Országos Atomenergia Hivatal

SV-19. sz. útmutató

Átfogó fokozatú sugárvédelmi képzéseken és továbbképzéseken oktatandó témakörök

Verzió száma:

1.

2019. november

Kiadta:

Fichtinger Gyula

az OAH főigazgatója

Budapest, 2019

A kiadvány beszerezhető:

Országos Atomenergia Hivatal

Budapest

Országos Atomenergia Hivatal

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi kormányzati igazgatási szerv, kormányzati főhivatal. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktívhulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemen kívül helyezést és a bezárást, radioaktívhulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű hazai szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza. A biztonság egyik alapvető követelménye az indokolt alkalmazások következtében fellépő ionizáló sugárzások elleni megfelelő védelem kialakítása, amely elsődlegesen az engedélyes felelőssége. A sugárvédelem három legfontosabb pillére, úgymint az indokoltság, optimálás és a korlátozás alapelvek már az Atv. szintjén megjelennek.

Az ionizáló sugárzás elleni védelemmel kapcsolatos hazai követelményeket meghatározását „Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Sugárvédelmi rendelet) határozza meg.

A Sugárvédelmi rendelet rendelkezéseit a nukleáris létesítményekre a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet rendelkezéseivel összhangban kell értelmezni.

A Sugárvédelmi rendelet rendelkezéseit a radioaktívhulladék-tároló létesítményekre a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tárolólétesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet rendelkezéseivel összhangban kell értelmezni. A Sugárvédelmi rendeletben foglalt követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint a Sugárvédelmi rendeletben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A Sugárvédelmi rendeletben meghatározott követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH az ionizáló sugárzás elleni védelem érdekében határozatban állapíthat meg.

A Sugárvédelmi rendeletben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS 8
1.1. Az útmutató tárgya és célja 8
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások 8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK 11
2.1. Meghatározások 11
2.2. Rövidítések 11
3. AZ AJÁNLOTT TANMENET 12
A. Általános átfogó sugárvédelmi ismeretek 12
A1 Sugárfizikai ismeretek 12
A1.1 Az atomok felépítése 12
A2 Elméleti és gyakorlati dozimetria 15
A2.1 Alapvető dózisfogalmak 15
A3.1 A biológiai hatások kialakulása 18
A3.2 Determinisztikus hatások 19
A3.3 Sztochasztikus hatások 19
A3.4 A külső és belső sugárterhelések 20
A4.1 A szabályozás nemzetközi megalapozása 20
A4.2 A kötelező jogszabályok 21
A4.3 Az Atomtörvény 21
A4.4 A Sugárvédelmi rendelet hatálya, a hatóság szerepe 22
A5 Jogszabályi előírások, szabványok 22
A6 Rendkívüli események azonosítása, nukleárisbaleset-elhárítási ismeretek 32
A7 Sugárbalesetek, sugársérültek felismerése 33
A8 Nukleáris védettségi ismeretek 34
A9 Méréstechnikai elmélet és gyakorlat 35
A9.2 A sugárvédelem leggyakrabban használt mérési eszközei 35
A10 Radioaktív hulladékok kezelése 36
A11 Minőségbiztosítási, minőségellenőrzési vizsgálatok 38

A12 Sugárvédelmi tervezés és értékelés: kockázatelemzés, dózistervezés, optimálás 39

A13 Sugárvédelmi tervezés és értékelés: árnyékolások számítása, transzportkódok alkalmazása 40

B. Szakirányú ismeretek 47

B1.1 Általános szempontok az egészségügyi alkalmazásoknál 47

B1.2 Képalkotó eljárások 48

B1.3 Terápiás célú besugárzások 49

B1.4 Nukleáris medicina 49

B1.5 Kiegészítő irodalom 50

B2.1 Általános szempontok az ipari alkalmazásoknál 51

B2.2 A természetben előforduló radioaktív anyagok az iparban 52

B2.2 Ipari radiográfia 52

B2.3 Külső területen végzett munka 53

B2.4 Csomagolás és szállítás 54

B2.5 Nyitott radioaktív anyagok alkalmazása 54

B2.6 Kiegészítő irodalom 55

B3 Radioaktívhulladék-tárolók üzemeltetése 58

B3.1 A kormányrendelet és a szabványok 58

B3.2 A radioaktív hulladék fogalma, az elhelyezés elvei 58

B3.3 A radioaktív hulladékok osztályozása 59

B3.4 A radioaktív hulladékok kezelése, kondicionálása, csomagolása, átvételi kritériumok 60

B3.5 A radioaktív hulladékok tárolására szolgáló létesítmények sugárvédelme 61

B3.6 Magyarországi létesítmények 62

B3.7 Néhány rendkívüli esemény 62

B4.1 Fogalmak, meghatározások 64

B4.2 Az atomreaktorok működése, maghasadás, láncreakció 65

B4.3 Munkahelyi sugárvédelem 65

B4.4 A dolgozók sugárvédelme 66

B4.5 A radioaktív anyagok kibocsátása, a környezet sugárterhelése, a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése 67

B4.6 A kiégett fűtőelemek kezelése 68

B4.7 Nukleárisbaleset-elhárítás 68

B4.8 Kiegészítő irodalom 69

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

A *Sugárvédelmi rendelet* 18. §-a előírja, hogy az „*atomenergia alkalmazási körébe tartozó tevékenységet csak megfelelő fokozatú sugárvédelmi képzettséggel (...) rendelkező személy végezhet*." A 19. § (3) bekezdése rendelkezik az átfogó fokozatú képzettségre kötelezettek köréről. A sugárvédelmi képzések, illetve továbbképzések általános tematikai követelményeit a Sugárvédelmi rendelet 4. mellékletének 1.1. pontja határozza meg.

Jelen útmutató az átfogó fokozatú képzésekhez ad segítséget. Az útmutató az oktatók felkészítésére alkalmas tanmenet formájában készült. Először a mindenki számára előírt általános, majd az egyes szakirányokhoz szükséges speciális ismereteket tárgyalja. A témakörönként rendezett ismeretek után forrásanyagok megjegyzésekkel értékelt felsorolása következik.

Az egyes témaköröknél az útmutató külön felhívja a figyelmet azokra az írásbeli kérdésekre, amelyek helyes megválaszolására az adott témakör előadásakor fel kell készíteni, illetve azokat a szóbeli kérdéseket, amelyek összefüggő, rendezett megválaszolására alkalmassá kell tenni a vizsgázókat.

A sugárvédelmi képzéseket lezáró vizsgák követelményrendszerének egységesítésére az Országos Atomenergia Hivatal a Sugárvédelmi rendelet 4. mellékletének 3. pontja alapján a honlapján közzétette (a *Feladatok/Sugárvédelem/Írásbeli kérdések átfogó fokozatú sugárvédelmi képzésekhez* címen) azon kérdések gyűjteményét, amelyből a vizsgáztatók összeállíthatják az adott átfogó fokozatú képzéseket záró írásbeli vizsgákon feltehető kérdéseket. Az átfogó fokozatú sugárvédelmi képzésen való részvételt követően a vizsgázóknak képesnek kell lenniük a központi kérdések közül az általános ismeretekre vonatkozó valamennyi kérdés, valamint a képzés szakirányához kapcsolódó speciális kérdések megválaszolására.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

Jogszabályok

a) Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény

b) A 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő

szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról

c) A 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

d) A 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (a továbbiakban: 190/2011. Korm.rendelet)

e) 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

f) A 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

g) A 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges sugárterhelését meghatározó sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezendően mérendő mennyiségek köréről

h) A 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről

i) A 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről

j) A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről

k) A 7/2007. (III. 6.) IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól

l) A 11/2010. (III. 4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról

m) Az 51/2013. (IX. 6.) NFM rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról

n) A 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól

Szabványok

a) MSZ 62-2:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 2. rész: A foton- és elektronsugárzás elleni védelem

b) MSZ 62-3:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem

c) MSZ 62-4:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 4. rész: Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris elektrongyorsítók alkalmazásakor

d) MSZ 62-6:1999: Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelmi előírások zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachy-terápia)

e) MSZ 62-7:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 7. rész: Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor

f) MSZ 824:2017: Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken

g) MSZ 836:2017: Sugárzás elleni védelem röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyeken

h) MSZ 14344:2004: Radioaktív hulladékok. Fogalommeghatározások és osztályozás

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató mindenütt az Atomtörvény 2. §-ában, valamint a Sugárvédelmi rendelet 4. §-ának (1) pontjában és 2. mellékletében, továbbá a 190/2011. Korm.rendelet 2. §-ának (1) pontjában ismertetett meghatározásokat alkalmazza.

2.2. Rövidítések

ICRP	*International Commission on Radiological Protection*: Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság
ICRU	*International Commission on Radiation Units and Measurements*: A Sugárzások Egységeit és Mérési Módszereit Meghatározó Nemzetközi Bizottság
MSSZ	Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
RBE	*relative biological effectiveness*: relatív biológiai hatásosság
UNSCEAR	*United Nations Scientific Commitee on the Effects of Atomic Radiation*: az Egyesült Nemzetek Tudományos Bizottsága az Atomi Sugárzások Hatásainak Értékelésére

3. AZ AJÁNLOTT TANMENET

A. Általános átfogó sugárvédelmi ismeretek

Ebben azon ismeretek szerepelnek, amelyeket minden átfogó fokozatú sugárvédelmi képzésen oktatni kell.

A1 Sugárfizikai ismeretek

(legalább 4 óra, továbbképzésen – a dozimetriával (A2) együtt legalább 2 óra)

Általános megjegyzés

Joggal feltételezhető, hogy az átfogó képzésen részt vevő hallgatók felsőfokú képzettséggel rendelkeznek, azaz a teljesen alapvető fizikai ismeretekkel már rendelkeznek. Ezért az oktatandó témák jelentős része inkább csak az ismeretek felfrissítésére szorul.

Általános megjegyzés a továbbképzésekhez

A továbbképzésen megjelentek már korábban sugárvédelmi oktatáson vettek részt, ezért sugárfizikai ismeretekkel rendelkezniük kell. Mindennek ellenére egy rövid összefoglalásra feltétlenül szükség van.

A1.1 Az atomok felépítése

A sugárfizikai ismeretek oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 1-2. és 5. írásbeli kérdés, valamint az 1. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az atomok általános jellemzői, jelölésük (*hívjuk fel a figyelmet a szabályos [tömegszám az elem vegyjele előtt, felső indexben] és az elterjedt [tömegszám az elem vegyjele után kötőjellel] jelölésre is*);

b) az atomok két fő összetevője: a mag és az elektronfelhő;

c) az atomok alkotóelemei: a nukleonok (protonok, neutronok) és elektronok elektromos töltése, egymáshoz képesti tömege (*az atomok alkotóelemeinek felépítése kvarkokból ezen a szinten már oktatható, de nem feltétlenül szükséges*);

d) az atommagok jellemzői: méretük, összetételük, az atommagon belüli erők: a protonok közti Coulomb-erő, a nukleonok közti magerő, (*kiemelendő a magerő rendkívüli nagysága és igen kis hatótávolsága*);

e) a természetben előforduló elemek, illetve a mesterségesen előállítható – transzurán – elemek;

f) az egy nukleonra eső kötési energia a nukleonszám függvényében, a tömegdefektus, a hasadás (fisszió) és a fúzió lehetősége, a felszabaduló energiák;

g) a maghasadás, a hasadásonként kibocsátott neutronok száma, a láncreakció lehetősége;

h) a kémiai elemek magon belüli sajátosságai: a kémiai jelleget meghatározó protonszám mellett lehetséges különböző neutronszámok előfordulása, az izotóp fogalma (*említsük meg az izotóp és a nuklid elnevezéseket, és pontos jelentésüket, de hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a gyakorlatban többnyire az „izotóp" szó használata terjedt el);*

i) a természetben előforduló és a mesterségesen előállítható izotópok;

j) az elektronfelhő alkotóelemei (*„az elektronok meghatározott pályákon keringenek a mag körül" helyett fogalmazzunk így: „az elektronok meghatározott energiaszinteken lehetnek");*

k) az elemek összekapcsolódása molekulákká (kovalens kötés, ionos kötés).

A1.2 Az atomok stabilitása, a radioaktivitás

A fejezet oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 3., 6., 8., 10. és 12. írásbeli kérdés, valamint a 2-4. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az atomok stabilitásának feltétele, az instabil magok átalakulásának (bomlásának) jellemzői, szabályai;

b) a magreakciók (radioaktív bomlás, hasadás, fúzió), spontán és indukált reakciók, elemek felaktiválódása reaktorokban, illetve gyorsítókban;

c) a legjellemzőbb bomlási folyamatok:

- az alfa-bomlás lefolyása, a rendszám és a tömegszám változása,
- a pozitív és negatív béta-bomlás lefolyása, a neutrínó (illetve antineutríno) kibocsátása, a rendszám változása,
- az alfa- és béta-bomlásokat kísérő gamma-sugárzások, a metastabil átmeneti állapotok,
- elektronbefogás (K-befogás);

d) a kozmikus sugárzások által kiváltott magreakciók, kaszkádok kialakulása;

e) az exponenciális bomlás törvénye, bomlási állandó, felezési idő (*feltétlenül kerülendő a régebben használatos ún. „biológiai felezési idő" oktatása, hiszen a kiürülés általában nem exponenciális görbe szerint történik)*, néhány fontos izotóp (Co-60, Cs-137, F-18, I-131, Ir-192, Tc-99m, U-235, U-238) felezési ideje (*nagyságrendben*)*;*

f) az aktivitásmennyiség fogalma, definíciója, mértékegysége; az aktivitáskoncentráció;

g) bomlási sorok (a szekuláris egyensúly és a tranziens egyensúly kialakulása a felezési idők függvényében).

A1.3 Ionizáció, ionizáló sugárzások, kölcsönhatások

A fejezet oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 4., 9., 11. és 13. írásbeli kérdés, valamint az 5-8. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a)]az ionizáció fogalma, a leggyakrabban előforduló ionizáló sugárzások (alfa-, béta-, gamma-, röntgen-, és neutronsugárzás) jellemzői (energiatartomány: az elektronvolt [eV] mint speciális energiaegység bevezetése);

b) természetes (kozmikus, talajból és építőanyagokból eredő, a szervezetbe beépült K-40) és mesterséges eredetű sugárzások (*kiemelendő: az orvosi eredetű sugárterhelés egyre nagyobb súlya*);

c) az ionizáló sugárzások kölcsönhatásai az anyaggal
   - a töltött részecskék fékeződése: a hatótávolság, a fékezési röntgensugárzás keletkezése (*hívjuk fel a figyelmet a gamma- és a röntgensugárzás azonos jellegére, de különböző keletkezési módjára*),
   - a fotonsugárzások három fő kölcsönhatása (ezek energiafüggése),
   - a neutronsugárzás főbb kölcsönhatásai (elnyelés [abszorpció], szórás, hasadás), a hasadóanyag fogalma,
   - a hatáskeresztmetszet fogalma (*megemlítendő, hogy a fotonsugárzásoknál definiált gyengítési tényező és a neutronsugárzásoknál használatos makroszkopikus hatáskeresztmetszet fizikailag azonos mennyiség*).

