

Sugárvédelmi tervezés, kockázatelemzés,
dózistervezés, optimalás témakör:

12.1.1. Biztonsági elemzések célja , potenciális
sugárterhelések azonosítása

Az ICRP 103 számú kiadványa megőrizte a sugárvédelem korábbi három alapelvét: az indokolást, az optimálást és a korlátozást.

Az ICRP ajánlásai nyomán dolgozta ki a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség a részletesebb ajánlásait, amelyek közül a jelen útmutató szempontjából általánosan alkalmazhatók az alábbiak:

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014)

Occupational Radiation Protection, General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018)

Radiation Protection of the Public and the Environment, General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018)

Optimization of Radiation Protection in the Control of Occupational Exposure, Safety Reports Series No. 21 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002) Több elemzést tett közzé az OECD NEA is a sugárvédelmi alapelvek gyakorlatba átültetéséről

Optimálás (OAH útmutatóból)

A definíció azonban világosan mutatja, hogy az optimálás nem végezhető el „matematikai értelemben”, többé-kevésbé egzakt módon, hiszen az elméleti cél (ésszerűen elérhető legalacsonyabb) és az azt befolyásoló műszaki, gazdasági és a társadalmi tényezők sem határozhatók meg egzaktul. Ezek alapján az optimálás inkább a „lehetőségek mérlegeléseként” funkcionál, és nem csak konkrét számítások (pl. dózisszámítás, költséghatékonyság-elemzés) elvégzését, hanem részben kvalitatív értékelést jelent. Ez egyben azzal jár, hogy az optimálás folyamata és az optimáltság megítélése szükségképpen hordoz szubjektív elemeket. A fentiek értelmében nyilvánvaló, hogy az optimálás nem szó szerint az egyetlen legjobb megoldás megtalálását, hanem egy olyan megoldás kiválasztását jelenti, amelynél nincs egyértelműen jobb. Fontos kihangsúlyozni, hogy az optimálás nem az egyéni sugárterhelés minimalizálása. Az optimálás a sugárterhelés kockázata és az egyének sugárvédelmét biztosító erőforrások közötti egyensúly megtalálása. Ezért az optimális sugárvédelmi intézkedés nem feltétlenül egyben a legalacsonyabb dózist eredményező megoldás. A hatóság akkor fogadhatja el az engedélykérő által bemutatott elemzést, ha az optimálás során figyelembe vettek minden ésszerűen megvalósítható scenáriót, és az optimálási folyamat során megfelelő modelleket, módszereket, kiinduló feltevéseket alkalmaztak, és az optimális megoldás kiválasztásakor a jogszabályban előírt követelményeknek megfelelően jártak el.

A Sugárvédelmi rendelet 7. §-ában, a műszaki ismeretekre, gazdasági és társadalmi tényezőkre utalásban az „aktuális” szó megjelenése egyértelművé teszi, hogy – akárcsak az indokolás – az optimálás sem egyszer s mindenkorra szóló eljárást jelent. Egy megoldás, amely adott műszaki és gazdasági szinten, egy adott társadalmi helyzetben optimálisnak tekinthető, a későbbiekben meghaladottá válhat.

51. Mit jelent az optimálás?

a sugárvédelmet úgy kell megtervezni, hogy a személyi dózisok nagysága, a sugárterhelés valószínűsége és a sugárterhelésnek kitett személyek száma az ésszerűen elérhető legkisebb legyen

a sugárvédelmet úgy kell megtervezni, hogy a személyi dózisok nagyságának és a sugárterhelésnek kitett személyek számának a szorzata az ésszerűen elérhető legkisebb legyen

a sugárvédelmet úgy kell megtervezni, hogy a védelem a korlátok betartása mellett a legolcsóbb legyen

a sugárvédelmet úgy kell megtervezni, hogy a személyi dózisok nagysága az ésszerűen elérhető legkisebb legyen

Biztonsági elemzések célja

- Teljesülnek-e a sugárvédelmi normák, 2/2022 OAH. Rendelet, szabványok előírásai, dózis korlátok, irányadó szintek, (biztonsági célok elérése)
- Módszertana: determinisztikus hatások megvalósulásának és a sztochasztikus hatások elemzése (üzemzavarra és balesetre külön külön)
- Káros hatások előfordulásának a valószínűségének elemzése (okok:emberi, technikai,környezeti,külső,belső)
- Károk mértéke (modellezés, becslések vagy mérési adatok alapján)
- Befolyásoló tényezők elemzése (szenzitivitási faktorok)

International Nuclear Safety Group (INSAG) (INSAG SERIES)

- Biztonsági cél: ionizáló sugárzás hatásai kockázatának minimalizálása páciens, munkavállaló és a páciens gondozásába bevont személy és környezet felé.
- Sugárvédelmi cél: ALARA elvek megvalósulása, páciens által elszenvedett dózis kockázata kisebb legyen mint a vizsgálat/kezelés elmaradásával járó kockázat, determinisztikus hatások elkerülése
- Elemzés célja: biztonsági célok elérésének bizonyítása
- IAEA kiadványok: INSAG 11, RS-G-1.5. stb...

