

## **Problémák a robbanóanyagok tárolásából származó kockázatok elemzésében (Tanulmány)**

### **Bevezetés**

Olyan veszélyes üzemek vonatkozásában, ahol a szilárd vagy folyékony robbanóanyagok egyidejű detonálása jelenti a veszélyt, a robbanások következményeit kell elemezni a (Katasztrófa törvény szerinti) biztonsági dokumentációk készítésekor. Az elemző módszerek azonban nem kifejezetten a lakossági kockázatok számítására lettek kifejlesztve, ezért több nehézség merült fel alkalmazhatóságuk vonatkozásában. E tanulmány ezen ellentmondásokat részletezi és javaslatot tesz megoldásukra, és egy gyakorlati példán keresztül mutatja be a módszer alkalmazását.

### **I. Problémafelvetés:**

A robbanóanyagok jelenlétéből származó kockázatok elemzésére nincs egyértelműen alkalmazható módszer. A pontszerű forrásból kiinduló robbanás, mint jellemző folyamat pillanatszerűen játszódik le, így a „hagyományos” módszereket – mint például probit analízis – nem jellemzően alkalmazzák.

A (Katasztrófa törvény szerint meghatározott) veszélyes üzemi biztonsági dokumentációk (biztonsági jelentés, biztonsági elemzés) készítése során a robbanóanyagok jelenlétéből származó veszélyek értékelésére az alábbi értékelési módszerek használatosak:

### **II. 2/1987. (II. 17.) IpM számú rendelettel kiadott Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat**

A módszer – információink szerint – annak ellenére, hogy a magyar jogrendben már nem hatályos, nemzetközileg elfogadott módszerre épül. E módszer lényege, hogy a (nem hatályos) jogszabályban ismertetett képletek segítségével meghatározhatók a különböző funkciójú létesítmények és a veszélyes üzem közötti minimális biztonsági távolságok. A módszer előnyei:

- alkalmazása egyszerű,
- gyors,
- figyelembe veszi az üzem helyi sajátosságai, a természetes és mesterséges csillapítási tényezőket, mint kockázatcsökkentő intézkedéseket.

---

Hátránya: a módszer nem felel meg a jelzett törvény végrehajtási kormányrendelete (a továbbiakban: Rendelet) előírásainak, segítségével a halálozás egyéni-, a társadalmi és a sérülés egyéni kockázat nem határozható meg.

### **III. A Rendelet előírásainak megfelelő módszer**

A Rendeletnek megfelelő módszer – halálozás egyéni kockázat, társadalmi kockázat, sérülés egyéni kockázat meghatározása – több lépésből áll:

#### **a) Az esemény gyakoriságának meghatározása**

A robbanás bekövetkezésének lehetséges gyakoriságára (frekvenciára) a nemzetközi szakirodalom (Guidelines for quantitative risk assessment („Purple Book”) és a Controlling risks around explosives stores, HSE, 2002.) vonatkozó fejezetei javasolnak frekvencia értékeket az eddigiekben bekövetkezett események alapján. A „Purple Book”  $1 \times 10^{-5}$  /év, a HSE  $3 \times 10^{-4}$  /raktár év, illetve  $2 \times 10^{-4}$  /raktár év értéket javasol. Tapasztalat szerint a magyar jogrend szerint az ezt felülvizsgáló hatósági szervezet, a Magyar Kereskedelmi és Ellenőrzési Hivatal (a továbbiakban: szakhatóság) ezeket az értékeket közvetlenül nem fogadja el, így a biztonsági dokumentációkat készítő szakértőknek javasolt felülvizsgálni ezeket valamilyen elemző – többnyire hibafa – módszerrel. Tapasztalatunk szerint a hibafa módszerrel felülvizsgált, és a szakirodalmi értékek között nincs jelentős eltérés.

Ugyanakkor a szakhatóság állásfoglalás szerinti néhány – természeti csapás és repülőszerencsétlenség – alapesemény figyelembevételén el kell gondolkodni. A robbanóanyag tárolására épített tároló-helyek megerősített szerkezetűek, nincs pontos információ arra, hogy a földrengésnek milyen mértékben állnak ellen. Az biztos, hogy számottevően jobban mint a lakóépületek. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy földrengés során a következmények magából a földrengésből adódóan várhatóan nagyobbak lesznek, mint esetlegesen a másodlagos hatásként jelentkező robbanásnál. Hasonló gondolatmenet érvényes a repülőszerencsétlenségre is, hiszen feltételezhetően a repülőgép utasai meghalnak az esemény következtében, illetve a repülőgép több tonna kerozint tartalmazhat, amelynek robbanása komolyabb következményekkel jár, mint a robbanóanyagok felrobbanása. Például, ha veszünk egy repülőgép baleset előfordulási gyakoriságát  $1 \times 10^{-8}$  /év frekvenciával, továbbá feltételezzük hogy lezuhanása során a rajta utazó maximum 300 fő elhalálozik, a szállított kerozin felrobbanása következtében a lakott területen további 100 fő hal meg, akkor a társadalmi kockázat szempontjából – az üzemen belüli robbanástól eltekintve – már az esemény nem felel meg a Rendeletben foglalt kritériumoknak. Azt

---

viszont nehezen lehet nevesíteni, hogy az elsődleges hatástól – repülőgép lezuhanása – vagy a másodlagos hatástól – üzemben belüli robbanás – hány személy halálozik el.