A1.4 Sugárforrások

Oktatandó témák:

a) a Sugárvédelmi rendeletben szereplő fogalmak *(sugárforrás, természetes sugárforrás, radioaktív sugárforrás, zárt sugárforrás, ionizáló sugárzást létrehozó berendezés, gyorsító)*;

b) természetes források főbb típusai, kiemelve a radonterhelés jelentőségét *(hangsúlyozandó a háttérterhelés nagy, hely és idő szerinti fluktuációja, valamint a radonterhelés csökkentésének lehetősége, például gyakori szellőztetéssel)*;

c) mesterséges források:

- röntgenberendezések *(hangsúlyozandó: kikapcsoláskor a sugárzás azonnal megszűnik)*,
- részecskegyorsítók *(kiemelve a Magyarországon üzemelő gyorsítókat)*,
- radioaktív sugárforrások, radioaktív sugárforrást tartalmazó készülékek.

A2 Elméleti és gyakorlati dozimetria

(legalább 4 óra (+ 2 óra gyakorlat), továbbképzésen – a sugárfizikai ismeretekkel (A1) együtt – legalább 2 óra)

A2.1 Alapvető dózisfogalmak

Az alapvető dózisfogalmak oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 16-20., 22., 27., 40., 41. és 78. írásbeli kérdés, valamint a 10-13. és 51. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az alapvető fizikai dózismennyiség: az elnyelt dózis definíciója, mértékegysége;

b) a közölt dózis (kerma) fogalma, az elnyelt dózis és a kerma közti különbség (*a különbséget célszerű ábrával szemléltetni*) (*célszerű rámutatni, hogy a két mennyiség töltöttrészecske-egyensúly esetén megegyezik, de határfelületeken jelentős lehet az eltérés);*

c) a különféle sugárzástípusok eltérő hatásainak figyelembevétele, a sugárzási súlytényezők szerepe: az egyenértékdózis definíciója, mértékegysége (*hívjuk fel a figyelmet arra, hogy az egyenértékdózis nem közvetlenül mérhető fizikai mennyiség*);

d) az emberi test különféle szövetei és szervei eltérő sugárérzékenységének figyelembevétele, a szöveti súlytényezők szerepe: az effektív dózis definíciója, mértékegysége (*hívjuk fel a figyelmet arra, hogy az effektív dózis nem közvetlenül mérhető fizikai mennyiség*), (*hívjuk fel a figyelmet arra, hogy*

az effektív dózis csak kis sugárterhelések, azaz a besugárzásokat követően hosszú idő múlva jelentkező ún. sztochasztikus hatások [ld. A3 fejezet] jellemzésére használható mennyiség) (utaljunk arra, hogy a szöveti súlytényezők a sztochasztikus hatásokra megállapított RBE-értékek [ld. A3 fejezet] alapján kerültek meghatározásra);

e) dózisteljesítmények (elnyeltdózis-teljesítmény, egyenértékdózis-teljesítmény, effektívdózis-teljesítmény, dózisegyenérték-teljesítmény);

f) az emberi szervezetbe bekerült források által kiváltott (a szervezetből kiürülésig, illetve az emberi élettartam végéig számolt) lekötött dózis fogalma (*átfogó képzésen a lekötött dózis meghatározásában célszerű a pontos, idő szerinti integrállal felírt definíció*), az egyik szervben kiülepedett források hatása egy másik szervre: a dóziskonverziós tényezők;

g) a lineáris energiaátadás (LET) meghatározása, a Q minőségi tényező, a minőségi tényező és a sugárzási súlytényező kapcsolata;

h) néhány jellemző dózisérték (tipikus környezeti háttér, félhalálos dózis, foglalkozási korlát) ismertetése.

Megjegyzés a továbbképzésekhez

A továbbképzésen emeljük ki, hogy mind a sugárzási súlytényezők, mind a szöveti súlytényezők értékeiben a legutóbbi rendeletben meghatározottakhoz képest változások történtek.

A2.2 Operatív dózisok

Az alapvető dózisfogalmak oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 23., 63. és 70. írásbeli kérdés, valamint a 14. és 48. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a nem fizikailag mérhető mennyiségek közelítésére használt mennyiségek definiálásához szükséges fantomok, az ICRU-gömb mérete, anyagi összetétele;

b) az alapvető különbség az egyenértékdózis és a dózisegyenérték között (a sugárzási súlytényező és a minőségi tényező közti különbség);

c) a környezeti dózisegyenérték (az ICRU-gömbben): H*(d) az effektív dózis becslésére, területi monitoring esetén;

d) az irány szerinti dózisegyenérték (az ICRU gömbben): H'(d,Ω) bőrdózis (d=0,07 mm) és a szemlencsedózis (d=3 mm) becslésére, területi monitoring esetére;

e) a személyi dózisegyenérték (testfelület alatt, vagy antropomorf fantomon): $H_p(d)$ az effektív dózis (d=10 mm) és a bőrdózis (d=0,07 mm) becslésére, személyi monitoring esetére (*esetleg megemlíthető, hogy elvileg d=3 mm értékkel a szemlencse dózisa is becsülhető, de ezt a gyakorlatban nem alkalmazzák*).

A2.3 Gyakorlati dozimetria

A gyakorlati dozimetria oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 21., 24-26., 28-30., 67., 71. és 82. írásbeli kérdés, valamint a 49. és 50. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a területi (munkahelyi) dozimetria legfontosabb mérőeszközei:

- gázionizációs detektorok (ionizációs kamra, proporcionális számláló, GM-cső) mint dózisteljesítmény-mérők fő tulajdonságai, alkalmazási körük, az alkalmazott feszültségek, a kimeneti jelek feldolgozása,
- kis felületi szennyezettség mérése végablakos detektorokkal,
- *in situ* gamma-spektrometria (szcintillációs és félvezető detektorok),
- levegő- és dörzsminták gyűjtése és laboratóriumi kiértékelése, dózisok becslése modellszámításokkal.

b) a külső sugárterhelés személyi dozimetriájának legfontosabb eszközei:

- a termolumineszcens dózismérők működési elve, szerepe a hatósági személyi dozimetriában, a doziméterek kiértékelése, újrahasznosíthatósága,
- szemlencse- és végtagdozimetria-eszközök (TLD) használatának lehetősége azokon a területeken, ahol indokoltak,

  (*Megjegyzés a továbbképzésekhez:*

  Mivel gyakran felmerül kérdésként, érdemes megjegyezni, hogy a korábban alkalmazott filmdoziméterekket már nem használjuk.)
- speciális igényeket kielégítő egyéb doziméterek (pl. béta-, vagy neutronsugárzás detektálására, a radonexpozíció meghatározására alkalmas nyomdoziméterek), a dozimetriai méréseket végző laboratórium akkreditációjának szükségessége,
- utólagos dózisbecslések lehetősége citogenetikai módszerekkel (dicentrikus kromoszóma vizsgálata, mikronukleusz-elemzés), fantomokon végzett mérésekkel, vagy modellszámításokkal (például Monte-Carlo szimulációval),

- az Országos Személyi Dozimetriai szolgálat, a hatósági doziméterek kiosztása, viselése (kiemelendő, hogy az adott helyen kiosztott doziméter csak ott viselhető), kiértékelése (ismertetve, hogy mikor kell rendkívüli kivizsgálást végezni), az adatok rendszeres közlése az engedélyessel (külső munkavállaló esetén a munkáltatóval is), a dozimetriai adatok hozzáférési lehetősége az érintett munkavállaló számára, a személyi dózisok meghatározott növekménye esetén szükséges kivizsgálás és jelentés,
- engedélyezési jogkörök: engedélyköteles, illetve bejelentésköteles tevékenységek, az OAH általános hatósági szerepe (engedélyezésben, ellenőrzésben),

c) a belső sugárterhelés személyi dozimetriájának legfontosabb eszközei:

- közvetlen gamma-sugárzás mérése egésztestszámlálóval (különféle geometriák, a szervdózismérések lehetősége, a leggyakrabban alkalmazott detektorok, hitelesítések fantomokkal),
- közvetett mérések biológiai (vizelet, széklet, vagy kilégzett levegő) minták mérésével,
- közvetett mérések fizikai (levegőből, vagy felületről vett) minták mérésével,
- utólagos dózisbecslések fantomokon végzett mérésekkel, modellszámításokkal (a rekeszmodellek szerepe, a lekötött dózis számítása a MONDAL szoftver alkalmazásával).

A2.4 Konkrét mérések

A Sugárvédelmi rendelet előírása szerint a gyakorlati sugárvédelem oktatását legalább 2 óra mérési gyakorlattal kell kiegészíteni. A kézi műszerekkel végzett mérésekhez célszerű mentességi szint alatti aktivitású zárt sugárforrást alkalmazni.

A3 Sugárbiológiai ismeretek

(legalább 3 óra, továbbképzésen legalább 2 óra)

A3.1 A biológiai hatások kialakulása

A hatások kialakulása oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk a 34., 42., 43. és 45. írásbeli kérdés, valamint a 15. és 16. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a fizikai, kémiai, kémiai-biokémiai és biológiai hatás sorrendje és időtartama;

b) a biomolekulák sérülései (a szabadgyökök szerepe);

c) a DNS-sérülések és kijavításuk, programozott sejthalál (apoptózis);

d) a gyakran és a ritkán osztódó sejtek eltérő sugárérzékenysége;

e) az immunrendszerek szerepe;

f) sejtszintű folyamatokat módosító tényezők (adaptív válasz, szomszéd [bystander] hatás, genetikai instabilitás, a tumorszupresszorok szerepe);

g) a biológiai hatást módosító fontosabb tényezők (a sejt életkora és állapota, a besugárzott szövet típusa, a besugárzás időbeli eloszlása, oxigéneffektus, hőmérséklet), egyedi érzékenység;

h) a jól definiált besugárzási körülményekre és meghatározott célszervekre vonatkozó RBE-értékek.

A3.2 Determinisztikus hatások

A determinisztikus hatások oktatásának eredményeként a hallgatónak helyesen kell tudnia megválaszolni a 31., 33., 36., 38., 44. írásbeli kérdéseket, valamint a 17. szóbeli kérdés determinisztikus hatásokra vonatkozó részét.

Oktatandó témák:

a) a determinisztikus hatás értelmezése (célszerű elmagyarázni magának a „determinisztikus” szónak a jelentését);

b) a determinisztikus hatások időbeli lefolyása;

c) a dózis-hatás görbe alakja (szigmoid görbe);

d) a küszöbdózis és a félhalálos dózis fogalma, értékei;

e) a sugárbetegség azonosíthatósága, tünetei, hatása, időbeli lefolyása, küszöbdózisai;

f) az akut és krónikus sugárbetegségek;

g) az egész testet érő és a lokális dózisok különbsége (kiemelendő a bőrt ért sugárterhelés, illetve a bőrön keresztüli inkorporáció veszélye).

A3.3 Sztochasztikus hatások

A sztochasztikus hatások oktatásának eredményeként a hallgatónak helyesen kell tudnia megválaszolni a 32., 35. és 37. írásbeli kérdéseket, valamint a 18. szóbeli kérdést és a 17. szóbeli kérdés sztochasztikus hatásokra vonatkozó részét.

Oktatandó témák:

a) a sztochasztikus hatás értelmezése (célszerű elmagyarázni magának a „sztochasztikus” szónak a jelentését) (hangsúlyozandó, hogy nincs sugárzásspecifikus hatás, azaz olyan hatás, ami csak ionizáló sugárzás után léphet fel);

b) a sztochasztikus hatások statisztikai felmérése (epidemiológiai elemzés) (kiemelendő az értékelhető statisztikához szükséges nagy adatmennyiség), a legfontosabb statisztikai források;

c) a kis besugárzások és a sztochasztikus hatások megjelenése közti hosszú idő jelentősége;

d) a lineáris, küszöb nélküli (LNT) dózis-hatás modell (ismertetendők a modell alkalmazása melletti és elleni érvek: a „kisdózis dilemma”);

e) az abszolút és relatív kockázati tényezők, a nem- és életkorfüggő tényezők;

f) példák a sztochasztikus hatásokra;

g) a genetikai hatás kérdésessége: (emberen eddig közvetlen megfigyeléssel nem mutattak ki).

A3.4 A külső és belső sugárterhelések

Oktatandó témák:

a) a külső és belső sugárterhelés definíciója, (hangsúlyozandó: a szervezetbe bekerült zárt forrás is okoz belső sugárterhelést, mindaddig, amíg a szervezeten belül van);

b) az egésztestet érő és a lokális sugárterhelések;

c) a felületi szennyezettség jelentősége;

d) a sugárforrások beépülésének (inkorporáció) lehetséges útvonalai, a belélegzett, vagy lenyelt anyag felszívódását befolyásoló tényezők, a célszerv definíciója (néhány példával).

A4 A sugárvédelmi szabályozás rendszere

(legalább 2 óra, továbbképzésen – az A5 [jogszabályi előírások, szabványok] fejezettel együtt – legalább 2 óra)

A4.1 A szabályozás nemzetközi megalapozása

A fejezet oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 19. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a megfigyelt sugárhatások összegyűjtése, értékelése, a kockázatok becslése: az UNSCEAR (évente összefoglaló jelentések, rendszeres tematikus és részletes jelentések);

b) az ICRP ajánlása az alapvető sugárvédelmi szabályozásra;

c) az ENSZ-szervezetek családjába tartozó Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban NAÜ, angol nyelven IAEA) elemzései, ajánlásai (*kiemelendő: kiadványaik (alapelvek, követelmények, útmutatók) minden esetben ajánlásjellegűek*).

A4.2 A kötelező jogszabályok

A fejezet oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 20. és 21. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az Euratom Szerződés (az Európai Unió egyik alapszerződése: Szerződés az Európai Atomenergia-közösség létrehozásáról) felhatalmazása a sugárvédelmi normák közösségi megállapítására;

b) a Tanács 2013/59/Euratom irányelve az ionizáló sugárzásokkal szembeni alapvető biztonsági előírásokról
   - az Euratom sugárvédelmi irányelvéhez képest a magyar sugárvédelmi rendeletben megállapított legfontosabb szigorítások (az egyidejűleg legalább két munkavállaló jelenlétét előíró szabály, a várandós nők sugárveszélyes munkától való teljes eltiltása, az „A" kategóriába sorolt munkavállalókra kötelező foglalkozásidózis-megszorítás megállapítása);

c) a Tanács rendelete a csernobili balesetet követően elrendelt mezőgazdasági import szabályozásáról (a rendelet érvényességi hatályát többször kiterjesztették, az 1048/2019 rendelettel 2020. március 31-ig) (kiemelendő: a rendeletek a kihirdetésükkel minden tagállamban hatályossá válnak);

d) a hazai jogszabályok hierarchiája: törvények (pl. az Atomtörvény), kormányrendeletek (pl. a Sugárvédelmi rendelet és a 190/2011. Korm. rendelet), miniszteri rendeletek.

A4.3 Az Atomtörvény

Az Atomtörvény ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 22. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az Atomtörvény (1996. évi CXVI. törvény) hatálya (*kiemelendő: békés célú alkalmazások, biztosítéki megállapodások*);

b) 1.§: a sugárvédelem meghatározása és a mentesség megfogalmazása;

c) 4.§ (2): „Az atomenergia alkalmazása során a biztonságnak minden más szemponttal szemben elsőbbsége van”;

d) 4.§ (3): a dózishatárértékek bevezetése, és az „ésszerűen elérhető legalacsonyabb szint” mint cél bevezetése.