INSAG 11 eü.re vonatkozó részletei

Személyek: munkavállalók, páciens, lakosság,
(munkavállaló és a lakosság néha azonos)

Források: röntgen, terápia, diagnosztika, nyitott
zárt, (diagnosztikát az alacsony kockázatba
sorolja!!)

Magas kockázatnak írja le: alacsony biztonsági
kultúrás, alacsony képzettséget, gyakorlottság
hiányát, rosszul felszerelt munkahelyek,
pénzhiány, fejletlenebb szabályozó hatóságok
kompetenciáját (Brazil, Goiana), nagy alkalmazók
számával statisztikailag nő a balesetek gyakorisága,

INSAG 11 tartalom

- Mik a kötelezően betartandó előírások
- Biztonsági intézkedések, feladatok
- Speciális stratégiák (hely szelleme)
- A stratégiák kiválasztásának feltételei (mi az amit még elfogadok, pl Hp(0,07) növekmény a dekonatminálást végző személynél, vagy vészhelyzeti munkavállalók dózis tervezése létszám függésében)

Területek: sugárforrások iparban, egészségügyben, hulladék kezelés, nukleáris ipar,

Kockázat és kockázat kezelés (risk and risk management)

- A páciens által elszenvedett dózis kockázata kisebb legyen mint a vizsgálat/kezelés elmaradásával járó kockázat (pl. tüdő rtg. vizsgálat kockázata kisebb mint a diagnosztikai információ nélkül nem kezelt tüdő gyulladás)
- Társadalmi hasznon figyelembe vétele, anyagi hasznon. Társadalmi elfogadottsága a tevékenységnek.
- Orvosi alkalmazásnál nincs a páciensre vonatkozó dózis korlát csak irányadó referencia szintek. (21/2018 EMMI rendelet.)
- A tevékenység befejezése után is van kockázat: hulladék, pácienssel távozó radioaktív anyag)

Elemzés kiterjed:

- Az alkalmazott sugárforrásra (izotóp vagy rtg.) aktivitás, vagy sugárzás mértékére (mennyi, és miből)
 - A teljes alkalmazási területre (munkavállaló, technológia) bele értve a beteg későbbi környezet és gondozóit, és a betegsége lefolyása során a jövőben előforduló dózisok elszennvedését is figyelembe kell venni (diagnosztikai és terápiás dózis elszennvedése= sztochasztikus hatások/leukémia)
 - A biztonságos alkalmazáshoz szükséges kapacitások reális felmérése (jövően fenntarthatóak a biztonsági funkciók) (besugárzó forrás védelme vagy elhelyezése megoldott, kezelt beteg alkalmas-e a biztonsági utasítások betartására)
 - Lehetséges balesetek/nem kívánt események reális felmérése (pl. rossz vénás beteg beadásakor véna sérülés miatt nem tudják beadni a teljes aktivitást, vagy a beteg elhalálozik az izotóp kezelés után és holttest kezelés ellenőrzése megoldható-e?) Fontosak az orvos szakmai szempontok.
-
- A diagnosztikai területen általában alacsony a kockázat, ritka a súlyos sugársérülést okozó balesetek előfordulása. A leggyakrabban előforduló balesetek az oktatottság/képzettség hiánya és a berendezések hiányos karbantartása miatt fordulnak elő. Illetve a minőségbiztosítási ellenőrzések hiányossága.
 - A terápiás alkalmazások magasabb kockázatúak
 - Indoklás: elsősorban orvos szakmai döntésen alapul (kezelő orvos felelőssége)
 - Optimálás: irányadó szintek (orvos szakmai kollégiumok határozzák meg)

Kockázat elemzés

- Normál működési állapotok meghatározása (SVR előírása)
- Előfordulható események azonosítás: tűszúrás, ampulla törés, tűzeset, beteg exkrétum szennyezés, nem várt esemény a műtét közben /sugármenet idő növekedés, pszichiátriai beteg vizsgálat és sikertelen vizsgálat valószínűsége stb.)
- Folyamatok elemzése: pl. mikor tud előfordulni a tűszúrás? Okok be azonosítása: miért fordult elő? (pl: szeptum csere a gyártónál, hibás tű készlet, kezdő munkatárs oktatás nélkül, túlterheltség)
- Összefüggő hibasorozatok elemzése: miért nem volt betanítva a munkatárs? Ki hagyta ott a tűt?és miért?
- Munka vállalók és páciensek/gondozók megbízhatósága
- Berendezések/ beszállítók meghibásodása (pl: PET automata beadó hibás vezetékezés, gyártó nagyobb/kisebb aktivitást tett az ampullába)

Determinisztikus és Sztochasztikus hatások előfordulása

- Pl: terápiánál (ízületi) rossz helyre kerül az aktivitás ezért degeneratív folyamatok indulnak el.
- Mi az a mennyiségű radioaktív anyag, ami a munkavállalónál pl: 250mSv eff. Dózis elszennvedését okozza? Mekkora sugármenet idő szemvédelem nélkül stb...sugársérülés előfordulása
- Sztochasztikus: cataracta kialakulása intervenciós alkalmazásoknál