**b) Az esemény következményeinek értékelése**

A robbanóanyagok felrobbanása során az alábbi következményekkel lehet számolni:

1. Romboló hatás: a robbanás közvetlen környezetének szétroncsolásában jelentkezik, maradó deformációt okoz.
2. Detonáció-átadás (dominóhatás): a felrobbanó robbanóanyag (aktív töltet) olyan áthatása egy másik robbanóanyagra (passzív töltetre), amelytől az felrobban.
3. Légnyomás: a robbanás által létrehozott és a levegőben haladó ütőhullám frontjának nyomása, azaz ütőhullám maximális nyomása.
4. Szeizmikus hatás: a robbanóanyagok felrobbanásánál - főleg a talajszint alá telepített robbanóanyagok robbanásánál - felszabaduló energia egy része rugalmas hullámok (rezgések) formájában a talajon keresztül érvényesíti károsító hatását az építményekre.
5. Repesz- (törmelék-) hatás: az épületszerkezeti elemek, berendezési tárgyak, szerelvények robbanás hatására történő szétszóródása és azok veszélyeztető (károsító) hatása.
6. Robbanást követő gyújtóhatás: a robbanás közvetlen hőhatása és a repeszhatás következtében szétszórt égő vagy felhevült anyagok, szerkezeti elemek által okozott gyújtóhatás.
7. Mérgező égéstermék keletkezése: A robbanás során a robbanóanyag összetételétől függően mérgező égéstermék keletkezhet, amely a levegőben terjedhet.
8. Biológiai hatás:
  - a robbanás hanghatása impulzus jellegű zaj formájában jelenik meg, amely a hallószerv károsodását idézheti elő;
  - a robbanás füsthatása - a felrobbanó robbanóanyagok fajtájától függően a belőlük képződő mérgező hatású égéstermékek (pl. nehézfém gőzök, szén-monoxid, nitrózus gázok), valamint a szétroncsolt környezetből származó por belégzése útján - egészségkárosodást okozhat;
  - a robbanás hőhatása - a magas (1500-3000 °C-os) láng hőmérséklet révén vagy hősugárzás útján - égési sérüléseket okozhat;

- 
- a robbanást követő légnyomás és repeszhatás az élő szervezetek súlyos sérülését, végső soron pedig halálát okozhatja.

A következmények értékelésénél azonban csak az alábbi lehetőségek vannak:

1. Szoftveres elemzéssel a kialakuló léglökési hullám hatásainak elemzése: Az általunk alkalmazott szoftverek (DNV PHAST, SAVE II.) alkalmasak a léglökési hullám (túlnyomás) távolság diagram ábrázolására, ugyanakkor ezek az eredmények csak tájékoztató jellegűek, hiszen egyik szoftverben sem lehet figyelembe venni a természetes és mesterséges védelmi (csillapítási) tényezőket.
2. Dominóhatás vizsgálat az előző vizsgálat alapján történhet, bár a valóságban bekövetkezett események (például 2008. júliusban a NIKE- FIOCCHI Kft. balatonfűzfői gyárában bekövetkezett robbanás) az eredményeket cáfolták.
3. A mérgező égéstermékek modellezhető szoftveresen a DNV PHAST, illetve a SAVE II segítségével, fontos viszont a kezdeti a paraméterek – elsősorban hőmérséklet – helyes definiálása. Tapasztalataink szerint az 1%-os elhalálozást okozó mérgező füstfelhő (elsősorban  $N_yO_x$ ) maximális terjedési távolsága – több tonna robbanóanyag robbanása esetén – néhány száz méter, így a kockázatelemzés során megítélésem szerint elhanyagolható.
4. Repeszhatás modellezésére nincs szoftveres lehetőség, a HSE módszer tartalmaz egy elég nehezen követhető leírást.

### **c) A kockázatok elemzése**

A kockázatok elemzésére ismereteim szerint kizárólag a HSE módszer alkalmazható, ugyanakkor a módszer alkalmazása során ellentmondásba ütköztem. A halálozás egyéni kockázat az alábbi képlet alapján számolható ki:

$$IR=P*FE*(TO*Lo+TI*Li), \text{ ahol:}$$

- P: az esemény frekvenciája
- FE: a kockázatnak való kitettség időarányos értéke (az év azon törtrésze ameddig egy személy egy adott távolságban tölt el). Helyi lakosok esetében ez az érték 1. Az FE ezen értéke szabvánnyá vált a QRA esetében.
- TO: az idő azon tört része, amennyit egy személy házon kívül tölt el. Értéke 11%, mely szintén tipikus értéknek tekinthető.
- Lo: annak a személynek a halálozási valószínűsége, akik a robbanás idején szabad levegőn tartózkodnak
- TI: az idő azon tört része, amennyit egy személy házon belül tölt el (0,89)

Li: annak a személynek a halálozási valószínűsége, akik a robbanás idején épületen belül tartózkodik

A fenti képletben Li és Lo meghatározása az alábbi képletekkel történik:

$$L_o = \frac{e^{(-5,785(R/Q^{1/3})+19,047)}}{100}$$

$$\text{Log}(L_i) = 1,827 - 3,433\text{Log}\left(\frac{R}{Q^{1/3}}\right) - 0,853\left(\text{Log}\left(\frac{R}{Q^{1/3}}\right)\right)^2 + 0,356\left(\text{Log}\left(\frac{R}{Q^{1/3}}\right)\right)^3$$

ahol Lo: Robbanásból származó halálozási valószínűség szabadtéren

Li: Robbanásból származó halálozási valószínűség épületben

R: a vizsgált távolság (m)

Q: a robbanóanyag mennyisége (kg)

