

JUUNI 2023

Kiirguskaitsega seotud tulevaste väljakutsete hinnang tuumaenergia sektoris Eestis

Veli Riihiluoma (STUK)

Sisukord

1	Kokkuvõte.....	3
2	Sissejuhatus.....	4
3	Eesti olemasolev võimekus, õiguslik raamistik ja kogemus kiirguskaitse valdkonnas.....	7
3.1	Olemasolev võimekus ja kogemus.....	7
3.2	Tulevane õigusraamistik.....	7
3.2.1	Organisatsioonile esitatavad üldnõuded.....	7
3.2.2	Kiirguskaitsealased nõuded.....	9
3.3	Tuumakäitise korra kirjeldus.....	9
3.4	Keskonnaseire.....	11
3.5	Heidete seire.....	14
3.6	Dosimeetria.....	17
3.7	Kiirguse mõõtmised.....	18
3.8	Doosi hindamine.....	20
3.9	Planeering, varjestus ja tsoonideks jaotamine.....	20
3.10	Raadiokeemia ja keemia.....	22
3.11	Hädaolukorras tegutsemise kord.....	25
3.12	Radioaktiivsete jäätmete käitlemine.....	26
4	Järeldused ja arutelu.....	28
5	Akronüümide ja lühendite loetelu.....	30
6	Viited.....	31
	LISA 1 Soome kiirgusohutuse ekspertide nõutavad teadmised ja töökogemus.....	33

Soome Kiirgusohutuskeskuse (STUK) kontrollirühm

Aruande läbivaatamisel osalesid järgmised STUKi eksperdid:

Pia Keski-Jaskari
Seppo Mahla (STUK International Ltd)
Johanna Marttila
Aapo Tanskanen
Päivi Salo

1 Kokkuvõte

Kiirguskaitsealane pädevus on oluline osa riigi võimekusest, mis on eelduseks tuumaenergia ohutule kasutamisele. Selles aruandes kirjeldatakse tuumaenergiaprogrammi jaoks vajalikku kiirguskaitsealast võimekust ja sellega seotud riiklikku infrastruktuuri. Tuleb märkida, et Eestis on juba mingil määral olemas kiirguskaitsealane võimekus ja võimekuse arendamisel tuleks seda arvesse võtta.

STUK on teinud 80 märkust uute kiirguskaitseelementide võimaliku vajalikkuse kohta, mida tuleb käsitleda juhul, kui Eesti otsustab tuumaenergiaprogrammi käivitada. Märkused on toodud teemade kaupa. Need on üldised ja on võimalik, et paljusid neist on Eestis juba arvesse võetud.

Eeldades, et Eesti otsustab tuumaenergiaprogrammi käivitada, võib kokkuvõtlikult öelda, et Eesti peab tegema järgmist:

- Töötama välja õigusaktid ja eeskirjad tuumaenergia ohutuks kasutamiseks, sealhulgas siduvad kiirguskaitse nõuded.
- Täiendava kiirguskaitsevõimekuse arendamine, et vastata tuumaenergiaprogrammi vajadustele. See aruanne sisaldab konkreetseid täiendavat oskusteavet ja võimekust kiirguskaitse valdkonnas. Tuleb märkida, et need sõltuvad osaliselt loaomaniku valitud tuumaelektrijaama tüübist ja sellega seotud tehnoloogiatest.
- Täiendava eksperdiressursi loomine riikliku tuumaenergiaprogrammi toetamiseks. Tungivalt soovitatav on teha koostööd riikidega, kus on olemas tuumaenergiaprogramm, ning STUK soovib Eestil avada oma ülikoolides riiklikud koolitusprogrammid tuumaenergiaprogrammi toetamiseks. Ekspertide koolitamine võtab aega ja seetõttu tuleks sellega alustada niipea, kui on tehtud otsus käivitada tuumaenergiaprogramm.

Kiirguskaitse puhul on Eestil olemas vajalikud põhitingimused, et edukalt arendada tuumaenergiaprogrammi jaoks vajalikku oskusteavet ja võimekust.

2 Sissejuhatus

STUK andis hinnangu tuumaenergiaprogrammiga kaasnevate täiendavate kiirguskaitsekohustuste ja nende käsitlemise meetmete kohta.

Kiirguskaitse on tuumaenergia kasutamisel üks tähtsamaid valdkondi. Sellega tuleb arvestada juba alates planeerimisetapist kuni tuumakäitise kõrvaldamiseni tuumaenergia tsükli kasutuse lõpetamise etapis. Kiirguskaitse vajalikkuse ulatus sõltub näiteks jaama tüübist, objekti omadustest ning reaktorite arvust ja koguvõimsusest objektil.

Paljud kiirguskaitse nõuded on siiski samad, olenemata sellest, milline tehnoloogia on valitud.

Hindamise lähtepunktiks olid Rahvusvahelise Aatomienergiaagentuuri (IAEA) juhised NG-G-3.1 (Rev.1) „Teekaart riikliku tuumaenergia taristu arendamiseks“ („Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power“) ja järgmised kiirguskaitse erinõuded:

3.8.1. Kiirguskaitse: esimene vahe-eesmärk – valmisolek teadlikult pühenduda tuumaenergiaprogrammile

NEPIO (tuumaenergiaprogrammi rakendusorganisatsioon) peaks looma arusaama täiendavatest ohtudest, mida tuumaelektrijaamade käitamine endast kujutab, lisaks ohtudele, mis tulenevad ioniseeriva kiirguse meditsiinilisest, tööstuslikust ja teaduslikust kasutamisest. Esimese etapi lõpus peaks NEPIO oma aruandes välja tooma, kuidas olemasolevaid programme tõhustada, et paremini käsitleda tuumaelektrijaama käitamist, transporti, ladustamist ja radioaktiivsete jäätmete käitlemist.

3.8.2. Kiirguskaitse: teine vahe-eesmärk – valmisolek pakkumismenetlus välja kuulutada / läbirääkimisi pidada, et sõlmida esimene tuumaelektrijaama leping

Kuigi tuumaelektrijaama käitamisega seotud kiirgusohu veel ei eksisteeri, tuleb teises etapis koostada plaanid ja võtta esialgsed meetmed, et enne radioaktiivse materjali saabumist töötada välja programmid, mille abil kontrollida ja jälgida üksikisikute kokkupuudet materjalidega objektil. See hõlmab järgmist:

- reguleeriva asutuse poolt konkreetsete eeskirjade väljatöötamine;
- omaniku/käitaja poolt plaanide koostamine töötajate ja avalikkuse jälgimiseks ja kaitsmiseks;
- mehhanismide loomine kõigi sidusrühmade kaasamiseks ja läbipaistva suhtlemise tagamiseks;
- kiirguskaitsekavade kajastamine tehase projekteerimisnõuetes;
- personali värbamise ja koolitamise ning seadmete ja teenuste hankimise planeerimine.

Samuti oli ülesanne anda üldised soovitusel edasisteks meetmeteks riikliku kiirguskaitsepoliitika arendamiseks seoses tuumaenergiaprogrammiga.

Eesti osalised soovisid keskenduda tuumaenergiaprogrammiga kaasnevatele kiirguskaitsega seotud täiendavatele väljakutsetele ja kohutustele. Arvesse tuleks võtta järgmist:

- Eestis olemasolevat võimekust, õigusraamistikku ja kogemust kiirguskaitse valdkonnas;
- täiendavaid ohte, mida tuumaelektriijaamade käitamine endast kujutab, lisaks ohtudele, mis tulenevad ioniseeriva kiirguse meditsiinilisest, tööstuslikust ja teaduslikust kasutamisest;
- vajadust tõhustada olemasolevaid kiirguskaitseprogramme, et käsitleda tuumaelektriijaama käitamist, transporti, ladustamist ja radioaktiivsete jäätmete käitlemist
- vajadust välja töötada konkreetset eeskirjad reguleeriva asutuse poolt;
- personali värbamise ja koolitamise ning seadmete ja teenuste hankimise planeerimist;
- üldised soovitusete andmist edasisteks meetmeteks riikliku kiirguskaitsepoliitika arendamiseks seoses tuumaenergiaprogrammiga.

Kuigi hindamisel keskenduti peamiselt peatükkidele 3.8.1 ja 3.8.2, oli kõigile osalistele arusaadav, et tuumaenergia kasutuselevõtu ajakava on pikk, nagu on ka märgitud juhendis NG-G-3.1. Iga tuumaelektriijaam hõlmab endas ligi 100 aasta pikkust kohustust, alates selle ehitamisest ja käitamises kuni kasutuselt kõrvaldamise- ja jäätmekäitluseni.

Kogemused näitavad, et aeg, mis kulub tuumaenergia kasutuselevõtu esmasest kaalumise kuni esimese tuumaelektriijaama käivitamiseni, on umbes 10–15 aastat. See võib varieeruda sõltuvalt programmile eraldatud ressurssidest.

STUK andis hinnangu Eesti olemasolevale õigusraamistikule ja kiirguskaitsevõimekusele. Videokonverentsidel jagati täiendavat teavet, mis andis hindamisele hea lähtepunkti. Eesti olemasolev võimekus annab tugeva aluse tuumaenergia kasutamise seotud õigusraamistiku ja kiirguskaitse edasiseks arendamiseks.

Tuumaenergiaprogramm toob kaasa uusi väljakutseid, mis lisanduvad tulenevad ioniseeriva kiirguse meditsiinilisest, tööstuslikust ja teaduslikust kasutamise väljakutsetele. Kõik tuumaenergiaprogrammiga seotud sidusrühmade organisatsioonid peavad oma võimekust suurendama. Tuumarajatise loaomanik/käitaja peab tundma sügavuti oma rajatise kiirguskaitse põhimõtteid ja meetmeid, et seda ohutult käitada ning vältida ülemääraseid kiirgusdoose ja radioaktiivset heidet Eestis. Sarnast võimekust vajavad ka reguleeriv asutus ja teised riiklikud organisatsioonid, et töötada välja õigusakte ja eeskirju ning teostada tuumaenergia kasutamise loa andmist ja tuumaenergia kasutamise järelevalvet Eestis. Nii loaomaniku organisatsiooni kui ka reguleerivat asutust võivad toetada erinevad tehnilist tuge pakkuvad organisatsioonid, kontrolli teostavad organisatsioonid ning teenusepakkujad. Kuid ka teenuse hankimisel on vaja erialaseid teadmisi. Vastutust ohutuse eest ei saa delegeerida. Analüüs viidi läbi eeldusel, et tuumakäitise tarnijal on kõik vajalikud kiirguskaitsega seotud võimekused ning vajaduse korral võib ta tuumarajatise üksikasjaliku projekteerimise käigus oma võimekust täiendada.