A4.4 A Sugárvédelmi rendelet hatálya, a hatóság szerepe

A kormányrendelet hatályának, az engedély- és bejelentésköteles tevékenységek ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 75., 83. és 87. írásbeli, valamint a 23. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet (azaz a Sugárvédelmi rendelet) hatálya (a hatály alá nem tartozás feltételei: mentességi szint alatti aktivitáskoncentrációk, bizonyos elektromos készülékek és fogyasztási cikkek, természetes források)

   - a hatósági felügyelet alóli felszabadítás és mentesítés;

b) az OAH mint sugárvédelmi hatóság kijelölése, a hatóság engedélyezési, illetve mentesítési jogköre (kiemelendő a mentesített berendezések közzététele az OAH honlapján);

c) a hatósági felügyelet alól felszabadítható anyagok – bejelentési kötelezettséggel;

d) a hatóság engedélyezési jogköre, az engedélyezendő tevékenységek, az alkalmazott berendezések forgalomba hozatalának (típusengedélyezés) és üzemeltetésének engedélyezése;

e) a bejelentésköteles tevékenységek;

f) a hatóságnál, illetve az engedélyesnél vezetett nyilvántartások: a legfontosabb nyilvántartott adatok köre, a nyilvántartás rendje (ld. még: a Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat előírásai: A5.4 fejezet).

Megjegyzés a továbbképzésekhez:

Azok számára, akik 2016 előtt részesültek legutóbb képzésben, feltétlenül ki kell hangsúlyozni a sugárvédelmi hatóság megváltozását.

A5 Jogszabályi előírások, szabványok

(legalább 12 óra, továbbképzésen legalább 4 óra)

A5.1 A Sugárvédelmi rendeletbe foglalt alapszabályok

A Sugárvédelmi rendeletbe foglalt alapszabályok ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 46., 51., 52., 61., 62., 64-66., 72., 77. és 88. írásbeli kérdés, valamint a 24., 34., 37. és 38. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a sugárvédelem célja: a determinisztikus hatások elkerülése, a sztochasztikus hatások észszerűen elérhető legkisebb értékének elérése (*az észszerűség jelentésének elemzésekor kiemelendő – és néhány példával illusztrálandó – a gazdasági és társadalmi tényezők figyelembevétele*);

b) a sugárterhelések csoportosítása:

- a sugárforrások elhelyezkedése szerint: külső és belső sugárterhelés,
- a besugárzások eredete szerint: természetes forrásból eredő, mesterséges forrásból eredő (orvosi célú, ipari, mezőgazdasági, kutatási),
- a sugárzási helyzetek szerint: tervezett, veszélyhelyzeti, fennálló;

c) a külső munkavállalók fogalma, a külső munkavállalóknak az adott helyen munkavállalókéval azonos védelmének elve;

d) vonatkoztatási szintek veszélyhelyzetben illetve fennálló sugárzási helyzetekben (kiemelendő a legnagyobb természetes sugárterhelést eredményező radon, a radonkoncentrációra érvényes vonatkoztatási szintek);

(*Speciális megjegyzés a továbbképzésekhez: Ki kell emelni, hogy a radonkoncentrációra érvényes vonatkoztatási szintek az új szabályozásban azonosak a munkahelyekre és a lakóterekre.*)

e) a sugárvédelem három alapelve: indokolás, optimálás, korlátozás.

A5.1.1 Indokolás és optimálás

a) indokolás (*hívjuk fel a figyelmet arra, hogy esetenként eltérő lehet, hogy kinek a feladata az indokoltság eldöntése, pl. új atomerőmű építésekor az Országgyűlésé, emberek rendvédelmi szervek által elrendelt nem orvosi célú képalkotó besugárzásakor az azt elrendelő hatóságé, orvosi besugárzáskor a pácienst beutaló és a kezelő orvosé*);

b) optimálás: hármas cél – a személyi dózisok, a sugárterhelés valószínűsége és a sugárterhelésnek kitettek száma az észszerűen

elérhető legkisebb legyen. (*Kiemelendő, hogy az optimálás felső határa a dóziskorlát, illetve – ha van – a dózismegszorítás.*) *Feltétlenül kiemelendő, hogy az optimálás cél, nem jelenti a – korábbi ICRP-ajánlásokban szerepelt – matematikailag meghatározott legjobb megoldás elérését.*

Az egyes létesítményekre vonatkozó lakossági dózismegszorítások és az egyes feladatok elvégzésére vonatkozó foglalkozási dózismegszorítások meghatározása, hatósági jóváhagyása (*kiemelendő, hogy a dózismegszorítások az optimálást segítő eszközök: az optimálás felső határát jelentik*).

A5.1.2 Korlátok

a) a lakossági dóziskorlátok fogalma, értékei;

b) a sugárveszélyes munkakörben foglalkoztatás tiltása egyes esetekben;

c) a sugárveszélyes munkakörben foglalkoztatottakra érvényes egyenértékdózis- és effektívdózis-korlátok.

(A korlátozásoknál hangsúlyozni kell, hogy a korlátok a külső és belső forrásoktól eredő terhelések összegére vonatkoznak, belső sugárterhelés esetében az adott évben bekerült izotópoktól eredő lekötött dózis veendő figyelembe.) (*Megemlítendő a teljes élettartamra vonatkozó dóziskorlát, amely magába foglalja a tervezett és az esetleges veszélyhelyzet-elhárítási dózisterhelések járulékát.*) (*Megemlítendő a foglalkozási korlát kivételes emelésének lehetősége, indokolt esetben.*) (*A lakossági korlátnál ki kell emelni, hogy sem a természetes háttér, sem az orvosi célú expozíciókból eredő terhelések nem tartoznak a korlátozás alá.*) (*A korlátok értékeléséhez („megértéséhez") célszerű néhány más jellemző dózis: természetes háttér (kiemelve annak széles tartományát), küszöbdózisok, félhalálos dózis ismertetése.*)

Speciális megjegyzések a továbbképzésekhez:

Feltétlenül ki kell emelni a friss változások közül:

a) a nem orvosi célú képalkotások hangsúlyos megjelenését az új szabályozásban,

b) az optimálás korábbinál szabatosabb (de nem matematikai) meghatározását,

c) a foglalkozási dóziskorlátok esetében a 20 mSv/év megjelenését (a korábbi 100 mSv/5 év helyett),

d) a szemlencsére vonatkozó korlát nagymértékű szigorodását.

A5.2 A Sugárvédelmi rendeletbe foglalt kategorizálások

A kategorizálások oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 47. írásbeli kérdés, valamint a 35., 36., 39. és 40. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az atomenergia alkalmazásának sugárvédelmi kategorizálása, kapcsolat a fizikai védelmi kategorizálással, illetve az izotóplaboratóriumok szabvány szerinti besorolásával (*érdemes megemlíteni, hogy a kormányrendeleti hivatkozással az MSZ 62-7:2017 szabványnak az izotóplaboratóriumok besorolására vonatkozó kritériumai kötelezően alkalmazandóvá váltak*);

b) a sugárveszélyes munkaterületek sugárvédelmi besorolása a Sugárvédelmi rendelet szerint (*hangsúlyozandó, hogy az ellenőrzött területek a felügyelt területeken belül alakítandók ki*);

c) a sugárveszélyes munkakörben dolgozók „A" és „B" kategóriába sorolása (*ki kell hangsúlyozni, hogy a hatósági doziméterek viselése az „A" kategóriába sorolás esetén mindig kötelező, „B" kategóriába soroltaknál csak akkor, ha az MSSZ előírja*) (*hangsúlyozandó, hogy a több munkáltatónál sugárveszélyes munkakörben foglalkoztatottak a kategóriába sorolástól függetlenül valamennyi munkahelyen személyi dózismérő viselésére kötelezettek*);

d) a sugárveszélyes munkahelyen dolgozók jogai és kötelességei (*a kötelességeknél kiemelendő az általános és a helyi sugárvédelmi előírások követése, a védőeszközök kötelező viselése, valamint az intézkedést kívánó események kötelező jelentése*),

- a sugárveszélyes munkakörben való foglalkoztatást megelőzően és a foglalkoztatás során időről időre elvégzendő munkaegészségügyi vizsgálatok előírása (*hivatkozás az egészségügyért felelős miniszter rendeletére*),
- a sugárveszélyes munkakörben dolgozók sugárvédelmi képzésének és továbbképzésének rendje (*kiemelve az ötévenkénti megújítás kötelezettségét*), legfontosabb szabályai.

A5.3 A zárt és nyitott sugárforrások kezelése a Sugárvédelmi rendelet szerint

A zárt és nyitott források ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján szereplő 42. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a zárt forrás definíciója,

- a zártság ellenőrzése az ISO 9978 szabvány szerint (vagy azzal egyenértékű biztonságot jelentő követelményekkel),
- a szolgálati idő és a felhasználási idő fogalma, a felhasználási idő meghosszabbíthatósága,
- a zártságvizsgálatok gyakorisága (*kiemelendő, hogy a telepített források esetében a zártságvizsgálatok elvégzésére legalább 3 évente, a mozgó eszközökben alkalmazott, vagy manuálisan mozgatott forrásokéra legalább évente sort kell keríteni*), rendkívüli vizsgálatok (*kiemelendő, hogy zártságvizsgálatokat az engedélyes akkor végezhet, ha az MSSZ tartalmazza a biztonságos és szakszerű technológia leírását*);
- a lejárt használati idejű zárt források kezelése;

b) a nyitott sugárforrásokkal való munkavégzés korlátozása, izotóplaboratóriumok,

- az orvosi, illetve ipari izotóplaboratóriumok kategorizálása, az alapmennyiség, illetve a műveleti szorzótényező fogalma,
- izotóplaboratóriumok kategorizálása az MSZ 62-7:2017 szabvány szerint (*III., II. és I. típusú, illetve A, B és C szintű*),
- az izotóplaboratóriumok felszerelésével kapcsolatos követelmények,
- az izotóplaboratóriumokban keletkezett radioaktív hulladékok kezelésének szabályai,
- radioaktív anyagok környezeti kibocsátása ellenőrzésnek lehetőségei és megoldásai,
- a belső sugárterhelés csökkentésére meghozandó intézkedések,
- a belső sugárterhelés mérése és számítása,
- szennyezés kockázata, felkészülés dekontaminációra.

A5.4 A Sugárvédelmi Leírás és a Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat a Sugárvédelmi rendelet szerint

A Sugárvédelmi Leírás és az MSSZ ismertetése eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 79., 81. és 89. írásbeli kérdés, valamint a 43. és 44. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a Sugárvédelmi Leírás és az MSSZ célja közti alapvető különbség (*megemlítendő, hogy az MSSZ-t minden felügyelt és ellenőrzött területen munkát végző munkavállalónak ismernie kell; a Sugárvédelmi Leírás esetében*

ilyen előírás nincs, a Sugárvédelmi rendelet csak az elkészítésének módját és a leírás tartalmát határozza meg, valamint azokat az engedélykérelmeket sorolja fel, amelyek benyújtásához a Sugárvédelmi Leírást mellékelni kell);

b) a Sugárvédelmi Leírás főbb tartalmi követelményei:

- a sugárveszélyes tevékenység indokolása és célja, kategorizálása, a technológiai folyamatok leírása, valamint a besugárzási útvonalak és kockázatok bemutatása,
- a sugárveszélyes munkahely kialakításának értékelése, kategorizálása, a radioaktív anyagok tárolásának, illetve az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések helyének meghatározása,
- a lakosság védelmének a terve,
- a biztonsági funkciók bemutatása (árnyékolások, telepített dózismérők, hulladéktárolás), a szervezeti biztonsági intézkedések leírása,
- optimálási szempontok (*kiemelendő a dózismegszorítások szerepe*),
- a sugárvédelmi minőségbiztosítási program;

Kiemelendő: a Sugárvédelmi rendelet Sugárvédelmi Leírásokról szóló 7. mellékletéhez kapcsolódó adatlapok sora.

c) az MSSZ főbb tartalmi követelményei:

- a sugárvédelmi szervezet felépítése, a sugárvédelmi megbízott (több megbízott esetén a sugárvédelmi szervezet) feladatai,
- az MSSZ felülvizsgálati rendje,
- az engedélyes sugárvédelmi feladatai (*kiemelendő: a három alapelv alkalmazása*),
- a munkavállalókra vonatkozó előírások (*kiemelendő az oktatáson való részvétel kötelessége*),
- a sugárveszélyes munkahelyek felügylete (*kiemelendő a munkaterületek besorolás*a, *a sugárterhelések értékelése, a belső sugárterhelés ellenőrzése*),
- a munkavégzésre vonatkozó előírások (*kiemelendő: a személyi védőeszközök alkalmazásának rendje – kötelező használatuk, rendszeres karbantartásuk, ellenőrzésük, előírás szerinti cseréjük, a CE-minősítés ellenőrzése – a személyi dózismérők kezelésének rendszere, a berendezések átvételi és időszakos állapotvizsgálatának rendje, a radioaktív hulladékok munkahelyi gyűjtésének és kezelésének rendje)*,

- a sugárvédelemmel kapcsolatos nyilvántartások (személyi dózismérések, képzések, orvosi vizsgálatok, sugárvédelmi ellenőrzések és értékelések, sugárforrások és hulladékok nyilvántartása) kezelése, a hatóság részére történő adatszolgáltatás (például az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések üzemeltetésével kapcsolatos változások) rendje,
- az üzemzavari és rendkívüli események kezelése,
- a sugárvédelmi minőségbiztosítási program végrehajtásának rendje,
- az MSSZ-hez mellékelt lista, amely a sugárvédelmi szempontból illetékes személyek és szervezetek elérhetőségi adatait tartalmazza (*kiemelendő a lista naprakész állapotban tartásának fontossága*).

A5.5 A sugárvédelmi megbízott és a sugárvédelmi szakértő szerepe a kormányrendelet szerint

A sugárvédelmi megbízott és a sugárvédelmi szakértő szerepének oktatása eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 79. és 80. írásbeli kérdés, valamint a 41. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a sugárvédelmi megbízott kinevezése;

b) a sugárvédelmi megbízott főbb feladatai:

- az MSSZ elkészítése, vagy sugárvédelmi szakértővel történő elkészíttetése, a szabályok betartatása,
- a munkahelyi monitorozóprogram végrehajtásának felügylete,
- a sugárveszélyes helyen dolgozók tájékoztatása, oktatásának (*kiemelendő: az oktatás mind a vizsgaköteles sugárvédelmi képzésre, mind a helyi ismeretek speciális oktatására vonatkozik*) és mind a belépéskori, mind a rendszeresen ismétlődő orvosi vizsgálatának megszervezése, a dolgozók személyi dozimetriai ellenőrzésének megszervezése és az eredmények nyilvántartása,
- a radioaktív anyagokkal kapcsolatos feladatok ellátása,
- gondoskodás a sugárvédelmi célokat szolgáló készülékek karbantartásáról, kalibrálásáról,
- a rendeletben előírt bejelentési kötelezettség teljesítése,
- kapcsolattartás a sugárvédelmi szakértővel,

- a hatóságokkal való kapcsolattatás;

Általános megjegyzés:

Az olyan munkahelyeken, ahol több munkaterület található, és az egyes területekre külön sugárvédelmi megbízottak kerültek kinevezésre, a megbízottak munkájának összehangolására Sugárvédelmi Szolgálat alakítható ki.

c) a sugárvédelmi szakértő alkalmazása:
   - a szakértő írásbeli megbízása *(kiemelendő: a szakértő bevonásával az atomenergia alkalmazója nem mentesül a felelősség alól);*
   - feladatok, amelyekben kötelező kikérni a szakértő véleményét (a sugárvédelmi kormányrendelet 37. § (1) és (6)-(8) bekezdése szerint);
   - fontosabb feladatok, amelyekbe a szakértő mint tanácsadó bevonható: optimálás, dózismegszorítások megállapítása, források üzembe helyezése, a munkaterületek és a munkavállalók kategorizálása, minőségbiztosítás.