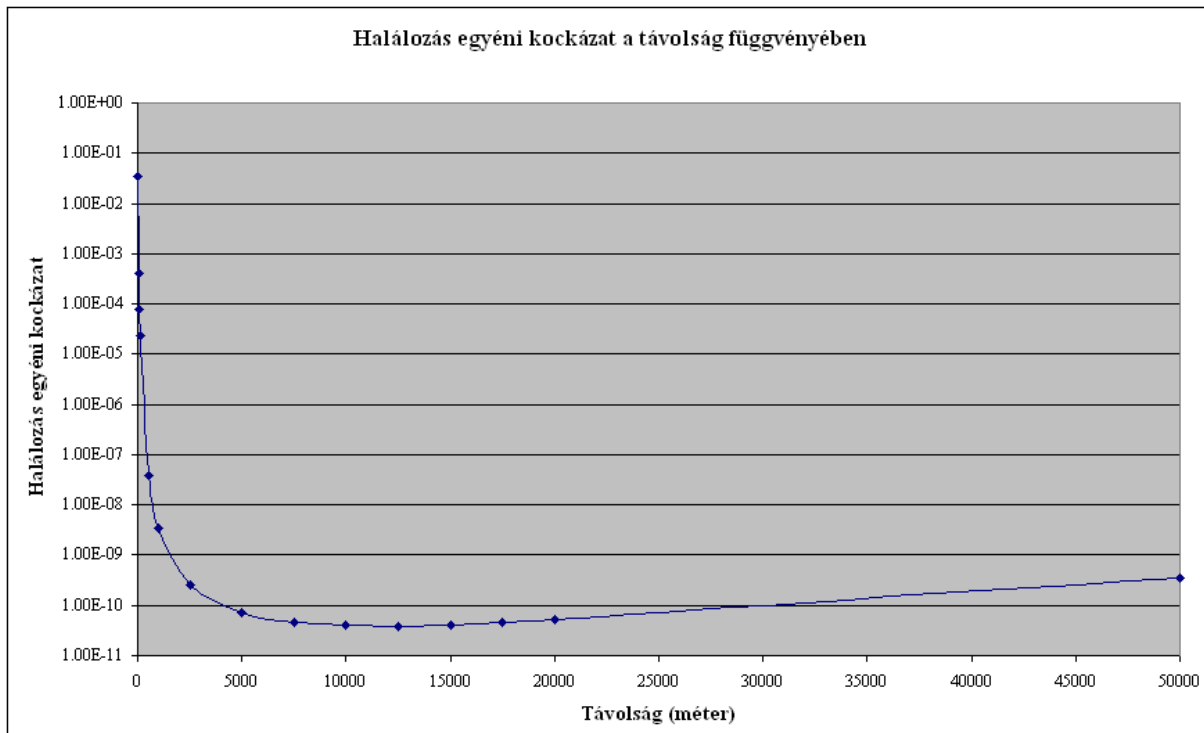
Egyszerű példaeset:

Alapadatok:

Esemény frekvenciája: 2e-4/év

Q = 8000 kg

A számításokat és a halálozás egyéni kockázatát a távolság függvényében ábrázolva:



1. sz. ábra Egyéni kockázatok változása (saját anyag)

Az ábrán látható, hogy a halálozás egyéni kockázat a távolság függvényében nem 0-hoz konvergál.

További probléma hogy olyan távolságra is értelmezi a kockázatot például 5000 méterre, ahol az eseménynek már nincs hatása.

A másik probléma, hogy a HSE módszer alapján meghatározható egy ún. LÉT érték, amely a legközelebbi lakóépület építési távolságát határozza meg:

$$LÉT = \frac{22,4 * Q^{1/3}}{[1 + (3175/Q)^2]^{1/6}}$$

ahol: LÉT: Lakott épületek távolsága (m)

Q: A robbanóanyag mennyisége (kg)

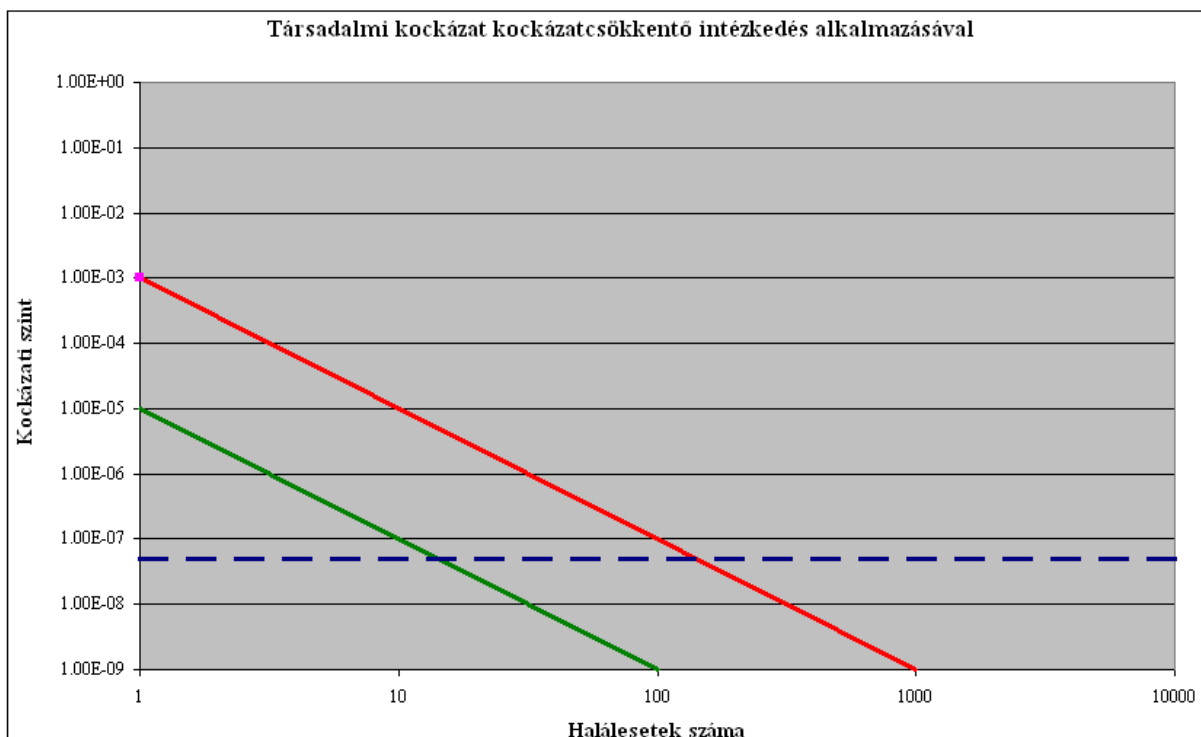
A fenti esetpéldára elvégezve a számításokat:

$$LÉT = \frac{22,4 * 8000^{1/3}}{[1 + (3175/8000)^2]^{1/6}} = 461,18 \text{ méter}$$

Ami azt jelenti, hogy 468 méterre a telephelytől lakóépületet lehet építeni. 468 méterre a fenti képlet alapján a halálozás egyéni kockázat értéke 4.92 E-8, azaz a Rendeletben előírt halálozás egyéni kockázat kritériumnak eleget tett.

DE!!!

