

Bizonytalanságok figyelembevétele a radioaktív anyagok légköri terjedésének modellezésben

Rudas Csilla

Az atomenergia békés célú felhasználásának kezdete óta kritikus kérdés a nukleáris létesítmények biztonságának értékelése, melynek része a radioaktív kibocsátások környezeti hatásainak vizsgálata. A légköri terjedési modelleket széles körben használják a radioaktív kibocsátás következményeinek elemzésére, a hipotetikus forgatókönyvek, valamint valós veszélyhelyzet következtében a környezetben kialakuló sugárzási viszonyok és a lakossági dózisok becslésére.

A légköri terjedésszámításokban jelen lévő modell- és paraméter-bizonytalanságok jelentősen befolyásolhatják a számított környezeti aktivitáskoncentrációkat és az ebből eredő dózisokat. Különböző hipotetikus kibocsátási eseteken keresztül vizsgáltam és számszerűsítettem az egyes numerikus közelítésekből, valamint a bemeneti adatok bizonytalanságából származó hatásokat a determinisztikus biztonsági elemzések és a nukleáris balesetelhárításhoz végzett számítások végeredményeire.

A determinisztikus nukleáris biztonsági elemzések célja annak bizonyítása, hogy a radioaktivitás környezeti terjedése és az ebből eredő dóziskövetkezmények minden észszerűen lehetséges esemény esetén megfelelnek a jogszabályban rögzített követelményeknek. Az elemzésekhez világszerte különböző megközelítéseket és modelleket használnak, a módszerek átláthatóságának növelése és harmonizációja lehetővé tenné a különböző létesítmények biztonságának azonos alapon történő megítélését, független értékelését. Az elemzések során alkalmazott légköri terjedésszámításokat jellemzően két módon végzik, a számítások konzervativizmusának biztosítása érdekében egy legkedvezőtlenebbnek tekintett meteorológiai esetre vagy több éves meteorológiai adatbázis figyelembevételével meghatározott eredmények nagyobb hányadát, pl. 95%-át magába foglaló tartomány felső határértékét, azaz a 95. percentilist választva végső értéként. A nukleáris létesítmények légköri kibocsátási kritériumainak való megfelelés igazolására harmonizációs céllal egy egyszerűsített és könnyen használható számítási módszertan került kidolgozásra. A kidolgozott módszer egyik előnye a telephely specifikus meteorológiai és lakossági életviteli és fogyasztási szokások figyelembevétele. Részt vettem a módszertan modelljeinek továbbfejlesztésében, azok beépítésében a CARC (Calculating Atmospheric Release Criteria) szoftverbe. Elvégeztem a módszer kódok közötti validációját, megmutattam, hogy a továbbfejlesztett modellekkel kapott számítási részeredmények egyéb, nemzetközi gyakorlatban elfogadottan használt programokkal kapott eredményektől való eltérése 50%-150% közötti, vagyis az egyezés az ilyen összehasonlításokhoz viszonyítva megfelelő. Igazoltam a továbbfejlesztett módszer gyakorlati alkalmazhatóságát egy esettanulmányon keresztül, bemutatva a determinisztikus nukleáris biztonsági elemzések során használt kritériumnak való megfelelést egy hipotetikus kibocsátási esetre. Megvizsgáltam, hogy a metodika alapján a számítási eredményekre milyen hatással van a különböző meteorológiai és lakossági bemeneti adatok használata. Megmutattam, hogy a légzési sebesség, az árnyékolás mértékének és a szabadban való tartózkodás idejének változtatása nem befolyásolja jelentősen, míg egyes szennyezett élelmiszerek fogyasztása jelentősen növeli lakossági dózisát. Egy valós méréseken alapuló meteorológiai adatbázis használatával igazoltam, hogy a 95. percentilis alkalmazása végső eredményként megfelelő, a meghatározott rövid idejű dózis értéke kellően robusztus a különböző mértékű adathiányok előfordulásakor és a legkedvezőtlenebbnek tekintett meteorológiai adatsorral kapott eredményekhez viszonyítva.

A nukleáris balesetelhárításban a döntéstámogató rendszerekben a légköri terjedési modellek valós vagy feltételezett baleset esetén adnak becsléseket a környezeti szennyeződés mértékére és az így kapott eredmények alapján ajánlásokat határoznak meg a lakosság védelmét biztosító, az elszennvedett dózist csökkentő intézkedésekre. A szimulációhoz alkalmazott modell bizonytalanságai hatással vannak a számított eredményekre, amelyek számszerűsítése és megjelenítése kulcsfontosságú a döntések meghozatalához. Megvizsgáltam a SINAC (Simulator Software for Interactive Modelling of Environmental Consequences of Nuclear Accidents) döntéstámogató rendszer légköri terjedési modelljének a radioaktív légszomagok (pöffök) léptetését végző numerikus metódusait, azonosítottam a számítási idő és a pontosság szempontjából a legkedvezőbbet. Érzékenységi vizsgálattal számszerűsítettem a SINAC szoftverben a meteorológiai bemeneti adatok (szélsebesség, szélirány, légköri stabilitás, esőzés) bizonytalanságának a környezeti aktivitáskoncentrációk számítására való hatását. A SINAC szoftverbe új modult építettem be a numerikus időjárás előrejelző modellek többszöri futtatásával, kissé eltérő kezdeti feltételekkel vagy paraméterekkel előállított ensemble meteorológiai adatok használatára, lehetővé téve a meteorológiai bizonytalanságok hatásának közvetlen megjelenítését az eredményekben. Egy nemzetközi projekt keretében végzett számításokkal igazoltam a SINAC program ensemble bemeneti adatokat felhasználó módszerének alkalmazhatóságát, bemutattam a bizonytalanságok vizualizációját térképen megjelenítve különböző eredmények statisztikai jellemzőit. Az ensemble módszer operatív használatát elősegítve megvizsgáltam és értékeltem a balesetelhárítási döntéshozatal szempontjából kritikus futtatási idő minimalizálására irányuló lehetséges optimalizálási módokat.