A5.6 Egyéb jogszabályok

A fejezetben ismertetettek elsajátítása után a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 76. és 90. írásbeli kérdés megválaszolására.

a) A radioaktív anyagok biztonságos csomagolásának és szállításának követelményeit szabályozó nemzetközi egyezmények, illetve azok kihirdetése magyar jogszabályokkal (*kiemelendő, hogy a szabályozások többféle veszélyes anyagra vonatkoznak, csak a szabályok kis része tartalmazza a sugárvédelmi megkötéseket*),

Oktatandó témák:

- csomagolástípusok a bennük szállítható radioaktív anyag mennyisége alapján,
- a küldeménydarabok engedélyeztetése, az engedélyek érvényessége,
- a megengedett izotópok és a legnagyobb aktivitás megnevezése a típusengedélyben,
- a radioaktív anyagok szállítására alkalmas konténerek (*megemlítve, hogy a konténerekkel szemben nem csak sugárvédelmi, hanem például mechanikai, tűzvédelmi, vízbehatolási kritériumok is vannak*),
- a csomagoláson feltüntetendő információk (*kiemelendő a szállítási mutatószám [transport index: TI] fogalma*),

- a szállítási biztonsági tanácsadó kinevezése és regisztrálása a 25/2014. (IV. 30.) NFM rendelet szerint.

b) A 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az OAH feladatköréről és a hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságokról, az érvényesítés során kiszabható bírság mértékéről, valamint az OAH munkáját segítő tudományos tanácsról rendelkezik.

Oktatandó témák:

- az OAH-nak az Euratom-programokkal, a NAÜ és az OECD NEA tevékenységével kapcsolatos szerepe,
- az OAH szerepe a radioaktív anyagok szállításával kapcsolatban, a szállítási engedélyek sugárvédelmi előírások teljesülése a szállítási engedélyekben,
- az 51/2013. (IX. 6.) NFM rendeltben részletezett szállítási sugárvédelmi program (kiemelendő a szállítási sugárvédelmi program MSSZ-be integrálásának lehetősége).

c) A 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet az ionizáló sugárzást hasznosító munkahelyen a munkaköri és a szakmai alkalmasság orvosi vizsgálatok (az előzetes, időszakos és – ha indokolt – soron kívüli vizsgálatok) rendjét szabályozza.

Oktatandó témák:

- az előzetes és az időszakos vizsgálatok,
- soron kívüli vizsgálatok – indokolt esetben,
- záróvizsgálat – a munkáltató kérésére.

d) A 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól szól.

Oktatandó témák:

- a rendelet hatálya (hívjuk fel a figyelmet arra, hogy állatorvosi alkalmazásban a rendelet nem hatályos), (hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a rendelet hatálya kiterjed az igazságügyi orvosszakértői vizsgálatok végzésére),
- az új orvosi eljárások – az országos tisztifőorvos jóváhagyása,
- új berendezés esetén szükséges átvételi vizsgálat és a 2 évente történő állapotvizsgálat elvégeztetése a Nemzeti Népegészségügyi Központ szakembereivel, a jelentős karbantartást követő állapotvizsgálat,

- az orvosi fizikus szakértők szerepe,
- a népesség egészségügyi expozícióból és besugárzásból eredő dózisának becslése.

e) A 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a gazdátlan sugárforrásokkal kapcsolatos bejelentési kötelezettségről és intézkedésekről szól.

f) A 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az Országos Sugár-egészségügyi Készenléti Szolgálatról (OSKSZ) és a sugársérültek vagy arra gyanús személyek ellátásáról rendelkezik.

Oktatandó témák:

- az OSKSZ működése,
- a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet és a 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet együttes használata,
- a sugársérült fogalma,
- sugársérültek vagy arra gyanús személyek szakellátására kijelölt intézmények.

g) A 7/2007 (III. 6.) IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartását írja elő.

Oktatandó témák:

- a nukleáris anyag fogalma,
- a helyi és a központi nyilvántartások,
- kapcsolódás a NAÜ égisze alatt létrejött Biztosítéki Egyezményhez és a Kiegészítő Jegyzőkönyvhöz, valamint a 302/2005/Euratom bizottsági rendelethez,
- önálló hatósági és nemzetközi ellenőrzések.

h) A 11/2010 (III. 4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásáról rendelkezik.

Oktatandó témák:

- a rendelet hatálya,
- a zárt sugárforrásokhoz rendelt műbizonylat,
- a helyi és a központi nyilvántartás.

i) Rendelet készül az orvosi diagnosztikai eljárásokban alkalmazandó vonatkoztatási szintekről (a rendelet még nem készült el).

Külön fejezetben ismertetendő a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet (A6 és A7 fejezet), a 190/2011 (IX.19.) Korm. rendelet (A8 fejezet), a 155/2014. (VI.30.) Korm.rendelet

(A10 fejezet), valamint a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet és a 489/2015. (XII.30.) Korm. rendelet (A14 fejezet).

A5.7 A szabványok szerepe

A szabványok szerepének oktatása eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 45. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a nemzeti szabványok nem kötelező jellege, a szabványok egyes ajánlásainak „felülírása" jogszabályok által (*példaként felhozható az MSZ 14344:2004 szabvány*);

b) a szabványok segítő szerepe a tervezésben (*kiemelendő: a szabványoktól eltéréskor igazolni kell a jogszabályokba foglalt követelményeknek való megfelelést).*

A6 Rendkívüli események azonosítása, nukleárisbaleset-elhárítási ismeretek

(legalább 4 óra, továbbképzésen legalább 1 óra)

A baleset-elhárításra vonatkozó ismeretek oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 55., 56., 58-60., 68. és 69. írásbeli kérdés, valamint a 25-28. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a gazdátlan sugárforrás jelentése, a 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet
   - fényképek bemutatása néhány zárt sugárforrásról és sugárforrástartóról,
   - sugárvédelmi célú intézkedések ismertetése gazdátlan sugárforrás megtalálása esetén;

b) a rendkívüli esemény, a veszélyhelyzet, az üzemzavar és a baleset meghatározása;

c) a radiológiai és a nukleáris események megkülönböztetése;

d) a rendkívüli események bekövetkezési valószínűségének becslése, a nagyon kis valószínűséggel bekövetkező balesetek és a viszonylag nagy valószívűséggel bekövetkező kis jelentőségű események értékelése;

e) a nukleáris és a radiológiai események jellemzésére bevezetett INES-skála;

f) a rendkívüli események kezelésének rendje (intézkedések, jelentési kötelezettségek) (kiemelendő az alapvető eljárási szabályok

meghatározása az MSSZ-ben, a balesetelhárítási terv és a rendkívüli események kezelésének terve közti különbségek, különös tekintettel az érintettek körére);

g) a külső, illetve belső sugárterhelés utólagos becslésének lehetőségei (méréssel, számítással, a besugárzási körülmények rekonstruálásával);

h) a legsürgősebb teendők külső, illetve belső sugárterhelés veszélye esetén (ez utóbbinál kiemelendő a testfelület szennyezésének sürgős eltávolítása, a dekontaminálás), rendkívüli orvosi vizsgálat elrendelése;

i) az Országos Sugár-egészségügyi Készenléti Szolgálat szerepe (a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet szerint) a nem nukleáris létesítményekben bekövetkező rendkívüli események kezelésében;

j) speciális, a nukleáris balesetek, illetve radiológiai veszélyhelyzet elhárításához kapcsolódó ismeretek:

- az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) áttekintése,
- az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (OBEIT), a nukleáris veszélyhelyzet, tervezési kategóriák,
- a lakosság tájékoztatása és védelme (elvek és stratégia), a bevezethető védelmi intézkedések, a nukleáris veszélyhelyzet megszüntetése,
- a veszélyhelyzetek elhárítására vonatkozó szabályok, irányadó szintek (*külön hangsúlyozandó, hogy a baleset-elhárításban nem dóziskorlátok, hanem irányadó szintek vannak meghatározva*);

k) egy-egy jellemző radiológiai baleset és nukleáris baleset (célszerűen: radiológiai: Goiania (INES 5), nukleáris: Csernobil (INES 7)) rövid ismertetése, az egészségügyi hatások áttekintése, tanulságok.

A7 Sugárbalesetek, sugársérültek felismerése

(legalább 2 óra)

A sugársérültekkel kapcsolatos ismeretek oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 39. és 57. írásbeli kérdés, valamint a 29. és 30. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) sugársérülés (sugárbaleset) bekövetkezhet akár radiológiai, akár nukleáris baleset esetén;

b) a sugársérültek vagy arra gyanús személyek ellátásáról rendelkező 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet

- a sugársérült fogalma,
- lehetőségek a sugársérülést szenvedetteket ért dózis becslésére: fantomokon végzett utólagos mérések, modellszámítások, biológiai dozimetriai vizsgálatok,
- a sugársérülés fokozatai, a kialakulás folyamata,
- belső sugárterhelés esetén a sugárterhelés csökkentésének lehetőségei,
- sugársérültek vagy arra gyanús személyek szakellátására kijelölt intézmények (nem a konkrét intézmények felsorolása oktatandó, hanem az a tény, hogy a rendelet tartalmazza az intézmények listáját).

A8 Nukleáris védettségi ismeretek

(legalább 2 óra, továbbképzésen legalább 1 óra)

Általános megjegyzés a továbbképzésekhez:

Ez a témakör a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet hatályba lépése előtti oktatásokban még nem szerepelt, ezért a 2016. előtt vizsgázottak továbbképzésekor ugyanolyan részletesen kell oktatni, mint a bővített fokozatú képzésben először résztvevőknek.

A nukleáris védettségi ismeretek oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 84-86. írásbeli kérdés, valamint a 32. és 33. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet rövid ismertetése (*kiemelve a témakört övező egyre nagyobb nemzetközi érdeklődést*): a fizikai védelem fogalma, a fizikai védelmi engedélyek, az engedélyezésben részt vevő legfontosabb hatóságok, a bejelentési kötelezettségek;

b) a fizikai védelem alapvető feladatai (elrettentés, detektálás, késleltetés, elhárítás), azok értelmezése;

c) fizikai védelmi szintek;

- a nukleáris anyagok anyagmennyiség szerinti, a radioaktív anyagok és radioaktív hulladékok aktivitás szerinti kategorizálása (a 11/2010 (III. 4.) KHEM rendeletben szereplő D értékekhez viszonyítással),
- speciális előírások az ionizáló sugárzást létrehozó fix és mobil telepítésű berendezésekre,
- speciális szállítási feltételek;

d) a fizikai védelmi zónák (ellenőrzött, őrzött, fokozottan őrzött és belső zóna) meghatározása.

Általános megjegyzés:

Külön kiemelendő, hogy a D-szintű védelem alá eső munkahelyekre (ide tartozik a legtöbb sugárveszélyes munkahely) vonatkozó előírások hogyan jelennek meg az engedélyezésben.

A9 Méréstechnikai elmélet és gyakorlat

(legalább 4 óra + 4 óra gyakorlat, a továbbképzésben legalább 3+1 óra)

A9.1 A mérések tervezésének és kivitelezésének általános szempontjai

Oktatandó témák:

a) a mérendő mennyiségek és az elérni kívánt pontosság meghatározása;

b) a mérési eljárás/módszer kiválasztása;

c) az alkalmazott műszer(ek) kiválasztása (*fel kell hívni a figyelmet a műszerek karbantartásának és hitelesítésének, kalibrálásának a fontosságára*);

d) a mérések pontos jegyzőkönyvezése, a mért eredmények értelmezése, kiértékelése *(fel kell hívni a figyelmet a hibabecslés fontosságára*).

A9.2 A sugárvédelem leggyakrabban használt mérési eszközei

A fejezetben ismertetettek elsajátítása után a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 21., 24-26. és 28-30. írásbeli kérdés, valamint az 52-56. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) kézi műszerek:

- az ionizációs kamra, a proporcionális-számláló, a GM-cső és detektorainak működési mechanizmusa, valamint detektálási módjuk hasonlósága és különbözősége,
- a szcintillációs detektorok működése, az energiaszelektivitás magyarázata,
- a beütésszámból visszaszámolható felületi szennyezettség értékek meghatározásának lehetősége,
- a termolumineszcens (TL) detektorok működési elve, a TL-detektorok előnyei és hátrányai,
- a neutronsugárzás mérésének lehetőségei;

b) laboratóriumi műszerek:

- aktivitásmérő műszerek,
- a gamma-spektrometriai berendezések működési elve, minta-előkészítés, spektrumkiértékelés,
- az alfa- és béta-spektrometriai berendezések működési elve, minta-előkészítés.

Általános megjegyzések:

Az oktatónak meg kell ismertetnie a sugárvédelmi méréseknél használt műszerek működési elvét, de nem célszerű (és nem etikus) konkrét eszközöket ajánlaniuk.

A gyakorlat során a hallgatóknak lehetőséget kell adni arra, hogy sugárvédelmi célú kézi műszer(ek)en maguk méréseket végezhessenek. Célszerű mentességi szint alatti aktivitású zárt sugárforrást alkalmazni a gyakorlathoz.