A fenti képlet kiegészítéseként – amit a HSE nem ír – figyelembe kell venni a társadalmi kockázatot az alábbi ábra szerint:



## 2. sz. ábra Társadalmi kockázatok változása (saját anyag)

Ha a LÉT távolságra olyan létesítmény épülne, ahol társadalmi kockázat szempontjából például 100 fővel kellene számolni akkor az üzem nem felelne meg a társadalmi kockázat előírásainak.

A HSE módszerben bemutatásra kerül a repeszhatásokra vonatkozó számítás is. A számítás során a HSE tanulmány peremfeltételként az 5600 kg-os tömeghatárt definiálja, e feletti robbanóanyag tömeg esetén repeszhatással nem szükséges számolni. A HSE tanulmányban előírt képletek viszont nagyon szűk keresztmetszetűek, illetve elemzéseim azt mutatják, hogy amennyiben 5600 kg-nál nagyobb robbanóanyagok esetében a kockázat nagyobb, mint a kisebb robbanóanyag tömegnél meghatározott (a repeszhatást is beleértve) kockázat.

A megállapítást esetpélda segítségével:

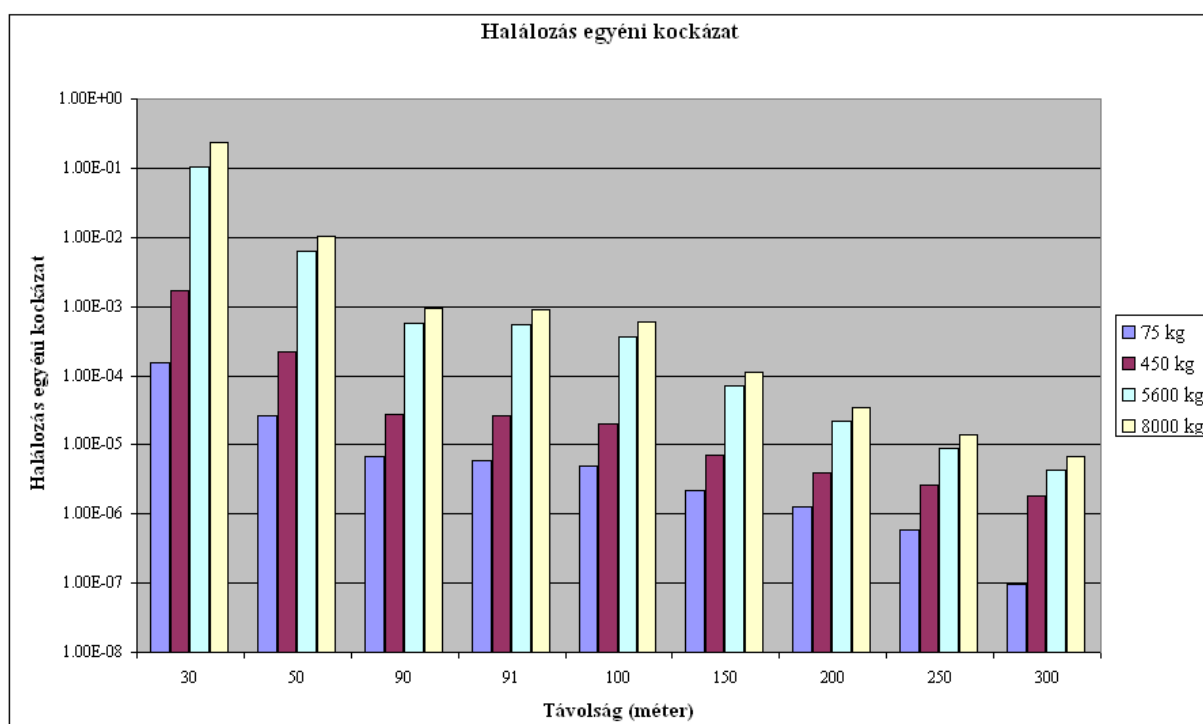
Esemény frekvenciája: 5E-3.

Robbanóanyag mennyisége: 75 kg (repszhatás is figyelembe véve)

450 kg (repszhatás is figyelembe véve)

5600 kg (repszhatás nélkül)

8000 kg (repszhatás nélkül)



## 3. sz. ábra Egyéni kockázatok összetevői (saját anyag)

---

Az ábra a fenti megállapítást igazolja, miszerint a kockázat nagyobb mértékben függ a robbanóanyag mennyiségétől, mint a repeszhatástól.

Összegezve a HSE módszer hátránya:

1. Az halálozás egyéni kockázat a távolság függvényében nem 0-hoz konvergál.
2. Olyan távolságra is értelmez kockázatot, ahol az eseménynek már nincs hatása.
3. A repeszhatás vizsgálatra vonatkozó számítások csak igen szűk keresztmetszetben alkalmazható.
4. A HSE módszer számítása csak peremfeltételekkel alkalmazható, azonban ezeket a peremfeltételeket a módszer nem írja le.

#### **IV. A módszer használhatóságának elemzése egy a valóságban bekövetkezett detonáció példáján keresztül**

##### ***Az esemény körülményei***

A 2008. június 28-án délelőtt a Nike-Fiocchi Kft. balatonfűzfői telephelyén az 5-ös számú raktárépület egyik helységében tűz keletkezett, majd robbanás történt.



5. sz. ábra A veszélyes üzem (saját anyag)



---

Az 5-ös számú raktárépület összterülete 207 m<sup>2</sup>, 9 db 23 m<sup>2</sup>-es teremből áll. Az épülethez tartozik továbbá egy 86 m<sup>2</sup> fedett rámpa. A raktártereket harántirányban és északi hosszirányban robbanás-biztos vasbeton falak határolják. A déli oldalon hasadó-nyíló felületként fémvázaz üveg, mint térelhatároló, illetve kőszivacs repülőtető épült. A bejárati ajtók előtt 60 cm magas rámpa van. Az épület falszerkezete vasbeton vázszerkezet között 10 cm illetve 15 cm vastag kőszivacs lapokból falazott, hasad-nyíló felületként kialakított falazat. Födémszerkezet alul bordás vasbeton, illetve vázszerkezethez kapcsolt hosszanti merevítő keretek. Nyílászárók fém, sík acél lemezelt ajtók. Padozat simított beton, illetve szikramentes aszfalt. Az épület földszáncokkal bevédett.



