

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar

Tudományos Diákköri Konferencia 2013

Szándékos bombatámadás kockázata egy európai épület esetén

Készítette: Fischer Aliz Ráhel

Konzulensek: Dr. Vigh László Gergely, egyetemi docens
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék
Rózsás Árpád, doktorandusz
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni **Vigh Gergelynek** a folyamatos ösztönzését, ami nélkül a dolgozat nem jöhetett volna létre. Köszönöm továbbá hihetetlen segítőkészségét, amelyet a konzultációk során és azokon kívül is tanúsított, valamint köszönöm türelmét és nem utolsósorban, rám szánt idejét. Ezen kívül hálás köszönettel tartozom **Rózsás Árpádnak** a bármilyen számíttással kapcsolatos kérdés esetén tanúsított rendkívüli segítőkészségéért.

Absztrakt

Terrortámadásból származó bombatámadások egy szerkezet olyan mértékű károsodását okozhatják, amelyet egy épület tervezése során nem lehet figyelmen kívül hagyni. Azonban a szándékos indíttatása és a rendelkezésre álló információk hiányossága miatt a robbanás bekövetkezési valószínűségének és várható nagyságának számítása rendkívül speciális feladat. Bár amerikai katonai szabványokban elérhetőek ajánlott értékek a számítás során feltételezendő robbanóanyag-mennyiségre vonatkozóan, az ajánlások nem tartalmaznak arra vonatkozó információt, hogy azok betartásával milyen tönkremeneteli valószínűség érhető el. Vizsgálandó továbbá az amerikai fenyegetettségi szintek közvetlen alkalmazásának összhangja az európai szabványok által előírt alapvető feltételekkel, valamint ellenőrizendő a megkövetelt biztonsági szint teljesíthetősége.

A dolgozat célja tehát a megtörtént támadások adatainak értékelése alapján végrehajtott kockázat- és megbízhatósági analízis segítségével meghatározni a szándékos robbantásra mint rendkívüli teherre való méretezés során alkalmazandó tehereseteket egy európai épület tervezésekor. Ezzel a munka előkészíti a terrortámadásra való méretezés Eurocode adaptációját.

A munka első fele bemutatja az eddigi terrortámadásokról rendelkezésre álló adatbázist, annak felhasználási lehetőségeit és hiányosságait. Összefoglalja és értékeli a lehetséges valószínűségi eljárásokat, bemutatja az azokhoz szükséges eddigi támadásokra vonatkozó adatokat valamint a megkívánt feltételezéseket, ezáltal ismerteti alkalmazhatóságukat erre a különleges feladatra vonatkozóan. Végül az összeállított számítási eljárást ismerteti, és egy mintapéldán keresztül szemlélteti.

A dolgozat második fele egy irodaépület robbanásteherre történő méretezésén és analízisének keresztül illusztrálja a megbízhatósági analízis folyamatát az összeállított eljárás bemutatásával. A példa és annak eredményei segítségével értékeli az elért biztonsági szintet, valamint elemzi a sztochasztikus és determinisztikus módszereket. Bemutatja azok előnyeit, hátrányait és hiányosságait, illetve következtetéseket, javaslatokat fogalmaz meg a megbízhatósági analízis alkalmazhatóságára és a szabványos méretezési eljárásra vonatkozóan.

Abstract

The effect of a potential intentional external blast load due to terror attacks cannot be neglected in today's building design. However - owing to its intentionality and lack of information available - the determination of the scenario that should be considered in case of a Eurocode based design is a special task. The objective of this study is to determine a reasonable load to apply on buildings of different threat levels; thus, to perform a risk and reliability analysis concerning this extreme event.

However, recommendations regarding the applicable weapon-parameters are available in US Antiterrorism Standards; they are lack of any background information about the achievable safety level. In addition, equivalence between American and European threat level need to be considered. Consequently, the paper's main goal is to define whether the recommended values are adequate to adapt in Eurocode based design by analyzing historical data of former events.