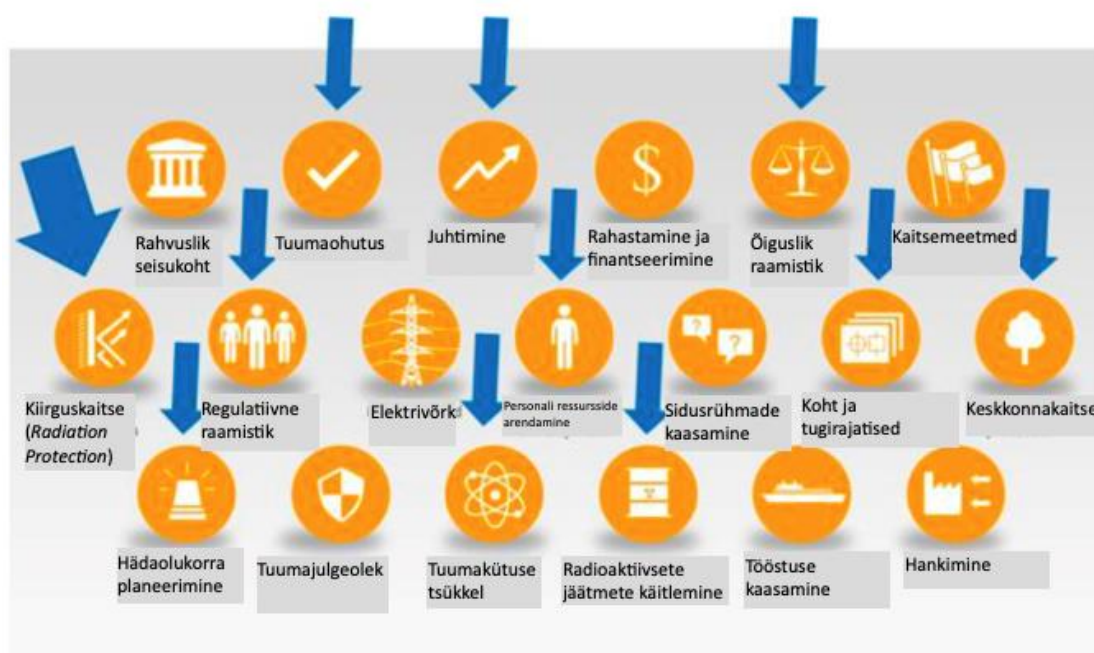
Analüüsi eesmärk oli koostada struktureeritud loetelu vajalikust riiklikust võimekusest, võttes arvesse tuumaenergiaprogrammi tüüpilisi vajadusi ja Eesti olemasolevat riiklikku suutlikkust. Nimekirja saab kasutada erinevate organisatsioonide töötajate ametijuhendite väljatöötamiseks ja mingil määral ka tuumaenergiaprogrammi jaoks vajalike töötajate arvu hindamiseks. Loomulikult mõjutab riikliku tuumaenergiaprogrammi ulatus nõutavat inimressursivajadust. Seda teavet saab omakorda kasutada koolitusprogrammide väljatöötamiseks, et rahuldada tuumaenergiaprogrammi tulevase personalivajadusi. Paljud tuumaenergia kasutamise seotud kiirguskaitsealased ülesanded on nõudlikud ja vajavad vähemalt magistritasemel haridust. Samuti tuleb märkida, et edasijõudnute tasandil

on parim õppida töö käigus ning ka töötajad peavad oma oskusi regulaarselt värskendama.

Koolitusprogrammide elluviimine sõltub Eesti olemasolevast haridussüsteemist ja muuhulgas Eesti ülikoolide olemasolevatest õppekavadest. Tuumaenergiaprogrammiga seotud kraadiõppe programmide loomine võtab aega ja enne seda on esimestel töötajatel võimalik omandada asjakohaseid kraade rahvusvahelistes ülikoolides. Samuti on olemas koostöövõimalused Eesti ja rahvusvaheliste ülikoolide vahel.

Selles hinnangus esitatakse mõned märkused võimaliku vajaduse kohta tõhustada kiirguskaitsega seotud programme.

Kiirguskaitsele on seosed paljude tuumatööstuse võtmevaldkondadega



Joonis 1. Kiirguskaitse valdkonna kokkupuutepunktid teiste tuumasektori oluliste valdkondadega. Nooled on lisatud IAEA vahe-eesmärkidel põhineva lähenemisviisi 19 taristuküsimusele (allikas: IAEA).

Aruandes kirjeldatud vajalikud oskused tuginevad Soome tuumaenergiaprogrammi kogemusele, mis on saadud tavapärase suurte tuumaelektrijaamade ehitamisel ja käitamisel. Kuigi tuumatööstus on konservatiivne ja tugineb sageli järeleproovitud tehnoloogiatele, on tööstuses toimunud arenguid, mis võivad muuta väljakujunenud tavasid ja tuua esile uusi ja paremaid tehnoloogiaid. Hetkel arendatavad VMR jaamad hõlmavad mitmeid lahendusi, mis mõjutavad ka kiirguskaitset. Samal ajal võivad uued tehnoloogiad aga tuua kaasa ka uusi väljakutseid ja vajalikke oskusi. Rahvusvaheline kogemus näitab, et kiirguskaitse eksperdid peavad pidama sammu arengutega ja värskendama oma oskusi. Loaomaniku otsus tuumarajatise tüübi kohta mõjutab ka vajadust kiirguskaitsealaste teadmiste järele.

3 Eesti olemasolev võimekus, õiguslik raamistik ja kogemus kiirguskaitse valdkonnas

3.1 Olemasolev võimekus ja kogemus

Eestis on olemas riiklik kiirgusohutuse taristu, mis on seotud kiirguse kasutamisega meditsiinilistel, tööstuslikel ja teaduslikel eesmärkidel. See annab hea aluse olemasoleva taristu laiendamiseks, et see hõlmaks ka tuumaenergia kasutamist. Tuumaenergia kasutamine toob aga kaasa uusi aspekte.

Arvestades Eesti olemasolevat taristut ja võimekust, on mõnes valdkonnas juba olulised sammud tehtud. Eesti on teadlik tuumaenergia rahumeelse kasutamisega seotud rahvusvahelistest lepingutest ning on juba liitunud ja ratifitseerinud paljud neist. Eesti on välja arendanud ka riikliku võimekuse käsitleda radioaktiivsete jäätmete pärandit. Ka sellised olulised tegurid nagu Eesti stabiilne majandus, digitaalne ühiskond, usaldusväärne õigus- ja haridussüsteem moodustavad hea aluse riigi taristu edasiseks arenguks.

Selles hinnangus on märkusi, mida peetakse oluliseks uue tuumakäitisele loa andmisel ja selle käitamise ettevalmistamisel. Need märkused ei tähenda, et Eesti praeguses võimekuses või tulevikuplaanides oleks puudujääke. Märkuseid ei ole liigitatud ja mõned neist võivad olla isegi vähetähtsad. Olulist rolli mängib valitud tuumakäitis ja see, kui suur on eelnev kogemus valitud tüüpi tuumakäitiseiga.

3.2 Tulevane õigusraamistik

3.2.1 Organisatsioonile esitatavad üldnõuded

Eesti tuumaenergia töörühm (TET) on rõhutanud sõltumatu tuumaohutust reguleeriva asutuse loomise olulisust aegsasti enne otsuse tegemist riikliku tuumaenergiaprogrammi käivitamise kohta. See on hea lähtekoht.

Õigusaktides tuleks selgelt sätestada reguleeriva asutuse volitused tuumaenergia kasutamise eri valdkondades, sealhulgas kiirguskaitsega seoses. Reguleeriv asutus võiks näiteks õigusaktide alusel omada volitusi, anda reguleerivaid suuniseid tuumaelektrijaamade valdkonnas ning omada võimalusi järelevalveks tuumaenergia ohutu kasutamise ja tavade üle.

Õigusaktidega kehtestatakse tuumaenergia heakskiitmise protsessi erinevad etapid. Erinevate valitsusasutuste seisukohad erinevates otsustusprotsessides tuleb selgelt välja tuua.

Õigusaktides või siduvates eeskirjades võiks selgelt sätestada, milliseid dokumente peab litsentsi taotleja ja hilisem litsentsiomanik tuumaenergia kasutamise eri etappides esitama valitsusasutustele või reguleerivale asutusele.

Juba loa andmise protsessi varajases etapp võib vajada mitmeid olulisi otsuseid. Seetõttu on vaja piisavalt ressursse ka kiirguskaitse valdkonnas enne litsentsimisega alustamist.

Eestis on rakendatud ELi direktiiv 2013/59/Euratom. Tuumasektoris kasutatavatel kiirgusohutuse ekspertidel võiks siiski olla eraldi koolitus ja nende kvalifikatsioon võiks olla sätestatud. Selline praktika on hetkel kasutusel Soomes. 1. lisas on esitatud Soome kvalifikatsiooninõuded, mis on seotud tuumaenergeetika sektoriga.

Kiirguskaitse valdkonnal on kokkupuutepunkte mitme tehnilise valdkonnaga. Seda tuleks arvesse võtta tuumaenergiasektoriga seotud kiirguskaitse eripärade osas töötajate koolitamisel.

Tehnilist tuge pakkuva organisatsiooni (TSO) kasutamine võib olla oluline juba ehitusloa andmise etapi alguses. Oluliseks võib osutuda riiklike TSO-de võimekuse suurendamine tuumatööstuse osas. TSO-d peavad olema sõltumatud ning neil peab olema sobiv pädevus, kogemus ja ressursid. Reguleeriv asutus peaks tagama oma võime hinnata TSO-de pädevust.

Oluline on ka õnnetusjuhtumite analüüsi läbivaatamise võimikus. Dokumentide läbivaatamine on tuumakäitisele loa andmise mõnes etapis tõenäoliselt äärmiselt aeganõudev. TSO kasutamine sel hetkel võib olla hädavajalik.

- N1. Reguleeriva asutuse volitused seoses tuumaenergia kasutamisega peaksid olema õigusaktides selgelt kirjas. Reguleeriv asutus võiks näiteks õigusaktide alusel omada volitusi, anda reguleerivaid suuniseid tuumaenergia valdkonnas ning omada võimalusi järelevalveks tuumaelektrijaama ohutu kasutamise ja tavade üle. Siinkohal on kiirguskaitse oluline roll töötajate, avalikkuse ja keskkonna kaitsmisel.
- N2. Tuumakäitise litsentsimisprotsess on suur projekt. Selleks, et saada täielik ülevaade kõigist litsentsimisega seotud üksikasjadest, võiks reguleerivas asutuses moodustada eraldi selge vastutusala projekti organisatsiooni. Selles projekti organisatsioonis võiks koostada üksikasjaliku kava kiirguskaitsega seotud kohustuste ja ressursside kohta.
- N3. Tuumakäitise projekteerimise kõikides etappides peavad olema kättesaadavad piisavad ekspertteadmised kiirgusfüüsika, kiirguskaitse ja kiirgusmõõtmiste valdkonnast. See puudutab nii reguleerivat asutust kui ka litsentsi taotlejat. Ekspertteadmisi on vaja juba ettevalmistustöödel.
- N4. Tuleks koostada kava kiirgusohutuse ekspertide kaasamise kohta projekteerimise eri etappides tehtavates läbivaatamistes ja hindamistes ning kiirguskaitse rakendamist mõjutavate otsuste tegemises.
- N5. Reguleeriva asutuse projekti organisatsioonil peaksid olema protseduurid kogu vajaliku dokumentatsiooni, koosolekute protokollide jms säilitamiseks. Kogu selle materjali puhul võiksid olla selged eeskirjad avalikustamise ja kättesaadavuse kohta. Juba teostatavuse uuringute etapis võib tekkida palju olulist, mida tuleks dokumenteerida.
- N6. Kiirguskaitse on seotud paljude teiste tuumakäitise ehituse alamvaldkondadega. Neid seoseid tuleks arvesse võtta, et saada projekteerimisel ja radioloogilisel planeerimisel hea tulemus. Seoseid erinevate tehniliste valdkondade vahel tuleks arvesse võtta ka töötajate kiirguskaitsealasel koolitamisel.

- N7. Soome kogemuse põhjal on litsentsi taotlejate ja tarnijate projektijuhtimissüsteemide hindamiseks vajalikud ka projektijuhtimise oskused. Vajaduse korral võib kavandada vastav koolitust.

3.2.2 Kiirguskaitsealased nõuded

Õigusaktides või siduvates eeskirjades võiks selgelt sätestada, milliseid dokumente peab litsentsi taotleja ja hilisem litsentsiomanik esitama erinevatele valitsusasutustele või reguleerivale asutusele tuumaenergia kasutamise eri etappides.

Kättesaadav peaks olema kogu vajalik teave projekteerimise kohta. Võimekus kasutatud teavet säilitada ja teadmisi edastada ekspertidele ka siis, kui organisatsioonis toimuvad muutused, on väga oluline.