6. sz. ábra A robbanóanyag raktár (saját felvétel)

A robbanás a raktárépület 8-as számú helységében keletkezett, ahol az üzemeltető a gyártási selejtként nagy mennyiségben felhalmozódott hulladék csappantyút, füstpatront, kődtermékeket, gyújtózsínort, villanógránátot és ködgyertyát tárolt. A tárolt robbanóanyagok mennyisége 225 kg TNT ekvivalens tömegnek felt meg. A robbanás feltételezett oka az, hogy az előző éjszakai jelentős esővel járó vihar vízbefolyást eredményezett, amely kiváltotta a hexaklóretános kődtermék melegedését, öngyulladását, amely a későbbiekben detonációhoz vezetett. (2)

A továbbiakban összehasonlítom a kockázatelemzés készítése során alkalmazott számítási módszerek eredményeit a gyakorlati - bekövetkezett esemény következményei - tapasztalatokkal.

### ***III. A robbanás következményeinek elméleti elemzése***

A robbanás következményei nehezen modellezhetőek, tekintettel arra, hogy az esemény időben pillanatszerűen játszódik le, nem beszélhetünk a hagyományos értelemben vett veszélyes anyag terjedésről, így a hagyományos elemző módszerek

---

– pl.: probit-analízis – nem, vagy csak komoly megkötéssel alkalmazhatók. A modellezést tovább nehezíti, hogy a robbanóanyagok tárolására speciális építészeti követelmények – pl.: védősánc, erdősáv... – vonatkoznak, melyek figyelembevétele rendkívül nehéz. A robbanás során elméletileg az alábbi káros következményekkel kell számolni:

- a) Romboló hatás: a robbanás közvetlen környezetének szétroncsolásában jelentkezik, maradó deformációt okoz.
- b) Detonáció-átadás (dominóhatás): a felrobbanó robbanóanyag (aktív töltet) olyan áthatása egy másik robbanóanyagra (passzív töltetre), amelytől az felrobban.
- c) Léglökési hullám: a robbanás által létrehozott és a levegőben haladó léglökési hullám frontjában a maximális túlnyomás.
- d) Szeizmikus hatás: a robbanóanyagok felrobbanásánál - főleg a talajszint alá telepített robbanóanyagok robbanásánál - felszabaduló energia egy része rugalmas hullámok (rezgések) formájában a talajon keresztül érvényesíti károsító hatását az építményekre.
- e) Repesz- (törmelék-) hatás: az épületszerkezeti elemek, berendezési tárgyak, szerelvények robbanás hatására történő szétszóródása és azok veszélyeztető (károsító) hatása.
- f) Robbanást követő gyújtóhatás: a robbanás közvetlen hőhatása és a repeszhatás következtében szétszórt égő vagy felhevült anyagok, szerkezeti elemek által okozott gyújtóhatás.
- g) Mérgező égéstermék keletkezése: A robbanás során a robbanóanyag összetételétől függően mérgező égéstermék keletkezhet, amely a levegőben terjedhet.
- h) Közvetlen egészségkárosító hatás:
  - a robbanás hanghatása impulzus jellegű zaj formájában jelenik meg, amely a hallószerv károsodását idézheti elő;
  - a robbanás füsthatása - a felrobbanó robbanóanyagok fajtájától függően a belőlük képződő mérgező hatású égéstermékek (pl. nehézfém-gőzök, szén-monoxid, nitrózus gázok), valamint a szétroncsolt környezetből származó por belégzése útján - egészségkárosodást okozhat;
  - a robbanás hőhatása - a magas (1500-3000 °C -os) láng hőmérséklet révén vagy hősugárzás útján - égési sérüléseket okozhat;

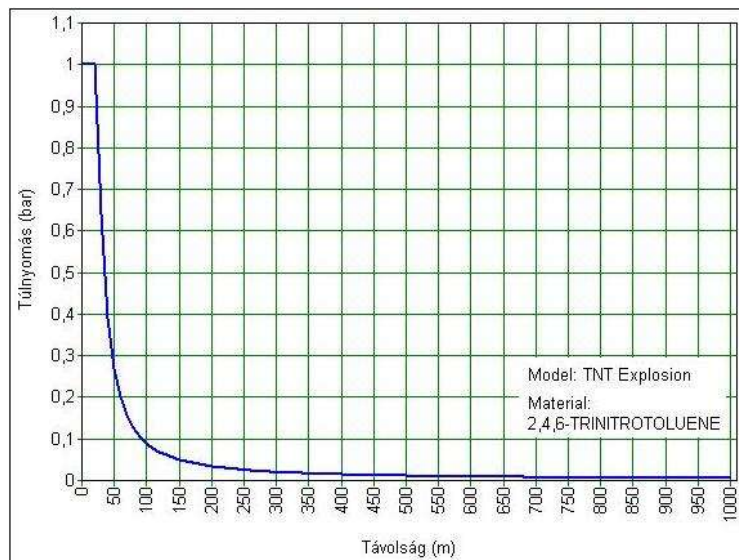
- 
- a robbanást követő légnyomás és repeszhatás az élő szervezetek súlyos sérülését, végső soron pedig halálát okozhatja.