First, the database on occurred terror events is presented and its probable manners of use are emphasized besides its obvious deficiencies. Furthermore, the possible probability methods existing in international references are presented and evaluated concerning their potential application to this extraordinary problem. As a result, a calculation method is prepared and explained by an illustrative example.

Secondly, the process of the reliability analysis is presented by the design of a European office building. The achieved safety level, moreover, the applicable stochastic and deterministic methods are evaluated due to the shown example and its results. The advantages, disadvantages and deficiencies of the procedure are highlighted; furthermore, recommendations are made regarding the applicability of the process in a standardized design.

Tartalom

Köszönetnyilvánítás.....	2
Absztrakt.....	3
Abstract	4
1. Bevezetés	8
1.1. Problémafelvetés, célkitűzés.....	8
1.2. A feladat specialitása	8
1.3. Megoldási stratégia	8
2. GTD adatbázis.....	11
2.1. A terrortámadás definíciója.....	11
2.1.1. Terrortámadás az amerikai törvények szerint [5].....	11
2.1.2. Terrortámadás az egyesült királysági törvények szerint [6]	11
2.1.3. Terrorizmus definíciója az alkalmazott adatbázisban: [4]	12
2.1.4. Az adatbázisban megjelenő változók.....	12
2.1.5. Rekordok száma	14
2.1.6. Megjegyzések.....	15
3. A feladat alapproblémái.....	16
3.1. A kockázatanalízis folyamata.....	16
3.2. Adathiány.....	16
3.3. Befolyásoló paraméterek	17
3.4. Időben változó valószínűség.....	18
4. Kockázatanalízis lehetséges módjai	19
4.1. Kockázatanalízis terrortámadásokra vonatkozó szabványokban.....	19
4.1.1. UFC 4-020-01 [2]	19
4.1.2. FEMA 426 [7].....	21
4.1.3. Szabványok összefoglalása	23
4.2. Egyéb lehetőségek.....	24
4.2.1. John A. Schmidt.....	24
4.2.2. Extrémérték-elmélet [9]	25
4.2.3. Csak nagysággal rendelkező adatok kezelése.....	25
4.2.4. Az összes adat gyakoriságának és a nagysággal rendelkező adatoknak a független vizsgálata	25
4.2.5. Adatok támadók szerinti kezelése	26
4.3. Lehetőségek értékelése, összefoglalása.....	26

5. Túllépési és bekövetkezési valószínűség számítása	27
5.1. Alkalmazott jelölésrendszer	27
5.2. Feladat ismertetése	27
5.3. Nagysági adatok elemzése	27
5.3.1. Reprezentativitás	27
5.3.2. TNT egyenértékűség	30
5.3.3. Tömeggel rendelkező rekordok számának esetleges bővítése	32
5.3.4. Autóbomba	33
5.4. Gyakoriság meghatározása, számítás bemutatása mintapéldán keresztül.....	40
5.4.1. Mintapélda.....	40
5.4.2. Adatok szűkítése	41
5.4.3. Lehetséges eloszlások.....	47
5.4.4. Alkalmazott eloszlás.....	54
5.4.5. Egyenrangú célpontok bizonytalansága	56
5.4.6. Eredmény.....	57
5.5. Nagysági és gyakorisági adatok integrálása	57
6. Érzékenységvizsgálat.....	59
6.1. Eloszlás paraméterének megbízhatósága	59
6.2. Adatok csoportosítása hároméves intervallumokba.....	59
6.2.1. Eloszlás fektetése.....	60
6.2.2. Bekövetkezési valószínűségek számítása	62
6.2.3. Értékelés	63
6.3. Fenyegetettség ill. védelmi szint változása	64
6.3.1. Fiktív, erősebb fenyegetettség szint	64
6.3.2. Fiktív, erősebb védelmi szint	65
6.3.3. Valós és fiktív esetek összehasonlítása.....	66
6.4. Elmélet frissítése	67
7. Tönkremeneteli valószínűség számítása	68
7.1. Vizsgált épület	68
7.2. Tönkremeneteli valószínűség	72
7.3. Értékelés	73
7.3.1. Elért biztonsági szint	73
7.3.2. Költségek és haszon	74
7.3.3. Ajánlott tervezési értékek adaptálhatósága	75