Teadmised on olulised hoolduse jaoks ja ka juhul, kui tuumakäitise käitamise ajal tehakse muudatusi. See teave on oluline ka tuumakäitise kasutuselt kõrvaldamiseks.

Soome Kiirgusohutuskeskuse tegevusvaldkonnas Soomes kohalduvaid olulisi õigusakte koondav õiguslik andmebaas on kättesaadav aadressil:
<https://www.stuklex.fi/en>.

Järgnevalt on esitatud mõned aspektid, mis on olulised kiirguskaitse seisukohast tuumakäitiste projekteerimisel ja käitamisel. Neid aspekte tuleks kohe alguses arvesse võtta.

- N8. Kuigi tuumakäitist ei ole veel valitud, võiks koostada üksikasjalikud tehnoloogianeutraalsed eeskirjad, mis käsitlevad kiirguskaitset tuumakäitises.

- N9. Paljud IAEA soovitused ei ole siduvad. Tuumaenergia kasutamisel on vaja eeskirju, mis selgelt sätestavad, millistele nõuetele tuleb vastata.

- N10. Vähemalt üldisel tasandil tuleks kavandada kõigi asjakohaste Euroopa regulatiivsete nõuete (direktiivid jne) täitmise hindamine. See märkus puudutab kõiki tuumaenergia kasutamise sektoreid.

- N11. Tuumakäitise kiirguskaitse eripära võib tekitada vajaduse erieeskirjade järele, mis käsitlevad järgmist:

- tuumakäitise projekteerimise eripärad,
- keskkonnamõõtmised,
- dosimeetria,
- heitvee kontroll,
- tuumajäätmete käitlemine,
- kiirgusmõõtmised käitises,
- kiirguskaitse käitamisel;
- hädaolukorraks valmisolek,
- õnnetusjuhtumite analüüs ja nende radioloogilised tagajärjed jne.

3.3 Tuumakäitise korra kirjeldus

Vastavalt IAEA spetsiaalsele ohutusjuhendile nr SSG-61 2021 „Tuumaelektrijaamade ohutusanalüüsi aruande vormistusviis ja sisu“ („Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants“), peaks ohutusanalüüsi aruanne olema üles ehitatud järgmiselt:

1. peatükk: Sissejuhatus ja üldkaalutlused; 2. peatükk: Objekti omadused;
3. peatükk: Konstruksioonide, süsteemide ja komponentide ohutuseesmärgid ja projekteerimiseeskirjad;

4. peatükk: Reaktor;
5. peatükk: Reaktori jahutussüsteem ja sellega seotud süsteemid;
6. peatükk: Ehituslikud ohutuselemendid;
7. peatükk: Seadmed ja juhtimissüsteem;
8. peatükk: Elektrisüsteemid;
9. peatükk: Abisüsteemid ja tsiviilehitised;
10. peatükk: Auru- ja energiamuundussüsteemid;
11. peatükk: Radioaktiivsete jäätmete käitlemine;
12. peatükk: Kiirguskaitse;
13. peatükk: Toimingute läbiviimine;
14. peatükk: Jaama ehitamine ja kasutuselevõtt;
15. peatükk: Ohutusanalüüs;
16. peatükk: Tööpiirangud ja ohutu käitamise tingimused;
17. peatükk: Ohutusjuhtimine;
18. peatükk: Inimtegureid hõlmav projekteerimine;
19. peatükk: Hädaolukorraks valmisolek ja hädaolukordade lahendamine;
20. peatükk: Keskkonnaaspektid;
21. peatükk: Kasutuselt kõrvaldamise ja elutsükli lõpu aspektid

Tuumakäitise kasutamisel puudutab kiirguskaitse erinevaid sektoreid, mitte ainult käitise tavapärasest käitlustööd. Oluline on hõlmata keskkonnaseiret, hädaolukorraks valmistumist, kiirgusmõõtmisi, doosi seiret jne, et tagada üldine ohutus ja üldsuse heakskiit.

Selleks, et doosid oleksid võimalikult väikesed, tuleks 12. peatükis kirjeldada konkreetseid meetodeid, mille abil täidetakse ALARA printsiip. Kirjeldus peaks olema tuumakäitise spetsiifiline.

Kiirguskaitset tuleb kindlasti käsitleda peatükkides 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 15, 16, 17, 19, 20 ja 21.

Tuumakäitise projekteerimisel tuleb kiirgusohutuse aspektide kaalumisel kasutada teavet sarnast tüüpi tuumarajatiste käitamise kohta. Kui tuumakäitis on esimene omataoline, on vaja rohkem nõudeid ja analüüse.

Ohutusanalüüsi aruandes esitatud teave peaks näitama vastavust IAEA ohutusstandardite sarja väljaande nr GSR 3. osa „Kiirguskaitse ja kiirgusallikate ohutus: Rahvusvahelised põhilised ohutusstandardid“ („Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards“) punktidega 2.6 ja 2.7 ning SSR-2/1 nõudega 81 ja SSR-2/2 nõudega 20.

Täiendavad soovitused ja juhised on esitatud IAEA ohutusstandardite sarja väljaandes nr GSG-7 „Kiirguskaitse töökohal“ („Occupational Radiation Protection“).

N12. Ehitusloa taotluse dokumentatsioonis tuleks kiirguskaitse aspekti põhjalikult kirjeldada. Kasuks tuleb teave IAEA väljaandest nr SSG-61 2021 „Tuumaelektrijaamade ohutusanalüüsi aruande vormistusviis ja sisu“ („Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants“).

N13. IAEA ohutusstandardis „Tuumaelektrijaamade kiirguskaitse projekteerimislahendused“ („Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants“) on esitatud kiirguskaitse kõige olulisemad aspektid projekteerimisfaasis. Seda juhendit on ajakohastatud ja see on heakskiitmise etapis.

3.4 Keskkonnaseire



Loaomanik määrab radioloogilise keskkonna lähteolukorra uuringu abil kindlaks kiirgustingimused ja radioaktiivsete ainete kontsentratsioonid tuumakäitise keskkonnas enne, kui uue tuumakäitise ehitamine või käitamine mõjutab radioaktiivsete ainete kontsentratsiooni selles keskkonnas.

Hetkel vastutab Eestis keskkonnakiirguse seire programmi eest Keskkonnaamet.

Keskkonnaamet vastutab kiirgusseire programmi koostamise, haldamise ja rakendamise eest. Kiirgusseire tegemise nõudeid on kirjeldatud kiirgusseaduses, keskkonnaseire seaduses ja nendega seotud määrustes.

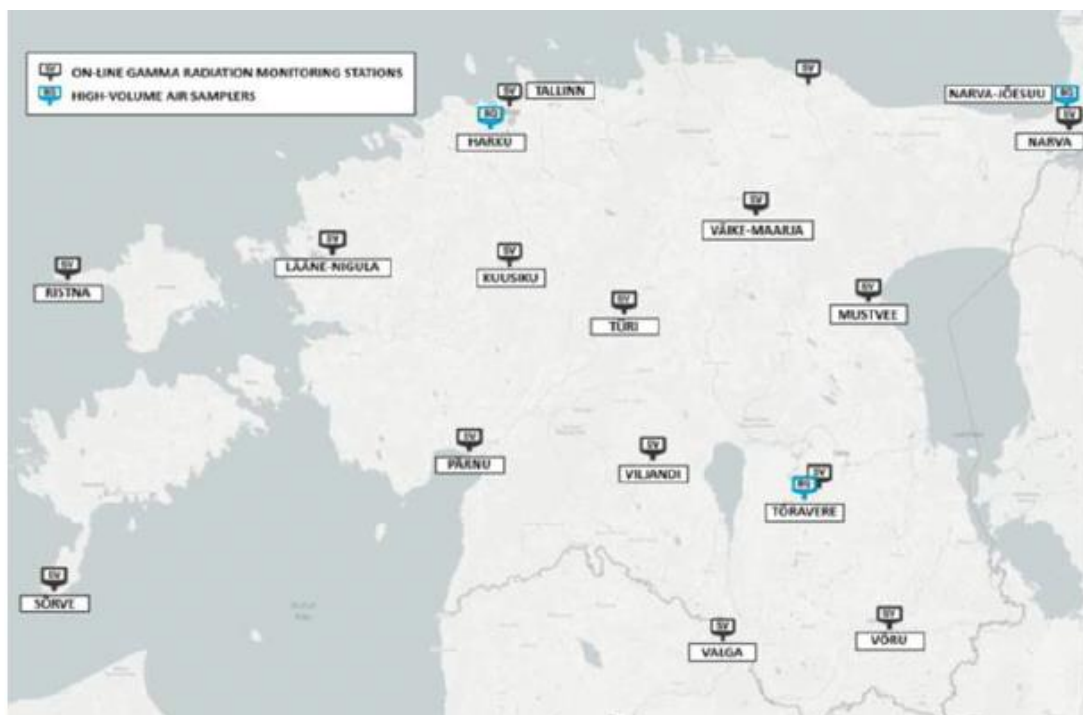
Kiirgusseire raames kogutakse ja analüüsitakse igal aastal õhuproove, pinnavett, joogivett, piima, toiduaineid ja pinnast. Pidevalt jälgitakse gammakiirguse doosi õhus.

Kuna Eesti on liitunud Läänemere piirkonna merekeskkonna kaitse Helsingi konventsiooniga, kogutakse ja analüüsitakse ka merekeskkonna proove (merevesi, elustik ja setted). Seiretulemused tehakse avalikult kättesaadavaks Keskkonnaameti kodulehel.

Kasutusel on 15 automaatset õhu kiirgusseirejaama, kolm õhufilterjaama, Keskkonnaameti laboratoorium proovide analüüsiks ja mobiilne mõõtelabor. Ametiasutuste vahel toimub koostöö proovide kogumiseks. Keskkonnaamet osaleb rahvusvahelises koostöös ja vahetab andmeid kiirgusseire kohta. Mõõtmisüsteem on kaasaegne. 2014. aastal ajakohastas Eesti kiirgusseirevõrku. Kaasaegne süsteem on võimeline mõõtma nii doosikiirust kui ka spektrit. Seirevõrgust kogutakse andmeid automaatselt ja ööpäevaringselt toimib hoiatussüsteem. Eestis on pidevalt kasutusel kolm suure mahuga aerosoolfiltriga õhuseirejaama. Igal nädalal analüüsitakse Keskkonnaameti laboris nendest jaamadest võetud filtreid, kuhu on nädala jooksul ladestunud radioaktiivne saaste, et määrata kindlaks radionukliidide sisaldus välisõhus.

Selles laboris analüüsitakse kõiki riikliku programmiga seotud keskkonnaseireproove. Labor on varustatud kaasaegsete vahenditega ja akrediteeritud vastavalt standardile ISO 17025:2017.

Kuigi praegune võimekus katab hästi Eesti praeguseid vajadusi, on Keskkonnaamet hinnanud, et juhul, kui Eesti valitsus otsustab tuumaenergia kasutusele võtta, tuleb järelevalve korraldust parendada. Tuleb välja töötada kiirgusseire kava ja strateegia, et reageerida erinevatele kiirgus- ja tuumaavarii stsenaariumidele.



Joonis 2. Eesti kiirgusseire hõlmab kogu riiki. Allikas: The Estonian National Report on Compliance with the Obligations of the Convention on Nuclear Safety as referred to in Article 5 of the Convention 8th Review Meeting.

VMR-ide keskkonnaseireprogrammide ulatus sõltub näiteks jaama tüübist, objekti omadustest ning reaktorite arvust ja koguvõimsusest objektil.

Soomes teostavad keskkonnaseiret loaomanikud. Nõuded on sätestatud määruses. STUK kiidab programmid heaks ja kontrollib nende tulemusi. Tuumaelektrijaamade seireprogramm hõlmab välise doosikiiruse, õhu kaudu leviva radioaktiivsuse, radioaktiivse sademe, maismaa indikaatororganismide, aiasaaduste, olmevee, merevee ja tegevuskohaspetsiifiliste valdkondade seiret.

