (npr. u smislu njene dugoročne stabilnosti i hidrogeoloških svojstava) na dubini od najmanje nekoliko stotina metara. Takav objekt može biti projektovan da primi visoko radioaktivni otpad (referenca 12), uključujući i istrošeno gorivo ako će se ono tretirati kao otpad. Međutim uz odgovarajući projekt, objekt za geološko odlaganje može primiti sve vrste radioaktivnog otpada.
7. Odlaganje u bušotini: Odlaganje u objektu koji se sastoji od jedne ili niza bušotina i koji može biti na dubini od nekoliko desetina metara do nekoliko stotina metara. Takav objekt za odlaganje u bušotini se projektuje za odlaganje samo relativno malih količina otpada, konkretno zatvorenih izvora van upotrebe. Ispitana je i projektantska opcija za veoma duboke bušotine, na nekoliko kilometara dubine, radi odlaganja čvrsto visoko radioaktivnog otpada i istrošenog goriva, ali nijedna država nije usvojila tu opciju za objekt za odlaganje.
8. Odlaganje otpada iz rudarstva i prerade mineralnih ruda: Odlaganje koje je obično na ili blizu površine tla, ali način na koji taj otpad nastaje i njegove velike količine, njegova fizičko-hemijska forma i sadržaj dugoživećih radionuklida prirodnog porijekla razlikuju ga od drugog radioaktivnog otpada. Taj otpad se generalno stabilizuje na licu mjesta i prekriva raznim slojevima kamenja i tla.
9. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ se odnosi na sve navedene vrste odlaganja i objekata za odlaganje. Sveobuhvatne smjernice o ispunjavanju zahtjeva utvrđenih u ovoj publikaciji su date u publikacijama iz serije „Vodiči za sigurnost“ IAEA-e u kojima se razmatra svaka konkretna vrsta objekta za odlaganje opisana iznad.
10. U skladu sa gradiranim pristupom, kao što se traži u „Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima“ i drugim standardima (reference 3, 13 i 14), mogućnost odabranog sistema odlaganja da otpad fizički ograniči i izoluje od ljudi i okoliša će biti srazmjerna potencijalnoj opasnosti od otpada. Zahtjevi izloženi u ovoj publikaciji se primjenjuju na sve vrste objekata za odlaganje. Međutim, stepen pripreme koji je neophodan da se ispune ti zahtjevi varira u skladu sa gradiranim pristupom. To je odraženo u vodičima za sigurnost za razne vrste objekata navedenih u tački 1.14.

**Životni ciklus objekta za odlaganje**

1.17. Razvoj (odnosno, odabir i procjena lokacije te projektovanje i izgradnja objekta) većine vrsta objekata za odlaganje će se vjerovatno dešavati tokom dužeg vremenskog perioda. Period tokom kojeg će objekti za odlaganje raditi prije zatvaranja će se u većini slučajeva takođe protezati kroz više decenija. Razne aktivnosti će se obavljati u tom periodu razvoja, kao što su odabir i procjena lokacije, projektovanje i izgradnja objekta, uz donošenje odluka da se krene dalje na naredni skup aktivnosti ili naredni korak u razvoju objekta.

1. Ovakav pristup korak po korak omogućava sljedeće: organizovano prikupljanje i procjenu neophodnih naučnih i tehničkih podataka; procjenu mogućih lokacija; izradu koncepata odlaganja; iterativne studije u cilju izrade projekta i sigurnosne procjene sa boljim podacima kako se ide naprijed; tehničko i regulatorno razmatranje; javne konsultacije i političke odluke. Međutim, nivo proučavanja i sam proces će zavisiti od datog objekta i praksi u datoj državi.
2. Zajedno sa razmatranjem niza opcija projektovanja i operativnog upravljanja objektom za odlaganje, od pristupa korak po korak se očekuje se da omogući fleksibilnost radi reagovanja na nove tehničke informacije i napredak u zbrinjavanju otpada i tehnologijama materijala. Ovaj pristup takođe omogućava razmatranje društvenih, ekonomskih i političkih aspekata objekta za odlaganje kako bi se osiguralo da sve razumne mjere budu poduzete radi daljeg sprečavanja, usporavanja ili odlaganja oslobađanja radioaktivnosti u okoliš.
3. Navedeni pristup može uključivati i opcije za vraćanje korak unazad ili čak, za većinu vrsta objekata, ponovno uzimanje otpada nakon njegovog smještanja u objekt ako bi se to smatralo primjerenim.
4. Učesnici u razvijanju objekata za odlaganje mogu definisati mnogo koraka koji se odnose na njihove programske potrebe. Međutim, u ovoj publikaciji se pristup korak po korak odnosi na korake koje su odredili regulatorno tijelo i procesi političkog donošenja odluka.
5. Od koristi je da se utvrde tri perioda povezana sa razvojem, radom i zatvaranjem objekta za odlaganje: (i) predoperativni period, (ii) operativni period i (iii) period nakon zatvaranja. U tim periodima će se odvijati razne aktivnosti, a neke mogu biti poduzete do raznog stepena tokom dijela ili cijelog životnog vijeka objekta:
6. Predoperativni period uključuje definisanje koncepta, procjenu lokacije (odabir, verifikaciju i potvrđivanje), sigurnosnu procjenu i projektne studije. Ovaj period takođe obuhvata i razradu onih aspekata sigurnosti iz dokazasigurnosti (*safety case*) u radu i nakon zatvaranja objekta koji su neophodni da se utvrde uslovi za autorizaciju, pribavi autorizacija i nastavi sa izgradnjom objekta za odlaganje i početnim operativnim aktivnostima. Utvrđuju se programi monitoringa i testiranja koji su potrebni da se dobiju ulazne informacije za odluke o operativnom upravljanju.
7. Operativni period počinje kad se otpad prvi put primi u objekt. Od tog vremena može nastati ekspozicija zračenju kao rezultat aktivnosti zbrinjavanja otpada, a te aktivnosti podliježu kontroli u skladu sa zahtjevima za zaštitu i sigurnost. Programima monitoringa, nadzora i testiranja se nastavljaju davati ulazne informacije za odluke o operativnom upravljanju i osnova za odluke u vezi sa zatvaranjem cijelog objekta ili njegovih dijelova. Sigurnosne procjene za operativni period i period nakon zatvaranja te dokazsigurnostise po potrebi ažuriraju tako da odraze stvarno iskustvo i sve veće znanje. U operativnom periodu se građevinske aktivnosti mogu odvijati istovremeno sa smještanjem otpada u druge dijelove objekta ili zatvaranjem drugih dijelova objekta. Ovaj period može uključivati aktivnosti u cilju ponovnog uzimanja otpada ako se to smatra potrebnim prije zatvaranja, aktivnosti nakon završetka smještanja otpada i konačnog zatvaranja i zaptivanja (*sealing*) objekta.
8. Period nakon zatvaranja počinje kad se primijene sve inženjerski konstruisane barijere fizičkog ograničenja i izolacije, kad su operativni objekti i prateći servisi dekomisionirani, a objekt je u svojoj završnoj konfiguraciji. Nakon zatvaranja, sigurnost objekta za odlaganje se omogućava pasivnim sredstvima koji su svojstveni karakteristikama lokacije i objekta te karakteristikama paketa otpada, zajedno sa određenim institucionalnim kontrolama, posebno za objekte za površinsko odlaganje. Te institucionalne kontrole se provode da se spriječi uplitanje u objekte i da se monitoringom i nadzorom potvrdi da sistem odlaganja funkcioniše kao što se očekuje. Monitoring se takođe može provoditi u svrhu davanja garancija javnosti. Autorizacija će prestati da važi nakon određenog perioda aktivne institucionalne kontrole, kad se ispune svi potrebni tehnički, pravni i finansijski zahtjevi.
	1. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ se bavi predviđanjem zaštite ljudi i okoliša od opasnosti koje su povezane sa aktivnostima zbrinjavanja otpada, uključujući i opasnosti koje bi se mogle pojaviti u operativnom periodu i periodu nakon zatvaranja objekta. Garancija zaštite će biti data primjenom zakonskih i regulatornih zahtjeva u predoperativnom i operativnom periodu, a u nekim slučajevima i u periodu nakon zatvaranja objekta.
9. Sistem odlaganja (odnosno, objekt za odlaganje i okruženje u kojem je smješten) se razvija u nizu koraka u kojima se postepeno unapređuje naučno razumijevanje tog sistema i projekta objekta za odlaganje. Sigurnosna procjena je važno sredstvo za usmjeravanje odabira i procjene lokacije i kao pomoć u projektovanju objekta. Ona se takođe koristi za procjenu prevladavajućeg nivoa razumijevanja sistema odlaganja i procjenu pratećih nesigurnosti kroz razne korake u razvoju objekta. Obim i kompleksnost te procjene variraju sa tipom objekta i biće povezani sa potencijalnim opasnostima od otpada.
10. Štaviše, u nekoliko državnih programa za zbrinjavanje otpada je razmotren razvoj objekata za odlaganje sa pripremama kod projektovanja ili operativnih aktivnosti da se omogući vraćanje koraka unazad, uključujući i mogućnost ponovnog uzimanja otpada. U nekim državama je mogućnost ponovnog uzimanja otpada nakon zatvaranja objekta zakonski zahtjev i granični uslov za raspoložive opcije koji uvijek mora ispuniti sigurnosne zahtjeve za odlaganje. Ne bi se trebalo dozvoliti popuštanje sigurnosnih standarda ili zahtjeva po osnovu da je ponovno uzimanje otpada moguće ili olakšano konkretnom odredbom. Moralo bi se osigurati da takva odredba nema neprihvatljive negativne uticaje na sigurnost ili na funkcionisanje sistema za odlaganje. Ova tema nije obimno obrađena u ovoj publikaciji.
11. Dokaz sigurnosti (odnosno, skup argumenata i dokaza kojima se demonstrira sigurnost objekta) za objekte za odlaganje se sačinjava zajedno sa razvojem objekta. Ovim pristupom se omogućava osnova za odluke vezane za razvoj, rad i zatvaranje objekta. Njime se takođe omogućava utvrđivanje oblasti nesigurnosti na koje treba fokusirati pažnju da se unaprijedi razumijevanje onih aspekata koji utiču na sigurnost sistema odlaganja.

## CILJ

1.27. Cilj ove publikacije iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ je da izloži cilj i kriterije sigurnosti za odlaganje svih vrsta radioaktivnog otpada i da, na osnovu principa utvrđenih u referenci 1, utvrdi zahtjeve koji se moraju ispuniti u odlaganju radioaktivnog otpada.

1.28. Ova publikacija je namijenjena svim osobama koje su odgovorne i bave se zbrinjavanjem radioaktivnog otpada i donošenjem odluka u vezi sa razvojem, radom i zatvaranjem objekata za odlaganje, posebno onim osobama koje se bave pratećim regulatornim aspektima. Dokumenti iz serije „Vodiči za sigurnost“ daju sveobuhvatne smjernice i najbolje međunarodne prakse za ispunjavanje zahtjeva u pogledu različitih vrsta objekata za odlaganje.

## DJELOKRUG

1. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ se odnosi na odlaganje radioaktivnog otpada svih vrsta putem smještanja otpada u namjenske objekte za odlaganje, što podliježe neophodnim ograničenjima i kontrolama nad odlaganjem otpada i nad razvojem, radom i zatvaranjem objekata za odlaganje. Klasifikacija radioaktivnog otpada je obrađena u referenci 12.
2. Ova publikacija iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ utvrđuje zahtjeve u cilju davanja garancija radijacijske sigurnosti odlaganja radioaktivnog otpada u radu objekta za odlaganje i posebno nakon njegovog zatvaranja. Temeljni cilj sigurnosti je da se ljudi i okoliš zaštite od štetnih efekata jonizirajućeg zračenja. To se postiže postavljanjem zahtjeva za odabir i procjenu lokacije te projektovanje, izgradnju, rad i zatvaranje objekta za odlaganje, uključujući organizacione i regulatorne zahtjeve.
3. Ispunjavanje tih zahtjeva čini dio šireg procesa odabira i procjene lokacije i razvoja objekta za odlaganje. U tom procesu će se takođe razmatrati i šira pitanja planiranja, finansijska, ekonomska i društvena pitanja, kao i ona koja se odnose na konvencionalnu sigurnost i uticaje na okoliš. Ova publikacija se ne bavi tim širim pitanjima niti transportom otpada na lokaciju objekta ili drugim uticajima na okoliš osim radioloških posljedica.
4. Dosadašnje iskustvo u odabiru lokacije objekta za odlaganje je pokazalo da prihvatanje objekta za odlaganje od strane velikog broja zainteresovanih strana zavisi od brojnih faktora. Proces uključivanja zainteresovanih strana u donošenje odluka vezanih za objekte za odlaganje se sve više smatra veoma važnim. Međutim, detaljno razmatranje tog procesa je van djelokruga ove publikacije.

## STRUKTURA

1.33. Pozadina, koncepti i cilj sigurnosti kod odlaganja otpada su izloženi u poglavljima 1 i 2. Sigurnosni zahtjevi za objekte za odlaganje su navedeni u poglavljima 3–6. Ti zahtjevi se sastoje od 26 numerisanih zahtjeva, boldiranih u tekstu, sa izrazima tipa „dužan je, mora“.

# ZAŠTITA LJUDI I OKOLIŠA

## PRIMJENA TEMELJNIH PRINCIPA SIGURNOSTI

1. Publikacija „Temeljni principi sigurnosti“ (referenca 1) iz serije „Temelji sigurnosti“ IAEA-e navodi temeljni cilj sigurnosti i principe sigurnosti koji se odnose na sve objekte i aktivnosti u zbrinjavanju radioaktivnog otpada, uključujući i njegovo odlaganje. Kao što je navedeno u referenci 1, temeljni cilj sigurnosti je da se ljudi i okoliš zaštite od štetnih efekata jonizirajućeg zračenja.
2. Strategija koja je trenutno usvojena da se ostvari ovaj temeljni cilj sigurnosti u pogledu odlaganja radioaktivnog otpada jeste da se otpad fizički ograniči i izoluje od dostupne biosfere do neophodnog stepena. Biosfera je onaj dio okoliša koju obično nastanjuju živi organizmi, a u ovoj publikaciji se pojam dostupne biosfere generalno shvata tako da uključuje one elemente okoliša koje koriste ljudi ili su dostupni ljudima, uključujući i podzemne vode, površinske vode i pomorske resurse. Dakle, dostupna biosfera je onaj dio okoliša za čiju su zaštitu u ovoj publikaciji utvrđeni cilj, kriteriji i zahtjevi.
3. Primjenom strategije fizičkog ograničavanja i izolacije otpada, podrazumijeva se da ako dođe do poremećaja otpada nakon njegovog odlaganja u objektu, onda mogu nastati doze zračenja.
4. U skladu sa referencom 1, objekti za odlaganje se trebaju razvijati tako da ljudi i okoliš budu zaštićeni i sada i u budućnosti (referenca 1, Princip 7). U tom pogledu, prvenstveni obzir je radiološka opasnost koju radioaktivni otpad predstavlja. ICRP je kreirao sistem radiološke zaštite koji se odnosi na sve objekte i aktivnosti, a taj sistem je usvojen u „Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima“ (referenca 3).
5. ICRP je u svojim publikacijama 77 i 81 (reference 5 i 6) razradio primjenu sistema radiološke zaštite na odlaganje čvrstog radioaktivnog otpada, što je potvrđeno u Publikaciji 103 (referenca 7). Time se daje polazna osnova za sigurnosne obzire koji se ovdje obrađuju u pogledu objekata za odlaganje. Pitanja zaštite okoliša i druga neradiološka pitanja su obrađena na kraju Poglavlja 2.
6. Cilj i kriteriji sigurnosti izloženi u ovom poglavlju se primjenjuju bez obzira na granice između država. Prekogranična pitanja su obrađena u okviru postojećih konvencija, međunarodnih ugovora i bilateralnih sporazuma. Posebne specifične obaveze se odnose na strane potpisnice Zajedničke konvencije o sigurnosti zbrinjavanja istrošenog goriva i sigurnosti zbrinjavanja radioaktivnog otpada (referenca 2).