8. Összefoglalás	76
8.1. Eredmények.....	76
8.2. Kritikák.....	78
8.3. Továbblépési lehetőségek	78
8.4. Adaptációra vonatkozó javaslatom	79
9. Irodalomjegyzék	80

1. Bevezetés

1.1. Problémafelvetés, célkitűzés

Az Eurocode megkövetel az épített szerkezetekre egy bizonyos biztonsági szintet. Ennek biztosítására hagyományos terhekre és hatásokra már tartalmaz méretezési eljárást, melyekkel az elvárt biztonság teljesíthető. Azonban a terrortámadásokból eredő szándékos bombatámadásokkal a szabványrendszer egyáltalán nem foglalkozik, így kérdéses, hogy vajon e hatás figyelmen kívül hagyása nem okozza-e a biztonsági szint csökkenését. Tavalyi TDK munkámban [1] ezért javaslatot tettem a külső robbanástéher vizsgálata során alkalmazandó, az Eurocode szemléletének megfelelő méretezési eljárás menetére, azonban nem vizsgáltam a többségében amerikai ajánlásokban fellelhető, a tervezés során figyelembe veendő robbanóanyag-mennyiségek konformitását az európai szabványokkal. Ennek megfelelően jelen dolgozatom fő célja, hogy értékeljem az általam adaptált méretezési eljárást, azaz hogy kidolgozzam az erre a speciális teherre vonatkozó megbízhatósági modellt, és ennek segítségével mérlegeljem az amerikai ajánlások tervezési robbanóanyag-mennyiségeinek adaptálhatóságát az Eurocode szabványrendszerébe. (1. ábra)

Fenyegetettségi szint	UFC 4-020-01 [2] szerinti ajánlott tervezési érték	Túllépési valószínűség 50 év alatt	Tönkremeneteli valószínűség 50 év alatt
Speciális	9000 kg	?	?
komoly	2000 kg	?	?
magas	500 kg	?	?
fokozott	250 kg	?	?
mérsékelt	100 kg	?	?
alacsony	25 kg	?	?