STUK teostab ka sõltumatut keskkonnaseiret tuumaelektrijaamade läheduses. Sel viisil kontrollib STUK loaomaniku tulemusi, nii heitvee kui ka keskkonnaseire osas.

Kuigi Eestis on juba olemas suurepärane keskkonnaseiresüsteem, on siinkohal esitatud mõned ühised soovitusel, mis võiksid toetada keskkonnaseireks piisavate ressursside loomist.

N14. Vastavalt keskkonnamõju hindamise direktiivile tuleb tuumaelektrijaama projekti puhul enne projekti alustamist läbi viia keskkonnamõju hindamine (KMH). Seda nõuet tuleb arvesse võtta tuumaelektrijaamadele tegevusloa andmise reguleeriva raamistiku väljatöötamisel.

N15. Tuumaelektrijaama ehitamise ja kasutamisega on seotud mitmesugused keskkonnamõjud ja -ohud, mis sarnanevad teiste suurte tööstusrajatistega seotud mõjude ja ohtudega. Üldiselt tuleb analüüsida keskkonnamõjude

olulisust. Tuumatehnoloogia peamine mõju on radioaktiivsete heidete sattumine atmosfääri ja veekogudesse. See võib mõjutada ka vee (jõgede või mere) soojusreostuskoormust.

- N16. Reguleerival asutusel peaks olema selge ja sõltumatu roll keskkonnauuringutes. Reguleerival asutusel peaks olema võimalus teostada sõltumatut keskkonnaseiret.
- N17. Uuele tuumakäitisele tegevusloa andmise nõuded peaksid samuti kirjeldama üksikasjalikult keskkonnaseire ulatust. Loa taotlejal ja hiljem loaomanikul peaks olema selge vastutus keskkonnaseire teostamise eest tuumakäitise läheduses.
- N18. Enne tuumakäitise kasutamist tuleb võtta tuumarajatise lähedusest representatiivsed proovid, mis on valitud piirkonna eripära arvesse võttes.
- N19. Keskkonna kiirgusseire on Eestis hästi juurdunud ja katab olemasolevad seirevajadused. Kui aga ehitatakse tuumakäitis, võib tekkida täiendav vajadus seire järele, eriti käitise läheduses. Näiteks Soomes tehakse tuumakäitise kahe kilomeetri ja viie kilomeetri kaugusel pidevaid doosikiiruse mõõtmisi. Nende mõõtmisjaamade abil saab mõõta radioaktiivsuse levikut erinevates suundades ja eelkõige õnnetuste korral.
- N20. Vastutusosalad lähteolukorra programmis peaksid olema selgelt määratletud. Loa taotleja koostab programmi keskkonnatingimuste lähteolukorra määramiseks. Loa taotleja kirjeldab lähteolukorra uuringus programmis lähteuringu proovide võtmist ja mõõtmisi ning nende ajastust ja sagedust. Esitatakse kavandatud proovivõtu- ja mõõtmiskohad ning põhjendatakse seda valikuid. Programmis kirjeldatakse ka mõõtmis-, proovivõtu- ja analüüsimeetodeid.
- N21. Radioloogilise keskkonna lähteolukorra uuringu ulatuse ning vajalike proovivõtmiste ja mõõtmiste määratlemisel võetakse arvesse tuumakäitise asukohta ja selle keskkonda, jaama tüüpi ja tegevuse eeldatavaid mõjusid, näiteks heite teekonda, mahtu ja sattumist keskkonda.
- N22. Hästi läbimõeldud seireprogramm tuleb kehtestada aegsasti enne tuumakäitise käitamise algust. Vee, õhu, toiduahelate, taimestiku ja loomastiku jms seire peaks olema hästi teostatud, et hiljem oleks võimalik hinnata, millised muutused võivad keskkonnas toimuda pärast uue tuumakäitise kasutuselevõttu.
- N23. On võimalik, et pärast analüüsi tegemist on uue tuumakäitise käitamise tõttu keskkonnas vajadus alfa-analüüsi järele. Eesti olemasolevat keskkonnaseiret võib olla vaja parendada, et mõõta alfa-aktiivsust enne tuumakäitise käivitamist.
- N24. Keskkonna kiirgusseire programmi kavandamisel tuleks kontrollida, et tuumaelektrijaama käitamisel tekkiva tahke, vedela ja gaasilise radioaktiivse heite kogused oleksid nii väikesed kui võimalik ning neid kontrollitakse ja jälgitakse rahuldaval määral, nii et lubatud heite piirnormidest peetakse kinni.
- N25. Tuumakäitise läheduses toimuva keskkonnaseire programmi põhimõtted peavad olema selged: mida tuleb üles täheldada ja millist teavet tuleb korrapäraselt esitada reguleerivale asutusele ja teistele osapooltele. Selleks on vaja sobivaid seadmeid ja analüüsimeetodeid, head kvaliteedisüsteemi, juhiseid ja koolitatud personali.
- N26. Hädaolukorraks valmisolek on oluline ülesanne, mille puhul kasutatakse keskkonnamõõtmise andmeid. Tuumakäitise lähedusest on soovitatav pidevalt koguda andmeid doosikiiruse kohta ja ka nukliidispetsiifilisi andmeid, et õnnetuse korral oleks võimalik kasutusele võtta vastumeetmed.

3.5 Heidete seire

Tuumakäitise töötamise tõttu võib ümbritsev elanikkond puutuda kokku kiirgusega, mis tuleneb jaamast eralduvast radioaktiivsest heitest ja otsesest kiirgusest. Selleks, et vähendada ümbritseva elanikkonna kokkupuudet kiirgusega, tuleb piirata nende kokkupuudet tuumakäitise tavapärase töö ning võimalike tööolukordade ja õnnetuste tulemusel tekkiva kiirgusega.

Tuumakäitisest keskkonda eralduvad radioaktiivsed heited ja heitvesi peavad olema teada. Tuumakäitisest keskkonda sattuva radioaktiivse heite ja keskkonna kiirgustaseme piiramiseks kasutatakse parimat võimalikku tehnikat.



Joonis 3. Tavaliselt ei välja tuumakäitise korstnast nähtavaid heiteid.

Tuumakäitise ventilatsioonist väljuv õhk ja protsessidest ärajuhitud gaasilised ained, mis on vajaduse korral puhastatud, suunatakse tavapärase käituse käigus atmosfääri. Tehase protsessidest tulenev puhastatud heitvesi juhitakse veekeskkonda. Tavalise heite puhul on olulised heite väljastusteed näiteks ventilatsioonitoru ja vee väljalaskekanal.

Liikumisel ja õnnetusjuhtumite korral võivad radioaktiivsed ained sattuda keskkonda ka erandlikke teid pidi ning heite koostis võib erineda tavapärasest. Heitkoguseid jälgitakse rajatise sees tehtavate protsessi- ja heitemõõtmiste abil ning keskkonnas esineva kiirguse ja radioaktiivsete ainete seire abil.

Tuumakäitisest tulenevate radioaktiivsete heidete ja heitvee seire annab otsest kiirgusteavet keskkonnale avaldatava kiirgusmõju kohta.

Tuleks kehtestada üksikasjalikud nõuded, et saavutada tuumaelektrijaamast tuleneva radioaktiivse heite vähendamise eesmärgid, samuti tuleks sätestada kiirgusmõõtmised, proovivõtusüsteemid ja laboratoorsed määramised, mida kasutatakse tuumaelektrijaamast tuleneva radioaktiivse heite seireks.

Mõju keskkonnale sõltub meteoroloogilistest tingimustest. Enne tuumakäitise ehitamist tuleb teha mõningaid ettevalmistusi meteoroloogiliste andmete kogumiseks objektilt. Nende meteoroloogiliste andmete põhjal saab välja arvutada kiirguse mõju keskkonnale.

Vastavalt komisjoni soovitusel Euratomi asutamislepingu artikli 37 kohaldamise kohta (2010/635/Euratom) esitavad liikmesriigid komisjonile teavet tuumaenergia kasutamise hinnangulise keskkonnamõju kohta. Näiteks tuleb tuumaelektrijaama andmed esitada võimaluse korral üks aasta või hiljemalt kuus kuud enne tegevusloa väljaandmist.

Samuti on märgitud tehtud heite mõõtmiste tundlikkus. Arvutada tuli kõige enam kiirgusega kokku puutuva elanikkonnarühma esindusliku isiku kiirgusega kokkupuude.

N27. Meteoroloogiline teave annab radioaktiivsuse leviku analüüsimiseks olulist teavet. Seega peaks tuumaelektrijaama esialgne ohutusanalüüsi aruanne (EOAA) sisaldama kava meteoroloogiliste mõõtmiste kohta, mis viiakse läbi elektrijaama asukohas ja selle läheduses.

N28. Tuumaelektrijaama esialgse ohutusanalüüsi aruandes esitatakse piirkonna meteoroloogiliste tingimuste, mesokliima ja veealade kirjeldus. Kirjelduses esitatakse tuule suuna ja kiiruse, atmosfääri stabiilsuse, sademete esinemise ja segunemiskõrguse statistilised jaotused eri aastaaegadel.

N29. Tuumakäitise heitvee ja heitmete mõõtmine nõuab mõõteseadmeid, mis erinevad muude tööstusharude seadmetest. Vajalik võib olla näiteks C-14 ja triitiumi mõõtmine.

N30. Tuumatööstuses on tavaliselt kasutusel reaalaajas mõõtmised ja ka proovivõtjad, mis koguvad proovi pikema aja jooksul. Laboratoorsel analüüsil on hindamisel oluline roll.

N31. Erakorraliste heitvete puhul on tõenäoliselt vaja spetsiaalset korda, seadmeid ja mõõtmismeetodeid. Need võivad olla eraldiseisvad tavalistest heitvee ja heite mõõtmistest.

N32. Mõne heitvee ja heite mõõtmise puhul võib olla vajalik kasutada lisa mõõtesüsteeme. Seda võiks vajaduse korral sätestada määrustes.

N33. Heite aruandlus: Reguleeriv asutus peab loaomanikelt saadud heite aruannete andmed läbi vaatama ja neid hindama ning seejärel neist oma aruande koostama. Tuleb täpsustada, mida tuleb aruandes kajastada (kuidas rühmitatakse nukliidid), kuidas andmeid esitatakse (milline SI-ühik) ja kuidas määratletakse allikas (reaktori- või kohaspetsiifilised andmed).

N34. Aruandluse tegemiseks tuleb eraldada ressursi. Tõenäoliselt on vajadus riiklikul tasandil anda teada heitest ja heitveest: reguleeriv asutus peab andmed esitama näiteks 1) iga-aastastes regulatiivsetes aruannetes 2) mis tahes muus riiklikus uuringus või andmebaasis (nt statistika energiatootmisel tekkivate heitmete kohta).

N35. Elanikkonna kiirgusdooside puhul määratletakse kõige enam kiirgusega kokkupuutuvat rühma esindava üksikisiku kiirgusdoos. Kiirgusega kokkupuute määratlemisel võetakse arvesse radioaktiivsete ainete olulisi kokkupuuteteid.

N36. Arvutusmeetod, mille abil hinnatakse keskkonnaseire põhjal hinnatud aastane doos, mis langeb kriitilise rühma keskmisele liikmele kõigist asjakohastest tegevustest, peaks olema kättesaadav nii loa taotlejale (hilisem loaomanik) kui ka reguleerivale asutusele.

N37. Erinevatele organisatsioonidele tuleb esitada aruandeid heidete ja heitvee kohta. Näiteks Soome reguleeriv asutus peab aru andma ELile, UNSCEARile. Näiteks Soomes rahvusvahelisel tasandil:

ELi riigid: RADD andmebaas (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004H0002>,
<https://webgate.ec.europa.eu/raddataproov/index.dox>),
Ülemaailmne: DIRATA andmebaas (<https://dirata.iaea.org/>),
Läänemere riigid: HELCOMi andmebaas (<https://helcom.fi/>),
Muu uuring või küsimustik (nt UNSCEAR).