## ZAŠTITA OD ZRAČENJA U OPERATIVNOM PERIODU

1. Zahtjevi za radijacijsku sigurnost i prateći kriteriji sigurnosti za operativni period objekta za odlaganje su isti kao i oni za bilo koji nuklearni objekt ili aktivnost sa radioaktivnim materijalom i utvrđeni su u „Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima“ (referenca 3). Objekti za odlaganje koji primaju otpad iz objekata nuklearnog gorivnog ciklusa su generalno autorizovani kao nuklearni objekti i dužni su da rade u skladu sa uslovima iz autorizacije za objekt. Objekti za odlaganje malih količina otpada (npr. objekti na bušotinama) se možda neće posmatrati kao nuklearni objekti u nekim državama, ali moraju podlijegati odgovarajućem regulatornom procesu i biti autorizovani u skladu s tim.
2. U smislu radijacijske sigurnosti, objekt za odlaganje se smatra izvorom zračenja koji je pod regulatornom kontrolom u situaciji planirane ekspozicije. U operativnom periodu, svako oslobađanje radioaktivnog materijala se može verifikovati, ekspozicije se mogu kontrolisati, a mjere poduzeti po potrebi. Inženjerski konstruisana sredstva i praktična sredstva za ostvarivanje sigurnosti su dobro poznata, iako njihova upotreba u objektima za odlaganje uključuje specifične obzire. Prvenstveni cilj je osigurati da doze zračenja budu što je razumno moguće niže i da su unutar važećeg sistema ograničenja doza.
3. Optimizacija zaštite (odnosno, proces utvrđivanja mjera zaštite i sigurnosti tako da se ekspozicije i vjerovatnoća veličine potencijalnih ekspozicija zadrže „što je razumno moguće nižim, uzimajući u obzir društvene i ekonomske faktore”) uzima se u obzir u projektovanju objekta za odlaganje i planiranju svih radnih aktivnosti (referenca 3).
4. Relevantni obziri u optimizaciji mjera zaštite i sigurnosti uključuju: razdvajanje aktivnosti rudarstva i izgradnje od aktivnosti smještanja otpada; po potrebi, upotrebu opreme sa daljinskim rukovanjem i radijacijski zaštićene opreme za smještanje otpada; kontrolu radne okoline tako da se smanje potencijal za akcidente i njihove potencijalne posljedice; i svođenje potrebe za održavanjem u nadgledanim i kontrolisanim zonama na minimum. Kontaminacija se obavezno kontroliše i sprečava do mogućeg stepena (referenca 3).
5. Tokom normalnog rada objekta za odlaganje radioaktivnog otpada se ne očekuje oslobađanje radionuklida ili se očekuje vrlo minimalno oslobađanje (npr. male količine gasovitih radionuklida), pa odatle neće biti znatnih doza za pojedince iz stanovništva. Čak i u slučaju akcidenta sa oštećenjem paketa otpada na lokaciji objekta za odlaganje, nije vjerovatno oslobađanje radionuklida koje bi imalo bilo kakve radiološke posljedice van objekta.
6. Nepostojanje radioloških posljedica od bilo kakvog značaja van objekta bi se potvrdilo pomoću sigurnosne procjene (vidi zahtjeve koji se odnose na dokaz sigurnosti i sigurnosnu procjenu, Zahtjevi 12–14). Relevantna razmatranja uključuju formu otpada (odnosno, ambalažu i sadržaj radionuklida u otpadu), kontrolu kontaminacije paketa otpada i opreme, po potrebi monitoring i kontrolu vode ispuštene iz objekta za odlaganje i ispuštenog ventilisanog vazduha iz podzemnog objekta za odlaganje.
7. Kao i za svaki drugi funkcionalan nuklearni objekt ili drugi objekt u kojem se radioaktivnim materijalom rukuje, koristi, koji se skladišti ili prerađuje, tako je i za objekt za odlaganje obavezno uspostavljanje operativnog programa zaštite od zračenja u skladu sa radiološkim opasnostima kako bi se osiguralo da doze za zaposlene tokom normalnih radnih aktivnosti budu kontrolisane i da se ispunjavaju zahtjevi za ograničenje doza zračenja (vidi referencu 3, tačke 2.24–2.26 i referencu 15). Pored toga, obavezni su i planovi za vanredne situacije radi rješavanja akcidenata i drugih incidenata i radi osiguravanja da posljedične doze zračenja budu kontrolisane do mogućeg stepena, uz obraćanje dužne pažnje na relevantne akcione nivoe u vanrednim situacijama (referenca 16).
8. Dozama i rizicima koji su povezani sa transportom radioaktivnog otpada kroz javni prostor do objekta za odlaganje se obavezno upravlja na isti način kao i dozama i rizicima koji su povezani sa transportom drugog radioaktivnog materijala. Transport radioaktivnog otpada podliježe zahtjevima dokumenta „Propisi za siguran transport radioaktivnog materijala”, IAEA, (referenca 17).

## ZAŠTITA OD ZRAČENJA U PERIODU NAKON ZATVARANJA

2.15. Cilj sigurnosti i kriteriji za zaštitu ljudi i okoliša nakon zatvaranja objekta za odlaganje su sljedeći:

**Cilj sigurnosti**

Cilj sigurnosti je da se lokacija objekta odredi, da se objekt projektuje, da se njime operativno upravlja i da se zatvori tako da zaštita nakon njegovog zatvaranja bude optimizirana, uzimajući u obzir društvene i ekonomske faktore. Takođe se mora dati razumna garancija da doze i rizici za pojedince iz stanovništva neće na duže staze prekoračiti restrikcije doze niti ograničenja rizika koji su korišteni kao kriteriji kod projektovanja.

**Kriteriji**

1. Granica doze za pojedince iz stanovništva iz svih situacija planirane ekspozicije je efektivna doza od 1 mSv godišnje (referenca 3). Ta doza i njen ekvivalent rizika se smatraju kriterijima koji se ne smiju prekoračiti u budućnosti.
2. U cilju pridržavanja navedene granice doze, objekt za odlaganje (koji se posmatra kao jedinstven izvor zračenja) projektuje se tako da izračunata doza ili rizik za reprezentativnu osobu koja bi mogla biti izložena u budućnosti kao rezultat mogućih prirodnih procesa[[3]](#footnote-3) koji utiču na objekt za odlaganje ne prekoračuje restrikciju doze od 0,3 mSv godišnje niti ograničenje rizika reda veličine 10–5 godišnje[[4]](#footnote-4).
3. U odnosu na efekte nenamjernog ljudskog uplitanja nakon zatvaranja objekta, ako se očekuje da takvo uplitanje dovede do godišnje doze koja je manja od 1 mSv za osobe koje žive oko lokacije objekta, onda nisu potrebna nastojanja da se smanji vjerovatnoća ljudskog uplitanja ni da se ograniče njegove posljedice.
4. Ako se očekuje da ljudsko uplitanje dovede do moguće godišnje doze koja je veća od 20 mSv (referenca 7, tabela 8) za osobe koje žive oko lokacije objekta, onda treba razmotriti alternativne opcije za odlaganje otpada, npr. odlaganje ispod površine tla ili separacija sadržaja radionuklida koji dovodi do veće doze.
5. Ako postoje indicije za godišnje doze u rasponu 1–20 mSv (referenca 7, tabela 8), onda su potrebna razumna nastojanja u fazi razvoja objekta da se smanji vjerovatnoća ljudskog uplitanja ili da se ograniče njegove posljedice putem optimizacije projekta objekta.
6. Slični obziri važe tamo gdje se mogu prekoračiti relevantni pragovi za determinističke efekte na organe.
7. Smatra se da doze zračenja ljudi u budućnosti mogu biti samo procijenjene i da će se nesigurnosti koje prate te procjene povećavati kako se dalje odmiče u budućnost. Treba pokazati oprez u primjeni kriterija na periode koji se protežu daleko u budućnost. Još dalje od takvih perioda u budućnosti, nesigurnosti povezane sa procjenama doze postaju tako velike da kriteriji možda više neće moći poslužiti kao razumna osnova za donošenje odluka.
8. Prvenstveni cilj odlaganja radioaktivnog otpada je dugoročna zaštita ljudi i okoliša nakon što se objekt za odlaganje zatvori. U tom periodu se može desiti kretanje radionuklida do dostupne biosfere, njihova disperzija u dostupnu biosferu i posljedična ekspozicija ljudi. To je posljedica sporog propadanja inženjerski konstruisanih komponenti i sporog prenosa radionuklida iz objekta prirodnim procesima. Drugi odvojeni događaji mogu dovesti do ranijeg ili većeg oslobađanja radionuklida. Takvi događaji mogu biti prirodnog ili ljudskog porijekla.
9. Optimizacija uz ograničenja je centralni pristup koji je usvojen da se garantuje sigurnost objekta za odlaganje otpada (referenca 6). U tom kontekstu, optimizacija zaštite je proces prosuđivanja, uzimajući u obzir društvene i ekonomske faktore. Optimizacija se provodi na strukturisan, ali u suštini kvalitativan način potkrijepljen kvantitativnom analizom.
10. Razni metodi se mogu koristiti da se procijene uticaji odlaganja radioaktivnog otpada nakon zatvaranja objekta za odlaganje i da se demonstrira poštovanje državnih propisa izraženih u smislu restrikcija nivoa doze i/ili rizika. Ovo pitanje je obrađeno u vodiču za sigurnost o dokazu sigurnosti i sigurnosnoj procjeni za odlaganje radioaktivnog otpada.[[5]](#footnote-5)

## PITANJA ZAŠTITE OKOLIŠA I NERADIOLOŠKA PITANJA

1. Van djelokruga ove publikacije je procjena konvencionalnih uticaja na okoliš koji se mogu desiti prilikom izgradnje i operativnog perioda objekta za odlaganje, npr. uticaji vezani za saobraćaj, buku, zaklanjanje vidika, poremećaj prirodnog staništa, ograničenja o upotrebi zemljišta te socijalnih i ekonomskih faktora. Ova publikacija obuhvata zaštitu okoliša od radioloških opasnosti povezanih sa radioaktivnim materijalom u objektu za odlaganje. Neradiološke toksične opasnosti se takođe moraju procijeniti tamo gdje su znatne, što je obrađeno u narednim pasusima.
2. U svrhe trenutnih preporuka ICRP-a (referenca 4) i zahtjeva iz „Međunarodnih osnovnih sigurnosnih standarda” (referenca 3), pretpostavlja se da u skladu sa odgovarajućom definicijom grupa izloženih zračenju, u zaštiti ljudi od radioloških opasnosti povezanih sa objektom za odlaganje će se takođe primijeniti i princip zaštite okoliša (referenca 4–7). Pitanje zaštite okoliša od štetnih efekata jonizirajućih zračenja i izrada standarda u tu svrhu su predmet međunarodne diskusije (referenca 7).
3. Procjene mogućih doza i/ili rizika zbog budućeg kretanja radionuklida iz objekta za odlaganje su indikatori zaštite ljudi. Na osnovu pretpostavke iz tačke 2.21, indikatorima zaštite okoliša bi se već mogli smatrati izračuni radi procjene doza u kojima se razmatra niz mogućih puteva prenosa radionuklida kroz okoliš.
4. Dodatni indikatori i poređenja, kao što su procjene koncentracija i flukseva kontaminanata i njihovo poređenje sa koncentracijama i fluksevima radionuklida prirodnog porijekla unutar geosfere ili biosfere, takođe se mogu pokazati vrijednim u indikaciji nivoa ukupne zaštite okoliša koja je nezavisna od procjena o navikama ljudi[[6]](#footnote-6). Drugi faktori koje treba razmotriti mogu uključivati potrebu za zaštitom podzemnih vodnih resursa i ekološke osjetljivosti okoliša u koji bi kontaminanti mogli biti ispušteni.
5. Uticaj neradioaktivnog materijala prisutnog u objektu za odlaganje treba biti procijenjen u skladu sa državnim ili drugim specifičnim propisima, a to u nekim slučajevima može biti značajno, npr. za neke vrste otpada iz rudarstva ili mješavine radioaktivnog i toksičnog otpada. Ako neradioaktivni materijal može uticati na oslobađanje i kretanje radioaktivnih kontaminanata iz radioaktivnog otpada, onda se takve interakcije moraju razmotriti u sigurnosnoj procjeni.

# SIGURNOSNI ZAHTJEVI ZA PLANIRANJE ODLAGANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA

1. Zahtjevi su utvrđeni radi garantovanja ispunjavanja cilja i kriterija sigurnosti za objekte za odlaganje navedenih u Poglavlju 2. Prvenstvenu odgovornost za sigurnost ima operator (referenca 1), na kojeg se primjenjuje većina tih zahtjeva. Međutim, garantovanje sigurnosti i razvijanje šireg povjerenja u sigurnost takođe zahtijeva i kompetentan regulatorni proces unutar preciziranog zakonskog i regulatornog okvira i raspodjelu odgovornosti za predoperativne aktivnosti.
2. Operator[[7]](#footnote-7) može biti jedno pravno lice ili jedno od brojnih uključenih pravnih lica, zavisno od pristupa u državi. Sigurnosni zahtjevi za planiranje objekta za odlaganje se odnose na elemente koji moraju biti utvrđeni prije razvoja objekta, sa svrhom garantovanja sigurnosti u operativnom periodu i nakon zatvaranja objekta.
3. Sigurnost u radu sa radioaktivnim otpadom u objektima za odlaganje mora biti postignuta putem mnoštva inženjerski konstruisanih i operativnih kontrola sličnih onima koje se koriste u drugim objektima u kojima se radioaktivnim materijalom rukuje, koristi, u kojima se on skladišti ili prerađuje. Te kontrole uključuju fizičko ograničavanje i strukturalnu zaštitu radioaktivnog otpada te operativnu kontrolu vremena ekspozicije i blizine otpadu. Zaštita stanovništva se omogućava sprečavanjem ili kontrolisanjem oslobađanja radioaktivnosti iz objekta i kontrolisanjem pristupa lokaciji. Operativnim programima monitoringa se garantuju te razne kontrole.
4. Sigurnost nakon zatvaranja objekta se postiže razvijanjem sistema odlaganja u kojem raznovrsne komponente funkcionišu zajedno da bi omogućile i garantovale traženi nivo sigurnosti. Ovaj pristup nudi fleksibilnost projektantu objekta za odlaganje da prilagodi tlocrt objekta i inženjerske barijere tako da iskoristi prirodne karakteristike lokacije i potencijal geologije lokacije za barijere ako je potrebno. Garancija povjerenja u sigurnost je takođe potrebna, a to može zahtijevati razmatranje brojnih kompleksnih pitanja, uključujući potencijalni uticaj operativnih aktivnosti na funkcionisanje objekta nakon zatvaranja.
5. Zahtjevi u pogledu planiranja objekata za odlaganje radioaktivnog otpada su navedeni u okviru tri naredna naslova: upravni, zakonski i regulatorni okvir; pristup sigurnosti; i koncepti projektovanja u cilju sigurnosti.

## UPRAVNI, ZAKONSKI I REGULATORNI OKVIR

**Zahtjev 1: Odgovornosti vlasti**

**Od vlasti se zahtijeva da uspostave i održavaju odgovarajući upravni, zakonski i regulatorni okvir za sigurnost unutar kojeg moraju biti jasno raspodijeljene odgovornosti za određivanje lokacije, projektovanje, izgradnju, operativno upravljanje i zatvaranje objekata za odlaganje radioaktivnog otpada. To mora uključivati: potvrdu sa državnog nivoa za objektima za odlaganje različitih vrsta; preciziranje koraka u razvoju i autorizovanju objekata različitih vrsta; i jasnu raspodjelu odgovornosti, obezbjeđenje finansijskih i drugih resursa, te predviđanje nezavisnih regulatornih funkcija u vezi sa planiranim objektom za odlaganje.**

3.6. Ovaj zahtjev proizlazi iz principa utvrđenog u „Temeljnim principima sigurnosti“ (referenca 1, Princip 2). On je takođe predviđen u odredbama Zajedničke konvencije (referenca 2). Zahtjevi za uspostavljanje državnog sistema za zbrinjavanje radioaktivnog otpada su utvrđeni u referenci 18. U okviru te infrastrukture se posebno mora razmotriti projekt odlaganja radioaktivnog otpada, posebno za razvoj objekta za odlaganje visoko aktivnog i dugoživećeg radioaktivnog otpada zbog relativno dugog perioda koji je neophodan za razvoj takvih objekata.