A10 Radioaktív hulladékok kezelése

(legalább 2 óra)

A radioaktív hulladékok kezeléséről szóló ismeretek oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 74. írásbeli kérdés, valamint az 59. és 60. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a radioaktív hulladék meghatározása (*kiemelve, hogy a kiégett fűtőelem miért nem feltétlenül hulladék*);

b) a 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet áttekintése;

c) a radioaktív hulladékok keletkezési helyei: orvosi, kutató- és ipari laboratóriumok és munkahelyek, atomreaktorok);

d) a radioaktív hulladékok alapvető osztályozása: nagyon kis, kis, közepes és nagy aktivitású hulladékok (*kiemelendő, hogy – az elnevezéssel ellentétben – az osztályozás nem kizárólag az aktivitás szerint történik*), az osztályozás szempontjai a Sugárvédelmi rendelet 12. mellékletében;

e) a halmazállapot szerinti osztályozás;

f) a rövid felezési idejű radionuklidokat tartalmazó radioaktív hulladékok intézményen belüli tárolásának kötelezettsége, illetve lehetősége, a helyszíni átmeneti tárolás módja;

g) a nyitott radioaktív anyagok alkalmazása során keletkezett radioaktív hulladékok gyűjtésére és tárolására vonatkozó ajánlások az MSZ 62-7:2017 szabványban;

h) a hatósági felügylet alóli felszabadítás szabályai (engedélyezéssel, bejelentéssel);

i) a 155/2014. (VI. 30.) Korm.rendelet rövid ismertetése:

- a „tömörítés és tárolás" elve (szembeállítva a más hulladékoknál szokásos „hígítás és szétszórás" gyakorlattal),
- a gátak rendszere: elsődleges gát – csomagolóanyag, másodlagos gátak – a tárolólétesítmény elemei, harmadlagos gát – a megfelelő geológiai környezet,
- hulladékkezelési módszerek: térfogatcsökkentés (például tömörítéssel), kondicionálás (ide tartozik: a szilárd formára alakítás, például cementbe/bitumenbe ágyazással, üvegesítéssel (vitrifikáció)),
- a radioaktívhulladék-csomagokkal szemben támasztott követelmények (kiemelve, hogy a csomagolásnak a hő- és kémiai hatásokkal szemben is ellenállónak kell lennie),
- átvételi kritériumok,
- a tárolók két fő csoportja: felszínközeli, illetve mélygeológiai elhelyezést biztosító tárolók;

j) a hulladékok biztonságos elhelyezésére, a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolására, a nukleáris létesítmények majdani lebontására és a nukleáris fűtőelemek végleges sorsának kezelésére létrehozott szervezet: a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) (megemlítve a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap szerepét);

k) a két magyarországi radioaktívhulladék-tároló létesítmény:

- nem a Paksi Atomerőműben keletkezett/keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban (Püspökszilágy),
- a Paksi Atomerőműben keletkezett/keletkező kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban (Bátaapáti);

l) a lakosság sugárvédelme:

- rövid távon: a lakossági dózismegszorítás betartása, optimálás a lakossági sugárterhelésre,

- hosszú távon: a tároló megközelítésének megakadályozása, az információ átadása rendkívül hosszú időn át (megemlítendő, hogy a felezési idők sok izotóp esetében lényegesen meghaladják az emberiség egész történetének eddigi idejét).

A11 Minőségbiztosítási, minőségellenőrzési vizsgálatok

(legalább 1 óra)

A minőségbiztosítás oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 89. írásbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a minőségbiztosítás célja, feladata a sugárvédelem területén:
   - különböző aktív és passzív sugárvédelmi biztonsági elemek (visszajelző lámpa, hangjelzés, ajtók kényszerkapcsolatai) működőképességének rendszeres vizsgálata,
   - berendezések és sugárvédelmi mérőműszerek műszaki állapotának rendszeres ellenőrzése,
   - olyan alkalmazás esetén, ahol képalkotás történik a képminőség rendszeres ellenőrzése,
   - a sugárvédelmi egyéni védőeszközök ellenőrzésének módjai és lehetőségei;

b) a minőségbiztosítási program meghatározása a Sugárvédelmi Leírásban, a programból eredő feladatok végrehajtásának módja és gyakorisága az MSSZ-ben;

c) az egészségügyben alkalmazott berendezések sugáregészségügyi minőségellenőrző felügyeletét a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet szerint a Nemzeti Népegészségügyi Központ látja el,
   - a berendezések klinikai célú első használatbavétele előtt átvételi vizsgálatot kell végeztetni a Nemzeti Népegészségügyi Központtal,
   - az átvételi vizsgálatot követően rendszeres időközönként állapotvizsgálatot kell végeztetni a Nemzeti Népegészségügyi Központtal,
   - az engedélyes köteles gondoskodni a berendezések napi, heti és havi minőségbiztosítási vizsgálatáról a Nemzeti Népegészségügyi Központ módszertani útmutatója alapján.

A12 Sugárvédelmi tervezés és értékelés: kockázatelemzés, dózistervezés, optimálás

(legalább 8 óra, továbbképzésen: az A12-A14 témákra összesen legalább 6 óra)

A kockázatelemzés, dózistervezés, optimálás oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 63., 64. ás 67. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a biztonsági elemzések szükségessége, elemzések az engedélyek megszerzéséhez, a jogszabályoknak való megfelelőség igazolása, a kellő színvonalú biztonság demonstrálása a potenciálisan érintett lakosságnak;

b) a biztonsági elemzések célja: az alapvető sugárvédelmi követelmények (a determinisztikus hatások kialakulásának megakadályozása, a sztochasztikus hatások észszerűen elérhető legkisebb értéken tartása);

c) a biztonság értékeléséhez elkerülhetetlen kockázatelemzés:

- a potenciális sugárterhelések felfedése, azonosítása,
- a normál üzemben észszerűen elérhető dózisok meghatározása,
- az esetleges rendkívüli események azonosítása,
- a potenciális műszaki meghibásodások azonosítása, a bekövetkezési valószínűségek mérése, vagy becslése,
- a potenciális emberi mulasztások azonosítása, a bekövetkezés valószínűségének becslése,
- a külső veszélyhelyzetek felmérése, a bekövetkezés valószívűségének azonosítása,
- a rendkívüli események bekövetkezténél fellépő foglalkozási, illetve lakossági dózisterhelések becslése;

d) a tervezési baleset(ek) (DBA – design basis accident), fizikai védelmi elemzéskor a tervezési fenyegetettség (DBT – design basis threat) meghatározása, a szükséges védőintézkedések tervezése, az esetleges következmények (foglalkozási és lakossági dózisterhelések) értékelése;

e) valószínűségi biztonsági elemzéskor (Probabilistic Safety Analysis: PSA):

- eseményfák felépítése,

- a bekövetkezési valószínűségek meghatározása az összes elágazási pontra,
- a kimeneti pontok eredő valószínűségének és súlyosságának (a foglalkozási és lakossági dózisok nagyságának) meghatározása (a környezetet érintő eseményeknél szükség esetén PSA-3 szintű elemzés, statisztikai elemzésen alapuló meteorológiai valószínűségekkel);

f) az optimálás folyamata:

- az adott feladat elvégzésére műszakilag lehetséges megoldások összegyűjtése,
- valamennyi lehetséges megoldásra a sugárterhelésben potenciálisan érintettek körének (munkavállalók, illetve a lakosság) meghatározása, az érintettek dózisának becslése,
- valamennyi lehetséges megoldás költségkihatásának és társadalmi hatásának felmérése,
- az optimálisnak ítélt megoldás kiválasztása (kiemelendő, hogy az optimális megoldás kiválasztása nem mindig számszerűsíthető) (kiemelendő, hogy sokszor egymásnak ellentmondó kritériumok: pl. az érintett dolgozók száma vs. az egyéni dózisok, vagy a foglalkozási vs. a lakossági sugárterhelések összevetésére van szükség),
- az optimálás felülvizsgálata legalább minden olyan esetben, amikor valamilyen új technológia jelenik meg, vagy a gazdasági szempontok (költségek) jelentősen megváltoznak.

A13 Sugárvédelmi tervezés és értékelés: árnyékolások számítása, transzportkódok alkalmazása

(legalább 3 óra + 2 óra gyakorlat, továbbképzésen: az A12-A14 témákra összesen legalább 6 óra)

Az árnyékolásszámítási téma oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 7., 14., 15. és 73. írásbeli kérdés, valamint a 68-70. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az alfa-sugárzás: folyamatos fékeződés, a hatótávolság fogalma és a hatótávolság ingadozása (range straggling);

b) béta-sugárzás: maximális hatótávolság fogalma, a fékezési röntgensugárzás szerepe nagy béta-energiákon;

c) foton- és neutronsugárzás:

- a részecskefluens, a részecskefluxus és az energiafluxus fogalma,
- az ütközés nélküli részecskék (keskeny nyaláb közelítés) exponenciális gyengülése,

d) speciális, egyszerű számítások gamma-sugárzásra:

- pontszerű sugárforrás, valamint a forrás és a detektálási pont közti elhanyagolható gyengítés esetén érvényes intenzitáscsökkenés képlete, a kerma-tényező (dózisállandó) fogalma, képlete,
- a szórt sugárzás figyelembevétele (széles nyaláb közelítés) felépülési tényezők (build-up faktorok) segítségével (feltétlenül kiemelendő, hogy egy-egy felépülési tényező táblázata csak egyfajta – többnyire igen egyszerű – geometriára, egyetlen árnyékolóanyagra és egyetlen jellemzőre (fluxus, vagy dózis) érvényes) (kiemelendő, hogy vastag árnyékolórétegek esetén a felépülési tényező egynél sokkal nagyobb értékeket felvehet);
- egyszerű példa: fogászati röntgenmunkahely, vagy ipari átvilágító kabin sugárvédelmi követelményeinek bemutatása.

e) a transzportegyenlet megoldása bonyolult geometriákon:

- a transzportegyenlet felírása (a transzportegyenlet többféle formában felírható, javasolt az ütközéssűrűségekre felírt integrálegyenletes formalizmus),
- egyszerű megoldási lehetőségek neutronokál: diffúziós egyenlet, egycsoport közelítés,
- általános 3D megoldás: a Monte-Carlo módszer – a fizikai folyamatok véletlen szimulációja, eltérések a tényleges szimulációtól – torzítatlan becslések szóráscsökkentő módszerekkel (egyszerű példaként érdemes bemutatni az elnyelődés helyettesítését statisztikus súlyokkal). A Monte-Carlo módszer előnyei és hátrányai. A szabadon elérhető legismertebb Monte-Carlo programok (elsősorban az MCNP kód),
- összetett esetekben csatolt gamma-neutron programok alkalmazása,
- az egyszerű módszerek, illetve az MSZ 62-2:2017 és 62-3:2017 szabványban található egyszerű geometriákra érvényes gyengítések felhasználása mint a transzportegyenlettel végzett pontos számítások kiindulópontja.

A gyakorlat során célszerű bemutatni egy-két feladat megoldását különféle módszerekkel, és elemezni a kapott eredményeket.

A14 Sugárvédelmi tervezés és értékelés: kibocsátás- és környezetellenőrzés, terjedésszámítás

(legalább 2 óra, továbbképzésen: az A12-A14 témákra összesen legalább 6 óra)

A kibocsátás, környezetellenőrzés és terjedésszámítás témák oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 48-50. írásbeli kérdés, valamint a 72-74. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet áttekintése:
   - kibocsátási határértékek nem kiemelt létesítményekre (kiemelendő: a vízbe történő kibocsátások esetén eltérő határértékek bevezetésnek lehetősége, ha a tényleges helyzet eltér a rendeletben alkalmazott modellezés feltételeitől),
   - kibocsátási szintek meghatározása a kiemelt létesítményeknél (kiemelendő: a kiindulás a lakossági dózismegszorítás),
   - bejelentési kötelezettség az éves határérték egyharmadának meghaladásakor;

b) a kibocsátás ellenőrzése a kibocsátási pontokon (létesítményi és hatósági ellenőrzések);

c) környezeti ellenőrzések:
   - közvetlen gamma-dózisteljesítmény mérések,
   - mintavételezés és a minták kiértékelése (kiemelendő: a nuklidspecifikus mérések jelentősége),
   - kiemelt létesítmények esetében a mérési adatok minimális terjedelmének meghatározása a 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendeletben;

d) a mesterséges és természetes eredetű lakossági dózisterhelés becslése a mérési adatok és modellszámítások alapján, az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) szerepe (a természetes eredetűnél kiemelendő a radon jelentősége);

e) a légköri kibocsátások terjedése:

- a legegyszerűbb, szektorátlagolt modellek (csak normál üzemi kibocsátások terjedésére használható),
- a Gauss-eloszláson alapuló csóvamodell, a meteorológiától függő paraméterek (szélsebesség, szélirány, diffúziós paraméterek, záróréteg-magasság),
- a Gauss-eloszláson alapuló pöff-modell (a szélirány és a szélsebesség változásának követésével),
- nagy (kontinentális léptékű) távolságokra: Lagrange-féle trajektória-modellek,
- a csóva szegényedéséhez vezető folyamatok (radioaktív bomlás, száraz ülepedés, kimosás).

A15 Irodalom

Olyan szakirodalom, amely az egész sugárvédelem mai megalapozását és rendszerét naprakészen ismerteti, jelenleg magyar nyelven nem érhető el. Az angol nyelven elérhető és viszonylag új könyvek közül elsősorban M. G. Stabin monográfiája [A1] ajánlható.

A korábban megjelent magyar nyelvű könyvek: a Köteles György által szerkesztett „Sugáregészségtan" [A2] valamint a Fehér István és Deme Sándor szerkesztette „Sugárvédelem" [A3] mindegyike az Európai Unió legújabb sugárvédelmi irányelveinek [A4] és az ezeken alapuló hatályos magyar jogszabályok megjelenése előtt készült. Így ezek a könyvek – bár zömében helyes ismereteket tartalmaznak – számos ponton nem felelnek meg a mai követelményeknek, az kizárólag ezekre alapozott felkészülés téves helyzetértékelésekhez vezethet.

Az atomenergia felhasználásával kapcsolatos általános elveket az *1996. évi CXVI. törvény* [A5] (Atomtörvény) tartalmazza.

A sugárvédelem alapvető szabályait *az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet* [A6] ismerteti.

A fizikai alapelvek esetében a legkönnyebb a helyzet, lényegében bármely *felsőfokú fizikakönyv* megfelel, de az atomfizikai alapokhoz a fenti *két sugárvédelmi könyv* [A2, A3] is korrekt információkat ad. A dózismennyiségek definícióját azonban semmiképpen nem szabad a két sugárvédelmi könyvből átvenni, a ma érvényes pontos meghatározásokat a Sugárvédelmi rendelet [A6] tartalmazza. A definíciók pontos megértését segítheti az Európai Unió irányelve [A4], valamint – angol nyelven – a NAÜ szótára (Safety Glossary), amelyet folyamatosan karbantartanak [A12].

A sugárbiológiai hatásokról jó összefoglalást ad a Köteles György szerkesztette „Sugáregészségtan” könyv [A2]. Frissebb, de csak elektronikus formában érhető el a Pesznyák Csilla és Sáfrány Géza által szerkesztett „Sugárbiológia” című tankönyv [A18]. A legújabb fejleményekről az UNSCEAR (United States Scientific Committee on Atomic Radiations) szervezet rendszeresen frissülő – angol nyelvű – jelentéseiből értesülhetnek az oktatók [A9].

A sugárvédelem alapelvei közül az indokolás alapelve megjelenik már az Atomtörvényben [A5], az optimálás és a korlátozás részletes szabályait pedig a Sugárvédelmi rendelet [A6] tartalmazza.

A védekezés (ide értve az árnyékolások tervezését) módszereit kellő mélységben ismerteti a Fehér István és Deme Sándor szerkesztésében megjelent [A3] könyv.

A dózisok méréséhez (5. fejezet) a Fehér István és Deme Sándor által szerkesztett könyv ajánlható [A3].

A nukleárisbaleset-elhárítás rendszerének jó összefoglalását adja az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság honlapja [A13], a rendszer felépítése és működése a vonatkozó kormányrendeletből [A14] ismerhető meg.

A radioaktív hulladékok biztonságos kezelésének magyarországi helyzete jól követhető a Radioaktív-hulladék Kezelő Kht. honlapján [A20].

A balesetek során elszennyeződött személyek sugármentesítéséről Turai István állított össze útmutatót [A19].

A fizikai védelem és a védettség részletesebb megismeréséhez a 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet [A10] tanulmányozása ajánlható.