3.6 Dosimeetria

Dosimeetria on üks valdkond, mida tuleks kirjeldada EOAA-s. Eri tüüpi dosimeetria vajadus sõltub tuumakäitisest. On väga tõenäoline, et vaja võib olla teistsugust dosimeetria meetodit, kui see, mida Eestis praegu kasutatakse.



Joonis 4. TL-dosimeeter ja elektrooniline dosimeeter (reaalajas toimiv dosimeeter).

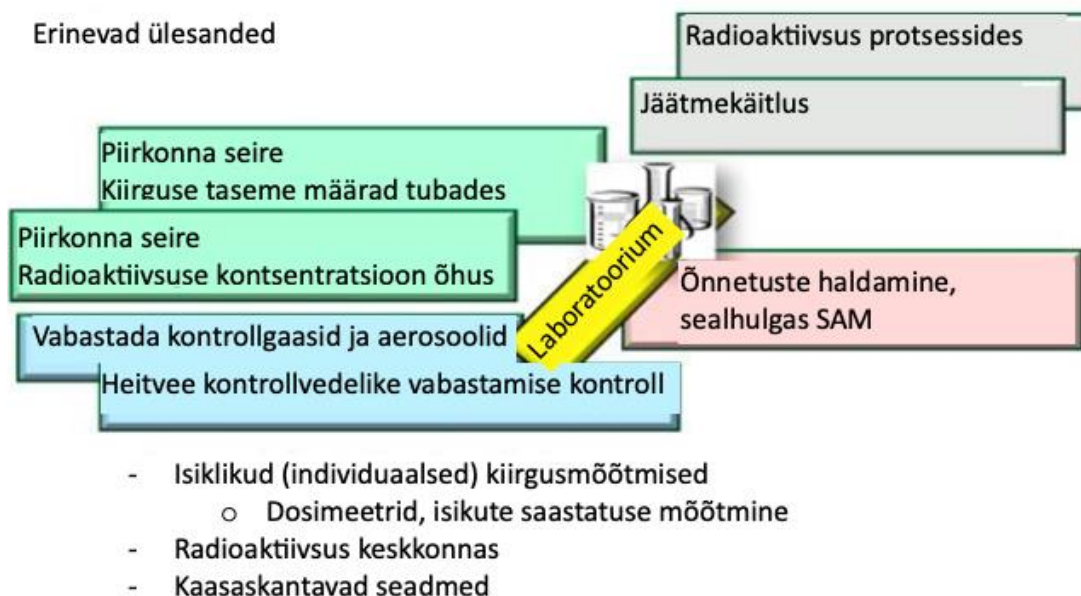
Keskonnaamet vastutab Eestis kokkupuutuvate töötajate doosidega seotud registri pidamise eest. Samuti kiidab Keskonnaamet heaks ka dosimeetria teenused ja väljastab doosikaarte. 2021. aastal tegi Keskonnaamet mõned uuendused doosiregistris.

- N38. Uue tuumakäitise käitamine võib põhjustada mõningaid lisanõudeid dosimeetria teenusele. Seda tuleks arvesse võtta tuumakäitises kasutatava dosimeetria teenuse heakskiitmisel.
- N39. Dooside jälgimiseks võib tuumakäitises olla vaja nii automaatseid kui ka passiivseid dosimeetreid. Kahe dosimeetri kasutamine muudab doosi mõõtmise usaldusväärsemaks, eriti ootamatutes olukordades. Lisaks on võimalik vajaduse korral teha doosi hindamist.
- N40. Tuleks hinnata neutronite doosi mõõtmise vajadust tuumakäitises. Lisaks võib olla vaja kasutada neutroni dosimeetreid kasutatud tuumkütuse transportimisel.
- N41. Võib olla vajalik tuumakäitise töötajate uurimine mitte ainult pinnapealse saaste, vaid ka sisemise radioaktiivsuse suhtes.
- N42. Töötaja sisemise doosi arvutamine võib olla üks uus aspekt, mida arvestada peale tuumakäitise kasutuselevõttu.

- N43. Kõige tõhusam viis sisemise doosi analüüsimiseks põhineb tuumaspetsiifilistel mõõtmistel. Sisemise doosi hindamiseks tuleks kehtestada meetodid, arvutuskoodid ja seadmed.
- N44. Sisemise doosi hindamine ei ole vajalik mitte ainult tavapärase käituse ja hoolduskatkestuste korral. Hindamise vajadust tuleks suurendada ka vahejuhtumite või õnnetuste puhul.
- N45. Pinnasaaste tuumakäitises võib põhjustada nahale avalduvat doosi. Tuleks kehtestada meetodid pinnadoosi analüüsimiseks ja arvutamiseks.
- N46. Kui seda veel ei ole, tuleks luua võimalus saata riiklikkuse doosiregistrisse individuaalseid doose ja neid seal registreerida sisemise doosi, nahale avalduva doosi, neutronite doosi ja ka hinnangulise doosi registritesse.
- N47. Uue tuumakäitise kasutuselevõtt paneb mõningaid uusi nõudeid doosikaartide kasutamisele. Ajutiste töötajate arvu suurenemine võib tekitada lisavajadusi doosikaartide kasutamise, täitmise ja väljastamise osas.

3.7 Kiirguse mõõtmised

Mõõdetakse tuumakäitise ruumide kiirgustasemeid ja siseõhus ning süsteemides olevate gaaside ja vedelike aktiivsuskontsentratsioone. Statsionaarsed mõõtmised annavad pidevat ajakohast teavet käitise kohta. Olulisel kohal on erinevate süsteemide või protsesside kiirguse või aktiivsuse mõõtmine.



Joonis 5. Tuumakäitises on tavaliselt eri tüüpi kiirgusmõõtmisi, mis annavad ülevaate erinevate piirkondade ja süsteemide radioloogilisest olukorrast.

Radioaktiivsete ainete eraldumist tuumakäitisesest jälgitakse ja nende kontsentratsiooni keskkonnas mõõdetakse.

Regulaarsete doosikiiruse mõõtmiste abil saab jälgida tingimusi käitises. Need mõõtmised võivad anda olulist teavet kiirgustingimuste muutuste kohta. Doosikiirust saab mõõta kaasaskantavate seadmetega.

Selleks, et üksikasjalik teave tuumakäitise kiirgusolude kohta oleks ka EOAA-s, tuleks anda vajalike kaasaskantavate mõõteseadmete või laboriseadmete kirjeldus.

Tuumakäitises võib tekkida vajadus mõõta alfa-, beeta- ja neutronkiirgust. Samuti võib tuumakäitises olla vaja eriseadmeid, mida kasutatakse ainult laboratooriumides.

N48. Tuleks kirjeldada, kuidas tuumakäitises mõõdetakse radioloogilisi tingimusi, näitamaks, et ALARA printsiipi on võimalik täita. Mõõtmisvõimekus peaks olema selline, et oleks võimalik saada kogu vajalik radioloogiline teave tuumakäitise kohta.

N49. Lisaks doosikiiruse mõõtmisele võib tuumakäitises olla vaja ka alfa-, beeta- ja neutronaktiivsust mõõtvaid seadmeid. Seadmed võivad olla statsionaarsed või kaasaskantavad.

N50. Vaja on sobivaid radioloogilisi mõõteseadmeid. Tuumakäitises tehtavate kiirgusmõõtmiste jaoks valitud seadmete sobivust tuleb hinnata.

N51. Kontrollitavate alade piiridel peaksid olema kehtestatud selged radioaktiivsuse piirmäärad ja seal peaksid olema seadmed, mis suudavad mõõta madalat radioaktiivsuse taset.
Tabelis 1 on esitatud radioaktiivsuse piirmäärad Soomes töövahendite, riiete ja naha puhul.

N52. Tuumakäitistes kasutatavate eri tüüpi kiirgusmõõteseadmete tundmine on vajalik, et mõista nende sobivust.

Radioaktiivne aine	Töökohad ning töös kasutatavad tööriistad ja materjalid	Töölised	
	Madalaim tsoon kontrollitavas piirkonnas Bq/cm ²	Riided Bq/cm ²	Nahk Bq/cm ²
Alfaosakeste kiirgurid (radiotoksilisuse klass 1)	0,4	0,4	0,2
Muud nukliidid	4	4	2

Tabel 1. Pinnasaaste piirmäärad Soome tuumakäitistes.

3.8 Doosi hindamine

Tagamaks, et isikudoosid ja aastane kollektiivdoos kavandatud ja eeldatavate tavapäraste tööülesannete ajal oleksid väikesed, tuleb teha vastavad arvutused. Samuti tuleks kirjeldada meetmeid, mida on võetud kokkupuute vältimiseks ja piiramiseks. Tavaliselt on tööalane kokkupuude suurim katkestuste ajal. Katkestuste ajal toimuvad hooldustööd, katsed ja kütuse vahetus. Tuleks kirjeldada ligipääsetavust süsteemi tasandil, ka tavapäraste olukordade puhul.

Süsteemi tasandil ja isegi komponentide tasandil peaksid olema kättesaadavad hinnangulised doosikiirused käitamise ajal, näitamaks, et arvutused on tehtud juba projekteerimisfaasis. Nende arvutuste põhjal on oluline näidata, et võetakse meetmeid tulevaste töötajate kaitsemiseks.

N53. Loaomanik peaks esitama tuumakäitise tavapäraste kütuse kohta nii kollektiivdoosi kui ka isikudooside hinnangu ja doosi sihttasemed. See näitab, et ALARA printsiip on täidetud juba projekteerimisfaasis.

N54. Tavapäraste tööpiirkondade doosikiirused tuleks esitada projekteerimisdokumentatsioonis. Teada peaks olema ka doosikiirused erakorralistes olukordades ja õnnetuste puhul.

N55. Kõik vajalikud ettevalmistused tuumaenergia käitamisepiisiks tehakse projekteerimise etapis. Hea disaini, robotika ja kaugjuhtimise kasutamise abil saab ära hoida suure hulga kiirguse jõudmist inimesteni.

3.9 Planeering, varjestus ja tsoonideks jaotamine

Hästi läbimõeldud planeering võib optimeerida kiirguskaitset. Ruumide tsoonideks jaotamine vastavalt erinevatele radioloogilistele tingimustele peaks olema võimalik juba projekteerimise ajal.

PSARis või muudes asjakohastes kirjeldustes tuleks lisaks käitisele arvesse võtta ka teisi radioloogilisi aspekte. Tuleks arvestada transporditeid kõikidesse vajalikesse rajatistesse, eelkõige eraldiseisvatesse jäätmehooldlatesse, laboritesse, saastest puhastamise rajatistesse jne.

Seega peaks EOAA-s kirjeldama, kuidas on arvesse võetud põhilisi kiirguskaitsemeetmeid (aeg, kaugus ja varjestus). EOAS tuleks ka välja tuua, et on kasutusele võetud asjakohased projekteerimis- ja töökorralduslikud meetmed, et vähendada tarbetute kiirgusallikate hulka. Varjestuse arvutused mängivad olulist rolli.

Projekteerimisel, eelkõige planeeringu puhul, võetakse arvesse tuumakäitise tööd, sealhulgas kasutuselevõtmist, tavapärase käitamist, eeldatavaid tööolukordi, võimalikke õnnetusi ja tuumaelektrijaama kasutuselt kõrvaldamist.

Tuleks käsitleda töötajate võimalikku kokkupuudet tuumaelektrijaamas õnnetusjuhtumi korral, sealhulgas laiendatud projekteerimistingimustes olukorras, kus südamik sulab, ning kirjeldada vahendeid ja muid meetmeid, mida on võetud sellise kokkupuute vähendamiseks.