3.7. Pitanja koja se moraju razmotriti uključuju:

1. Definisanje državne politike za dugoročno zbrinjavanje radioaktivnog otpada raznih vrsta;
2. Utvrđivanje jasno definisanih zakonskih, tehničkih i finansijskih odgovornosti za organizacije koje će biti uključene u razvoj objekata za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, uključujući i objekte za odlaganje svih vrsta;
3. Osiguranje adekvatnosti i garancije finansijskih sredstava za svaki objekt za odlaganje;
4. Definisanje ukupnog procesa razvoja, rada i zatvaranja objekata za odlaganje, uključujući i zakonske i regulatorne zahtjeve (npr. uslove iz autorizacije) pri svakom koraku, te procese za donošenje odluka i uključenost zainteresovanih strana;
5. Brigu da neophodno naučno i tehničko stručno znanje ostane na raspolaganju i operatoru i kao podrška nezavisnim regulatornim uvidima i drugim funkcijama vršenja uvida od strane države;
6. Definisanje zakonskih, tehničkih i finansijskih odgovornosti i, po potrebi, pripremanje institucionalnih mehanizama koji su predviđeni nakon zatvaranja objekta, uključujući monitoring i osiguravanje nuklearne bezbjednosti raznih vrsta otpada koje su odložene.

**Zahtjev 2: Odgovornosti regulatornog tijela**

**Regulatorno tijelo je dužno da utvrdi regulatorne zahtjeve za razvoj raznih vrsta objekata za odlaganje radioaktivnog otpada i da navede procedure za ispunjavanje tih zahtjeva u raznim fazama procesa autorizovanja. Regulatorno tijelo je takođe dužno da postavi uslove za razvoj, rad i zatvaranje svakog pojedinačnog objekta za odlaganje i da izvršava aktivnosti koje su neophodne u cilju osiguranja da se zahtjevi ispunjavaju.**

3.8. Opšti standardi za zaštitu ljudi i okoliša su obično predviđeni u državnoj politici i zakonodavstvu. Regulatorno tijelo je dužno da kreira regulatorne zahtjeve koji su specifični za svaku vrstu objekta za odlaganje radioaktivnog otpada, uključujući svaku predviđenu vrstu, na osnovu državne politike i uz dužne obzire prema cilju i kriterijima sigurnosti iz tačke 2.15. Regulatorno tijelo je dužno da pruži smjernice za tumačenje zakonodavstva države i regulatornih zahtjeva, po potrebi, i smjernice o tome šta se očekuje od operatora u pogledu svakog individualnog objekta za odlaganje.

1. Regulatorno tijelo je dužno da se angažuje u dijalogu sa generatorima otpada, operatorima objekata za odlaganje i zainteresovanim stranama kako bi osiguralo da su regulatorni zahtjevi odgovarajući i izvodljivi. Ono takođe mora očuvati kompetentan kadar, sticati sposobnosti za nezavisnu procjenu i po potrebi ostvarivati međunarodnu saradnju da bi ispunilo svoje regulatorne funkcije.
2. Regulatorno tijelo je dužno da dokumentuje procedure koje koristi za evaluaciju sigurnosti svake vrste objekta za odlaganje, procedure za koje se od operatora očekuje da ih poštuju u kontekstu autorizovanja, važne odluke prije autorizovanja i zahtjeve za autorizaciju. Takođe je dužno da dokumentuje procedure koje ono samo poštuje pri razmatranju zahtjeva operatora da se procijeni poštovanje regulatornih zahtjeva.
3. Slično tome, u pogledu svakog pojedinačnog objekta za odlaganje, regulatorno tijelo je dužno da utvrdi procedure za koje se od operatora očekuje da ih poštuju pri dokazivanju pridržavanja uslova za razvoj i rad objekta. Regulatorno tijelo je takođe dužno da utvrdi procedure koje ono samo poštuje pri procjeni pridržavanja navedenih uslova tokom svih faza razvoja, rada i zatvaranja objekta.

**Zahtjev 3: Odgovornosti operatora**

**Operator objekta za odlaganje radioaktivnog otpada mora biti odgovoran za njegovu sigurnost. Operator je dužan da izvrši sigurnosnu procjenu i sačini i radi na dokazu sigurnosti, te da izvršava sve neophodne aktivnosti u cilju odabira i procjene lokacije, projektovanja, izgradnje, rada, zatvaranja i, po potrebi, nadzora nakon zatvaranja, u skladu sa državnom strategijom, uz poštovanje regulatornih zahtjeva i unutar zakonske i regulatorne infrastrukture.**

1. Operator mora biti odgovoran za razvoj objekta za odlaganje koji je izvodljiv i siguran, te za dokazivanje njegove sigurnosti u skladu sa zahtjevima regulatornog tijela. Ovaj zadatak se mora obaviti uzimajući u obzir: karakteristike i količine radioaktivnog otpada koji će se odlagati; jednu ili više raspoloživih lokacija; raspoložive tehnike rudarstva, iskopavanja, izgradnje i inženjeringa; zakonsku i regulatornu infrastrukturu i regulatorne zahtjeve. Operator takođe mora biti odgovoran za izradu dokaza sigurnosti na osnovu kojeg se moraju donijeti odluke o razvoju, radu i zatvaranju objekta za odlaganje (vidi Zahtjeve 17–19).
2. Operator je dužan da obavi ili ugovori neophodne poslove istraživanja i razvoja kako bi osigurao da se planirani tehnički poslovi mogu obavljati praktično i sigurno, te da to i dokaže. Takođe, operator je dužan da obavi ili ugovori poslove istraživanja koji su neophodni da se ispita, razumije i potkrijepi razumijevanje procesa od kojih zavisi sigurnost objekta za odlaganje. Operator je takođe dužan da obavi sva neophodna ispitivanja lokacija i materijala, te da procijeni njihovu pogodnost i pribavi sve neophodne podatke u svrhu sigurnosne procjene.
3. Operator je dužan da utvrdi tehničke specifikacije koje su opravdane sigurnosnom procjenom kako bi osigurao da se objekt za odlaganje razvija u skladu sa dokazom sigurnosti. To mora uključivati kriterije za prihvatljivost otpada (vidi Zahtjev 20) te druge kontrole i ograničenja koji će se primijeniti tokom izgradnje, rada i zatvaranja objekta.
4. Operator je dužan da čuva sve informacije koje su relevantne za dokaz sigurnosti i prateću sigurnosnu procjenu za objekt za odlaganje, te da čuva svu inspekcijsku dokumentaciju koja dokazuje poštovanje regulatornih zahtjeva i operatorovih vlastitih specifikacija. Takve informacije i evidencije se moraju čuvati najmanje dok se ne pokaže da one više nisu važeće ili dok se odgovornost za objekt za odlaganje ne prenese na drugo pravno lice. Naprimjer, to se dešava kod zatvaranja objekta, kada se sve relevantne informacije i evidencije moraju predati pravnom licu koje preuzima odgovornost za objekt i njegovu sigurnost.
5. Operator je dužan da sarađuje sa regulatornim tijelom i da dostavi sve informacije koje regulatorno tijelo može zatražiti. Potreba za čuvanjem evidencija duži period se mora uzeti u obzir pri odabiru formata i medija za evidencije.

## PRISTUP SIGURNOSTI

**Zahtjev 4: Važnost sigurnosti u procesu razvoja i rada aktivnosti objekta za odlaganje**

**Tokom cijelog procesa razvoja i rada aktivnosti objekta za odlaganje radioaktivnog otpada, operator je dužan da razvija razumijevanje relevantnosti i sigurnosnih implikacija raspoloživih opcija za** **dati objekt. Ovo se radi u svrhu omogućavanja optimiziranog nivoa sigurnosti u operativnoj fazi i nakon zatvaranja.**

1. Objekti za odlaganje radioaktivnog otpada se mogu razvijati i raditi tokom perioda od nekoliko godina ili nekoliko decenija. Očekuje se da ključne odluke, kao što su one o odabiru i procjeni lokacije, te o projektu, izgradnji, radu i zatvaranju objekta, budu donošene onako kako se projekt razvija. U tom procesu se odluke donose na osnovu informacija koje su raspoložive u to vrijeme, a koje mogu biti kvantitativne ili kvalitativne, i na osnovu povjerenja u te informacije.
2. Odluke o razvoju, radu i zatvaranju objekta su ograničene vanjskim faktorima, koji uključuju: državnu politiku i preference, kapacitete i mogućnosti postojećih objekata za skladištenje i odlaganje da prime otpad, te raspoloživost odgovarajućih lokacija i geoloških formacija da budu mjesto planiranih novih objekata za odlaganje. Prije nego što se donesu odluke, mora se steći adekvatan nivo povjerenja u sigurnost svakog objekta za odlaganje.
3. Kod svake krupne odluke se moraju razmotriti i u obzir uzeti sigurnosne implikacije raspoloživih opcija projektovanja i operativnih opcija objekta za odlaganje. Garantovanje sigurnosti i u operativnoj fazi i nakon zatvaranja je prevladavajuće pitanje kod svakog donošenja odluka. Ako više opcija može dati traženi nivo sigurnosti, onda treba takođe razmotriti i druge faktore. Ti faktori mogu uključivati prihvatljivost od strane javnosti, troškove, vlasništvo lokacije, postojeću infrastrukturu i puteve transporta.
4. Treba razmotriti smještanje objekta dalje od značajnih poznatih mineralnih ruda, geotermalnih voda i drugih vrijednih podzemnih resursa. Razlog je smanjivanje rizika od ljudskog uplitanja u lokaciju i smanjenje potencijala da upotreba okolne zone bude u konfliktu sa objektom. Sigurnost objekta se mora razmotriti kod svakog koraka u procesu donošenja odluka kako bi se garantovalo da je sigurnost optimizirana u smislu obrađenom u Dodatku ovog dokumenta.

**Zahtjev 5: Pasivna sredstva u cilju sigurnosti objekta za odlaganje**

**Operator je dužan da procijeni lokaciju i da projektuje, izgradi, operativno upravlja i zatvori objekt za odlaganje tako da sigurnost bude garantovana pasivnim sredstvima do najvećeg mogućeg stepena i da se na najmanju mjeru svede potreba za mjerama koje treba poduzeti nakon zatvaranja objekta.**

1. U operativnoj fazi objekta za odlaganje radioaktivnog otpada se moraju primijeniti određene mjere aktivne kontrole. Međutim, tamo gdje pasivna sredstva kao što su strukturalna zaštita i fizičko ograničavanje koje omogućava ambalaža mogu omogućiti sigurnost, onda se sigurnost mora garantovati takvim pasivnim sredstvima.
2. Do određenog stepena, sigurnost objekta za odlaganje može zavisiti od nekih budućih postupaka kao što su poslovi na održavanju ili nadzor. Međutim, ta zavisnost mora biti smanjena do najmanjeg mogućeg stepena. Ovo je neophodno zbog mogućnosti da sigurnosne mjere koje zavise od budućih postupaka, kao što su poslovi na održavanju i nadzor, ne budu poduzete ili ne budu nastavljene. Kumulativna vjerovatnoća propusta poduzimanja takvih sigurnosnih mjera će se postepeno povećavati. Dalje, i u skladu sa „Temeljnim principima sigurnosti“ (referenca 1), namjena odlaganja radioaktivnog otpada je da okonča odgovornost generatora otpada i operatora za sigurnost tog otpada do najvećeg mogućeg stepena, time smanjujući odgovornosti koje su zadržane ili prenesene na pravne nasljednike.
3. Kod objekata za geološko odlaganje je moguće predvidjeti sigurnost nakon zatvaranja objekta pomoću pasivnih sredstava. Zbog geologije okruženja, isto to je moguće za sigurnost objekta za odlaganje na bušotini nakon zatvaranja. Kod objekta za površinsko odlaganje, radnje poput održavanja, monitoringa ili nadzora mogu biti neophodne određeni period nakon zatvaranja u cilju garantovanja sigurnosti.
4. Predviđanje sigurnosti objekta za odlaganje nakon zatvaranja pomoću pasivnih sredstava će povući za sobom propisno zatvaranje objekta i okončavanje potrebe za njegovim aktivnim upravljanjem. Prestanak upravljanja znači da objekt za odlaganje, zajedno sa svojom pratećom radiološkom opasnošću, više nije pod aktivnom kontrolom. Ono što omogućava sigurnost nakon zatvaranja je funkcionisanje prirodnih i inženjerskih barijera, a kod objekta za površinsko odlaganje zajedno sa institucionalnim kontrolama.
5. U praksi, čak i u onim slučajevima u kojima su pasivne barijere primarno sredstvo za davanje razumne garancije sigurnosti, u periodu nakon zatvaranja mogu biti potrebne institucionalne kontrole, uključujući i ograničenja o upotrebi zemljišta, i program monitoringa. Institucionalne kontrole i monitoring su predmet Zahtjeva 21 i 22.

**Zahtjev 6: Razumijevanje objekta za odlaganje i povjerenje u sigurnost**

**Operator objekta za odlaganje je dužan da razvija adekvatno razumijevanje karakteristika objekta i njegovog okruženja, te faktora koji utiču na njegovu** **sigurnost nakon zatvaranja tokom odgovarajuće dugih perioda, tako da se može ostvariti dovoljan nivo povjerenja u sigurnost.**

1. Rezultatima sigurnosne procjene za objekt za odlaganje se mora garantovati povjerenje u sigurnost. Pored faktora koji bi mogli biti štetni, moraju se utvrditi karakteristike objekta i njegovog okruženja koje omogućavaju sigurnost. Mora se dokazati da su ti faktori i karakteristike dovoljno dobro okarakterisani i shvaćeni. U procjeni sigurnosti se sve eventualne nesigurnosti moraju uzeti u obzir.
2. Svrha navedenog dokazivanja je da se sa visokim nivoom pouzdanosti utvrdi da se može osloniti na to da će objekt za odlaganje i njegovo okruženje omogućiti neophodno fizičko ograničavanje i izolaciju tokom predviđenog vremenskog perioda. Određene karakteristike objekta za odlaganje i njegovog okruženja mogu doprinijeti sigurnosti, ali se možda mogu manje kvantifikovati, kao što je udaljenost lokacije. Argumentacija u pogledu takvih faktora mora biti zasnovana na više kvalitativnim argumentima, a ti faktori daju marginu sigurnosti.
3. Razumijevanje karakteristika objekta za odlaganje i kako će on funkcionisati tokom vremena je neophodno da se može demonstrirati zavisnost od određenih karakteristika projekta. Tome će pomoći ako su takve karakteristike projekta robusne (odnosno, njihovo funkcionisanje je malo osjetljivo na moguće događaje i procese koji proizvode poremećaje). Treba pribaviti dovoljno dokaza o njihovoj izvodljivosti i efektivnosti prije nego što započnu aktivnosti na izgradnji.
4. U tom pogledu, niz mogućih događaja i procesa koji prouzrokuju poremećaje i koje je razumno uključiti u takva razmatranja mora podlijegati saglasnosti regulatornog tijela i naknadnom odobrenju putem uključivanja u dokaz sigurnosti. Ta razmatranja dozvoljavaju razvijanje razumijevanja o tome da li spomenuti događaji i procesi uzrokuju poremećaje koji bi mogli dovesti do rasprostranjenog gubitka sigurnosnih funkcija.
5. Razumijevanje funkcionisanja sistema za odlaganje i njegovih sigurnosnih karakteristika i procesa se razvija onako kako raste broj podataka i kako se razvija naučno znanje. Rano u fazi razvoja koncepta, pribavljeni podaci i stečeni nivo razumijevanja moraju osigurati dovoljno pouzdanosti da se mogu odvojiti resursi za dalja ispitivanja. Prije početka izgradnje, tokom smještanja otpada i pri zatvaranju objekta, nivo razumijevanja mora biti dovoljan da se potkrijepi dokaz sigurnosti radi ispunjavanja regulatornih zahtjeva relevantnih za konkretnu fazu projekta.