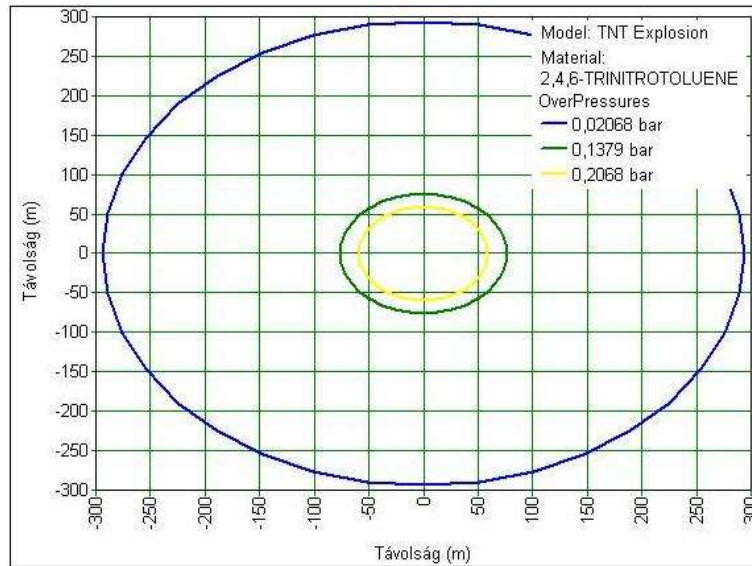
### **Szoftveres modellezés**

A súlyos ipari baleset következményeinek modellezése általában valamilyen következményelemző szoftver segítségével történik. Az általam használt következményelemző szoftverek – DNV Phast és SAVE II szoftverek – nem robbanás-specifikusak, többnyire gázok, folyadékok gőzei légkörbe való terjedésének modellezésére, illetve a következmények értékelésére alkalmasak. Azonban mindkét szoftver segítségével a robbanás során kialakuló lökéshullám (túlnyomás) modellezhető, azonban egyik szoftver sem tudja egyrészt figyelembe venni a különböző csillapítási – vasbeton falszerkezet, védősánc, védőerdő, domborzat... - tényezőket, másrészt a repeszhatást modellezni.

A DNV Phast, illetve a SAVE II. szoftver történő modellezést eredményét, azaz 225 tonna ekv. tömegű TNT robbanásakor keletkező túlnyomást a távolság függvényében az alábbi ábrák mutatják be:

### **DNV Phast modellezés eredményei(3)**





7. sz. ábra A következményelemzés (saját felvétel)

### SAVE II. modellezés

Explosion: Shockwave	
Pressure [Pa]	Distance [m]
3E4	44
1E4	95.6
3E3	255
1E3	701

A nemzetközi szakirodalomban foglaltak szerint az egyes túlnyomási értékekhez köthető fizikai hatásokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Túlnyomás (bar)	Hatás
0,001379	Zavaró hanghatás
0,002069	A nagy ablakok ablaküvegei nagy valószínűséggel betörnek
0,002758	Hangos zaj
0,006895	A kis ablakok ablaküvegei nagy valószínűséggel betörnek

0,010343	Az üvegbetörés tipikus nyomása
0,020685	“Biztonsági távolság” határa, amelyen kívül 95%-os valószínűséggel komoly sérüléssel nem kell számolni
0,02758	Kisebb szerkezeti károsodás határa
0,048265	Kisebb szerkezeti károsodás a házakban
0,089635	Acélszerkezetek eltorzulnak
0,1379	A házak fala és teteje részlegesen összeomlik
0,172375	Alsó határa a súlyos szerkezeti károsodásnak
0,158585	A téglafalas házak 50%-a összedől
0,20685	Az épületek acélszerkezete eltorzul
0,2758	Az olaj tankok repednek
0,48265	A házak közel teljes összedőlése
0,48265	A megrakott vasúti vagonok felborulhatnak
0,62055	A megrakott zárt tehervagon teljesen felborul
0,6895	A házak teljes szerkezete valószínűleg lerombolódik

***Biztonsági távolság meghatározás a Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat alapján (4)***

A robbanóanyag-ipari létesítmény létesítésénél figyelembeveendő biztonsági távolságok meghatározására szolgál a 2/1987. (II. 17.) IpM számú rendelettel kiadott Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat (továbbiakban: Szabályzat). A robbanóanyag-ipari létesítmény telepítésénél közte és a környezetében levő más, védendő létesítmények között, azok irányában, legalább olyan biztonsági távolságokat kell megtartani - ha külön előírás eltérően nem rendelkezik -, hogy a robbanóanyag-ipari létesítmény legközelebbi, legnagyobb biztonsági távolságot igénylő „RV-besorolású” építményeiben az esetleg bekövetkező robbanás lökési hullámának nyomásmaximuma a védendő létesítmények kerítésének, építési telekhatárának vagy nyomvonalának legközelebbi pontjánál ne lépje túl az alábbi értékeket:

- a) 110 kPa-nál (0,1 bar túlnyomásnál) kisebb

- 
- a belterület mellé vagy külterületi lakott területnél, országos közútnál (autópálya, autótút, egyéb főközlekedési út), közforgalmú vasútnál, honvédelmi létesítménynél és repülőtérnél, illetőleg különleges védelmet igénylő más létesítményeknél (torony, távközlési létesítmény, függőhíd, gyárkémény, villamos-mű, vízmű-telep és közcsőhálózat, kőolaj-, kőolajtermék- vagy gázvezeték külszíni létesítménye stb.).
  - a vállalati robbanóanyag-megsemmisítő telep környezetében levő minden építménynél.
- b) 120 kPa (0,2 bar túlnyomás)
- a vállalati központi építményeknél (központi irodáknál, műhelyeknél, raktáraknál, laboratóriumoknál és szociális épületeknél);
  - a 20 fő feletti létszámú, nem robbanóanyag-ipari üzemi épületeknél.
- c) 130 kPa (0,3 bar túlnyomás)
- a legfeljebb 20 fős létszámú, nem robbanóanyag-ipari üzemi építményeknél;
  - a 20 fő feletti létszámú, robbanóanyag-ipari üzemhez tartozó, OTSZ szerinti besorolású építményeknél;
  - a 10 fő feletti, „RV-besorolású” építményeknél;
  - a létesítményen belüli főközlekedési utaknál és iparvágánynál.
- d) 150 kPa (0,5 bar túlnyomás)
- a legfeljebb 20 fős létszámú, robbanóanyag-ipari üzemhez tartozó, OTSZ szerinti besorolású építményeknél;
  - a legfeljebb 10 fős létszámú, „RV-besorolású” építményeknél.
- e) 500 kPa (4,0 bar túlnyomás)
- a robbanóanyag-raktáraknál;
  - a robbanóanyag-ipari üzemhez tartozó, állandó munkahely nélküli segédanyag-raktáraknál;
  - a létesítmény külső kerítésénél.