EOAA-s esitatud teave peaks kas kirjeldama, kuidas on projekteerimisel kasutatud piisavaid kiirguskaitsemeetmeid, või viitama ohutusanalüüsi aruande muudele osadele, kust seda teavet esitatakse.

	Väline kiirguse tase	Pinna saastumine (pinna aktiivsus)	Tuletatud õhu kontsentratsioon (Derived Air Concentration - DAC)
Tsoon 1	< 25 µSv/h	Beeta-kiirgurid ≤ 4 Bq/cm ² Alfa-kiirgurid ≤ 0,4 Bq/cm ²	≤ 0,3 DAC
Tsoon 2	< 25 µSv/h 1 mSv/h	Beeta-kiirgurid 4 Bq/cm ² ...40 Bq/cm ² Alfa-kiirgurid 0.4 Bq/cm ² ...4 Bq/cm ²	0,3 DAC ... 30 DAC
Tsoon 3	> 1 mSv/h	Beeta-kiirgurid ≥ 40 Bq/cm ² Alfa-kiirgurid ≥ 4 Bq/cm ²	≥ 30 DAC

Tabel 2. Selles tabelis on näide sellest, milliseid doosikiiruseid, saastetasemeid ja DAC-väärtusi kasutatakse Soome tuumakäitise ruumide tsoonideks jaotamisel.

Kiirguse mõõtmise korraldamine tuumakäitises on oluline. Need mõõtmised võivad anda märku kiirgustaseme muutusest enne, kui töötajad vastavatesse ruumidesse või koridoridesse lähevad.

N56. Tuleb teha ettevalmistusi varjestuse arvutuste ja hajumisarvutuste tegemiseks. Selleks, et saada piisavalt teavet doosikiiruste kohta keerukate struktuuride alternatiivsete lahenduste puhul või hajumise hindamisel, võib olla vaja kasutada Monte Carlo arvutusmeetodeid.

N57. Vajalik on võimekus analüüsida tuumaelektrijaamade eriolukordade varjestuse arvutusi. Selleks võib olla vaja kasutada TSO-d.

N58. Juba projekteerimise varajases etapis peaks olema võimalik tutvuda käitise planeeringuga, sealhulgas tsoonideks jaotusega.

3.10 Raadiokeemia ja keemia



Joonis 6. Foto STUK-i laborist.

Peamised panustajad kiirgusvälja moodustamisesse (ja seega ka kollektiivdoosi tekkimisesse katkestuse ajal) on aktiveeritud korrosioonisaadused. Kiirguse seisukohalt kõige olulisemad radionukliidid on ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{59}Fe , ^{54}Mn , ^{51}Cr , ^{95}Zr ja ^{95}Nb .

Tabelis 3 on esitatud tuumaelektrijaama jahutusvedeliku peamised aktiveerimissaadused. Tabelis 4 on näidatud mõnede aktiveerimissaaduste aktiveerimisprotsess. Kütusekahjustuse korral aga erineb radionukliidide koostis tabelites 3 ja 4 esitatutest. Näiteks ^{131}I on sel juhul üks enim jälgitavaid radionukliide.

Nende radionukliidide puhul on tavaliselt kaks peamist allikat: südamikuvälised korrosioonisaadused (aurugeneraatori korrosioonisaadused jms) ja kütusekogumi ja/või materjalide korrosioonisaadused (reaktori siseosad jms). Kiirgusvälja tekke piiramiseks saab esiteks vähendada materjalide korrosiooni ja teiseks vähendada selliste elementide nagu Ni ja Co kontsentratsiooni nendest materjalides (nt varieerides jaama projekti ning primaarse jahutusvedeliku voolu ja keemiat). Kiirguskaitse seisukohast on kõige olulisem materjaliküsimus materjali korrosioonikindlus.

Radioaktiivsuse kontrollimisel mängib olulist rolli saastest puhastamine. Saastest puhastamise süsteeme tuleks kirjeldada dokumentatsioonis ja märkida nende asukoht tuumakäitises. Puhastamise abil saab radioaktiivsust eemaldada komponentidest, süsteemidest, tööriistadelt ja vajaduse korral isegi tervetest vooluahelatest. Töötajatele tuleks ette näha spetsiaalsed ruumid saastest puhastamiseks. EOAA-s tuleks anda teavet selle kohta, kus paiknevad statsionaarsed kiirgusmõõteseadmed ja proovivõtukohtad.

Puhastussüsteemide tõhususe jälgimine on üks oluline ülesanne, milles osalevad keemia ja radiokeemia eksperdid.

Aktiveerimis- produktid	Reaktsioon	Poolestusaeg	Allikas/Märkused
^{16}N	$^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$	7,13 sekundit	^{16}O aktiveerimine jahutusvedelikus
^{13}N	$^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$	9,96 minutit	^{16}O aktiveerimine jahutusvedelikus ja ülaltoodud reaktsioonist tagasipõrkunud prootoni kiire interaktsioon
^{18}F	$^{16}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$	109,7 minutit	^{16}O aktiveerimine jahutusvedelikus prootonite
^3H	$^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}(n,n\alpha)^3\text{H}$ $^{10}\text{B}(n,2\alpha)^3\text{H}$ $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$ $^6\text{Li}(n,n\alpha)^3\text{H}$	12,3 aastat	Reaktori jahutusvedelikku paisatud ^{10}B ja ^6Li aktiveerimine, et reguleerida vastavalt reaktsioonivõimet ja pH-d Aktiveerimine ja eraldumine teisestest käivitusallikatest (antimon – berüllium)
^{42}K		12.36 tundi	Reaktori jahutusvedelikku paisatud K aktiveerimine pH reguleerimiseks VVER reaktorites
^{14}C	$^{17}\text{O}(n,\alpha)^{14}\text{C}$ $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ $^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}$	5730 aastat	Reaktori jahutusvedelikus ja uraanoksiidis sisalduva ^{17}O aktiveerimine
^{41}Ar	$^{40}\text{Ar}(n,\gamma)^{41}\text{Ar}$	1,83 tundi	Reaktori süvendi ventilatsiooniõhus (keevveereaktor) või reaktori
^{38}Cl	$^{37}\text{Cl}(n,\gamma)^{38}\text{Cl}$	37 minutit	Jahutusvedelikus lisandina sisalduva ^{37}Cl aktiveerimine
^{24}Na	$^{23}\text{Na}(n,\gamma)^{24}\text{Na}$	23 tundi	Jahutusvedelikus lisandina sisalduva ^{23}Na aktiveerimine
^{65}Zn	$^{64}\text{Zn}(n,\gamma)^{65}\text{Zn}$	244 päeva	Jahutusvedelikus lisandina või loodusliku tsingi paiskamisel sisalduva ^{64}Zn aktiveerimine. See võib oluliselt kaasa aidata kiirguse tasemete väliarvutamisele

Tabel 3. Järgnevalt on loetletud mõned tuumaelektrijaamades kõige sagedamini esinevad jahutusvedeliku aktiveerimissaadused. Esitatud on reaktsioon, poolestusaeg ja allikas koos märkustega.

Allikas: Radiological Protection NEA/CRPPH/R(2014)2 July 2014 www.oecd-neo.org
Radiation Protection Aspects of Primary Water Chemistry and Source-term Management Report.

Radionukliid	Poolestusaeg	Aktiveerimisreaktsioon	Peamine allikas
⁵¹ Cr	27,702 päeva	⁵⁰ Cr (n,) ⁵¹ Cr	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁵⁴ Mn	312,1 päeva	⁵⁴ Fe (n,p) ⁵⁴ Mn	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁵⁵ Fe	2,73 aastat	⁵⁴ Fe (n,) ⁵⁵ Fe	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁵⁶ Mn	2,578 tundi	⁵⁵ Mn (n,) ⁵⁶ Mn	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁵⁸ Co	70,88 päeva	⁵⁸ Ni (n,p) ⁵⁸ Co	Niklisulamid
⁵⁹ Fe	44,51 päeva	⁵⁸ Fe (n,) ⁵⁹ Fe	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁵⁹ Ni	7,46E4 aastat	⁵⁸ Ni (n,) ⁵⁹ Ni	Roostevaba teras ja nikli baasil sulam
⁶⁰ Co	5,271 aastat	⁵⁹ Co (n,) ⁶⁰ Co	Stellite™ ja koobaltit kandvad komponendid
⁶⁴ Cu	12,701 tundi	⁶³ Cu (n,) ⁶⁴ Cu	17-4 PH teras
⁶⁵ Zn	243,8 päeva	⁶⁴ Zn(n,) ⁶⁵ Zn	Loodusliku tsingi paiskamine
⁹⁵ Nb	34,97 päeva	⁹⁵ Zr lagunemine	Kütusekatted (Zircaloy, Zirlo™ jne)
⁹⁵ Zr	64,02 päeva	⁹⁴ Zr (n,) ⁹⁵ Zr	Kütusekatted (Zircaloy, Zirlo™ jne)
⁹⁹ Tc	2,13E5 aastat	⁹⁸ Mo (n,) ⁹⁹ Mo ⁹⁹ Tc	Roostevaba teras, saastavad lisandid ja lõhustumine
^{110m} Ag	249,8 päeva	¹⁰⁹ Ag (n,) ^{110m} Ag	Hõbe-indium-kaadium
¹²² Sb	2,72 päeva	¹²¹ Sb (n,) ¹²² Sb	Kontrollvarraste kulumine,
¹²⁴ Sb	60,20 päeva	¹²³ Sb (n,) ¹²⁴ Sb	Sekundaarne käivitusallikas, RCP laagrid, lisandid
¹²⁵ Sb	2,75 aastat	¹²⁵ Sn lagunemine püüdmine ¹²⁴ Sb abil	Kütusekatte lisandid ja neutronite
¹⁸¹ Hf	42,4 päeva	¹²⁴ Sb (n,) ¹²⁵ Sb	
¹⁸¹ Hf	42,4 päeva	¹⁸⁰ Hf (n,) ¹⁸¹ Hf	Kütusekatte lisandid
¹⁸⁷ W	23,9 tundi	¹⁸⁶ W (n,) ¹⁸⁷ W	Roostevaba teras, kõvasulamid ja keevitusartefaktid

Tabel 4. Tuumaelektriijaamade primaarjahutusüsteemis esinevate peamiste aktiveerumissaaduste päritolu seoses struktuuride või korrosioonimehhanismidega. Allikas: Radiological Protection NEA/CRPPH/R(2014)2 July 2014 www.oecd-nea.org Radiation Protection Aspects of Primary Water Chemistry and Source-term Management Report.

- N59. Tuumakäitises toimuvate keemiliste ja radiokeemiliste protsesside tundmine on soovitatav, et mõista nende mõju kiirguskaitsele.
- N60. Vähendamaks radioaktiivse materjali kogunemist süsteemidesse ja komponentidesse, on oluline tuumakäitises tähelepanu pöörata materjalide valikule, saastest puhastamisele ja radiokeemiale.
- N61. Radiokeemia mängib olulist rolli erinevate kütusekahjustuste tuvastamisel.
- N62. Laboratoorsed analüüsid täiendavad teavet, mida kogutakse seadmete ja proovivõtjate abil rajatisest. Näiteks heitvee kontrollimisel saab kõige täpsemat teavet laboratoorse analüüside abil. Seega peaks tuumakäitise kasutatav laboratoorium olema varustatud kaasaegsete vahenditega ja vastama kõrgetele kvalifikatsioonikriteeriumidele (standard ISO 17025:2017).
- N63. Tavaliselt kasutatavad proovide mõõtmisega tegelevad laboratooriumid geomeetriat, mis on kohandatud normaalingimustele. Lisaks on laborites taustakiirguse tingimused tavatingimustes stabiilsed. Hädaolukordades võib tekkida vajadus erikorra järele tuumakäitise laboratooriumites.