A sugárvédelem jogi szabályozásával és a hatósági engedélyezéssel kapcsolatos előírásokat, valamint a munkahelyi előírásokkal és a sugárvédelmi oktatással kapcsolatos követelményeket a már hivatkozott jogszabályok [A5, A6, A8] tartalmazzák. Az orvosi vizsgálatok során a nem munkaköri kötelezettségük keretében sugárveszélynek kitett személyek sugárvédelmével a [A7] jogszabály foglalkozik.

Általánosságban hívjuk fel a részletek iránt érdeklődők figyelmét az Országos Atomenergia Hivatal útmutatóira, amelyek a hivatal honlapján találhatóak [A11].

A változások naprakész követéséhez ajánlható az ICRP, a NAÜ és az OECD NEA – angol nyelvű – kiadványainak folyamatos követése, elsősorban honlapjaik [A15, A16, A17] figyelésével.

Tételes irodalomjegyzék:

[A1] M. G. Stabin: Radiation Protection and Dosimetry. Springer, 2007.

[A2] Sugáregészségtan (Szerk.: Köteles György), Medicina Könyvkiadó Rt., 2002.

[A3] Sugárvédelem (Szerk.: Fehér István és Deme Sándor), ELFT Eötvös Kiadó, 2010.

[A4] A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom. a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről.

[A5] Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény.

[A6] 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.

[A7] 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól.

[A8] 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről.

[A9] www.unscear.com.

[A10] 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.

[A11] http://www.oah.hu.

[A12] az IAEA Safety Glossary 2016. évi kiadása letölthető:

https://www-ns.iaea.org/downloads/standards/glossary/iaea-safety-glossary-draft-2016.pdf.

[A13] http://www.katasztrofavedelem.hu.

[A14] 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről.

[A15] www.icrp.org.

[A16] www.iaea.org.

[A17] www.oecd-nea.org.

[A18] Sugárbiológia. Elektronikus tankönyv (szerk.: Pesznyák Csilla és Sáfrány Géza), 2013. A javított változat (2016) letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[A19] Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése (dekontaminálása és dekorporációja) (Szerk.: Turai István). OSSKI, 2006. Módszertani Útmutató. Letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[A20] http://www.rhk.hu

B. Szakirányú ismeretek

B1 Egészségügyi alkalmazások

B1.1 Általános szempontok az egészségügyi alkalmazásoknál

Az általános szempontok ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett E8 és E12 írásbeli kérdés, valamint a 31a., 46a., 47a., 66a., 71a., továbbá részben a 61a. és a 62a. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a páciensek, a személyzet és a segítők együttes sugárvédelme, személyi és tárgyi feltételek (kiemelve a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendeletben a segítőkre vonatkozó előírásokat, személyzetsegítők bevonásának lehetőségét, valamint az ehhez kapcsolódó adminisztratív feladatokat);

b) az orvosi röntgen munkahelyek és izotóplaboratóriumok tervezésekor használható szabványok;

c) a betegek közelében (otthon vagy a kórházban) tartózkodó személyek védelme, a sugárterhelések besorolása a lakossági sugárterhelés kategóriába;

d) a betegek és a személyzet besugárzás alatti kapcsolatának szükségessége (kiegészítve azzal, hogy miért kötelező a kapcsolat),

e) az indokolás és az optimálás speciális feltételei (kitérve a beutalóorvos és a kezelőorvos felelősségére);

f) a korlátozás nem alkalmazhatósága a pácienseknél (megemlítendő az irányadó szintek szerepe);

g) a hulladékkezelés és a kibocsátásellenőrzés speciális szabályai a kezelőhelyeken és az orvosi izotóplaboratóriumokban;

h) a sugárvédelmi megbízott (illetve a sugárvédelmi szervezet) legfontosabb feladatai, adminisztratív és gyakorlati teendői;

i) árnyékolások méretezése és használata az egészségügyi alkalmazásokban;

j) védőeszközök az egészségügyi alkalmazásokban;

k) a minőségbiztosítás és a minőségellenőrzés szerepe a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendeletben foglaltak szerint;

l) egészségügyi alkalmazások területén bekövetkezett sugárbelesetek (ismertetendő esetként ajánlott: Zaragoza, Spanyolország 1990., San

Jose, Costa Rica, 1996.), a sugársérültek ellátásának módszerei (a több személyt érintő balesetek esetén kiemelendő a triázs szerepe), a balesetek tanulságai.

B1.2 Képalkotó eljárások

A képalkotó eljárások ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett E1, E2, E3, E5, E6, E9, E10 és E13 írásbeli kérdés, valamint a 65a. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az optimálás értelmezése a képalkotó eljárásoknál;

b) a hagyományos röntgenvizsgálatok sugárvédelmi szempontjai;

c) a röntgencsőgerjesztési paraméterek, a páciensdózist befolyásoló paraméterek a diagnosztikai röntgenberendezések esetén;

d) a röntgenberendezés és a páciens helyének meghatározása a röntgenhelyiségben (az MSZ 824:2017 szabvány);

e) a munkaterületek besorolása röntgenosztályokon;

f) a fogászati röntgenvizsgálatok (intraorális, panoráma, CBCT), a hozzájuk tartozó jellemző páciensdózisok, és a páciens védelmének módja (*külön fel kell hívni a figyelmet a virtuális 3D technika és CBCT közötti különbségre, a különbségek érvényesítése a tervezés során*);

g) a diagnosztikai röntgenberendezésekre vonatkozó MSZ 824:2017 szabványtól való eltérések lehetősége;

h) a CT-eljárások és dózisaik (*hangsúlyozandó a fellépő páciens- dózisok nagysága – összevetés az indokoltsággal*);

i) az újonnan megjelent eljárások (pl. SPECT/CT, PET-CT) működési elve, sugárvédelmi szempontok, a gyakran használt radionuklidok főbb jellemzői;

j) sugárvédelem az intervenciós radiológiai beavatkozásoknál, a személyzet és a páciens védelme;

k) a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendeletben meghatározott átvételi és állapotvizsgálat;

l) a diagnosztikai röntgenberendezések napi, heti és havi minőségellenőrző vizsgálatának szükségessége;

m) a 21/2018 (VII. 9.) EMMI rendeltben előírt adminisztrációs követelmények és az azoknak való megfelelőség ellenőrzésének módszere.

B1.3 Terápiás célú besugárzások

A terápiás eljárások ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett E7 és E11 írásbeli kérdés,-valamint az 58a. és részben a 62a. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a terápiás célra használt besugárzások és berendezések: röntgenberendezések, kobaltágyú, gamma-kés, gyorsítók, brachyterápia, afterloading terápia;

b) a céltérfogat ellenőrzésére használt minőségbiztosítási vizsgálatok;

c) a személyzet védelmében alkalmazott besugárzóhelyiségek kialakítása, a sugárvédelmi intézkedések;

d) gyorsítók esetében: a terápiában nem alkalmazott másodlagos sugárzásfajták, a nagy energián felaktiválódó egységektől a személyzetet érő dózisok;

e) a páciensek ép szerveinek, szöveteinek védelme érdekében meghozott eljárások;

f) a sugárterápiában a páciensek, a személyzet és a környezet sugárterhelésének meghatározására alkalmazott mérési módszerek és minőségbiztosítási követelmények.

B1.4 Nukleáris medicina

A nukleáris medicina eljárásai ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett E4, E14 és E15 írásbeli kérdés, valamint az 57a., 75a. és részben a 61a. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a nyitott radioaktív anyagok elleni védelem alapjai;

b) az új eljárások (pl. alfa-sugárzó izotópok alkalmazása) sugárvédelmi vonatkozásai;

c) a diagnosztikai és/vagy terápiás céllal leggyakrabban használt radioaktív anyagok, előállításuk, radiofarmakonok (*kiemelve a rövid felezési idő és a gyors kiürülés fontosságát*);

d) a betegek nukleáris medicinával foglalkozó intézményből történő elbocsátásának feltételei mint sugárvédelmi adminisztratív követelmények (21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet);

e) a nyitott radioaktív anyagokat használó orvosi izotóplaboratóriumokra vonatkozó követelmények (laboratóriumi védőeszközök, személyi védőeszközök);

f) a keletkezett radioaktív hulladékok kezelésének és átmeneti tárolásának lehetőségei, valamint ezek adminisztratív követelményei, a környezeti kibocsátások jellemző útvonalai, a kibocsátásellenőrzés módszerei (*beleértve a folyékony radioaktív hulladék kibocsátásnak sugárvédelmi és adminisztratív vonatkozásait*);

g) a nukleáris medicinában alkalmazott mérési módszerek és minőségbiztosítási követelmények;

h) a betegek részére átadandó dokumentumok tartalmi elemei (a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet szerint);

i) a Nemzeti Népegészségügyi Központ feladatai a 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet szerint;

j) teendők egy munkafelület vagy testfelület elszennyeződése esetén (dekontamináció, dekontaminálókészlet, a dekontaminációs folyamat lépései), (*hangsúlyozandó: a traumás sérült sugármentesítésének lépései).*

B1.5 Kiegészítő irodalom

Az egészségügyi alkalmazások témakörhöz elsősorban az általános részben hivatkozott Sugáregészségtan könyv [A2] ajánlható, a páciensek sugárvédelméről 2018-ban jelent meg rendelet [A7].

A sugárbiológiáról elektronikus könyv jelet meg [B1.1].

Kifejezetten orvos-fizikusok számára ajánlható Sureka és Armpilia kitűnő összefoglaló könyve [B1.6].

A szennyezett személyek sugármentesítésről [B1.2] és a munkavédelmi szabályzatokról [B1.3] a Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztályának honlapján olvashatók módszertani útmutatók.

Az orvosi és állatorvosi munkahelyeken [B1.4] és a nyitott radioaktív anyagok felhasználásakor [B1.5] alkalmazandó sugárvédelemről 2017-ben jelent meg két új szabvány.

A zaragozai balesetről jó összefoglalás található a Wikipediában [B1.7]

A San José (Costa Rica) balesetről a NAÜ külön füzetet jelentetett meg [B1.8]

A sugaras balesetek esetén teendők jó összefoglalását adja a [B1.9] cikk.

Tételes irodalomjegyzék:

[B1.1] Sugárbiológia. Elektronikus tankönyv (szerk.: Pesznyák Csilla és Sáfrány Géza), 2013. A javított változat (2016) letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[B1.2] Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése (dekontaminálása és dekorporációja) (Szerk.: Turai István). OSSKI, 2006. Módszertani Útmutató. Letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[B1.3] Ballay László: Izotópos munkavédelmi szabályzat. A helyes munkavégzés gyakorlata nyitott radioaktív készítményeket alkalmazó munkahelyeken. OSSKI, 2011. Módszertani Útmutató. Letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[B1.4] MSZ 824:2017: Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken.

[B1.5] MSZ 62-7:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 7. rész: Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor.

[B1.6] C. S. Sureka and C. Armpilia: Radiation Biology for Medical Physicists. CRC Press, 2017.

[B1.7] https://en.wikipedia.org/wiki/1990_Clinic_of_Zaragoza_radiotherapy_accident

[B1.8] Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San Jose Costa Rica. IAEA, 1998.

[B1.9] J. B. Bomanji, F. Novruzov and S. Vinjamuri: Radiation accidents and their management: emphasis on the role of nuclear medicine professionals. Nucl. Med. Commun., 35, 995, 20014. Elérhető még a következő honlapon: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4232298/

B2 Nem nukleáris ipari alkalmazások

B2.1 Általános szempontok az ipari alkalmazásoknál

Az általános szempontok ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I8 és I15 írásbeli kérdés, valamint a 31b., 57b., 61b., 65b., 71b. és részben a 62b. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az ipari alkalmazásokhoz meghatározható foglalkozási és lakossági dózismegszorítások;

b) az árnyékolás legfontosabb eszközei a különféle sugárzástípusokra;

c) az ipari alkalmazásoknál használt legfontosabb méréstechnikai módszerek, mérőeszközök, a mérési eredmények értékelése;

d) az ipari alkalmazások során keletkező radioaktív hulladékok és kezelésük, az átmeneti tárolás feltételei;

e) minőségbiztosítás, minőségellenőrzés (kiemelve a zárt források zártságának ellenőrzését, az alkalmazott berendezések és munkatartók rendszeres karbantartását és ellenőrzését, az árnyékolóeszközök vizuális vizsgálatát, az alkalmazott műszerek hitelesítését és kalibrálását);

f) néhány ipari radiográfiai rendkívüli esemény ismertetése (ismertetésre ajánlott rendkívüli események: Jinju, Korea, 2009.; Lavaca, USA, 2011.), az eseményekből levonható tanulságok.

B2.2 A természetben előforduló radioaktív anyagok az iparban

A természetes radioaktív anyagok jelentősége ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I5 írásbeli kérdés, valamint részben a 66b. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a természetben előforduló radioaktív anyagok (NORM) az építőanyagokban (hangsúlyozandó: az építőanyagok által kibocsátott gamma-sugárzásra vonatkozó aktivitáskoncentráció-index);

b) a természetben előforduló radioaktív anyagokat bedúsító iparágak, a bedúsított anyagok megjelenése egyes ipari termékekben (pl. műtrágyák).

B2.2 Ipari radiográfia

Az ipari radiográfia ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I2, I3 és I11-I13 írásbeli kérdés, valamint a 46b., 58b. és részben a 62b. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az átvilágítókabinok felépítése, sugárvédelmi kritériumok, minőségbiztosítás;

b) biztonságtechnikai röntgenberendezések (*kiemelve a személyek átvilágításának indokoltsági kérdéseit*);

c) röntgenspektrométerek, a röntgencsövet tartalmazó mérő és szabályozó kutató- és ipari berendezések általános sugárvédelmi előírásai;

d) zárt sugárforrásokat tartalmazó berendezések:

- a forrás zártságának definíciója, rendszeres ellenőrzése: zártságvizsgálat, jogosultság a zártság vizsgálatára,
- a szolgálati idő hosszabbításának feltételei, kritériumrendszere,
- a sugárforrások tárolása, a sugárforrá-tartókkal (munkatartók) szemben támasztott követelmények, sugárvédelmi kritériumok (*kiemelve a shutter-re vonatkozó előírásokat*),
- a leggyakoribb alkalmazások (vastagságmérés, sűrűségmérés, szintjelzés, anyagösszetétel-meghatározás), a tipikus alkalmazások során fellépő sugárterhelések, a munkavállalók dózisterhelésének csökkentésére hozott intézkedések,
- a leggyakrabban használt zárt sugárforrások (izotópok) sugárvédelmi szempontból lényeges tulajdonságai: fizikai forma, az izotóp felezési ideje és a kibocsátott sugárzás energiája, a nyitottá válás kockázata;

e) az ipari radiográfiában dolgozók sugárvédelme, a sugárvédelmi képzettséggel kapcsolatos követelmények, a személyi dozimetriai ellenőrzés;

f) a sugárvédelmi megbízott harásköre és feladatai az ipari alkalmazásoknál, az MSSZ jelentősége;

g) a röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyek sugárvédelméről szóló MSZ 836:2017 szabvány részletes ismertetése.

B2.3 Külső területen végzett munka

Az külső területen végzett munka feltételeinek ismertetése eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I1 írásbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a vizsgálatot végzők és a lakosság sugárvédelmének párhuzamos biztosítása:

- a munkaterület kijelölése és elkerítése, izodózisgörbék használata, illetve ellenőrzőmérések a kijelölt területen,

- a munkaterület jelölése, biztosítása és őrzése, az alkalmi radiológussegítő feladta.