3.31. Pri utvrđivanju tih regulatornih zahtjeva, mora se shvatiti da postoje razne vrste i komponente nesigurnosti koje su sastavni dio modeliranja kompleksnih sistema zaštite okoliša. Takođe se mora priznati da neizbježno postoje znatne nesigurnosti u predviđanju funkcionisanja sistema odlaganja tokom vremena.

## KONCEPTI PROJEKTOVANJA U CILJU SIGURNOSTI

1. Objekt za odlaganje se projektuje tako da spriječi širenje radionuklida koji su povezani sa radioaktivnim otpadom i da ih izoluje od dostupne biosfere. Objekt za odlaganje se takođe projektuje tako da uspori disperziju radionuklida u geosferu i biosferu i da omogući izolaciju otpada od agresivnih pojava koje mogu narušiti integritet objekta. Razni elementi sistema za odlaganje, uključujući fizičke komponente i procedure kontrole, doprinose vršenju sigurnosnih funkcija na razne načne tokom raznih vremenskih perioda.
2. U ovom dijelu su utvrđeni zahtjevi u cilju osiguranja da postoji adekvatna odbrana po dubini, tako da sigurnost ne zavisi pretjerano od samo jednog elementa objekta za odlaganje kao što je paket otpada; ili od samo jedne mjere kontrole kao što je verifikacija inventurnog spiska paketa otpada; ili od ispunjavanja samo jedne sigurnosne funkcije kao što je sprečavanje širenja radionuklida ili usporavanje njihovog kretanja; ili od samo jedne administrativne procedure kao što je procedura za kontrolu pristupa lokaciji ili za održavanje objekta.
3. Adekvatna odbrana po dubini mora biti osigurana demonstriranjem da postoje višestruke sigurnosne funkcije, da je vršenje pojedinačnih sigurnosnih funkcija stabilno i da se može osloniti na funkcionisanje raznovrsnih fizičkih komponenti sistema odlaganja i sigurnosnih funkcija koje one ispunjavaju, kao što je i pretpostavljeno u dokazu sigurnosti i pratećoj sigurnosnoj procjeni. Odgovornost je operatora da demonstrira ispunjavanje sljedećih projektnih zahtjeva da bi uvjerio regulatorno tijelo u to.

**Zahtjev 7: Višestruke sigurnosne funkcije**

**Okruženje objekta mora biti odabrano, inženjerske barijere objekta za odlaganje moraju biti projektovane, a objektom se mora upravljati tako da se garantuje omogućavanje** **sigurnosti višestrukim sigurnosnim funkcijama. Fizičko ograničavanje i izolacija otpada se moraju omogućiti brojnim fizičkim barijerama sistema odlaganja. Funkcionisanje tih fizičkih barijera se mora ostvariti pomoću raznovrsnih fizičkih i hemijskih procesa zajedno sa raznovrsnim operativnim kontrolama. Mora biti dokazana sposobnost individualnih barijera i kontrola zajedno sa onim iz ukupnog sistema odlaganja da funkcionišu onako kako se i pretpostavlja u dokazu sigurnosti. Ukupno funkcionisanje sistema odlaganja ne smije pretjerano zavisiti od samo jedne sigurnosne funkcije.**

1. Inženjerske i fizičke barijere koje čine sistem odlaganja su fizički subjekti, kao što su forma otpada, ambalaža, materijal za ispunu iskopanih zona (*backfill*), okruženje objekta i geološka formacija. Jedna sigurnosna funkcija se može omogućiti nekim fizičkim ili hemijskim svojstvom ili procesom koji doprinosi fizičkom ograničavanju i izolaciji otpada, kao što je vodonepropusnost; ograničena korozija; razblaživanje; stopa rastvaranja ili erozije materijala (prema brzini oslobađanja radionuklida; *leach rate*) i rastvorljivost; zadržavanje radionuklida i usporavanje kretanja radionuklida.
2. Aktivne kontrole takođe mogu vršiti sigurnosne funkcije ili doprinositi povjerenju u prirodne i inženjerske barijere i sigurnosne funkcije. Prisustvo brojnih fizičkih i drugih elemenata koji vrše sigurnosne funkcije daje garanciju da čak i ako neki od njih ne funkcioniše potpuno onako kako se očekuje (npr. zbog nekog neočekivanog procesa ili malo vjerovatnog događaja), ostaće dovoljna margina sigurnosti.
3. Fizički elementi i njihove sigurnosne funkcije se mogu dopunjavati i raditi u kombinaciji. Funkcionisanje sistema odlaganja odatle zavisi od raznih fizičkih elemenata i od drugih elemenata koji vrše sigurnosne funkcije i koji djeluju tokom različitih vremenskih perioda. Naprimjer, uloge paketa otpada i geološke formacije okruženja objekta za geološko odlaganje mogu varirati tokom raznih vremenskih perioda.
4. Dokazom sigurnosti se moraju objasniti i opravdati funkcije koje vrši svaki fizički element i druge karakteristike. Njime se takođe moraju utvrditi periodi u kojima se očekuje da fizičke komponente i druge karakteristike vrše svoje raznovrsne sigurnosne funkcije, a takođe i alternativne ili dodatne sigurnosne funkcije koje su na raspolaganju ako neki fizički element ne funkcioniše u potpunosti ili neka druga sigurnosna funkcija nije ostvarena.

**Zahtjev 8: Fizičko ograničavanje radioaktivnog otpada**

**Inženjerske barijere, uključujući i formu i ambalažu otpada, moraju biti projektovane, a okruženje objekta odabrano tako da se omogući fizičko ograničavanje radionuklida povezanih sa otpadom. Fizičko ograničavanje se mora omogućiti sve dok se radioaktivnim raspadom znatno ne smanji opasnost koju predstavlja otpad. Pored toga, u slučaju otpada koji generiše toplotu, fizičko ograničavanje se mora omogućiti dok otpad još proizvodi toplotnu energiju u količinama koje mogu negativno uticati na funkcionisanje sistema odlaganja.**

1. Fizičko ograničavanje radioaktivnog otpada implicira projektovanje objekta za odlaganje tako da se izbjegne ili na minimum smanji oslobađanje radionuklida. Oslobađanje malih količina gasovitih radionuklida i malih dijelova drugih veoma pokretljivih vrsta iz nekih vrsta radioaktivnog otpada može biti neizbježno. Ipak, takva oslobađanja moraju biti dokazano prihvatljiva u sigurnosnoj procjeni. Fizičko ograničavanje se može omogućiti karakteristikama i ambalažom otpada i karakteristikama drugih inženjerskih komponenti sistema odlaganja, okruženja objekta i geološke formacije.
2. Fizičkim ograničavanjem radionuklida u formi otpada i ambalaži tokom određenog definisanog perioda mora se osigurati da se većina kraće živećih radionuklida raspadne na licu mjesta. Za nisko radioaktivni otpad, takvi periodi bi bili reda od nekoliko stotina godina; za visoko radioaktivni otpad bi to iznosilo nekoliko hiljada godina. Za visoko radioaktivni otpad se takođe mora osigurati da se svako kretanje radionuklida van sistema za odlaganje desi tek nakon što se toplota proizvedena radioaktivnim raspadom znatno smanjila.
3. Radioaktivni otpad iz rudarstva i prerade mineralnih ruda može uključivati radionuklide sa veoma dugim vremenom poluraspada. Omogućavanje garancija integriteta karakteristika fizičkog ograničavanja u objektu kod takvog otpada tokom odgovarajućih vremenskih perioda zahtijeva posebno razmatranje. Ako otpad ima nivoe aktivnosti kod kojih se možda mogu prekoračiti kriteriji doze i/ili rizika od ljudskog uplitanja (vidi tačku 2.15), moraće se razmotriti alternativne opcije odlaganja. Naprimjer, te moguće alternativne opcije uključuju odlaganje otpada ispod površine tla ili izdvajanje sadržaja radionuklida koji dovode do veće doze, što se utvrđuje u dokazu sigurnosti za objekt za odlaganje.

3.42. Fizičko ograničavanje je važnije za više visoko koncentrisani radioaktivni otpad, kao što je srednje radioaktivni otpad i vitrifikovani otpad iz prerade goriva ili za istrošeno nuklearno gorivo. Pažnja se takođe mora posvetiti trajnosti forme otpada. Najviše visoko koncentrisani otpad mora biti smješten u takvoj konfiguraciji fizičkog ograničenja koja je projektovana da zadrži svoj integritet u periodu dovoljno dugom da omogući raspad većine kratkoživećih radionuklida i znatno smanjenje prateće generisane toplote. Takvo fizičko ograničavanje možda neće biti izvodljivo ili potrebno za nisko radioaktivni otpad. Sposobnost fizičkog ograničavanja koju ima paket otpada mora biti dokazana u sigurnosnoj procjeni kao odgovarajuća za datu vrstu otpada i ukupan sistem odlaganja.

**Zahtjev 9: Izolacija radioaktivnog otpada**

**Objekt za odlaganje mora biti smješten, projektovan i njime se mora operativno upravljati tako da se omoguće karakteristike čija je namjena izolacija radioaktivnog otpada od ljudi i dostupne biosfere. Te karakteristike moraju imati za cilj da obezbijede izolaciju nekoliko stotina godina za nisko radioaktivni otpad i najmanje nekoliko hiljada godina za srednje i visoko radioaktivni otpad. Pritom, moraju se razmotriti i prirodan razvoj sistema za odlaganje i događaji koji prouzrokuju poremećaj objekta.**

1. Kod objekata za površinsko odlaganje, izolacija se mora omogućiti lokacijom i projektom objekta, te operativnim i institucionalnim kontrolama. Kod geološkog odlaganja radioaktivnog otpada se izolacija prvenstveno omogućava geološkom formacijom okruženja zbog dubine odlaganja.
2. Izolacija znači projektovanje zadržavanja otpada i njegove prateće opasnosti dalje od dostupne biosfere. Ona takođe znači projekt kojim se na minimum smanjuje uticaj faktora koji mogu smanjiti integritet objekta za odlaganje. Moraju se izbjegavati uže i šire lokacije koje imaju veću hidrološku provodljivost. Sticanje pristupa otpadu mora biti otežano, a da se, naprimjer, ne zaobiđu institucionalne kontrole kod površinskog odlaganja. Izolacija takođe znači omogućavanje veoma spore pokretljivosti radionuklida da bi se usporilo njihovo kretanje iz objekata za odlaganje.
3. Lokacija objekta za odlaganje na stabilnoj geološkoj formaciji omogućava zaštitu objekta od efekata geomorfoloških procesa kao što su erozija i glacijacija. Objekt za odlaganje mora biti smješten dalje od poznatih oblasti sa znatnim podzemnim resursima mineralnih ruda ili drugim vrijednim resursima. Time će se smanjiti vjerovatnoća nenamjernog poremećaja objekta i izbjeći da spomenuti resursi ne budu dostupni za eksploataciju.
4. U nekim slučajevima neće biti moguće dati dovoljnu garanciju za razdvajanje od dostupne biosfere zbog pojava kao što su izdizanje tla, erozija ili glacijacija. U takvim slučajevima, i ako je preostala aktivnost otpada i dalje znatna kad se desi neka od spomenutih pojava, pri utvrđivanju stepena omogućene izolacije se mora procijeniti mogućnost ljudskog uplitanja.
5. Tokom vremenskih perioda od nekoliko hiljada godina i više, može biti neizbježno kretanje dijela duže živećih i pokretljivijih radionuklida iz otpada u objektu za geološko odlaganje (ili u drugim objektima u kojima mogu biti duže živeće radionuklidi, kao što su objekti na bušotinama). Kriteriji sigurnosti koje treba primijeniti na procjenu takvih mogućih oslobađanja radionuklida su dati u tački 2.15. Treba pokazati oprez u primjeni kriterija na periode koji se protežu daleko u budućnost. Poslije takvih perioda, nesigurnosti povezane sa procjenama doze postaju tako velike da kriteriji možda više neće moći poslužiti kao razumna osnova za donošenje odluka. Za tako duge periode nakon zatvaranja objekta mogu odgovarati drugi indikatori sigurnosti osim procjena doze ili individualnog rizika, pa se mora razmotriti njihova upotreba.

**Zahtjev 10: Nadzor i kontrola pasivnih karakteristika sigurnosti**

**Mora se primijeniti odgovarajući nivo nadzora i kontrole da se pasivne karakteristike sigurnosti zaštite i očuvaju do potrebnog stepena, tako da mogu vršiti svoje funkcije koje su im i dodijeljene u dokazu sigurnosti u cilju sigurnosti nakon zatvaranja objekta.**

3.48. Kod geološkog odlaganja i odlaganja srednje radioaktivnog otpada, pasivne karakteristike sigurnosti (barijere) moraju biti dovoljno robusne da ne zahtijevaju popravku ili poboljšavanje. Zahtjev je da dugoročna sigurnost objekta za odlaganje radioaktivnog otpada ne zavisi od aktivnih institucionalnih kontrola (vidi Zahtjev 22). Kod objekata za površinsko odlaganje, uključujući i one za radioaktivni otpad iz rudarstva i prerade mineralnih ruda, možda se mogu uvesti mjere nadzora i kontrole objekta za odlaganje. Te mjere možda mogu uključivati ograničenje pristupa ljudi i životinja, inspekciju fizičkih uslova, očuvanje odgovarajućih mogućnosti održavanja, te nadzor i monitoring kao metode provjere da li objekt funkcioniše kako je precizirano (odnosno, provjera propadanja). Namjera nadzora i monitoringa nije da mjeri radiološke parametre, nego da osigura kontinuirano vršenje sigurnosnih funkcija.

# ZAHTJEVI ZA RAZVOJ, RAD I ZATVARANJE OBJEKTA ZA ODLAGANJE

4.1. Poglavlje 4 utvrđuje sigurnosne zahtjeve koji se odnose na primjenu korak po korak ranije spomenutih mjera planiranja koje su neophodne za sigurnost i radi pomoći u razvijanju povjerenja u sigurnost objekata za odlaganje. Ti zahtjevi su navedeni u tri naslova:

(i) Okvir za odlaganje radioaktivnog otpada; (ii) Dokaz sigurnosti i sigurnosna procjena; i (iii) Koraci u razvoju, radu i zatvaranju objekata za odlaganje.

## OKVIR ZA ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

**Zahtjev 11: Razvoj i procjena objekata za odlaganje korak po korak**

**Objekti za odlaganje radioaktivnog otpada moraju biti razvijani, operativno upravljani i zatvoreni u nizu koraka. Po potrebi, svaki od tih koraka mora biti potkrijepljen iterativnim procjenama lokacije i opcija za projektovanje, izgradnju, rad i upravljanje te procjenama funkcionisanja i sigurnosti sistema odlaganja.**

1. Pristup razvoju objekta za odlaganje radioaktivnog otpada korak po korak se odnosi na korake koje odrede regulatorno tijelo i političko donošenje odluka (vidi tačku 1.18). Taj pristup se poduzima da se omogući prilika za osiguranje kvaliteta tehničkog programa i pratećeg donošenja odluka. Za operatora, ovaj pristup daje okvir u kojem se može graditi dovoljno povjerenja u tehničku izvodljivost i sigurnost objekta za odlaganje pri svakom koraku u razvoju objekta.
2. Povjerenje se mora razvijati i razrađivati pomoću iterativnih studija projektovanja i sigurnosti onako kako projekt napreduje (referenca 19). Ovim procesom se moraju predvidjeti: prikupljanje, analiza i tumačenje relevantnih naučnih i tehničkih podataka; izrada projekata i operativnih planova; i izrada dokaza sigurnosti u cilju sigurnosti u operativnoj fazi i nakon zatvaranja objekta. Proces korak po korak omogućava da sve zainteresovane strane saznaju osnovu za sigurnost objekta za odlaganje. Time se olakšavaju relevantni procesi donošenja odluka koji omogućavaju operatoru da pređe na sljedeći važan korak u razvoju objekta, na njegov rad i, konačno, na njegovo zatvaranje.
3. Pristup razvoju objekta za odlaganje radioaktivnog otpada korak po korak takođe omogućava prilike za nezavisna tehnička razmatranja, regulatorne uvide, političku uključenost i uključenost javnosti u ovaj proces. Priroda tih razmatranja i stepen uključenosti će zavisiti od praksi u državi i objekta o kojem je riječ. Tehnička razmatranja koja obave ili ugovore operator ili regulatorno tijelo mogu se fokusirati na odabir i procjenu lokacije i opcija projektovanja, adekvatnost naučne osnove i analiza, te na to da li su ispunjeni sigurnosni standardi i zahtjevi.
4. Naprimjer, dalekosežnija razmatranja mogu obuhvatiti alternativne opcije zbrinjavanja otpada, proces odabira i procjene lokacije i aspekte prihvatljivosti od strane javnosti. Tehnička razmatranja se moraju poduzeti prije odabira opcije odlaganja, prije odabira lokacije, prije izgradnje i prije rada objekta. Periodična razmatranja se takođe moraju poduzeti tokom rada objekta i nakon zatvaranja, sve do prestanka autorizacije za objekt.