3.11 Hädaolukorras tegutsemise kord

Eestis on olemas hädaolukorra seadus ja täiendavad õigusaktid kiirgushädaolukorra plaanide kohta. Juhul kui Eesti otsustab tuumaenergia programmi käivitada, võib olla vajadus lisada õigusaktidesse mõningaid uusi elemente. Näiteks tuleks hinnata erakorralist planeerimistsooni.

Loaomanik peab olema valmis teostama analüüsi ja kaaluma võimalike hädaolukordade jaoks vajalikke meetmeid juba projekteerimisfaasis.

Soome tuumaenergia määruuse kohaselt peab loaomanik esitama STUK-ile ehitusloa taotlemisel esialgse hädaolukorra lahendamise kava, milles kirjeldatakse hädaolukorras tegutsemise põhiprintsiipe. Kava saadetakse heakskiitmiseks.

Ehitusloa taotlus peab sisaldama hädaolukorra lahendamiseks vajalike ruumide kirjeldust. Nende hulka kuuluvad hädaolukorrale reageerimise keskus, muud ruumid, mis on mõeldud kasutamiseks hädaolukorrale reageerivate organisatsioonide poolt, remonditöödeks ettenähtud ruumid, doosiseire, kiirguskaitseadmed, laboriruumid ja ka rajatised, kus tegutsevad käitise üksused, kui objektile tegutsevad juba käitise üksused.

Julgeolekuaspektid moodustavad eraldi teema, mis on tihedalt seotud hädaolukorra lahendamisega. Seda küsimust siinkohal ei käsitleta.

N64. Ehitusloa taotlusele tuleks lisada kõige olulisemad otsused seoses hädaolukorras kasutatavate seadmete ja ruumidega.

N65. Esialgne hädaolukorra lahendamise plaan, milles kirjeldatakse tuumakäitise hädaolukorra lahendamise põhiprintsiipe, on väga oluline ning selles mängib tähtsat rolli ka kiirguskaitse.

N66. Õnnetusjuhtumite korral võib olla vaja kohaldada töötajate suhtes spetsiaalset dosimeetriat ja kaitseriietust. Tuleb teha plaan seoses kiirguskaitse erivajadustega.

N67. Elutähtsad juurdepääsuteed hädaolukordade puhul tuleks kavandada juba projekteerimisfaasis. Tähelepanu tuleb pöörata evakuaatsiooniteedele käitise sees ja sellest väljas. Kõigi nende meetmete abil saab hädaolukordades saadavat doosi vähendada.

N68. Hädaolukordade lahendamise puhul tuleks loaomanikule esitatavad nõuded selgelt sätestada õigusaktides ja nõuetes. Loaomanik peaks olema valmis rakendama hädaolukordades nõutavaid meetmeid, tegema hädaolukordade ja nende tagajärgede analüüsi, hädaolukordade eeldatava arengu hindamist, võtma õnnetuse kontrollimiseks või piiramiseks vajalikke leevendavaid meetmeid, hoidma pidevat ja tõhusat teabevahetust ametiasutustega ning teavitama meediat ja avalikkust.

N69. Reguleeriva asutuse jaoks on oluline mõista hädaolukordi ja õnnetuste radioloogilisi tagajärgi. Oluline on personali väljaõpe radioloogiliste tagajärgede osas eri tüüpi õnnetuste korral.

N70. Nagu eespool öeldud, tuleb tuumakäitise puhul juba projekteerimisfaasis arvesse võtta kõiki käitusseisundeid ja õnnetusjuhtumeid.

3.12 Radioaktiivsete jäätmete käitlemine

Radioaktiivsete jäätmete käitlemine ja nende kõrvaldamine on tuumaenergia puhul oluline aspekt ja seda tuleks kaaluda varakult. Vajalik on jäätmete käitlemine, jäätmete ladustamine ja radioaktiivse materjali lõplik kõrvaldamine. Kui tuumakäitisele antakse tegevusluba, on kõige olulisemad aspektid selle juures kiirguskaitse ja kiirgusmõõtmised.



Joonis 7. Jäätmetünni mõõtmise seade.

Kuigi Eestis on radioaktiivsete jäätmete käitlemise infrastruktuur hästi välja kujunenud, toovad tuumakäitised jäätmekäitlusesse uusi aspekte, sealhulgas uut tüüpi radioaktiivseid isotoope, vajadust spetsiaalsete mõõteseadmete ja uut tüüpi radioaktiivsete materjalide käitlemislahenduste järele.

- N71. Peaks olema selge radioaktiivsete jäätmete käitlemise strateegia ja poliitika, mis hõlmab kogu tuumaenergia kasutamise elutsükli alates tuumakäitise projekteerimisest kuni kogu toodetud radioaktiivse materjali lõpliku kõrvaldamiseni.
- N72. Loa andmise etapis peaks dokumentatsioon hõlmama jäätmesektorit, et saada täielik ülevaade tekkivate jäätmete kogusest, jäätmekäitlussüsteemidest ning kokkupuutepunktidest kiirguskaitse ja kiirgusmõõtmistega.
- N73. Tuumakäitise kütusetsükli käigus tekib eri tüüpi radioaktiivseid jäätmeid. Tuumakäitise käitamisel on tavaline, et hooldus- ja remonditöödest tekivad jäätmed. Jahutusvee puhastamine toodab tavaliselt radioaktiivset vaiku. Ka kasutatud tuumkütus ise on lõpuks osa jäätmetest, mida tuleb töödelda.
- N74. Madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmete hoidlad rajatakse tavaliselt tuumakäitise juurde. Samuti tuleb arvesse võtta tuumakäitises kasutatud tuumkütuse ladustamise võimalust.
- N75. Erinevate tugihoonete ja ladude asukohtade kavandamisel tuleks arvesse võtta transporditeid, et tagada radioaktiivsete jäätmete ja komponentide ohutu transport. Radioaktiivsete jäätmete transpordiks ja käitlemiseks võib kasutada spetsiaalseid käitlemasinaid ja robotikat.
- N76. Ladustamislahenduste kavandamisel tuleb arvesse võtta ka seda, et tavapäraselt kasutatud tuumkütust tuleb üsna pikka aega märgladustades jahutada, enne kui seda saab ladustada kuivalt.
- N77. ALARA printsiibi rakendamiseks peavad jäätmekäitlussüsteemid, jäätmehoidlad ja transpordimeetodid olema läbimõeldult kavandatud. Tuleks kasutada teiste riikide kogemusi ja uusimat tehnoloogiat.
- N78. Radioaktiivsuse keskkonnaseiret tuleb teha ka jäätmehoidlates. Radioaktiivsust tuleb mõõta nii jäätmekäitlusrajatistes kui ka -ladudes.
- N79. Radioaktiivse materjali käitlemine hõlmab vajadust sobivate mõõtesüsteemide ja põhjaliku dokumentatsiooni järele kõigi tuumakäitises tekkivate radioaktiivsete jäätmete puhul.
- N80. Jäätmekäitlusstrateegia peaks hõlmama ka tuumakäitise kasutuselt kõrvaldamist.

4 Järeldused ja arutelu

Tuumaenergiaprogrammi käivitamine eeldab riiklike ekspertide koolitamist, et vastata uue tuumaenergiaprogrammi vajadustele. Neid oskusi on vaja nii loomaniku organisatsioonis kui ka tuumaohutuse valdkonna asutuses. Lisaks vajavad eksperdiressursse ka tehnilist tuge pakkuvad organisatsioonid ja kontrolliasutused.

Kiirguskaitsealane pädevus on oluline osa riigi võimekusest, mis on eelduseks tuumaenergia ohutuks kasutamiseks. Selles aruandes hinnatakse tuumaenergiaprogrammi jaoks vajalikku kiirguskaitsealast võimekust ja sellega seotud riiklikku infrastruktuuri. Tuleb märkida, et Eestis on juba mingil määral olemas kiirguskaitsealane võimekus ja võimekuse arendamisel tuleks seda arvesse võtta.

STUK on teinud 80 märkust uute kiirguskaitseelementide võimaliku vajaduse (N) kohta, mida tuleb käsitleda juhul, kui Eesti otsustab tuumaenergiaprogrammi käivitada. Märkused on toodud teemade kaupa. Need on üldised ja on võimalik, et paljusid neist on Eestis juba arvesse võetud.

Eesti on soodsas olukorras, kuna saab oma õigusloomes kasutada teiste riikide kogemusi ja õppetunde. Tuumasektoris kasutatakse tõestatud tehnoloogiat. Kuid tehnoloogia on viimastel aastatel tuumaenergia valdkonnas ka arenenud, mis läbi on mõned vanad lähenemisviisid tuumaenergia kasutamisel muutunud iganenuks. Eestil on võimalus luua uus kaasaegne lähenemine.

ELi liikmesriigid tagavad, et hariduse, koolituse ja täiendkoolituse süsteemi kehtestamiseks seatakse sisse kord, mis võimaldab tunnustada kiirguskaitse eksperte ja meditsiinifüüsika eksperte ning samuti töötervishoiuteenistusi ja dosimeetriateenistusi seoses kiirgustegevuse tüübiga. Üks koolituse teema võiks olla ka tuumaenergia.

Analüüsi eesmärk oli koostada struktureeritud loetelu vajalikust riiklikust võimekusest, võttes arvesse tuumaenergiaprogrammi tüüpilisi vajadusi ja Eesti olemasolevat riiklikku suutlikkust.

Eesti peab välja töötama tuumaenergia kasutamist käsitlevad õigusaktid ja regulatiivsed nõuded, sealhulgas kiirguskaitse regulatiivsed nõuded. Toetuda tuleks rahvusvahelistele ohutusstandarditele ja konkreetsetele ELi direktiividele, kuid samal ajal tuleb tunda Eesti õigusaktide struktuuri ja seadusandluse põhimõtteid. Seega nõuab õigusaktide väljatöötamine paljude ekspertide kaasamist.

Eesti peab arendama täiendava kiirguskaitsevõimekuse, et vastata tuumaenergiaprogrammi vajadustele. Tuleb märkida, et need sõltuvad osaliselt loomaniku valitud tuumaelektrijaama tüübist ja sellega seotud tehnoloogiast.

Eesti peab looma täiendava eksperdiressursi riikliku tuumaenergiaprogrammi toetamiseks. Tungivalt soovitatav on teha koostööd riikidega, kus on olemas tuumaenergiaprogramm, ning STUK soovib Eestil avada oma ülikoolides riiklikud koolitusprogrammid tuumaenergiaprogrammi toetamiseks.

Ekspertide koolitamine võtab aega ja seetõttu tuleks sellega alustada niipea, kui on tehtud otsus käivitada tuumaenergiaprogramm. Toodud lisavõimekuste nimekirja saab kasutada erinevate organisatsioonide töötajate ametijuhendite väljatöötamiseks ja mingil määral ka tuumaenergiaprogrammi jaoks vajalike töötajate arvu hindamiseks. Seda teavet on vaja riiklike koolitusprogrammide väljatöötamiseks, et rahuldada tuumaenergiaprogrammi tulevase personalivajadusi. Paljud tuumaenergia kasutamise seotud kiirguskaitsealased ülesanded on nõudlikud ja vajavad vähemalt magistritasemel haridust. Samuti tuleb märkida, et edasijõudnute tasandil on parem õppida töö käigus ning töötajad peavad ka oma oskusi regulaarselt värskendama.

Kuigi tuumaelektrijaama projekt ja loaomaniku valitud tehnoloogia mõjutavad oluliselt võimekuste vajadust, kehtivad mõned kiirguskaitse aluspõhimõtted mis tahes projekti puhul.