Biztonsági funkciók

- Beépített biztonsági rendszerek (elszívó, mintavevők) : passzív és aktív
- Technológiába be épített biz. Endszerek (pl automata beadó, önellenőrzése)
- Tervezési alapelvek:redundancia (több mint az elvárt, tartalék kapacitások de nem túltervezés)
- Diverzitás (eltérő működési elvű rendszerek párhuzamos üzemeltetése (EPD és TLD)
- Függetlenség(fizikális elkülönülés, jogosultságok)
- Meghibásodás tűrés rendszer szinten (ha a munkavállaló nem ellenőrzi a kezét a sugár kapu fogja meg)

Kockázat becslés pl. (nukleáris területen PSA-1 hasonló)

- A kockázat (risk), mint számolt mennyiség: $R = w \cdot K$, (w : az esemény (expozíció) bekövetkezésének valószínűsége (max 1), K: az eseménnyel (expozícióval) járó károsodás, ártalom súlyossága (maximum 1, mely halálestet jelent).
- Elemek: üzemállapotokra, kezdeti esemény meghatározás, folyamat analízis, rendszer analízis, összefüggő hibák, emberi megbízhatóság, berendezések meghibásodása (CT sugár menet megszakítás nem építi be a szerviz)

Esemény	K	w	R
CT felvétel közben valaki a szobában marad és 10mSv dózist szenved el.	(1Sv esetén 0,05) akkor 10mSv esetén K=0,0005	0,0001	5×10^{-8}
Tűszűrős baleset Tc-99m izotóp, 10MBq véráramba jutása, $eg=2 \times 10^{-11}$, effektív dózis 0,0002Sv,	K=0,00001	0,01	1×10^{-7}
I-123 izotóp belélegzése 1MBq (5mikromAMAD, F) $eg=1,1 \times 10^{-10} \text{Sv/Bq}$ esetén	K= 5×10^{-7}	0,001	5×10^{-10}

12.1.1.Kivonat: Biztonsági elemzések célja , potenciális sugárterhelések azonosítása

- Biztonsági elemzés célja: normáknak megfelel-?, jó-e a módszertan? Mennyi a káros hatások előfordulásának valószínűsége (kb. hány %)? Mennyi lehet a károk mértéke (milyen mértékű mSv)? milyen befolyásoló tényezők okozták?
- International Nuclear Safety Group (INSAG11) (biztonsági, sugárvédelmi és elemzési célokat tartalmaz)
- Kockázat elemzés: normál állapotok definiálása,előfordulható események listája, folyamatok elemzése (lépések),összefüggő hibasorozatok,munkavállalók megbízhatósága, berendezések meghibásodása (lista)
- Hatások eredményének elemzése:determinisztikus és sztochasztikus,
- Biztonsági funkciók elemzése: beépített vagy tervezett, diverzitás, függetlenség, meghibásodás tűrés

Eü: Személyek: munkavállalók, páciens, lakosság, (munkavállaló és a lakosság néha azonos)

Források: röntgen, terápia, diagnosztika, nyitott zárt, (diagnosztikát az alacsony kockázatba sorolja!!)

Magas kockázatnak írja le: alacsony biztonsági kultúrás, alacsony képzettséget, gyakorlottság hiányát, rosszul felszerelt munkahelyek, pénzhiány, fejletlenebb szabályozó hatóságok kompetenciáját (Brazil, Goiana), nagy alkalmazók számával statisztikailag nő a balesetek gyakorisága,

7. Mikor igaz, hogy egy forrástól távolodva a sugárzás intenzitása a távolság négyzetével arányosan csökken?

a. ha a forrás kisméretű

b. ha a forrás pontszerűnek tekinthető, valamint a forrás és a detektálási pont közötti anyag sugárgyengítése elhanyagolható

c. ha a forrás és a detektálási pont közti teret levegő tölti ki

d. semmikor, a sugárzás intenzitása a távolság harmadik hatványával csökken

73. Milyen ólom-egyenértékű védelmet kell alkalmazni a fogászati röntgenmunkahely kialakításakor a szórt sugárzás ellen?

a. 0,5 mm

b. 0,25 mm

c. 1 mm

d. 2 mm

A röntgen- és gammasugárzások fluensének valamely közegben bekövetkező gyengülésének számításánál használt felhalmozási tényezők (build-up faktorok) mitől függnek?

14.

- a. csak a beeső fotonok energiájától
- b. csak a beeső sugárzás irány szerinti eloszlásától
- c. csak a gyengítő közeg anyagától és geometriájától
- d. a beeső fotonok energiájától és irány szerinti eloszlásától, a közeg anyagától és geometriájától

15.

Összetett geometriájú 3D terekben milyen módszerrel célszerű számolni a gamma- és neutronsugárzás terjedését?

- a. a diffúziós egyenlet megoldásával
- b. Monte-Carlo módszerrel
- c. diszkrét ordináták módszerével
- d. exponenciális gyengítéssel és build-up faktorok alkalmazásával