## DOKAZ SIGURNOSTI I SIGURNOSNA PROCJENA

1. Izrada dokaza sigurnosti i prateće sigurnosne procjene radi razmatranja od strane regulatornog tijela i zainteresovanih strana je ključna za razvoj, rad i zatvaranje objekta za odlaganje radioaktivnog otpada. Dokazom sigurnosti se potkrepljuje sigurnost objekta za odlaganje i doprinosi povjerenju u njegovu sigurnost. Dokaz sigurnosti je suštinska ulazna informacija za sve važne odluke koje se odnose na objekt za odlaganje. Njime se mora dati osnova za razumijevanje sistema odlaganja i kako će se taj sistem ponašati tokom vremena. Dokaz sigurnosti mora obuhvatiti aspekte lokacije i aspekte inženjeringa dajući logiku i opravdanje za projekt, te mora biti potkrijepljen sigurnosnom procjenom. Dokazom se takođe mora obuhvatiti uspostavljeni sistem upravljanja u cilju osiguranja kvaliteta za sve aspekte važne za sigurnost.
2. Pri svakom koraku u razvoju objekta za odlaganje, u dokazu sigurnosti se takođe mora utvrditi i priznati postojanje neriješenih nesigurnosti u datoj fazi i njihov značaj za sigurnost, te dati pristupi za rješavanje tih nesigurnosti.
3. Dokaz sigurnosti mora uključiti rezultate sigurnosne procjene (vidi tačke 4.9–4.11), zajedno sa svim dodatnim informacijama, uključujući prateće dokaze i argumentaciju za robusnost i pouzdanost objekta, njegovog projekta, logike projekta, kvaliteta sigurnosne procjene i pretpostavki u podlozi.
4. Dokaz sigurnosti takođe može uključivati više opšte argumente koji se odnose na odlaganje radioaktivnog otpada i informacije koje će staviti rezultate sigurnosne procjene u perspektivu. U dokazu sigurnosti se mora utvrditi svako neriješeno pitanje u razvoju, radu ili zatvaranju objekta, a moraju se dati i smjernice za rad na rješavanju tih pitanja.
5. Sigurnosna procjena je proces sistematskog analiziranja opasnosti koje su povezane sa objektom za odlaganje i procjenjivanja mogućnosti lokacije i projekta objekta da omoguće ispunjavanje sigurnosnih funkcija i tehničkih zahtjeva. Sigurnosna procjena mora uključiti kvantifikaciju ukupnog nivoa funkcionisanja, analizu pratećih nesigurnosti i poređenje sa relevantnim projektnim zahtjevima i sigurnosnim standardima. Procjene moraju biti specifične za datu lokaciju pošto se okruženje sistema odlaganja ne može standardizovati, za razliku od inženjerski projektovanih sistema.
6. Onako kako napreduju ispitivanja lokacije i projektne studije, sigurnosna procjena će postajati sve više prečišćena i specifična za datu lokaciju. Na kraju ispitivanja lokacije mora biti dovoljno podataka za kompletnu procjenu. U sigurnosnoj procjeni takođe moraju biti utvrđeni svi znatni nedostaci u naučnom razumijevanju, podacima ili analizama koji bi mogli uticati na prezentirane rezultate. Zavisno od faze razvoja objekta, sigurnosna procjena se može koristiti za fokusiranje istraživanja čiji rezultati se mogu iskoristiti da se procijeni poštovanje cilja i kriterija sigurnosti.

**Zahtjev 12: Priprema, odobravanje i upotreba dokaza sigurnosti i sigurnosne procjene za objekt za odlaganje**

**Operator je dužan da pripremi i, po potrebi, ažurira dokaz sigurnosti i prateću sigurnosnu procjenu pri svakom koraku razvoja objekta za odlaganje, u njegovom radu i nakon zatvaranja. Dokaz sigurnosti i prateća sigurnosna procjena moraju biti podneseni regulatornom tijelu na odobrenje. Dokaz sigurnosti i prateća sigurnosna procjena moraju imati dovoljno detalja i biti sveobuhvatni da daju potrebne tehničke informacije radi obavještavanja regulatornog tijela i radi davanja ulaznih informacija za odluke koje su potrebne pri svakom koraku.**

4.12. Dokaz sigurnosti specifičan za dati objekt mora biti pripremljen rano u fazi razvoja objekta za odlaganje da bi se dala osnova za odluke o autorizovanju i usmjeravale aktivnosti istraživanja i razvoja, odabira i procjene lokacije i projektovanja. Dokaz sigurnosti mora biti kreiran postepeno i razrađivan onako kako projekt napreduje. On mora biti podnesen regulatornom tijelu pri svakom koraku razvoja objekta za odlaganje. Regulatorno tijelo možda može zahtijevati ažuriranje ili reviziju dokaza sigurnosti prije nego što se određeni koraci mogu poduzeti, ili će ažuiriranje ili revidiranje možda biti potrebno da se dobije politička ili javna podrška za poduzimanje sljedećeg koraka u razvoju objekta za odlaganje, za njegov rad ili zatvaranje. Formalnost i nivo tehničkih detalja dokaza sigurnosti će zavisiti od faze razvoja projekta, odluka koje treba donijeti, publike kojoj je dokaz sigurnosti upućen i specifičnih državnih zahtjeva.

1. Kao podrška dokazu sigurnosti, sigurnosna procjena mora biti obavljana i ažurirana tokom cijelog razvoja i rada objekta za odlaganje i više razrađena onako kako podaci o lokaciji postaju raspoloživi. Sigurnosna procjena mora dati ulazne informacije za operatorovo tekuće donošenje odluka. Takvo donošenje odluka se može odnositi na istraživanje, razvoj sposobnosti vršenja procjene, raspodjelu resursa i izradu kriterija prihvatljivosti otpada.
2. Sigurnosna procjena takođe mora utvrditi ključne procese koji su relevantni za sigurnost i doprinijeti razvijanju razumijevanja funkcionisanja objekta za odlaganje. Ona mora potkrijepiti prosuđivanja o alternativnim opcijama upravljanja kao element za optimizaciju zaštite i sigurnosti. Takvo razumijevanje mora dati osnovu za argumente sigurnosti prezentirane u dokazu sigurnosti. U konsultacijama sa regulatornim tijelom i uz odobrenje regulatornog tijela, operator je dužan da odluči o izboru vremena za sigurnosnu procjenu i njenom nivou detalja.

**Zahtjev 13: Djelokrug dokaza sigurnosti i sigurnosne procjene**

**U dokazu sigurnosti za objekt za odlaganje se moraju opisati svi relevantni sigurnosni aspekti lokacije, projekta objekta, rukovodnih mjera kontrole i regulatornih kontrola. U dokazu sigurnosti i pratećoj sigurnosnoj procjeni se mora demonstrirati omogućeni nivo zaštite ljudi i okoliša i garantovati regulatornom tijelu i drugim zainteresovanim stranama da će sigurnosni zahtjevi biti ispunjeni.**

4.15. Dokaz sigurnosti za objekt za odlaganje mora obuhvatiti sigurnost i u radu i nakon zatvaranja. U dokazu se takođe može obuhvatiti sigurnost u transportu, za što su zahtjevi utvrđeni u referenci 17. Razmatraju se svi aspekti poslova koji su relevantni za sigurnost, uključujući površinska i podzemna iskopavanja, građevinske i rudarske poslove, smještanje otpada, ispuna iskopanih rupa, zaptivanje i zatvaranje. U obzir se moraju uzeti i profesionalna ekspozicija i ekspozicija stanovništva koje rezultiraju iz uslova normalnog rada i predviđenih pojava u radu tokom operativnog vijeka trajanja objekta za odlaganje.

1. Akcidenti koji su manje učestali ali imaju znatne radiološke posljedice (odnosno, mogući akcidenti koji mogu za kraće vrijeme dovesti do doza zračenja iznad godišnjih granica doza; vidi Poglavlje 2) moraju se uzeti u obzir u pogledu i njihove vjerovatnoće i veličine mogućih doza. Takođe se moraju procijeniti adekvatnost projekta objekta i operativnih karakteristika.
2. U pogledu sigurnosti nakon zatvaranja, očekivani raspon mogućih dešavanja koja utiču na sistem odlaganja i drugi događaji koji mogu uticati na funkcionisanje tog sistema, uključujući i one malo vjerovatne, moraju se razmotriti u dokazu sigurnosti i pratećoj procjeni na sljedeće načine:
3. Prezentiranjem dokaza da se sistem odlaganja, mogući prirodni razvoj i događaji koji mogu uticati na razvoj dovoljno razumiju;
4. Demonstriranjem izvodljivosti implementacije projekta;
5. Davanjem ubjedljivih procjena funkcionisanja sistema odlaganja i razumnog nivoa garancije da će svi relevantni sigurnosni zahtjevi biti poštovani i da je zaštita od zračenja optimizirana;
6. Utvrđivanjem i prezentiranjem analize pratećih nesigurnosti.
7. Dokaz sigurnosti može uključivati prezentaciju više pravaca argumentacije koja je zasnovana na, naprimjer, studijama prirodnih sistema koji po analogiji imaju slične karakteristike kao i lokacija objekta (*natural analogues*)i paleohidrogeoloških studija, odgovarajućih karakteristika lokacije, svojstava geološke formacije okruženja, obzira inženjeringa, operativnih procedura i institucionalnih garancija.
8. U sigurnosnoj procjeni se mora analizirati funkcionisanje sistema odlaganja u očekivanim i manje očekivanim dešavanjima u prirodnom razvoju i drugim događajima koji mogu biti van projektovanog obima funkcionisanja objekta za odlaganje. Regulatorno tijelo i operator moraju razgovarati o procjeni toga šta se smatra očekivanim i manje očekivanim dešavanjima u razvoju. Po potrebi, mogu se obaviti analize osjetljivosti i nesigurnosti da se stekne razumijevanje funkcionisanja sistema odlaganja i njegovih komponenti u uslovima niza očekivanih i manje očekivanih događaja u razvoju.
9. Posljedice neočekivanih događaja i procesa mogu biti ispitane da se testira robusnost sistema odlaganja. Konkretno, mora se procijeniti otpornost sistema odlaganja. Moraju se obaviti kvantitativne analize, najmanje tokom perioda u kojem važe regulatorni zahtjevi. Međutim, rezultati detaljnijih modela u svrhu sigurnosne procjene će vjerovatno biti više nesigurni za periode koji se protežu u daleku budućnost.
10. Za periode koji se protežu u daleku budućnost će možda trebati argumenti da se sigurnost ilustruje na osnovu, naprimjer, dodatnih indikatora sigurnosti, kao što su koncentracije i fluksevi radionuklida prirodnog porijekla u geosferi i biosferi i analize ekspozicija, doza ili rizika koji su veći od sadašnjih najvećih ekspozicija, doza ili rizika (*bounding analyses*). Iako takve procjene ne mogu date precizne nivoe mogućih doza ili rizika, njihovi rezultati mogu dati sredstvo za davanje indikacije nivoa sigurnosti i verifikovanja da nijedan alternativni projekt ne bi imao očite prednosti.
11. U dokazu sigurnosti mora biti obuhvaćen sistem upravljanja koji je uspostavljen da pruži garanciju kvaliteta navedenih projektnih karakteristika i operativnih karakteristika.

**Zahtjev 14: Dokumentacija dokaza sigurnosti i sigurnosne procjene**

**Dokaz sigurnosti i prateća sigurnosna procjena za objekt za odlaganje moraju biti dokumentovani do nivoa detalja i kvaliteta koji je dovoljan da se daju ulazne informacije i potkrijepe odluke koje će se donositi pri svakom koraku i da se omoguće nezavisno razmatranje dokaza sigurnosti i prateće** **sigurnosne procjene.**

1. Potreban obim i struktura dokumentacije kojom se prezentiraju dokaz sigurnosti i prateća sigurnosna procjena će zavisiti od koraka do kojeg se došlo u projektu objekta za odlaganje i od državnih zahtjeva. To uključuje razmatranje potreba raznih zainteresovanih strana za informacijama. Bitna razmatranja u dokumentovanju dokaza sigurnosti i prateće sigurnosne procjene su opravdanost, sljedivost i jasnoća.
2. Opravdanost se odnosi na objašnjavanje osnove za izbore koji su napravljeni i argumente za i protiv odluka, posebno onih odluka koje se odnose na glavne argumente za sigurnost. Sljedivost se odnosi na mogućnost nezavisne kvalifikovane osobe da prati šta je urađeno. Sljedivost mora omogućiti tehničko i regulatorno razmatranje. I opravdanost i sljedivost zahtijevaju dobro dokumentovane evidencije o donesenim odlukama i pretpostavkama postavljenim u toku razvoja i rada aktivnosti objekta za odlaganje, te o modelima i podacima korištenim u dobijanju konkretnog skupa rezultata u svrhe sigurnosne procjene.

4.25. Jasnoća se odnosi na dobru strukturu i prezentaciju na odgovarajućem nivou detalja tako da se omogući razumijevanje argumenata za sigurnost. To zahtijeva prezentiranje rezultata rada u dokumentima tako da zainteresovane strane kojima je materijal namijenjen mogu steći dobro razumijevanje argumenata sigurnosti i njihove osnove. Možda će biti potrebne razne vrste i razni stilovi dokumenata da se pruži materijal koji je koristan različitim stranama.

## KORACI U RAZVOJU, RADU I ZATVARANJU OBJEKTA ZA ODLAGANJE

**Zahtjev 15: Karakterizacija lokacije objekta za odlaganje**

**Lokacija objekta za odlaganje se mora okarakterisati do nivoa detalja dovoljnog da se potkrijepi opšte razumijevanje i karakteristika lokacije i toga kako će se lokacija prirodno mijenjati tokom vremena. Karakterizacija mora uključiti sadašnje stanje lokacije, njen vjerovatni prirodni razvoj i moguće prirodne događaje, te takođe i ljudske planove i aktivnosti u blizini lokacije koji bi mogli uticati na sigurnost objekta tokom određenog perioda od interesa. Karakterizacija takođe mora uključiti razumijevanje konkretnog uticaja karakteristika, događaja i procesa povezanih sa lokacijom i objektom na sigurnost.**

1. Razumijevanje lokacije objekta za odlaganje se mora steći da bi se prezentiralo ubjedljiv naučni opis sistema odlaganja na kojem se mogu zasnivati više konceptualni opisi korišteni u sigurnosnoj procjeni. Fokus mora biti na karakteristikama, događajima i procesima koji se odnose na lokaciju i koji bi mogli imati uticaj na sigurnost, a koji su obuhvaćeni u dokazu sigurnosti i pratećoj sigurnosnoj procjeni. Konkretno, mora se dokazati da postoji adekvatna geološka, geomorfološka ili topografska stabilnost (odgovarajuća za datu vrstu objekta), te karakteristike i procesi koji doprinose sigurnosti. Takođe se mora dokazati da ostale karakteristike, događaji i procesi ne podrivaju dokaz sigurnosti.
2. Karakterizacija geoloških aspekata mora uključiti aktivnosti poput ispitivanja: dugoročne stabilnosti, rasjeda i obima pucanja geološke formacije okruženja; seizmičnost; vulkanizam; zapreminu stijena pogodnih za izgradnju zona za odlaganje; geotehničke parametre relevantne za projekt; režime tokova podzemnih voda; geohemijske uslove i mineralogiju. Neophodan obim karakterizacije će zavisiti od vrste objekta za odlaganje i njegove lokacije.
3. Zavisno od potencijala opasnosti otpada i kompleksnosti lokacije i projekta objekta za odlaganje, mora se usvojiti gradirani pristup u skladu sa vodičem navedenim u fusnoti 5. Iterativna karakterizacija lokacije mora dati ulazne informacije za dokaz sigurnosti i zauzvrat biti usmjeravana dokazom sigurnosti. Usto, ispitivanja, npr. prirodnog zračenja i sadržaja radionuklida u tlu, podzemnim vodama i drugim medijima može doprinijeti boljem razumijevanju karakteristika lokacije objekta za odlaganje. To takođe može pomoći u procjeni radioloških uticaja na okoliš davanjem reference za buduća poređenja.
4. Karakterizacija površinskih karakteristika okoliša mora uključiti prirodne aspekte, kao što su hidrološki i meteorološki aspekti, te flora i fauna. Ona takođe mora obuhvatiti ljudske aktivnosti u blizini lokacije objekta koje se odnose na uobičajena dešavanja u naseljima, industrijske i poljoprivredne aktivnosti. Dužna pažnja se mora posvetiti vjerovatnom prirodnom razvoju lokacije, uključujući i efekte erozije i klimatskih promjena.