B2.4 Csomagolás és szállítás

A csomagolás és szállítás feltételeinek ismertetése eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I4 és I10 írásbeli kérdés, valamint részben a 62b. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a radioaktív anyagok biztonságos csomagolásának és szállításának követelményeit szabályozó nemzetközi egyezmények (közúti: ADR és vasúti: COTIF), illetve azok kihirdetése magyar jogszabályokkal (*kiemelendő, hogy az egyezmények többféle veszélyes anyagra vonatkoznak, csak a szabályok kis része tartalmazza a sugárvédelmi megkötéseket*);

b) csomagolástípusok felsorolása a bennük szállítható radioaktív anyag mennyisége alapján (engedményes csomagolás, ipari csomagolás, A, B és C típusú csomagolás),
   - a radioaktív anyagok szállítására alkalmas konténerek,
   - a csomagoláson feltüntetendő információk,
   - a szállítási mutatószám (transport index: TI);

c) az „A” és „B” típusú küldeménydarabok, az ipari radiográfiában használt munkatartók sugárvédelmi vonatkozásai;

d) a szállítójárművekre vonatkozó követelmények, a veszélyhelyzetben követendő lépések (külön kiemelve az értesítési rendet);

e) a szállítási biztonsági szakértő szerepe;

f) a szállítási sugárvédelmi program főbb tartalmi elemei.

B2.5 Nyitott radioaktív anyagok alkalmazása

Az nyitott radioaktív anyagokkal végzett munka feltételeinek ismertetése eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett I6, I7, I9 és I14 írásbeli kérdés, valamint a 47b. és a 75b. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a nyitott radioaktív készítmény alkalmazása kizárólag izotóplaboratóriumban történhet;

b) a laboratórium kialakításakor és üzemeltetésekor betartandó szabályok, felszereltségi követelmények (*külön kiemelendő a védőeszközök fontossága*) az MSZ 62-7:2017 szabvány szerint;

c) az izotóplaboratóriumok osztályozása, sugárvédelmi követelmények, az alapmennyiségek és a felhasználható aktivitás számítása;

d) az izotóplaboratóriumok jellemző kibocsátásai, a kibocsátás-ellenőrzés módszerei;

e) a szennyezettség (kontamináció) és az inkorporáció veszélye, a szennyezettség és az inkorporáció mérése, beavatkozási szintek;

f) az izotóplaboratóriumokban alkalmazott nukleáris méréstechnikai eljárások;

g) a szennyezettség esetén alkalmazandó eljárások (dekontamináció), a laboratóriumok dekontaminálókészlete;

h) inkorporáció esetén követendő mérési eljárás, továbbá az inkorporáció gyanúja esetén követendő eljárás (*beleértve az értesítés kötelezettségeket*), néhány jellemzően alkalmazott izotóp dekorporáló szerének ismertetése.

B2.6 Kiegészítő irodalom

Az ipari radiográfiai munkahelyeken alkalmazandó sugárvédelem részleteiről külön szabvány készült [B2.1].

Az izotóplaboratóriumok kialakításakor és üzemeltetésekor az MSZ 62-7:2017 szabvány [B2.2] előírásait kérjük betartani.

A telepített izotópos berendezések ellenőrzéséről módszertani útmutató [B2.3] található a Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztályának honlapján.

A veszélyes áruk – és ezen belül a sugárveszélyes áruk – közúti, vasúti, belvízi, tengeri és légi szállításáról számos nemzetközi egyezmény született. Ezeket az egyezményeket és módosításaikat, valamint a mellékleteiket Magyarországon törvénnyel, illetve rendelettel hirdetik ki. Itt a hazai szállítások szempontjából legfontosabb közúti és vasúti fuvarozásra vonatkozó egyezményeket emeljük ki [B2.4-B2.11].

A két ismertetésre javasolt rendkívüli esemény részleteiről a [B2.12] és a [B2.13] összefoglalók adnak áttekintést.

Tételes irodalomjegyzék:

[B2.1] MSZ 836:2017: Sugárzás elleni védelem röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyeken.

[B2.2] MSZ 62-7:2017: Az ionizáló sugárzás elleni védelem, 7. rész: Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor.

[B2.3] Turák Olivér, Ballay László és Turai István: Telepített ipari izotópos berendezések sugárvédelmi ellenőrzése. OSSKI, 2010. Módszertani Útmutató. Letölthető a http://www.osski.hu/kiadvanyok/kiadvanyok.html honlapról.

[B2.4] 1979. évi 19. törvényerejű rendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás kihirdetéséről.

[B2.5] 2015. évi LXXXIX. törvény a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás (ADR) „A" és „B" Melléklete szövegének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről.

[B2.6] 178/2017. (VII. 5.) Korm. rendelet a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás (ADR) „A" és „B" Melléklete szövegének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről.

[B2.7] 1986. évi 2. törvényerejű rendelet a Bernben az 1980. évi május hó 9. napján kelt Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) kihirdetéséről.

[B2.8] 4/1987. (V. 13.) KM rendelet a Nemzetközi Vasúti Árufuvarozási Egyezményre vonatkozó Egységes Szabályok (CIM) mellékleteinek kihirdetéséről.

[B2.9] 2006. évi LXXVII. törvény a Bernben, 1980. május 9-én kelt, Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv kihirdetéséről.

[B2.10] 2011. évi LXXX. törvény a Bernben, 1980. május 9-én kelt, Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléke 2011. évi módosításokkal és kiegészítésekkel egységes szerkezetbe foglalt szövegének kihirdetéséről.

[B2.11] 179/2017. (VII. 5.) Korm. rendelet a Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv C Függeléke Mellékletének kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről.

[B2.12] Overexposure of a field radiography worker. IAEA, 2011. Az IAEA honlapján elérhető:

https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=d63406a6-5f14-4f40-8052-e3b70707646b

[B2.13] Overexposure to a radiographer trainee's extremities. IAEA, 2011. Az IAEA honlapján elérhető:

http://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=d8a69871-04f2-414d-8164-a9e350da0e30

B3 Radioaktívhulladék-tárolók üzemeltetése

B3.1 A kormányrendelet és a szabványok

A rendeletben meghatározott követelmények és a szabványokban szereplő ajánlások oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 46c., 47c., 62c. és 71c. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

a) a 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet:

- a kormányrendelet hatálya (kiemelendő a lezárásra és az intézményes ellenőrzésre áttérésre vonatkozó hatály),
- a tárolókra vonatkozó biztonsági szabályzat (TBSZ) sugárvédelmi kihatású főbb elemei (a kibocsátást visszatartó gátak időszakos ellenőrzése, a tárolásra és elhelyezésre szolgáló területek lehatárolása és zónákra osztása, sugárzásmérő műszerek és riasztóberendezések telepítése és karbantartása, kibocsátás-ellenőrzés, a környezet monitorozása és a lakossági sugárterhelés becslése, dekontaminálási felkészülés, sugárvédelmi program készítése, a sugárvédelmi ellenőrzési rendszer kiépítése, a szükséges foglalkozási dózismegszorítások meghatározása, hosszútávú sugárvédelmi követelmények),
- a minőségbiztosítási program, és annak végrehajtása;

b) a radioaktív hulladékok kezelésekor használatos sugárvédelemmel kapcsolatos szabványok:

- a kifejezetten a hulladékkezeléssel kapcsolatos szabványok: MSZ 14334-1:2004 és MSZ 14344/2-1998 (kiemelendők ezen szabványok időközben „felülírt” meghatározásai, ajánlásai),
- az MSZ 62 szabványsorozat általános érvényű elemeinek használata a hulladéktárolók esetében (elsősorban az MSZ 62-2:2017 szabvány használata az árnyékolás méretezésénél).

B3.2 A radioaktív hulladék fogalma, az elhelyezés elvei

A fogalmak oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett H3, H5 és a H10-H12 írásbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a radioaktív hulladék meghatározása (*kiemelve, hogy a kiégett fűtőelem miért nem feltétlenül hulladék*);

b) a 2016-ban készített *Magyarország nemzeti programja a kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelésére* című nemzeti program (*megjegyzendő, hogy a program egésze ma is érvényes, de a dokumentum néhány megállapítását felülírta az azóta megjelent Sugárvédelmi rendelet*);

c) radioaktív hulladékok keletkezési helyei: orvosi és ipari laboratóriumok, munkahelyek, atomreaktorok (*kiemelve a Paksi Atomerőmű egyes blokkjainak leszerelésekor várható hulladékokat*);

d) az átmeneti tárolás fogalma, átmeneti tárolás a keletkezés helyén, a telephelyen véglegesen el nem helyezhető hulladékok átmeneti tárolása a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban;

E) az évente keletkező radioaktív hulladékok tipikus mennyiségei (külön-külön az atomreaktorokban keletkező és az intézményi hulladékokra),

f) a radioaktív hulladékok biztonságos elhelyezéséről és a kiégett fűtőelemek biztonságos elhelyezéséről szóló nemzetközi egyezmény, amelyet Magyarországon törvény hirdetett ki;

g) a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tárolólétesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló kormányrendelet ismertetése;

h) a „tömörítés és tárolás" elve (*szembeállítva a más hulladékoknál szokásos „hígítás és szétszórás" gyakorlattal*);

i) a gátak rendszere: elsődleges (csomagolóanyag), másodlagos (a tárolólétesítmény elemei – falak), harmadlagos (megfelelő geológiai környezet);

j) a tárolók két fő csoportja (felszínközeli, illetve mélygeológiai elhelyezés);

k) a tároló életciklusának elemei: létesítés, üzemeltetés, lezárás, intézményes ellenőrzés;

l) a kiégett fűtőelemek tárolása (*kiemelve, hogy Magyarországon a kiégett fűtőelemek végleges sorsáról még nincs döntés*), a besugárzott nukleáris anyag fizikai védelmi definíciója;

m) a hulladékok biztonságos elhelyezésére, a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolására, a nukleáris létesítmények majdani lebontására és a nukleáris fűtőelemek végleges sorsának kezelésére létrehozott szervezetet: a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. (RHK Kft.) (*megemlítve a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap szerepét*).

B3.3 A radioaktív hulladékok osztályozása

A radioaktív hulladékok osztályozása ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett H6-H9 és H13 írásbeli kérdések, valamint az 57c. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) alapvető osztályozás: nagyon kis, kis, közepes, és nagy aktivitású hulladékok (*kiemelendő, hogy – az elnevezéssel ellentétben – az osztályozás nem kizárólag – és nem elsődlegesen – az aktivitás szerint történik*) (*az osztályozással foglalkozó MSZ 14344-1:2004 szabvány, kiemelve az időközben - a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelettel – életbe lépett változásokat*);

b) az elsődleges osztályozási szempont: a hőfejlődés (hőteljesítmény-sűrűség);

c) a mentességi szint mint viszonyítási alap a kis és közepes aktivitású hulladékok osztályozásakor;
   - szükség esetén osztályozás a felületi dózisteljesítmény szerint,
   - a „scaling factor” módszer alkalmazása kiemelendő a nehezen mérhető izotópok esetében,
   - az osztályozáskor alkalmazható mérési módszerek;

d) osztályozás a felezési idő szerint
   - a rövid felezési idő definíciója,
   - a rövid felezési idejű izotópok helyszíni (kötelező, vagy opcionális) tárolása,
   - a hosszú felezésű izotópokat tartalmazó hulladékok mindenképpen nagy aktivitásúnak számítanak;

e) halmazállapot szerinti osztályozás
   - a folyékony és gáznemű radioaktív anyagok kibocsátására vonatkozó kritériumok a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet szerint,
   - a kiemelt létesítményekre vonatkozó kibocsátási határok megállapítása.

B3.4 A radioaktív hulladékok kezelése, kondicionálása, csomagolása, átvételi kritériumok

A témakör ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett szakirányú 58c. és 61c. szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) gyűjtés, válogatás, osztályozás, csomagolás, ideiglenes tárolás (*kiemelendő a helyszíni tárolás kötelezettsége, illetve lehetősége – a felezési idő függvényében*);

b) hulladékkezelési módszerek: térfogatcsökkentés (például tömörítéssel), kondicionálás (ide tartozik a szilárd formára alakítás, például cementbe/bitumenbe ágyazással, üvegesítéssel (vitrifikáció));

c) a radioaktívhulladék-csomagokkal szemben támasztott követelmények (kiemelve, hogy a csomagolásnak a hő- és kémiai hatásokkal szemben ellenállónak kell lennie);

d) a csomagolások szállításhoz szükséges mechanikai stabilitása, a csomag esetleges sérülésének korai észlelhetősége, a csomagolás épségének ellenőrzésére alkalmazható méréstechnikai eszközök;

e) a csomagok nyilvántartása, egyedi azonosíthatósága, a megfelelő szállítási útvonalak kijelölése;

f) átvételi kritériumok (annak garantálása, hogy minden radioaktív hulladék a megfelelő helyen és módon legyen elhelyezve), a végleges tárolásra vonatkozó legfontosabb előírások;

g) speciális átvételi kritériumok folyékony anyagokat, illetve port, hamut tartalmazó csomagokra *(annak kiemelésével, hogy porok esetében a kritériumok a szemcseméretttől is függenek*);

h) a radioaktivitás mellett egyéb szempontból veszélyes anyagok csomagolása az ADR nemzetközi közúti szállítási egyezmény előírásai szerint;

i) a visszanyerhetőség feltételei.

B3.5 A radioaktív hulladékok tárolására szolgáló létesítmények sugárvédelme

A témakör ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett H1 és H2 írásbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a lakosság sugárvédelme:

- rövid távon: a lakossági dózismegszorítás megállapítása, betartása, optimálás a lakossági sugárterhelésre;
- hosszú távon: a tároló megközelítésének meggátolása, az információ átadása rendkívül hosszú időn át (megemlítendő, hogy a felezési idők sok izotóp esetében lényegesen meghaladják az emberiség egész történetének eddigi idejét);

b) a dolgozók sugárvédelme: optimálás, a korlátok (és a dózismegszorítások – ha vannak) alkalmazása, a védőeszközök alkalmazása, a sugárszennyezettség ellenőrzése, az esetleges szennyezettség eltávolításának módszerei.

B3.6 Magyarországi létesítmények

A létesítmények ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett és H14 és H15 írásbeli kérdés, valamint a 65c., 66c. és 75c. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a radioaktívhulladék-tárolókra és a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójára vonatkozó lakossági, illetve foglakozási dózismegszorítások;

b) a radioaktívhulladék-tárolókra vonatkozó kibocsátási követelmények és a környezetellenőrzési követelmények (*kiemelve a vízbe történő kibocsátás (szivárgás) jelentőségét*);

c) a nem a Paksi Atomerőműben keletkezett/keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban (Püspökszilágyon), a tároló főbb tulajdonságai;

d) a Paksi Atomerőműben keletkezett/keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése a Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóban (Bátaapátiban), a tároló főbb tulajdonságai;

e) a nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezésének helyére vonatkozó kutatások Boda környékén;

f) a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója (*kiemelendő: a fűtőelemciklus lezárásának függőben lévő helyzete Magyarországon*) (*kiemelendő, hogy a tároló alkalmas lesz a most tervezett két új blokk kiégett fűtőelemeinek ideiglenes tárolására*).