A biztonsági távolságokat 50%-kal meg kell növelni, ha a robbanóanyag-ipari létesítményt belterület mellé vagy külterületi lakott terület, országos közút (autópálya, autótút, egyéb főközlekedési út), közforgalmú vasút, honvédelmi létesítmény és repülőtér, illetőleg különleges védelmet igénylő más létesítmény (torony, távközlési létesítmény, függőhíd, gyárkémény, villamos-mű, vízmű-telep és közcsőhálózat, kőolaj-, kőolajtermék- vagy gázvezeték külszíni létesítménye stb.) közelébe tervezik

---

telepíteni. A biztonsági távolságok meghatározására szolgáló módszert részletesen, mintapéldákkal prezentálva a Szabályzat 2. sz. melléklete tartalmazza. A számítási eredmények az 5-ös számú raktárépület vonatkozásában:

1.  $A^3\sqrt{(MxE)}$  érték meghatározása

- amennyiben a 8-as számú helységben lévő anyagmennyiséggel (225 kg TNT ekvivalens tömeg) számolunk:

$$M = 225 \text{ kg;}$$

$$E = 1,$$

$$^3\sqrt{(MxE)} = 6,08$$

- amennyiben az 5-ös számú raktárépületben jelenlévő összes anyagmennyiséggel (13300 kg TNT ekvivalens tömeg) számolunk:

$$M = 13300 \text{ kg;}$$

$$E = 1,$$

$$^3\sqrt{(MxE)} = 23,69$$

2. Figyelembe vett csillapítási tényezők:

- egyszeres védősánc vagy vasbeton védőfal esetében, amely akár a veszélyes, vagy akár a védendő építmény közelében van  $C_1 = 0,7$ ;
- legalább 50 m szélességű, átláthatatlan, sűrű erdős sáv esetében, az erdős sáv irányában  $C_2 = 0,4$ ;
- Csillapítási tényezők:  $C = C_1 \times C_2 = 0,7 \times 0,4 = 0,28$ .

3. A110, A120, A130, A150 és A500 értékek a csillapítási tényezők szorzatának függvényében

C	A110	A120	A130	A150	A500
0,28	6,82	5,17	3,91	2,75	1,59

4. Biztonsági távolságok meghatározása  $M = 225 \text{ kg}$  (8-as számú helységben lévő anyagmennyiség) esetében

$R_{110}$	$R_{120}$	$R_{130}$	$R_{150}$	$R_{500}$
<b>41,5</b>	<b>31,4</b>	<b>23,8</b>	<b>16,7</b>	<b>9,7</b>

5. Biztonsági távolságok meghatározása  $M = 13300 \text{ kg}$  (5-ös számú raktárépületben jelenlévő összes anyagmennyiség) esetében

---

<b>R<sub>110</sub></b>	<b>R<sub>120</sub></b>	<b>R<sub>130</sub></b>	<b>R<sub>150</sub></b>	<b>R<sub>500</sub></b>
<b>161,6</b>	<b>122,5</b>	<b>92,6</b>	<b>65,2</b>	<b>37,7</b>

6. Az 50%-kal megnövelt R<sub>110</sub> érték

<b>M</b>	<b>R<sub>110</sub></b>	<b>1,5 x R<sub>110</sub></b>
<b>225</b>	<b>41,5</b>	<b>62,25</b>
<b>13300</b>	<b>161,6</b>	<b>242,4</b>

***Biztonsági távolság meghatározás HSE, Controlling risks around explosives stores, 2002. c. kiadvány alapján (4)***

A robbanószereket tároló telepekkel szembeni fő követelés, hogy megfelelő távolság legyen a raktár és a lakott épületek, közterületek között. A távolság nagysága függ a tárolt robbanószer mennyiségétől. A távolság értéke meghatározható a mennyiség - távolság táblázatokból. A távolságok nagy részének meghatározása a II. világháború alatti bombázások hatásának elemzéséből származik. A lakott épületek távolságának képlete a robbanás központjától a következő.

$$LÉT = \frac{22,4xQ^{1/3}}{[1 + (3175/Q)^2]^{1/6}}$$

ahol: LÉT: Lakott épületek távolsága (m)

Q: A robbanóanyag mennyisége (kg)

1. Amennyiben a 8-as számú helységben lévő anyagmennyiséggel számolunk:

$$Q = 225 \text{ kg;}$$

$$LÉT = 56,33 \text{ m}$$

2. Amennyiben az 5-ös számú raktárépületben jelenlévő összes anyagmennyiséggel számolunk:

$$Q = 13300 \text{ kg;}$$

$$LÉT = 525,8 \text{ m}$$

***Értékelés***

A DNV Phast szoftveres modellezés szerint a Biztonsági távolság határa - amelyen kívül 95%-os valószínűséggel komoly sérüléssel nem kell számolni – 225 kg TNT ekv. tömegű robbanóanyag felrobbanása esetén az epicentrumtól számított



---

közel 300 méteres övezet; a Save II. szoftver szerint szintén hasonlóak az eredmények.

A Szabályzat, illetve HSE ajánlása alapján a számításokat a létesítményre kell elvégezni, így a biztonsági távolság meghatározásánál az 13000 kg robbanóanyag mennyiségre meghatározott eredmények szolgálnak alapul. A Szabályzat alapján számolt biztonsági távolság 242 méter, míg a HSE szerint 526 méter.

A szoftveres elemzés, illetve a Szabályzat és a HSE ajánlás is egyértelműen feltételezi egy esetleges kamrában történő robbanás a dominóhatás kialakulását, ezért is kell a számításokat létesítményre vonatkozóan elvégezni.

### ***A robbanás valós következményei***

A 8. számú helységben bekövetkezett robbanás az alábbi következményekkel járt:

- a) Romboló hatás – a robbanás közvetlen környezetének maradó deformáció jelentkezett. A robbanás következtében a csappantyúval érintkező vasbeton fal 1-1,5 m<sup>2</sup> területen átszakadt, a hasadó-nyíló felületek megnyíltak, a vasajtó a szemközti földbevédezésre repült. Az épület villámhárítója részben, illetve a védődomb területén lévő kerítés részlegesen megsérült.