**Zahtjev 16: Projekt objekta za odlaganje**

**Objekt za odlaganje i njegove inženjerske barijere moraju biti projektovani tako da fizički ograniče otpad i njegovu prateću opasnost, da budu fizički i hemijski kompatibilni sa geološkom formacijom okruženja i/ili površinskog okoliša, te da omoguće sigurnosne karakteristike nakon zatvaranja koje dopunjavaju one karakteristike koje daje okoliš lokacije. Objekt i njegove inženjerske barijere se moraju projektovati tako da omoguće sigurnost tokom operativnog perioda.**

1. Projekti objekata za odlaganje radioaktivnog otpada se mogu naširoko razlikovati, zavisno od vrsta otpada koje će se odlagati, geološke formacije lokacije i/ili površinskog okoliša. Generalno, sigurnosne karakteristike koje nudi okruženje objekta se moraju optimalno iskoristiti. To se mora uraditi projektovanjem objekta za odlaganje koji ne prouzrokuje neprihvatljive dugotrajne poremećaje, koji je sam po sebi zaštićen lokacijom i vrši sigurnosne funkcije koje dopunjavaju prirodne barijere.
2. Tlocrt objekta mora biti projektovan tako se otpad smješta na najpogodnijim lokacijama. Ako su u otpadu prisutni fisilni materijali, očuvanje konfiguracije otpada koja je ispod kritične mora biti dio projektnih razmatranja. Ključne karakteristike, kao što su okna i zaptivke u objektima za geološko odlaganje, moraju biti odgovarajuće pozicionirane. Materijali korišteni u objektu moraju biti otporni na degradaciju u uslovima koji prevladavaju u objektu (npr. hemijskim i temperaturnim uslovima) i takođe odabrani tako da ograniče sve nepoželjne uticaje na sigurnosne funkcije svakog elementa sistema odlaganja.

4.32. Od objekata za odlaganje, posebno za odlaganje visoko i srednje radioaktivnog otpada, se očekuje da funkcionišu tokom znatno dužih vremenskih perioda nego onih koji se obično razmatraju u primjeni inženjeringa. Ispitivanje načina na koji se slični prirodni materijali ponašaju u geološkim formacijama u prirodi ili kako se drevni artefakti i strukture ponašaju tokom vremena može doprinijeti povjerenju u procjenu dugoročnog funkcionisanja objekta. Dokazivanje izvodljivosti proizvodnje kontejnera za otpad i izgradnje inženjerskih barijera sa neophodnim karakteristikama, naprimjer u podzemnim laboratorijama, je važno u svrhu procjene i radi doprinosa povjerenju u to da se adekvatan nivo funkcionisanja može ostvariti.

**Zahtjev 17: Izgradnja objekta za odlaganje**

**Objekt za odlaganje mora biti izgrađen u skladu sa projektom onako kako je opisano u odobrenom dokazu sigurnosti i pratećoj sigurnosnoj procjeni. On mora biti izgrađen tako da očuva one sigurnosne funkcije okruženja objekta koje su u dokazu sigurnosti prezentirane kao važne za sigurnost nakon zatvaranja objekta. Građevinske aktivnosti se moraju izvoditi tako da se sigurnost garantuje tokom operativnog perioda.**

1. Izgradnja objekta za odlaganje može biti kompleksan tehnički poduhvat koji može biti ograničen, posebno ako se izvodi pod zemljom, i to ograničen uslovima i svojstvima geološke formacije okruženja objekta i raspoloživim tehnikama za podzemno iskopavanje i izgradnju. Karakterizacija se mora okončati na adekvatnom nivou prije nego što izgradnja počne. Aktivnosti iskopavanja i izgradnje moraju biti izvođene tako da se izbjegnu nepotrebni poremećaji okruženja. Mora se usvojiti dovoljno fleksibilnosti u inženjerskim tehnikama da se predvide varijacije na koje će se naići, kao što su varijacije u stanju stijena ili podzemnih voda kod podzemnih objekata.
2. Iskopavanja i izgradnja objekta za odlaganje se mogu nastaviti nakon što dio objekta počne sa radom i nakon smještanja paketa otpada. To preklapanje građevinskih i operativnih aktivnosti se mora planirati i izvoditi tako da se sigurnost garantuje i u toku rada aktivnosti i nakon zatvaranja objekta.

**Zahtjev 18: Operativno upravljanje objektom za odlaganje**

**Objektom za odlaganje se mora operativno upravljati u skladu sa uslovima iz licence i relevantnim regulatornim zahtjevima tako da se očuva sigurnost tokom operativnog perioda i tako da se očuvaju sigurnosne funkcije za koje se u dokazu sigurnosti pretpostavlja da su važne za sigurnost nakon zatvaranja objekta.**

1. Sve operativne aktivnosti i aktivnosti koje su važne za sigurnost objekta za odlaganje moraju podlijegati ograničenjima, a sistemi kontrola i planovi za vanredne situacije moraju postojati. Razne procedure i planovi moraju biti dokumentovani, a dokumentacija mora podlijegati odgovarajućim procedurama kontrole (referenca 13). Dokaz sigurnosti mora obuhvatiti i opravdati i projektne aranžmane i mehanizme operativnog upravljanja koji se koriste u cilju osiguranja da su ispunjeni cilj i kriteriji sigurnosti navedeni u Poglavlju 2. Usto, regulatorno tijelo ili operator mogu utvrditi kriterije specifične za dati objekt.
2. Dokazom sigurnosti se takođe mora demonstrirati da su, koliko je to razumno moguće, smanjene opasnosti i drugi radijacijski rizici za zaposlene i pojedince iz stanovništva u normalnim uslovima rada i predviđenim operativnim pojavama. Aktivna kontrola sigurnosti se mora održavati onoliko dugo koliko objekt za odlaganje ostaje nezaptiven, a to može obuhvatati i duži period nakon smještanja otpada i prije konačnog zatvaranja objekta.
3. Ako je prisutan, fisilni materijal mora biti zbrinut i smješten u objekt za odlaganje u takvoj konfiguraciji koja će ostati u stanju ispod kritičnog. To se može postići raznim sredstvima, uključujući i odgovarajuću distribuciju fisilnog materijala tokom kondicioniranja otpada i propisnim projektovanjem paketa otpada. Moraju se obaviti procjene mogućeg razvoja opasnosti od nekontrolisane lančane reakcije nakon smještanja otpada, uključujući i nakon zatvaranja objekta.

**Zahtjev 19: Zatvaranje objekta za odlaganje**

**Objekt za odlaganje mora biti zatvoren tako da omogućava one sigurnosne funkcije koje su u dokazu sigurnosti prezentirane kao važne nakon zatvaranja. Planovi za zatvaranje, uključujući i tranziciju od aktivnog upravljanja objektom, moraju biti dobro definisani i izvodljivi, tako da se zatvaranje može izvesti na siguran način u prikladno vrijeme.**

4.38. Sigurnost objekta za odlaganje nakon zatvaranja će zavisiti od brojnih aktivnosti i karakteristika projekta, što može uključivati zatrpavanje iskopina te zaptivanje ili prekrivanje objekta za odlaganje. Zatvaranje se mora uzeti u obzir u početnom projektu objekta, a planovi za zatvaranje i projekti zaptivanja ili prekrivanja objekta moraju biti ažurirani onako kako se razrađuje projekt objekta. Prije početka građevinskih aktivnosti mora biti dovoljno dokaza da će funkcionisanje zatrpavanja, zaptivanja i prekrivanja biti onakvo kakvo se i namjeravalo da se ispune projektni zahtjevi.

1. Objekt za odlaganje mora biti zatvoren u skladu sa uslovima za zatvaranje koje je postavilo regulatorno tijelo u autorizaciji objekta, uz posebno razmatranje eventualnih promjena u odgovornostima koje se mogu desiti u ovoj fazi. U skladu s tim, početak radova na zatvaranju se može obavljati paralelno sa radom na smještanju otpada.
2. Zatrpavanje iskopina i postavljanje zaptivki ili materijala za prekrivanje može biti odgođeno određeno vrijeme nakon što se završi smještanje otpada da bi se, naprimjer, omogućio monitoring radi procjene aspekata koji se odnose na sigurnost nakon zatvaranja ili radi razloga vezanih za prihvatanje od strane javnosti. Ako se zatrpavanje i ostalo neće raditi određeni period nakon smještanja otpada, onda u dokazu sigurnosti treba razmotriti implikacije za sigurnost tokom rada aktivnosti i nakon zatvaranja.
3. Raspoloživost potrebnih tehničkih i finansijskih resursa da se ostvari zatvaranje objekta mora se osigurati putem načina iz Zahtjeva 1–3.

# GARANCIJA SIGURNOSTI

**Zahtjev 20: Prihvatanje otpada u objektima za odlaganje**

**Paketi otpada i neupakovani otpad prihvaćeni za smještanje u objektu za odlaganje moraju se pridržavati kriterija koji su potpuno u skladu sa i proizlaze iz dokaza sigurnosti za objekt za odlaganje u radu i nakon zatvaranja.**

5.1. Zahtjevima i kriterijima za prihvatljivost otpada za dati objekt za odlaganje mora se osigurati sigurno rukovanje paketima otpada i neupakovanim otpadom u uslovima normalnog rada i predviđenih operativnih pojava. Njima se takođe mora osigurati ispunjavanje sigurnosnih funkcija za formu i ambalažu otpada u pogledu dugoročne sigurnosti. Primjeri mogućih parametara za kriterije prihvatljivosti otpada uključuju karakteristike i zahtjeve za funkcionisanje paketa otpada i neupakovani otpad koji će se odlagati, kao što su sadržaj radionuklida ili granice aktivnosti, proizvodnja toplote i svojstva forme i ambalaže otpada.

1. Mora se obaviti izrada modela i/ili testiranje ponašanja forme otpada kako bi se osigurala fizička i hemijska stabilnost raznih paketa otpada i neupakovanog otpada pod uslovima koji se očekuju u objektu za odlaganje i kako bi se osiguralo njihovo adekvatno funkcionisanje u slučaju nepredviđenih operativnih okolnosti ili akcidenata.
2. Otpad namijenjen za odlaganje mora biti karakterisan da se dobije dovoljno informacija u cilju osiguranja poštovanja zahtjeva i kriterija za prihvatljivost otpada. Moraju postojati mehanizmi u cilju verifikacije da su otpad i paketi otpada koji se prime radi odlaganja u skladu s tim zahtjevima i kriterijima i, ako nisu, da se potvrdi da će generator otpada ili operator objekta za odlaganje poduzeti korektivne mjere. Mora se obaviti kontrola kvaliteta paketa otpada, a ona se postiže uglavnom na osnovu evidencija, testiranja prije kondicioniranja (npr. testiranja kontejnera) i kontrole procesa kondicioniranja. Testiranje poslije kondicioniranja i potreba za korektivnim mjerama moraju biti ograničeni onoliko koliko je to izvodljivo.

**Zahtjev 21: Programi monitoringa u objektu za odlaganje**

**Prije i tokom i izgradnje, prije i tokom rada i nakon zatvaranja objekta za odlaganje se mora realizovati program monitoringa ako je on dio dokaza sigurnosti. Taj program mora biti kreiran tako da se njime prikupe i ažuriraju informacije koje su neophodne u svrhe zaštite i sigurnosti. Informacije se moraju pribaviti da se potvrde uslovi koji su neophodni za sigurnost zaposlenih i pojedinaca iz stanovništva, te zaštitu okoliša tokom perioda rada objekta. Monitoring se takođe mora obavljati da se potvrdi nepostojanje bilo kakvih uslova koji bi mogli uticati na sigurnost objekta nakon zatvaranja.**

5.4. Monitoring se mora obaviti pri svakom koraku u razvoju i radu objekta za odlaganje. Svrhe programa monitoringa uključuju:

1. Pribavljanje informacija za naknadne procjene;
2. Garanciju operativne sigurnosti;
3. Garanciju da su uslovi za rad objekta u skladu sa sigurnosnom procjenom;
4. Potvrdu da su uslovi u skladu sa sigurnošću nakon zatvaranja.

Smjernice su date u referenci 20. Programi monitoringa moraju biti kreirani i realizovani tako da se ne smanji ukupan nivo sigurnosti objekta nakon zatvaranja.

5.5. U jednom tehničkom dokumentu IAEA-e[[8]](#footnote-8) je data diskusija o monitoringu koji se odnosi na sigurnost objekata za geološko odlaganje nakon zatvaranja. Planovi za monitoring s ciljem davanja garancija sigurnosti nakon zatvaranja moraju biti sačinjeni prije izgradnje objekta za geološko odlaganje da bi se ukazalo na moguće strategije monitoringa. Međutim, planovi moraju ostati fleksibilni i, po potrebi, biti revidirani i ažurirani tokom razvoja i rada aktivnosti objekta.