B3.7 Néhány rendkívüli esemény

A rendkívüli események ismertetésének eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk a 31c. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Ismertetésre és elemzésre javasolt események:

a) Tammiku, Észtország (1994) – a fizikai védelem hiányossága, a behatolók sugárterhelése;

b) Püspökszilágy (2013) – foglalkozási dóziskorlátok túllépése;

c) Carlsbad, NM, USA (2014) – az utólagos elemzések szerint sem a dolgozók, sem a környezet nem volt valós veszélyben.

B3.8 Kiegészítő irodalom

A radioaktív hulladékokkal kapcsolatos meghatározások külön szabványban [B3.1] találhatók meg (bár a szabvány több ajánlását felülírta az időközben megjelent Sugárvédelmi rendelet).

A tárolókkal kapcsolatos biztonsági követelményekről kormányrendelet jelent meg [B3.6].

A radioaktív, azon belül is elsősorban az atomreaktorokban keletkező radioaktív hulladékok kezeléséről sok kitűnő és szellemes rajzzal illusztrált érvelés olvasható Björn Wahlström népszerűsítő könyvében [B3.2].

A kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról a NAÜ égisze alatt több ország (köztük hazánk) egyezményt hozott létre. Az egyezményt Magyarországon törvénnyel hirdették ki [B3.4]. Az egyezmény részes országai háromévente jelentést készítenek, a magyar jelentések az Országos Atomenergia Hivatal honlapján [B3.5] olvashatók.

A magyarországi létesítményekről sok hasznos információ található az üzemeltetésükért felelős Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. honlapján [B3.4].

A *Magyarország nemzeti programja a kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelésére* című dokumentum a [B3.7] honlapon olvasható.

A három ismertetésre ajánlott rendkívüli eseményről a [B3.8-B3.10] irodalmak adnak áttekintést.

Tételes irodalomjegyzék:

[B3.1] MSZ 14344:2004: Radioaktív hulladékok. Fogalom-meghatározások és osztályozás.

[B3.2] B. Wahlström: A mag és az alma héja. Paksi Atomerőmű Rt. 1999.

[B3.3] A 2001. évi LXXVI. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében a kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív

hulladékok kezelésének biztonságáról létrehozott közös egyezmény kihirdetéséről.

[B3.4] http://www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=05&submenu=5_3

[B3.5] http://www.rhk.hu/letesitmenyeink/

[B3.6] 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről.

[B3.7] http://www.kormany.hu/download/5/93/a0000/Nat_Progr_rad_waste_SEA_EnvRep_HU.pdf

[B3.8] The Radiological Accident in Tammiku. IAEA, Vienna, 1998.

[B3.9] *Jelentés az atomenergia 2013. évi hazai alkalmazásának biztonságáról*, valamint: *Jelentés az atomenergia 2014. évi hazai alkalmazásának biztonságáról.* (Mindkét jelentésben az 5.3 fejezet foglalkozik a rendkívüli eseménnyel.)

[B3.10] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25880461

B4 Nukleáris létesítmények üzemeltetése

B4.1 Fogalmak, meghatározások

A fogalmak és meghatározások oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N1 és N10 írásbeli kérdés, valamint a 47d. és 62d. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a nukleáris létesítmények felsorolása az Atomtörvény szerint, rendeltetésük;

b) a nukleáris létesítmények engedélyesei;

c) a nukleáris biztonságról szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (amelynek részét képezik a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ)) különleges szerepe a nukleáris létesítmények esetében (*ki kell térni a Sugárvédelmi rendelet és a nukleáris biztonságról szóló kormányrendelet összhangjának értelmezésére*);

d) a nukleáris létesítményekben alkalmazandó sugárvédelmi minőségbiztosítási program (a Sugárvédelmi Leírás és az MSSZ szerepe);

e) a hazai létesítmények főbb jellemzői

B4.2 Az atomreaktorok működése, maghasadás, láncreakció

A fogalmak és meghatározások oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N14 írásbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) maghasadás (a hasadásonként felszabaduló energia és a kibocsátott neutronok száma), láncreakció, kritikusság (a késő neutronok szerepe a szabályozhatóságban);

b) főbb reaktortípusok (részletesen a vízhűtésű és vízmoderátoros reaktorok; áttekintve a többi létező, vagy létezett reaktortípust, és röviden megemlítve a tervezett (IV. generációs) típusokat);

c) az üzemanyagok fajtái, az urán dúsítása (a kis- és nagydúsítás definiálása).

B4.3 Munkahelyi sugárvédelem

A munkahelyi sugárvédelmi kérdések oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N2, N3 és N8 írásbeli kérdések, valamint a 46d., 57d., 58d., 71d. és részben a 66d. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a sugárzások, illetve a sugárterhelés legfontosabb forrásai és típusai;
   - a neutronsugárzás keletkezése, a keletkező neutronok energia-eloszlása, a sugárzási súlytényező energiafüggése,
   - radioaktív hasadványok, a szerkezeti elemek aktiválódása, a gamma-sugárzás keletkezése;

b) a gamma- és neutronsugárzási terek jellemzésére alkalmazható mérési módszerek, mérőeszközök (kiemelendők: a neutronsugárzás rendkívül széles energiatartományából eredő nehézségek);

c) védekezés a gamma-sugárzás ellen (az általánosan felhasznált anyagok köre);

d) védekezés a neutronsugárzás ellen (az általánosan felhasznált anyagok köre);

e) a védekezés tervezésének alapja: az exponenciális gyengítés,

- a gamma-sugárzás esetén: a felépülési tényezők (build-up faktorok) (kiemelve, hogy minden geometriára és az egyes sugárzási jellemzőkre külön-külön felépítési tényezők érvényesek);

f) védekezéstervezések, számítások transzportkódokkal (kiemelendő a Monte-Carlo programok egyre nagyobb jelentősége) (kiemelendő a korszerű hatáskeresztmetszet adatok használata), csatolt neutron-gamma-programok;

g) a szabványok mint segédletek (elsősorban az MSZ 62-2:2017 és 62-3:2017 szabványok használata és korlátaik);

h) a felügyelt és ellenőrzött területek meghatározása;

- az ellenőrzött területeken belüli különleges szabályok (körülhatárolás, belépés korlátozása, védőeszközök használata), (célszerű felhívni a figyelmet arra, hogy az ellenőrzött területeken belül további munkaterület-besorolás végezhető, az ilyen besorolás az MSSZ-ben rögzítendő).

B4.4 A dolgozók sugárvédelme

A dolgozók sugárvédelme oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N11 és N15 írásbeli kérdés, valamint a 66d. és részben a 65d. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) az egyes munkafolyamatokra érvényes dózismegszorítások megállapítása (beleértve a külső munkavállalókra érvényes megszorítások megállapítását);

b) a védelem optimálása, a foglalkozási dózismegszorítás, mint az optimálás kiindulópontja;

c) a hatósági személyi doziméterek viselésének, kiértékelésének és nyilvántartásának fő szabályai;

d) a neutronsugárzástól eredő dózis mérése, a mérésre jogosultság feltétele;

e) helyszínen leolvasható dózismérők, a hang-, illetve fényjelzést adó szintjelzők (kiemelve, hogy mely esetekben kötelező a használatuk), elektronikus doziméterek;

f) az esetleges sugárszennyezettség ellenőrzésének és megszüntetésének módszerei, a belső sugárterhelés ellenőrzése (kiürülésmérésekkel, részleges- vagy egésztest-számlálóval);

g) „a sugárveszélyes munka végzéséhez egyidejűleg legalább két munkavállaló jelenléte szükséges” szabály, illetve a korlátozás alóli kivételek;

h) a munkahelyeken alkalmazandó (kollektív) védőeszközök szerepe, karbantartásuk jelentősége;

i) a személyi védőeszközök, és kötelező használatuk, a védőeszközök karbantartása.

B4.5 A radioaktív anyagok kibocsátása, a környezet sugárterhelése, a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezése

A radioaktív anyagok kibocsátásával és a környezeti terheléssel kapcsolatos kérdések oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N4-N6 és N13 írásbeli kérdés, valamint a 61d., 75d. és részben a 65d. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a lakossági dózismegszorítás célja, értékének meghatározása;

b) a tervezett légköri és folyékony halmazállapotú kibocsátások mérése, besugárzási útvonalak;

c) a normál üzem, illetve üzemzavar esetén a lakossági dózisok becslésére rendelkezésre álló modellek, illetve mérési adatok:

- a légköri terjedési modellek (az általános oktatás kibővítése: a Gauss-féle terjedési modell paramétereinek vizsgálata – a Pasquil kategóriák, az effektív kéménymagasság, a felszíni valamint az inverziós rétegnél történő visszaverődések);
- környezeti mérések, a Paksi Atomerőmű környezetében elhelyezett „A” és „G” típusú állomások szerepe, a főbb mért mennyiségek, mérési megoldások;

d) az atomerőművek kibocsátás- és környezetellenőrzésének követelményei a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet alapján;

e) a keletkező radioaktív hulladékok főbb típusai, a radioaktív hulladékok osztályozása, előkészítése (beleértve a folyékony hulladékok szilárdítását) és minősítése a létesítményből történő kiszállítás előtt, a

hulladékcsomagok aktivitásának meghatározása (kiemelendő a nehezen mérhető izotópok esetében alkalmazható 'scaling factor' módszer);

f) a nem erőművi hulladékok elhelyezése a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban, az erőművi hulladékok elhelyezése a Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóban.

B4.6 A kiégett fűtőelemek kezelése

A radioaktív anyagok kibocsátásával és a környezeti terheléssel kapcsolatos kérdések oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett N7 és N9 írásbeli kérdés-megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) a kiégett fűtőelemek aktivitása (*kiemelendő az aktivitás erős függése a kiégettség függvényében*);

b) a kiégett fűtőelemek tárolása a pihentetőmedencében;

c) a kiégett fűtőelemek hulladékká minősítésének kérdése (az újrafeldolgozás elvi lehetősége, a fűtőelemciklus lezárásának függőben lévő helyzete Magyarországon);

d) a kiégett fűtőelemek újrahasznosítása (reprocesszálása) mint opció, biztonsági és gazdasági szempontok;

e) a kiégett kazetták ideiglenes tárolója (KKÁT), a tároló felépítése, bővíthetősége (*célszerű megemlíteni, hogy a KKÁT moduláris felépítésének köszönhetően a tervbe vett új atomerőművi blokkokban kiégő fűtőelemkötegek átmeneti tárolására is képessé bővíthető*).

B4.7 Nukleárisbaleset-elhárítás

A nukleárisbaleset-elhárítás oktatásának eredményeként a hallgatóknak képessé kell válniuk az OAH honlapján közzétett 31d. szakirányú szóbeli kérdés megválaszolására.

Oktatandó témák:

a) felkészülés veszélyhelyzetekre, veszélyhelyzeti tervezési zónák;

b) a nukleáris üzemzavar és baleset közötti alapvető különbség (*célszerű példával illusztrálni: paksi üzemzavar, illetve csernobili baleset*), az INES-skála;

c) teendők veszélyhelyzetben (a Balesetelhárítási Intézkedési Terv – BEIT – szükségessége, az Országos BEIT rövid ismertetése), az engedélyes felelőssége, illetve a külső erők bevonásának igénybevétele;

d) a veszélyhelyzeti munkavállalókra megállapított vonatkoztatási szintek;

e) a lakossági tájékoztatás fontossága;

f) a bekövetkezett főbb balesetek (INES 7: Csernobil, 1986. és Fukusima, 2011., INES 5: Three Mile Island, 1979.) és tanulságaik.

B4.8 Kiegészítő irodalom

A maghasadásról és láncreakcióról nagyon jó, színes ábrákkal illusztrált összefoglaló található a Paksi Atomerőmű honlapján [B4.1].

A nukleáris létesítményekkel kapcsolatos biztonsági követelményeket kormányrendelet határozza meg [B4.9].

A nukleáris biztonságról a NAÜ keretében nemzetközi egyezmény született. Az egyezmény – amelyhez hazánk csatlakozott – magyarországi kihirdetése törvénnyel [B4.2] történt. Az egyezmény részes országai háromévente jelentést készítenek, a magyar jelentések – amelyek a hazai nukleáris létesítményekre vonatkozó adatokat tartalmaznak – az Országos Atomenergia Hivatal honlapján [B4.3] olvashatók.

Az árnyékolás méretezésekor bonyolult geometriákra vonatkozó számításokban egyre gyakrabban használt Monte-Carlo módszer alapjainak jó leírását adják a [B4.13] könyv első fejezetei, a világszerte használt MCNP-kód áttekintése a Los Alamos Laboratory által karbantartott [B4.14] honlapon, illetve annak alfejezeteiben található.

A Paksi Atomerőmű műszaki adatairól (ide értve a dozimetriai adatokat) a Wikipedia szócikkében [B4.4], illetve az Országos Atomenergia Hivatalnak a Kormány és az Országgyűlés számára készített éves jelentéseiben [B4.5] található információ.

A Budapesti Kutatóreaktorról, illetve az Oktatóreaktorról az Energiatudományi Kutatóközpont [B4.6], illetve a BME Nukleáris Technikai Intézet [B4.7] honlapján található a legtöbb könnyen érthető információ. Az Országos Atomenergia Hivatal éves jelentéseiben [B4.5] ezekről a berendezésekről szerepelnek adatok.

A különféle atomreaktor-típusokról jó összefoglaló olvasható a Paks II. Zrt. honlapján [B4.11], a tervezett (IV. generációs) reaktorokról a Wikipedia kínál hasznos összefoglalást [B4.12].

A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft. által üzemeltetett létesítményekről: a Nemzeti Radioaktívhulladék-tárolóról, a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóról, a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójáról a Kft. honlapján [B4.8] olvashatók részletek.

Az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési terv jogszabályi alapjairól szóló útmutató új változata az OAH honlapján érhető el [B4.10].

Tételes irodalomjegyzék:

[B4.1] http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Maghasadas_es_nuklearis_lancreakcio.pdf

[B4.2] Az 1997. évi I. törvény a nukleáris biztonságról a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében Bécsben, 1994. szeptember 20-án létrejött Egyezmény kihirdetéséről.

[B4.3] http://www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=05&submenu=5_3

[B4.4] https://hu.wikipedia.org/wiki/MVM_Paksi_Atomeromu

[B4.5] http://www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=05&submenu=5_1

[B4.6] https://www.energia.mta.hu/hu/content/budapesti-kutatoreaktor

[B4.7] http://www.reak.bme.hu/oktatoreaktor.html

[B4.8] http://www.rhk.hu/letesitmenyeink

[B4.9] 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

[B4.10] http://www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/7CDAC12972ADD267C1257BE90056A9AD/$FILE/OBEIT_1-1_utmutato_v3.pdf

[B4.11] http://www.paks2.hu/hu/Atomenergia/AtomeromuTipusok/Lapok/default.aspx

[B4.12] https://en.wikipedia.org/wiki/Generation_IV_reactor

[B4.13] I. Lux and L. Koblinger: Monte Carlo Particle Transport Methods: Neutron and Photon Calculations. CRC Press, Boca Raton, 1991.

[B4.14] https://mcnp.lanl.gov/