---

8. sz. ábra A valós következmények (saját felvétel)

- b) Légnyomás – a közelben található épületek üveglablakai betörték. a kb. 50-60 méterre található 1. számú üzemi épület, illetve az SZ17-es raktárépület ablakai részben betörték. (Az alábbi térképen az üveglablak sárga téglalappal jelöltük.)
- c) Repesz- (törmelék-) hatás – A robbanást követő helyszíni bejárás során megállapítható volt, hogy a repülőtető téglatörmelékei (a térképen piros övezettel jelölt terület) az epicentrumtól déli irányba (kifúvás iránya) a védősánc szélességében a bobbálya kerítéséig hullottak szét. Ezen övezeten belül lehetett a tárolt anyagok csomagoló részeit is megtalálni. Az SZ5-ös raktártól 30 méter szintkülönbséggel alacsonyabban, légvonalban dél-keleti irányba 150 méterre közút és az uszoda parkolója, 220 méterre az uszoda épülete fekszik. Ezen a területeken törmeléket nem találtak.
- d) Szeizmikus hatás nem alakult ki.
- i) Robbanást követő gyújtóhatás nem alakult ki.
- j) Mérgező égéstermék keletkezése: Az esemény során kb. 5 – 6 perc időtartamban különféle, elsősorban káliumklorát-porcukor-amonklorid, illetve hexaklórétán-cinkpor keverékéből álló füstök, füstelegyek keletkeztek. A füst az üzem határán túl nem terjedt, lakossági intézkedést nem kellett foganatosítani. A beavatkozó tűzoltóegységek az oltási munkálatokban légzőt alkalmaztak.
- k) Biológiai hatás, személyi sérülés nem történt.

**A számított és a valós következmények összevetése**

A bemutatott szoftveres elemzések eredményei a valós hatásterületnél nagyobb eredményeztek. Ez egyértelműen bizonyítható az ablaktörést okozó légnyomás nagyságának vizsgálatával, hiszen a valóságban 60 méteres övezeten kívül ablaktöréssel már egyáltalán nem, a 60 méteres övezeten belül is csak részleges ablakbetörés keletkezett. A szoftveres elemzés pedig azt mutatják, hogy az epicentrumtól 300 méteres övezetben (5-ször nagyobb hatásterületen) kialakuló légnyomás nagysága elérte az ablaktöréshez szükséges túlnyomás értéket. A

---

szoftveres elemzések alapján a 225 kg TNT ekv. tömegű robbanóanyag robbanáskor 40 – 60 méteres övezeten belül olyan túlnyomásértékek alakulnak ki, amelyek következtében a házak fala és teteje részlegesen összeomlik, ugyanakkor a valóságban a 40 – 60 méteres övezetben található létesítmények – eltekintve a szomszédos kamráktól - szerkezetében nem keletkezett kár.

A Szabályzat alapján a raktártól számított 38 méteres övezeten kívül épülhet másik raktár ( $R_{500}$  érték), míg a lakossági létesítmény vonatkozásában a minimális távolság 242 méter, míg ugyanerre a HSE módszer 526 métert javasol. Az SZ5-ös raktár közvetlen környezetében az üzemi épület illetve az SZ17-es raktár helyezkedik el, de a köztük lévő távolság valamivel nagyobb, mint a számítások alapján meghatározott 38 méter. A robbanás során sem az üzemi épületben, sem az SZ17-es épületben nem keletkezett szerkezeti kár, így megítélésünk szerint a távolság érték elfogadhatónak tekinthető. Az SZ5 raktártól kb. 220 méterre található az uszoda, mely a robbanás következtében nem sérült, területén a hanghatáson, illetve a látványon kívül semmiféle következmény nem történt.

### **Összegzés, konklúzió**

A fenti elemzések alapján megállapítható, hogy a valóságban – feltételezhetően a csillapítási tényezőknek köszönhetően – a hatások jóval kisebbek voltak, mint az eleméleti módszerekkel meghatározott várt következmények. A vizsgálatok szerint leginkább a szoftveres modellezés eredményei által prognosztizált hatásterület nagysága tért el a valóságtól, esetenként 5-szörös mértékben felülbecsülve azt. A valós következményekhez a Szabályzatban foglalt módszerrel kiszámolt védőtávolságok méretei állnak a legközelebb, tekintettel arra, hogy a raktár legfontosabb építészeti és természeti paraméterei kockázatcsökkentő tényezőként figyelembe vehetők.

1. A robbanóanyagok biztonsági dokumentációjában javaslom a következmény- és kockázatelemzést az alábbi módon elvégezni:
  - a) 2/1987. (II. 17.) IpM számú rendelettel kiadott Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat bemutatása a deklarált értékek meghatározása ( $R_{110}$  és  $1,5x R_{110}$ ).
  - b) Tájékoztató jelleggel szoftveres következményelemzés (túlnyomás-távolság diagram), mérgező égéstermékek terjedésének vizsgálata, illetve kiszűrhetésének bizonyítása.

---

c) HSE tanulmányban leírt módszerrel a kockázatok meghatározása az alábbi peremfeltételekkel:

- LÉT érték meghatározása.
- A kockázatszámítás – az ellentmondások feloldása céljából – csak a LÉT vagy a Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat alapján meghatározott  $1,5x R_{110}$  távolságig történjen, hiszen azt követően egyik eljárás sem javasol építési korlátozást. A LÉT, illetve a  $1,5x R_{110}$  érték alkalmazása a nagyobb értékhez kötődjön.
- Amennyiben az eseménysorban a robbanóanyag tömege nagyobb, mint 5600 kg a repeszhatás vizsgálat elhagyása.

**Felhasznált források:**

- [1] Solymosi J.- Szakál B.- Tatár A. – Lévai Z: A súlyos balesetek megelőzéséért, Katasztrófavédelmi Szemle, 2001. II.szám 1-31. oldal
- [2] NIKE FIOCCHI ügyvezető által készített jelentés, OKF vizsgálati és jelentési rendszer, 2008, augusztus
- [3] NIKE FIOCCHI biztonsági elemzés, nyilvános változat,
- [4] 2/1987. (II. 17.) IpM számú rendelettel kiadott Robbanóanyag-ipari Biztonsági Szabályzat (jogszabály)
- [5] HSE, Controlling risks around explosives stores, Peter Moreton, 28 Hazelborough Close Gorse Covert Warrington WA3 6UL United Kingdom 2002. pp. 22-23