**Zahtjev 22: Period nakon zatvaranja i institucionalne kontrole**

**Moraju se pripremiti planovi za period nakon zatvaranja da se obuhvate institucionalne kontrole i mehanizmi za očuvanje raspoloživosti informacija o objektu za odlaganje. Ti planovi moraju biti u skladu sa pasivnim karakteristikama sigurnosti i činiti dio dokaza sigurnosti na osnovu kojeg se daje autorizacija za zatvaranje objekta.**

1. Dugoročna sigurnost objekta za odlaganje radioaktivnog otpada ne smije zavisiti od aktivne institucionalne kontrole. Čak ni ugrožavanje pasivnih karakteristika sigurnosti ne smije dovesti do toga da se izađe iz okvira kriterija za intervencije. Usto, sigurnost objekta za odlaganje ne smije zavisiti samo od institucionalnih kontrola. Institucionalne kontrole ne mogu biti jedina ili glavna komponenta sigurnosti objekata za površinsko odlaganje. Mogućnost institucionalnih kontrola da doprinesu sigurnosti predviđenoj u dokazu sigurnosti mora biti demonstrirana i opravdana u dokazu sigurnosti.
2. Rizik uplitanja u objekt za odlaganje radioaktivnog otpada se može smanjiti korištenjem pasivnih kontrola tokom dužih perioda nego onih koji su predviđeni za aktivne kontrole, npr. očuvanjem informacija korištenjem oznaka (markera) i arhiva, uključujući i međunarodne arhive.
3. Institucionalne kontrole objekta za odlaganje radioaktivnog otpada moraju dati dodatnu garanciju sigurnosti i nuklearne bezbjednosti objekta. Primjeri uključuju predviđanje sprečavanja pristupa lokaciji od strane nepozvanih osoba i postoperativni monitoring koji ima mogućnost davanja ranog upozorenja kretanja radionuklida iz objekta za odlaganje prije nego što radionuklidi dođu do granice lokacije.
4. Objekti za površinsko odlaganje se generalno projektuju na osnovu pretpostavke da institucionalna kontrola mora ostati na snazi određeni period vremena. Kod kratkoživećeg otpada će taj period morati biti od nekoliko desetina do nekoliko stotina godina nakon zatvaranja objekta. Takve kontrole će po prirodi biti aktivne ili pasivne. Kod površinskog odlaganja otpada iz rudarstva i prerade mineralne rude koji sadrži veoma dugoživeće radionuklide i koji se generalno sastoji od velikih količina, moraju se ograničiti koncentracije aktivnosti tako da se ne mora oslanjati na tekuće aktivne institucionalne kontrole kao mjeru sigurnosti. Otpad sa koncentracijama aktivnosti iznad granica mora biti odložen ispod površine tla.
5. Status objekta za odlaganje nakon perioda aktivne institucionalne kontrole se razlikuje od oslobađanja lokacije nuklearnog objekta od regulatorne kontrole nakon dekomisioniranja utoliko što se oslobađanje lokacije objekta za odlaganje za neograničenu upotrebu generalno ne razmatra. Lokacija i projekt objekta moraju smanjiti vjerovatnoću uplitanja.
6. Za objekte za površinsko odlaganje, kriteriji prihvatljivosti otpada ograničavaju posljedice ljudskog uplitanja unutar okvira preciziranih kriterija (vidi tačku 2.15), čak i ako se izgubi kontrola nad lokacijom. Restrikcija doze (vidi tačku 2.15) usvojena za doze za pojedince iz stanovništva se odnosi na predviđeni normalni razvoj lokacije nakon perioda institucionalne kontrole.
7. Objekti za geološko odlaganje ne smiju zavisiti od dugoročne institucionalne kontrole kao mjere sigurnosti nakon zatvaranja (vidi Zahtjev 5). Pa ipak, institucionalne kontrole mogu doprinijeti sigurnosti sprečavanjem ili smanjivanjem vjerovatnoće ljudskih postupaka kojima se nenamjerno vrši uticaj na otpad ili degradiraju sigurnosne karakteristike sistema geološkog odlaganja. Institucionalne kontrole takođe mogu doprinijeti tome da javnost više prihvati geološko odlaganje.
8. Objekti za odlaganje možda neće biti zatvoreni u periodu od nekoliko desetima godina ili više nakon što su počele operativne aktivnosti. Planovi za moguće buduće kontrole i period tokom kojeg će se one primjenjivati mogu u početku biti fleksibilni i idejni po prirodi, ali se moraju sačiniti i biti prečišćeni onako kako se objekt približava zatvaranju. U obzir se moraju uzeti: kontrole lokalnog korištenja zemljišta; ograničenja pristupa lokaciji ili nadzor i monitoring; domaće, državne i međunarodne evidencije; te upotreba trajnijih površinskih i/ili potpovršinskih oznaka (markera). Moraju se pripremiti mehanizmi za mogućnost prenošenja informacija o objektu za odlaganje i njegovom sadržaju na buduće generacije da se omogući buduće donošenje odluka o objektu i njegovoj sigurnosti.

5.14. Dokle god objekt ostaje autorizovan, operator mora osigurati institucionalne kontrole. Predviđa se da će se odgovornost za bilo koje pasivne mjere institucionalne kontrole koje su potrebne nakon isteka autorizacije morati vratiti na određeni nivo vlasti.

**Zahtjev 23: Uzimanje u obzir državnog sistema obračuna i kontrole nuklearnog materijala[[9]](#footnote-9)**

**Prilikom projektovanja i rada objekata za odlaganje koji podliježu sporazumima o obračunu i kontroli nuklearnog materijala, mora se uzeti u obzir garancija da sigurnost neće biti ugrožena mjerama koje se zahtijevaju sistemom obračuna i kontrole nuklearnog materijala (reference 21–23).**

1. Sistem obračuna i kontrole nuklearnog materijala se odnosi na materijal koji sadrži znatne količine fisilnog materijala u formi koja se potencijalno može ekstrahovati (referenca 21–23). Ako se takav materijal proglasi otpadom, on vjerovatno zahtijeva odlaganje u objektu za geološko odlaganje iz razloga dugoročne sigurnosti. Smještanje u objekt za geološko odlaganje bi takođe omogućilo dugoročne pasivne mjere nuklearne bezbjednosti i bilo u skladu sa ciljevima nuklearnih zaštitnih mjera IAEA-e. Zbog toga se Zahtjev 23 odnosi posebno na objekte za geološko odlaganje[[10]](#footnote-10).
2. Državni sistemi obračuna i kontrole nuklearnog materijala su kreirani prvenstveno da predvide odgovornost za nuklearni materijal da bi se otkrilo njegovo moguće preusmjeravanje u neovlaštene ili nepoznate svrhe na kraće ili duže staze. Onako kako su trenutno organizovane, aktivnosti IAEA-e na nuklearnim zaštitnim mjerama zavise od aktivnog nadzora i kontrola.
3. Tokom rada objekta za odlaganje otpada koji sadrži fisilni materijal, nadzor u svrhu zaštitnih mjera IEAE-e ima za cilj da osigura kontinuitet znanja o tom fisilnom materijalu i odsustvo bilo kakvih neprijavljenih aktivnosti na lokaciji u vezi s tim materijalom. Za neki radioaktivni otpad, kao što je istrošeno nuklearno gorivo, određeni zahtjevi za zaštitne mjere se moraju primjenjivati čak i nakon što je došlo do zaptivanja otpada u objektu za geološko odlaganje[[11]](#footnote-11).
4. Za zatvorene objekte za geološko odlaganje, nuklearne zaštitne mjere IAEA-e bi mogle u praksi biti primijenjene sredstvima na daljinu (npr. satelitskim monitoringom, fotografijom iz vazduha, mikroseizmičkim nadzorom i administrativnim mehanizmima). Moraju se izbjegavati agresivne metode koje bi mogle ugroziti sigurnost nakon zatvaranja.
5. Pošto se nuklearne zaštitne mjere IAEA-e nadziru na međunarodnom nivou, njihovo nastavljanje bi možda moglo povećati povjerenje u dugotrajnost administrativnih kontrola, a to bi takođe pomoglo da se spriječe nenamjerni poremećaji objekta za geološko odlaganje. Odatle nastavak inspekcija zaštitnih mjera i monitoring nakon zatvaranja objekta za geološko odlaganje mogu biti od koristi za jačanje povjerenja u sigurnost nakon zatvaranja objekta. Diskusija na temu odnosa između sistema obračuna i kontrole nuklearnog materijala (i nuklearnih zaštitnih mjera IAEA-e) i zbrinjavanja radioaktivnog otpada je uključena u dokument pod oznakom TECDOC-909[[12]](#footnote-12).

**Zahtjev 24: Zahtjevi u pogledu mjera nuklearne bezbjednosti**

**Moraju se implementirati mjere kako bi se osigurao integrisani pristup mjerama sigurnosti i mjerama nuklearne bezbjednosti u odlaganju radioaktivnog otpada.**

1. Tamo gdje su mjere nuklearne bezbjednosti neophodne da se spriječi neovlašteni pristup pojedinaca i da se spriječi neovlašteno premještanje radioaktivnog materijala, mjere sigurnosti i mjere nuklearne bezbjednosti se moraju implementirati u integrisanom pristupu (reference 1 i 13).
2. Nivo nuklearne bezbjednosti mora biti u skladu sa nivoom radiološke opasnosti i prirodom otpada (reference 1, 13, 24 i 25).

**Zahtjev 25: Sistemi upravljanja**

**U cilju omogućavanja osiguranja kvaliteta, mora se primijeniti sistem upravljanja[[13]](#footnote-13) na sve aktivnosti vezane za sigurnost, sisteme i komponente tokom svih koraka u razvoju i radu objekta za odlaganje. Nivo osiguranja kvaliteta za svaki element mora biti u skladu sa važnošću tog elementa za sigurnost.**

1. Odgovarajući sistem upravljanja kojim se integrišu programi osiguranja kvaliteta će doprinijeti povjerenju u to da su ispunjeni relevantni zahtjevi i kriteriji za odabir i procjenu lokacije, projektovanje, izgradnju, rad, zatvaranje i sigurnost nakon zatvaranja objekta. Relevantne aktivnosti, sistemi i komponente se moraju utvrditi na osnovu rezultata sistematske sigurnosne procjene. Nivo obraćanja pažnje na svaki aspekt mora biti u skladu sa važnošću tog aspekta za sigurnost. Od sistema upravljanja se zahtijeva da se pridržava relevantnih sigurnosnih standarda IAEA-e o sistemima upravljanja (reference 13 i 14).
2. Sistem upravljanja precizira ulogu rukovodstva i organizacionu strukturu koja će se koristiti za realizaciju procesa za sve aktivnosti koje se odnose na sigurnost. Sistem takođe precizira odgovornosti i nadležnosti raznih zaposlenih i organizacija uključenih u upravljanje i realizaciju procesa, te procjenu kvaliteta svog rada vezanog za sigurnost.
3. Iako je okruženje lokacije objekta za odlaganje važno za sigurnost, ono se ne može projektovati ni proizvesti, nego samo okarakterisati, a i to do veoma ograničenog stepena. Elementi sistema upravljanja koji daju garanciju kvaliteta relevantnih procesa koji se odnose na sigurnost moraju biti kreirani uz uzimanje u obzir prirode okruženja lokacije.
4. Projekt, karakterizacija i procjena objekta za odlaganje moraju uključiti nekoliko uzastopnih i ponekad preklapajućih koraka sa sve većim stepenom detalja i tačnosti. Međutim, uvijek bi mogao ostati određeni stepen nesigurnosti koja se ne može eliminisati bilo kakvim mjerama. Značaj takve nesigurnosti se procjenjuje u evaluaciji dokaza sigurnosti i prateće sigurnosne procjene.
5. Sistem upravljanja za objekte za odlaganje mora predvidjeti pripremu i čuvanje dokumentovanih dokaza u cilju ilustracije da je dostignut neophodan kvalitet podataka; da su komponente nabavljene i korištene u skladu sa relevantnim specifikacijama; da se paketi otpada i neupakovani otpad pridržavaju utvrđenih zahtjeva i kriterija i da su propisno smješteni u objekt za odlaganje. Sistem upravljanja takođe mora osigurati sravnjivanje svih informacija koje su važne za sigurnost i koje se evidentiraju u svim koracima razvoja i operativnih aktivnosti objekta, te očuvanje tih informacija. Te informacije su važne za ponovne procjene objekta u budućnosti.

# POSTOJEĆI OBJEKTI ZA ODLAGANJE

1. Neki objekti za odlaganje koji su razvijani, izgrađeni i počeli s radom prije nego što su ovi zahtjevi utvrđeni možda ne ispunjavaju sve te zahtjeve. Ti objekti su možda u funkciji ili možda nisu. Neki objekti za odlaganje su možda napušteni. Takve situacije bi bile smatrane postojećima, u kojima bi vlast trebala preuzeti odgovornost za takve objekte. Zahtjevi utvrđeni u ovoj publikaciji iz serije „Sigurnosni zahtjevi“ bi se trebali tretirati kao smjernice za kreiranje ciljeva intervencije i aktivnosti planiranja ako je to neophodno u navedenim situacijama.

**Zahtjev 26: Postojeći objekti za odlaganje**

**Sigurnost postojećih objekata za odlaganje se mora periodično procjenjivati sve do prestanka važenja autorizacije. Tokom tog perioda, sigurnost se takođe mora procjenjivati kad se planira neka značajna modifikacija sigurnosti ili u slučaju promjena u pogledu uslova iz autorizacije. U slučaju da bilo koji zahtjev utvrđen u ovoj publikaciji nije ispunjen, moraju se uspostaviti mjere kojima će se unaprijediti sigurnost objekta, uz uzimanje društvenih i ekonomskih faktora u obzir.**

6.2. Periodična sigurnosna procjena objekta za odlaganje mora imati za cilj davanje ukupne ocjene statusa zaštite i sigurnosti u objektu. Ona mora uključivati analizu stečenog operativnog iskustva i mogućih poboljšanja koja bi se mogla napraviti, uzimajući u obzir postojeću situaciju i moguća nova dešavanja u tehnologiji ili promjene u regulatornoj kontroli. Periodične sigurnosne procjene ne mogu zamijeniti aktivnosti u cilju analize, kontrole i nadzora koje se kontinuirano obavljaju u objektima za odlaganje.

6.3. Objekti za odlaganje koji nisu izgrađeni u skladu sa sadašnjim sigurnosnim standardima možda ne ispunjavaju sve sigurnosne zahtjeve utvrđene u ovoj publikaciji. Pri ocjeni sigurnosti takvih objekata, može biti naznaka da kriteriji sigurnosti neće biti ispunjeni. U takvim okolnostima se moraju poduzeti razumno izvodljive mjere da se unaprijedi sigurnost objekta za odlaganje. Moguće opcije su uklanjanje dijela ili svog otpada iz objekta, inženjerski konstruisana poboljšanja, ili uspostavljanje ili jačanje institucionalnih kontrola. Evaluacija tih opcija mora uključivati šira tehnička, društvena i politička pitanja.

# DODATAK

**GARANCIJA POŠTOVANJA CILJA I KRITERIJA SIGURNOSTI**

A.1. Dobro projektovan, dobro smještan i propisno razvijen objekt za odlaganje radioaktivnog otpada će omogućiti visok nivo garancije da će radiološki uticaji u periodu nakon zatvaranja objekta biti mali i u apsolutnom smislu i u poređenju sa uticajima koji se očekuju od drugih trenutno raspoloživih opcija za zbrinjavanje radioaktivnog otpada.

A.2. Geološka formacija okruženja i/ili okoliš i lokacija moraju biti identifikovani kao takvi da omogućavaju povoljne uslove za izolaciju otpada od dostupne biosfere i očuvanje inženjerskih barijera (npr. niske stope protoka podzemnih voda i dugoročno povoljno geohemijsko okruženje). Objekt za odlaganje mora biti projektovan uz uzimanje u obzir karakteristika koje daju geološka formacija okruženja i/ili okoliš i lokacija, tako da se optimizuju zaštita i sigurnost i da se ne prekorače doza i/ili restrikcije doze. Objekt za odlaganje zatim mora biti razvijan u skladu sa procijenjenim projektom tako da se ostvare pretpostavljene sigurnosne karakteristike i inženjerskih i prirodnih barijera.

A.3. Optimizacija zaštite i sigurnosti objekta za odlaganje radioaktivnog otpada je proces prosuđivanja koji se primjenjuje na odluke donesene u izradi projekta objekta. Najvažnije je da se usvoje zdrave projektno-inženjerske i tehničke karakteristike, a zdravi principi upravljanja primjenjuju tokom cijelog razvoja, rada i zatvaranja objekta za odlaganje. Imajući u vidu te obzire, zaštita i sigurnost se zatim mogu smatrati optimiziranima pod sljedećim uslovima:

1. Dužna pažnja je posvećena implikacijama raznih opcija projekta za dugoročnu sigurnost pri svakom koraku u razvoju i radu objekta za odlaganje.
2. Postoji razumna garancija da procijenjene doze i/ili rizici iz njihovog raspona koji se generalno očekuje tokom prirodnog razvoja sistema odlaganja neće prekoračiti relevantna ograničenja u toku vremenskog perioda za koji nesigurnosti nisu tako velike da bi se spriječilo smisleno tumačenje rezultata.
3. Vjerovatnoća događaja koji možda mogu uticati na funkcionisanje objekta za odlaganje tako da dovedu do većih doza ili većih rizika je smanjena što je više razumno moguće putem odabira i procjene lokacije i/ili projektom.

A.4. Smatra se da su izračunate moguće doze zračenja za pojedince u budućnosti zbog objekta za odlaganje samo procjene i da će se nesigurnosti povezane s tim procjenama povećavati u periodima daleko u budućnosti. Pa ipak, procjene mogućih doza i rizika za dugotrajne periode se mogu uraditi i koristiti kao indikatori za poređenje sa kriterijima sigurnosti.