Koolitusprogrammide elluviimine sõltub Eesti olemasolevast haridussüsteemist ja muu hulgas Eesti ülikoolides olemasolevatest õppekavadest. Tuumaenergiaprogrammiga seotud kraadiõppe programmide loomine võtab aega ja enne seda on esimestel töötajatel võimalik omandada asjakohaseid kraade rahvusvahelistes ülikoolides. Samuti on olemas koostöövõimalused Eesti ja rahvusvaheliste ülikoolide vahel.

Eestis on hea põhiharidussüsteem, kaasaegne ja stabiilne ühiskond ning suur olemasolev võimekus, mida saaks edasi arendada, et täita tuumaenergiaprogrammi kiirguskaitsealaste teadmiste nõudeid. Siiski tuleb märkida, et programmi jaoks on vaja palju eksperte ja uute inimeste koolitamine võtab aega. Rahvusvahelised kogemused ja võrdlusnäitajad võivad olla väga väärtuslikud Eesti võimekuse suurendamise tegevuskava loomisel, mis aitaks Eestil vastata tuumaenergiaprogrammi vajadustele.

5 Akronüümide ja lühendite loetelu

PVT	parim võimalik tehnika
DIRATA	IAEA liikmesriikide andmebaas radionukliidide heidete atmosfääri ja veekeskkonda sattumise kohta.
DAC	tuletatud õhu kontsentratsioon (ingl k <i>Derived Air Concentration</i>)
EÜ	Euroopa Ühendus
KMH	keskkonnamõju hindamine
EL	Euroopa Liit
FOAK	esimene omataoline tuumaelektrijaam (ingl k <i>First of a Kind</i>)
FSAR	lõplik ohutusanalüüsi aruanne (ingl k <i>Final Safety Analysis Report</i>)
IAEA	Rahvusvaheline Aatomienergiaagentuur
HELCOM	Läänemere merekeskkonna kaitse komisjon
LILW	madala ja keskmise radioaktiivsusega jäätmed (ingl k <i>Low and Intermediate Level Radioactive Waste</i>)
NEPIO	tuumaenergiaprogrammi rakendusorganisatsioon (ingl k <i>Nuclear Energy Programme Initiating Organization</i>)
NPP	tuumaelektrijaam (ingl k <i>Nuclear Power Plant</i>)
EOAA	esialgne ohutusanalüüsi aruanne
RP	kiirguskaitse (ingl k <i>Radiation Protection</i>)
SAM	tõsiste õnnetuste juhtimine (ingl k <i>Serious Accident Management</i>)
VMR	väike moodulreaktor
STUK	Soome Kiirgusohutuskeskus
STUK I Ltd	STUK International Ltd on 100% riigi omanduses olev ettevõtte, mis võimaldab STUK-il pakkuda kiirgus- ja tuumaohutuse ekspertteenuseid kogu maailmas.
UNSCEAR	aatomikiirguse mõjude alane ÜRO teaduskomitee (ingl k <i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>)
TET	tuumaenergia töörühm

6 Viited

IAEA guidance publication NG-G-3.1 (Rev.1) Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power (2015):

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1704_web.pdf

IAEA IRRS mission (2016) and follow-up mission (2019) reports:

<https://envir.ee/media/46/download> and <https://envir.ee/media/47/download>

IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev. 1), Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety (2016):

<https://www.iaea.org/publications/10883/governmental-legal-and-regulatory-framework-for-safety>

IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 2, Leadership and Management for Safety (2016):

<https://www.iaea.org/publications/11070/leadership-and-management-for-safety>

IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (2014):

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf

IAEA Safety Standards No. RS-G-1.8, Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection for protecting people and the environment (2005):

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1216_web.pdf

IAEA Safety Standards Series No. SF-1. Fundamental Safety Principles:

<https://www.iaea.org/publications/7592/fundamental-safety-principles>

IAEA Safety Standards No. SSG-6, Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants Specific Safety Guide, 2021:

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1884_web.pdf

IAEA Safety Standards No. SSG-16 (Rev. 1), Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme (2020):

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1901_web.pdf

Management of spent nuclear fuel and radioactive waste in Finland, Second national programme under Article 12 of Directive 2011/70/EURATOM of the Council of the European Union. Publications of Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland (20/2022):

<https://tem.fi/documents/1410877/86271436/Management+of+spent+nuclear+fuel+and+radioactive+waste+in+Finland.pdf/ef9fc966-f414-e5a5-7bd7-93ad0bff2778/Management+of+spent+nuclear+fuel+and+radioactive+waste+in+Finland.pdf?t=1646132466193>

National Radiation Safety Development Plan 2018–2027 (2019):

<https://envir.ee/en/climate-and-environment-protection/radiation>

Nuclear Infrastructure Bibliography, IAEA: <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development/bibliography>

Radiation Act (2016): <https://www.riiqiteataja.ee/en/eli/507122020003/consolide>

Radiation Protection Aspects of Primary Water Chemistry and Source-term Management Report, NEA/CRPPH/R(2014)2 (2014): https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_19508/radiation-protection-aspects-of-primary-water-chemistry-and-source-term-management-report-april-2014?details=true

Review of the Interim Report of the Estonian Working Party on Nuclear Energy
December 15 (2022): <https://envir.ee/media/8747/download>

The 5th Estonian National Report on Compliance with the Obligations of the
Convention on Nuclear Safety as referred to in Article 5 of the Convention 8th Review
Meeting (2019):

https://www.iaea.org/sites/default/files/21/07/national_report_of_estonia_for_the_8th_review_meeting.pdf

COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:EN:PDF>

LISA 1 Soome kiirgusohutuse ekspertide nõutavad teadmised ja töökogemus

Tabel 1. Kiirgusohutuseksperdi nõutavad teadmised ja töökogemus

TEADMISTE TASE		
<p>Kiirgusohutuse eksperdi kompetentsuse valdkonnad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kiirgusega seotud tegevused tervishoius ja veterinaarmeditsiinis • kiirgusega seotud tegevused tööstuses ja teadusuuringutes • tuumaenergia kasutamine 		
Teadmiste tase		NQF *)7
NÕUDED TEADMISTELE		
1	Teaduslik aluspõhi, üldteadmised kiirgusest	
1.1	Tuumafüüsika	
1.2	Kiirgusfüüsika	
1.3	Radiokeemia	
	<ul style="list-style-type: none"> • Omab põhjalikke teadmisi erinevate kiirgusliikide omadustest, tunneb neid tekitavaid füüsikalisi mehhanisme, tunneb interaktiivseid nähtusi ja muid radioaktiivsete ainete omadusi ning kiirguse kasutamisel põhinevaid rakenduspõhimõtteid ja uurimismeetodeid. • Suudab tegutseda eksperdina uute rakenduste ja meetodite kasutuselevõtmisel ning uut tüüpi praktika algatamisel. 	
2	Mõõtmistehnika ja arvutusmeetodid	
2.1	Kiirguse mõõtmine ja mõõtmismeetodid	
2.2	Kiirgusdosimeetria	
2.3	Kiirgusvarjestuse projekteerimine	
	<ul style="list-style-type: none"> • Saab aru kiirguse mõõtmise meetoditest ja kiirguskoormuse mõõtmisel ning arvutustel põhinevatest määramismeetoditest. • Teab kuidas defineerida tööks sobivate kiirgusmõõturite omadusi. • Teab kuidas projekteerida rajatise või kiirguse kasutuskoha kiirgusvarjestusi. 	
3	kiirguskaitse (Radiation Protection)	
3.1	Radiobioloogia	
3.2	Kogused ja ühikud	
3.3	Põhiprintsiibid	
3.4	Elanikkonna ja keskkonna kui kokkupuuteviisi kaitsmine, sealhulgas saastumine	
3.5	Õigusaktid ja rahvusvahelised soovitused	
3.6	Kiirgusohutuse ja turvakorraldus rajatistes ja kohtades, kus kiirgusega seotud tegevusi läbi viiakse	
3.7	Riskide tuvastamine ja ettevalmistus kiirgusohutuse hälvetekes	
3.8	Tegevus kiirgusohutuse hälvete korral	
3.9	Juhtimissüsteem, lisaks ka kiirgusohutuse eksperdi, kiirgusohutusametniku ja meditsiinifüüsika eksperdi ülesanded ja koostöö	
3.10	Ohutuskultuur, täiendav kiirguskaitsekoolitus ja kvaliteedi tagamine	
	<ul style="list-style-type: none"> • Tunneb kiirguskaitse põhiprintsiipe ja seadusandlust, lisaks ka vajalikku kiirguskaitse korraldust ja turvakorraldust kiirgusega seotud tegevuste läbiviimise rajatistes ja kohtades . • Suudab tegutseda eksperdina oma erialal, edastada kiirguskaitsega seotud teemasid ja juhendada ettevõtjat seadusest tulenevate nõuete täitmisel. • Võimeline juhendama ettevõtjat tööst tuleneva kokkupuute hindamisel, kaitse optimeerimisel ning ennetavas planeerimises ja riskide kaardistamisel. • Oskab nõustada ettevõtjat kiirgustegevusega tegeleva personali ohutu töötamise koolituse ja juhendamise korraldamisel ning vajaliku täiendava kiirguskaitsekoolituse planeerimisel. 	

<p>4.1 Praktiline töö, kiirguse kasutamise viisid, kiirgusallikate omadused ja käsitlemine</p> <p>4.2 Kiirgusallikate hankeprotsess, paigaldus, hooldus ja kõrvaldamine</p> <p>4.3 Kiirgusallikate kaubandus samuti ka import, eksport, üleandmine ja transport</p> <p>4.4 Kiirgusallikate üle arvestuse pidamine, ladustamine ja kasutusest kõrvaldamine</p> <p>4.5 Radioaktiivsete jäätmete käitlemine, heide ja saaste puhastamine</p>		
<p>Tervishoid ja veterinaarmeditsiin (radioloogia, hambaravi, veterinaarmeditsiin, kiiritusravi, tuumameditsiin)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teab kiirguse kasutamisega seotud praktikaid tervishoiu ja veterinaarmeditsiinis. • Teab kiirgustegevusega seotud nõudeid. • Suudab koostada kiirgustegevuse ohutushinnangut ning avaldusi, aruandeid, soovitusi ja juhiseid kiirgusohutuse kohta. • Suudab koostöös MPE-ga koostada kvaliteedi tagamise programme. • Oskab anda nõu ohutu töötamise koolituse korraldamiseks. 	<p>Tööstus ja teadusuuringud (avatud allikad, suletud allikad, NORM-allikad, radoon, röntgenseadmed, tööstusradiograafia, kiirendid)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teab tööstuses ja teadustöös kasutatavaid kiirgusallikaid ja nendega seotud tegevusi, keskkonnakiirgusega kokkupuudet põhjustavaid allikaid ja nende käitumist. • Teab kiirgustegevusega seotud nõudeid. • Suudab koostada kiirgustegevuse ohutushinnangut samuti ka avaldusi, aruandeid, soovitusi ja juhiseid kiirgusohutuse kohta. • On võimeline koostama kiirgustegevusi puudutavaid kvaliteedi tagamise programme. • Oskab anda nõu ohutu töötamise koolituse korraldamiseks. 	<p>Tuumaenergia kasutamine lisaks teaduse ja tööstuse valdkonna ekspertteadmistele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teab tuumarajatiste tööpõhimõtteid, eriomadusi ja peamisi kiirgusallikaid. • Teab tuumarajatiste suhtes kehtivaid kiirgusohutusnõudeid ja --sätteid. • Teab tuumarajatiste radioaktiivsete heitmete, tuumakütuse käitlemise, jäätmekäitluse ja saastest puhastamise protseduure.
<p>TÖÖKOGEMUS</p>		
<p>Vähemalt kaheaastane töökogemus erialal või samaväärsetes ülesannetes.</p>		
<p>*NQF = kraadide ja muude oskuste raamistiku seaduse (93/2017) paragrahvi 2 lõikes 1 nimetatud kraadide ja muude oskuste raamistik, mis on jagatud kaheksaks raskusastmeks.</p>		