A.5. Pri procjeni doza za pojedince u budućnosti zbog objekta za odlaganje, polazi se od pretpostavke da će biti prisutno lokalno stanovništvo i da će ono na neki način koristiti lokalne resurse koji možda sadrže radionuklide čije je porijeklo iz otpada unutar objekta za odlaganje. Nije moguće sa bilo kakvom sigurnošću predvidjeti ljudsko ponašanje u budućnosti, pa je predstavljanje tog ponašanja u modelima procjene neophodno stilizovano[[14]](#footnote-14). Argumentacija i mogući pristupi modeliranju biosfere i procjena doza koje proizlaze iz otpada u objektima za odlaganje obrađeni su u projektu IAEA BIOMASS (referenca 26).

A.6. Moguće je da u budućnosti neka ljudska aktivnost ili više njih može prouzrokovati određenu vrstu uplitanja u objekt za odlaganje radioaktivnog otpada. Zbog nepredvidljivosti ljudskog ponašanja u budućnosti nije moguće definitivno reći koja vrsta uplitanja će se desiti ili koja je vjerovatnoća takvog događaja. Pa ipak, uticaj određenih generičkih događaja uplitanja, kao što su građevinski radovi, rudarstvo ili radovi na bušenju objekta, može se procijeniti kao referentni scenario.

A.7. Moguće je, ali ne mora značiti da će se desiti generički događaji uplitanja, kao što su građevinski radovi, rudarstvo ili radovi na bušenju objekta. Po tom osnovu, ICRP je predložio pristup procjenjivanju implikacija takvih događaja za sigurnost, kojim se koriste vrsta kriterija utvrđena u tački 2.15. Morao bi se postići dogovor sa regulatornim tijelom o tome kada bi takav pristup bio prikladan i kako bi tačno kriteriji trebali biti korišteni. Možda će se morati donijeti odluke na proizvoljnoj osnovi o tome šta bi se smatralo uobičajenom aktivnošću za koju se očekuje da se desi, a šta bi se smatralo događajem uplitanja.

A.8. U slučaju nenamjernog ljudskog uplitanja u objekt za odlaganje, mali broj pojedinaca uključenih u poslove poput bušenja na objektu ili rudarstva bi mogao primiti visoke doze zračenja, a takođe bi se mogle pojaviti ekspozicije drugih osoba kao rezultat uplitanja. U ovom kontekstu se ne trebaju razmatrati doze i rizici za osobe koje su s odobrenjem uključene u navedene poslove kojima se svjesno remeti objekt za odlaganje ili njegov otpad, jer bi takvi poslovi činili situacije planirane ekspozicije.

A.9. Generalno, vjerovatnoća nenamjernog ljudskog uplitanja u otpad će biti mala kod objekta za geološko odlaganje zbog odabrane dubine objekta. U slučaju objekta za površinsko odlaganje će ta vjerovatnoća biti mala zbog institucionalnih kontrola, a i zbog odluke da se objekt locira dalje od poznatih mineralnih ili drugih vrijednih resursa. Moguće doze koje bi se primile od takvog nenamjernog uplitanja bi mogle biti visoke. Međutim, pošto je vjerovatnoća nenamjernog uplitanja mala, vjerovatno će viši nivo zaštite i sigurnosti omogućen datim odlaganjem otpada prevagnuti nad pratećim rizikom u poređenju sa drugim strategijama.

A.10. Na objekte za odlaganje može uticati niz mogućih dešavanja u prirodnom razvoju i drugih događaja. Nešto od toga se može procijeniti kao relativno vjerovatno tokom perioda koji se procjenjuje, a nešto kao donekle ili prilično nevjerovatno da će se desiti. S ciljem optimizacije zaštite i sigurnosti, proces projektovanja će se fokusirati na osiguravanje da sistem odlaganja omogućava sigurnost (odnosno, poštovanjem restrikcija doza i/ili ograničenja rizika). Takvo previđanje će se raditi pri razmatranju očekivanog razvoja sistema odlaganja. U obzir će se takođe uzeti nesigurnosti vezane za taj razvoj i prirodne događaje koji će se vjerovatno dešavati tokom perioda koji se procjenjuje.

A.11. Ostvarivanje određenog nivoa zaštite i sigurnosti tako da su izračunate doze manje nego restrikcije doze nije samo po sebi dovoljno da se prihvati dokaz sigurnosti za objekt za odlaganje, jer se zahtijeva i da zaštita bude optimizirana (referenca 3). Obrnuto, indikacija da izračunate doze mogu prekoračiti restrikcije doze u nekim nevjerovatnim okolnostima ne moraju rezultirati odbacivanjem dokaza sigurnosti. Tokom veoma dugih perioda, radioaktivni raspad otpada će smanjiti opasnost povezanu sa objektom za odlaganje. Međutim, nesigurnosti mogu postati mnogo veće, a izračunate procjene doza možda mogu prekoračiti restrikcije doza.

A.12. Poređenje doza sa dozama iz radionuklida prirodnog porijekla se može pokazati kao korisna naznaka značaja takvih slučajeva. Treba biti oprezan u primjeni kriterija na periode koji se protežu daleko u budućnost. Još dalje od toga, nesigurnosti povezane sa procjenama doza postaju tako velike da kriteriji povezani sa procjenama doza možda više ne mogu poslužiti kao razumna osnova za donošenje odluka (vidi kriterije iz tačke 2.15).

A.13. Procjena da li će projekt objekta za odlaganje omogućiti optimiziran nivo zaštite i sigurnosti može zahtijevati prosuđivanje u kojem bi se razmotrilo nekoliko faktora. Naprimjer, ti faktori mogu obuhvatati kvalitet projekta objekta i sigurnosne procjene, te sve značajne kvalitativne i kvantitativne nesigurnosti u izračunu ekspozicija na duže staze.

A.14. Generalno, kad nesigurnosti koje se ne mogu smanjiti učine rezultate izračuna u svrhu sigurnosne procjene manje pouzdanima, onda sa oprezom treba tretirati poređenja sa restrikcijama doze ili ograničenjima rizika. Kod objekta za odlaganje, nesigurnosti znače da je oprez neophodan pri razmatranju mogućih ljudskih uplitanja i prirodnih događaja veoma niske učestalosti. Oprez je takođe potreban u razmatranju izračunatih doza za periode koji se protežu daleko u budućnost. Međutim, robusnost sistema odlaganja se može demonstrirati procjenom referentnih događaja koji su tipični za prirodne događaje veoma niske učestalosti.

# ANEKS

**KLASIFIKACIJA RADIOAKTIVNOG OTPADA**

A–1. U skladu sa pristupom izloženim u Dodatku reference A–1[[15]](#footnote-15), ustanovljeno je i koristi se šest klasa otpada kao osnova za šemu klasifikacije:

1. Izuzeti otpad[[16]](#footnote-16): Otpad koji ispunjava kriterije za oslobađanje, izuzeće ili isključenje iz regulatorne kontrole u svrhe zaštite od zračenja, što je opisano u referenci A–2.
2. Veoma kratkoživeći radioaktivni otpad: Otpad koji se može odložiti radi odležavanja tokom određenog ograničenog perioda do nekoliko godina i zatim biti oslobođen od regulatorne kontrole u skladu sa mehanizmima koje je odobrilo regulatorno tijelo za nekontrolisano odlaganje, upotrebu ili ispuštanje u okoliš. Ovaj otpad uključuje otpad koji prvenstveno sadrži radionuklide sa veoma kratkim vremenom poluraspada, često korištenim u istraživačke i medicinske svrhe.
3. Veoma nisko radioaktivni otpad: Otpad koji ne mora ispunjavati kriterije za izuzeti otpad, ali kojem ne treba visok nivo fizičkog ograničavanja i izolacije, pa je zato pogodan za objekte za površinsko odlaganje uz ograničenu regulatornu kontrolu. Takvi objekti takođe mogu sadržavati drugi opasan otpad. Tipičan otpad ove klase obuhvata tlo i građevinski šut sa niskim nivoima koncentracije aktivnosti. Koncentracije dugoživećih radionuklida u ovom otpadu su generalno veoma ograničene.
4. Nisko radioaktivni otpad: Otpad koji je iznad nivoa za oslobađanje, ali sa ograničenim količinama dugoživećih radionuklida. Takav otpad zahtijeva robusnu izolaciju i fizičko ograničavanje u periodima do nekoliko stotina godina i pogodan je za odlaganje u inženjerski konstruisanim površinskim objektima. Ova klasa obuhvata veoma širok raspon otpada. Nisko radioaktivni otpad može sadržavati kratkoživeće radionuklide sa visokim nivoima koncentracije aktivnosti i dugoživeće radionuklide, ali samo sa relativno niskim nivoima koncentracije aktivnosti.
5. Srednje radioaktivni otpad: Otpad koji zbog svog sadržaja, posebno dugoživećih radionuklida, zahtijeva veći stepen fizičkog ograničavanja i izolacije nego kod površinskog odlaganja. Međutim, za ovaj otpad ne treba predviđanje ili treba samo ograničeno predviđanje rasipanja toplote tokom njegovog skladištenja i odlaganja. Ovaj otpad može sadržavati dugoživeće radionuklide, posebno alfa emitere, koji se neće raspasti do nivoa koncentracije prihvatljivog za površinsko odlaganje tokom vremena u kojem se može osloniti na institucionalne kontrole. Zbog toga, otpad ove klase zahtijeva odlaganje na većim dubinama, reda desetina metara do nekoliko stotina metara.
6. Visoko radioaktivni otpad: Otpad sa nivoima koncentracije aktivnosti koji su dovoljno visoki da generišu znatne količine toplote procesom radioaktivnog raspada ili otpad sa velikim količinama dugoživećih radionuklida koje treba razmotriti pri projektovanju objekta za odlaganje takvog otpada. Odlaganje u dubokim, stabilnim geološkim formacijama obično nekoliko stotina metara ispod površine tla je obično opšte priznata opcija za ovaj otpad.

# REFERENCE

1. EUROPEAN ATOMIC ENERGY COMMUNITY, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna (2006).
2. Joint Convention on the Safety Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, INFCIRC/546, IAEA, Vienna (1997).
3. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (referenca 1996) (under revision).
4. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection Policy for the Diposal of Radioactive Waste, Publication 77, Pergamon Press, Oxford and New York (1997).
6. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81, Pergamon Press, Oxford and New York (1998).
7. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier (2007).
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.3, IAEA, Vienna (2000).
9. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7, IAEA, Vienna (2004).
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection, 2007 Edition, IAEA, Vienna (2007).
11. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Storage of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-6.1, IAEA, Vienna (2006).
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1, IAEA, Vienna (2009).
13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Management System for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3, IAEA, Vienna (2006).
14. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Management System for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.4, IAEA, Vienna (2008).
15. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.1, IAEA, Vienna (1999).
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE CO-ORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-2, IAEA, Vienna (2002).
17. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009 Edition, IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1, IAEA, Vienna (2009).
18. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1, IAEA, Vienna (2010).
19. OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Confidence in the Long Term Safety of Deep Geological Repositories: Its Communication and Development, OECD, Paris (1999).
20. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.8, IAEA, Vienna (2005).
21. The Agency’s Safeguards System, INFCIRC/66/Rev.2, IAEA, Vienna (1968).
22. Model Protocol Additional to the Agreement(s) Between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards, INFCIRC/540(Corr.), IAEA, Vienna (1997).
23. The Structure and Content of Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, INFCIRC/153(Corr.), IAEA, Vienna (1972).
24. Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources, IAEA, Vienna (2004).
25. The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities, INFCIRC/ 225/Rev. 4 (Corr.), IAEA, Vienna (1999).
26. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Reference Biosferes” for Solid Radioactive Waste Disposal, IAEA-BIOMASS-6, IAEA, Vienna (2003).

**REFERENCE ZA ANEKS**

(A–1) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1, IAEA, Vienna (2009).

(A–2) INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.7, IAEA, Vienna (2004).

1. Terminologija koja se koristi u ovoj publikaciji je definisana i objašnjena u „Rječniku sigurnosti IAEA-e“ (referenca 10) (vidi http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm). [↑](#footnote-ref-1)
2. „Ljudsko uplitanje“ se odnosi na ljudske postupke koji utiču na integritet objekta za odlaganje i koji potencijalno mogu dovesti do radioloških posljedica. U obzir se uzimaju samo oni ljudski postupci koji za rezultat imaju direktan poremećaj objekta za odlaganje (odnosno, samog otpada; kontaminirane zone iskopavanja ili iskopanog zemljišta, uključujući i materijal za ispunu, koje je blizu ili u kontaktu sa paketima otpada; ili materijala izgrađenih barijera). [↑](#footnote-ref-2)
3. Prirodni procesi uključuju niz uslova koji se predviđaju tokom životnog vijeka objekta i događaje koji se mogu desiti sa manjom vjerovatnoćom. Međutim, događaji koji su krajnje nevjerovatni ne spadaju u djelokrug razmatranja. [↑](#footnote-ref-3)
4. Rizik zbog objekta za odlaganje u ovom kontekstu znači vjerovatnoću raka sa smrtonosnim posljedicama ili ozbiljnih nasljednih bolesti. [↑](#footnote-ref-4)
5. Vodič za sigurnost o dokazu sigurnosti i sigurnosnoj procjeni za odlaganje radioaktivnog otpada je u pripremi. [*Nap. prev.*: *Vodič je objavljen 2012. godine pod oznakom SSG-23.*) [↑](#footnote-ref-5)
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Indicators in Different Time Frames for the Safety Assessment of Underground Radioactive Waste Repositories, IAEA-TECDOC-767, IAEA, Vienna (1994). [↑](#footnote-ref-6)
7. U sigurnosnim standardima IAEA-e, „operator“ označava pravno ili fizičko lice koje je podnijelo zahtjev za autorizaciju ili je autorizovano i/ili odgovorno za nuklearnu sigurnost, radijacijsku sigurnost, sigurnost radioaktivnog otpada ili sigurnost transporta pri obavljanju aktivnosti ili u vezi sa nuklearnim objektom ili izvorima jonizirajućeg značenja. Između ostalog, to uključuje građane pojedince, organe vlasti, pošiljaoce ili prevoznike, vlasnike licence, bolnice, samozaposlene pojedince itd. [↑](#footnote-ref-7)
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna (2001). [↑](#footnote-ref-8)
9. Sporazumima sa IAEA-om o nuklearnim zaštitnim mjerama se zahtijevaju državni sistemi za obračun i kontrolu nuklernog materijala. [↑](#footnote-ref-9)
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Issues in Radioctive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-909, IAEA, Vienna (1996). [↑](#footnote-ref-10)
11. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Group Meeting on Safeguards Related to Final Disposal of Nuclear Material in Waste and Spent Fuel (AGM-660), Rep. STR-243 (Revised), IAEA, Vienna (1988). [↑](#footnote-ref-11)
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Issues in Radioctive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-909, IAEA, Vienna (1996). [↑](#footnote-ref-12)
13. Termin „sistem upravljanja“ uključuje sve početne koncepte kontrole kvaliteta (kontrolisanje kvaliteta proizvoda) i razvoja kvaliteta kroz osiguranje kvaliteta (sistem za osiguranje kvaliteta proizvoda), te upravljanje kvalitetom (sistem za upravljanje kvalitetom). [↑](#footnote-ref-13)
14. Pretpostavlja se proizvoljno predstavljanje ljudskog ponašanja, često na osnovu sadašnjih navika ljudi. [↑](#footnote-ref-14)
15. *Nap. prev.: Spisak referenci za aneks je izdvojen na kraju cijelog spiska referenci.* [↑](#footnote-ref-15)
16. Radi dosljednosti, termin „izuzeti otpad“ je zadržan iz prethodne klasifikacijske šeme detaljno obrađene u dokumentu IAEA-e „Classification of Radioactive Waste“, Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994). Međutim, kad se takav otpad oslobodi od regulatorne kontrole, više se ne smatra radioaktivnim otpadom. [↑](#footnote-ref-16)