1. táblázat Célkitűzés

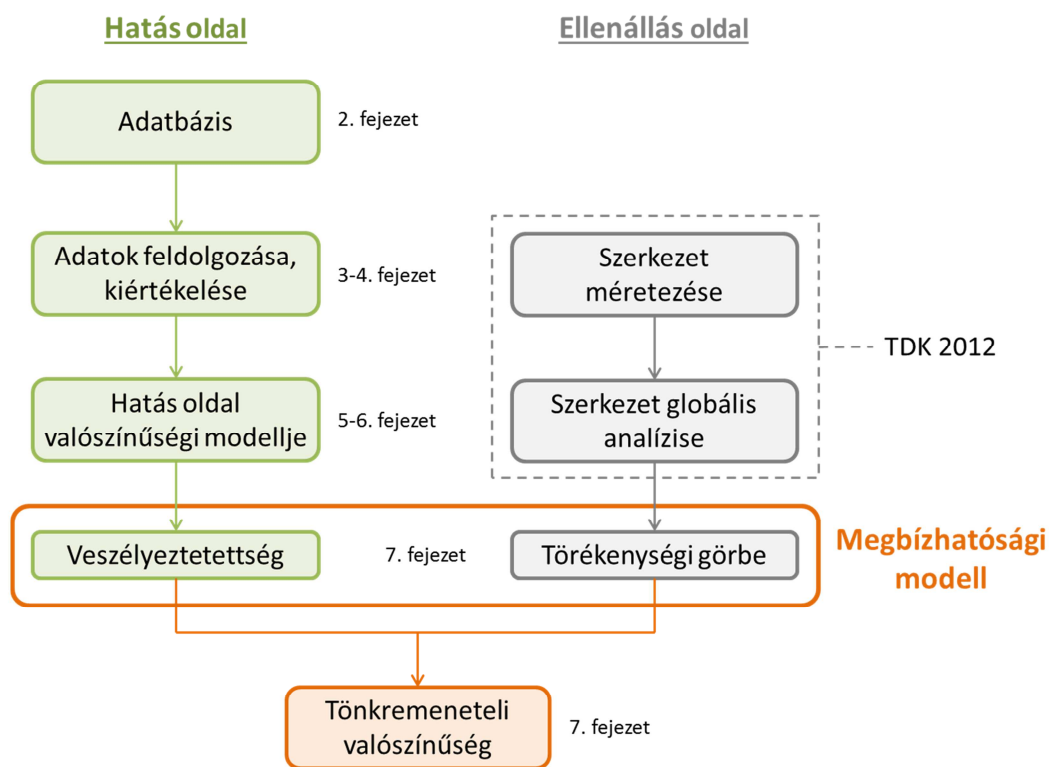
1.2. A feladat specialitása

Annak ellenére, hogy az amerikai szabványokban és nemzetközi kutatásokban fellelhetőek ajánlások a terrortámadásokra való tervezések során feltételezendő robbanóanyag-mennyiségekre és a fenyegetettség szintjének megállapítására, a kockázat- és megbízhatósági analízis egyik ismertetett módszere sem alkalmas abszolút bekövetkezési és túllépési valószínűségek meghatározására (ld. 4. pont). Így feladatom, hogy kidolgozzak egy, a problémakör esetén alkalmazható megbízhatósági modellt, mely segítségével a vizsgálat lefolytatható.

A feladat specialitását több tényező adja. Egyrészt hatalmas problémát okoz a fellelhető adatok hiányossága, másrészt nehézséget okoz a teher szándékos volta. További megfontolást igényel, hogy a támadások számát és mértékét tömérdek tényező befolyásolja, melyek ráadásul sem időben, sem térben nem állandóak.

1.3. Megoldási stratégia

A feladat megoldásának menetét az 1. ábra szemlélteti.

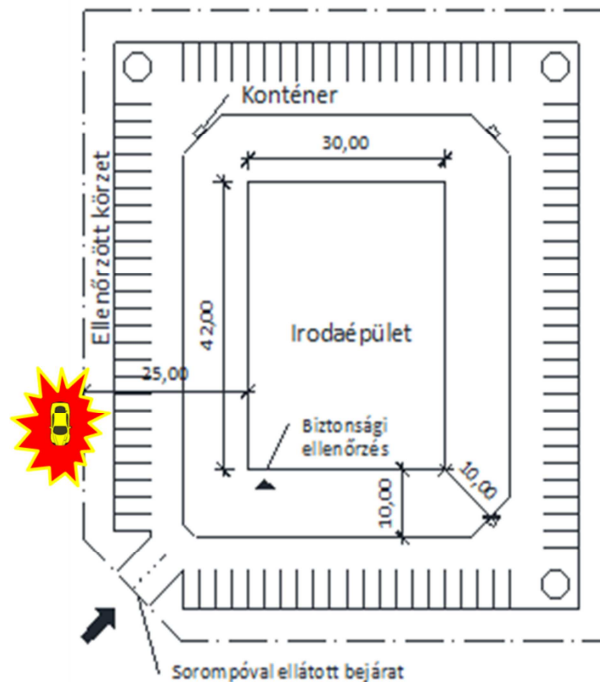


1. ábra A megoldás menete

A munkám első felében bemutatom a terrortámadásokról rendelkezésre álló adatbázist. A jegyzett információk jellegének és hiányosságának szem előtt tartásával ismertetem és értékelem a kockázatanalízis szakirodalomban fellelhető módszereit, elemzem azok alkalmazhatóságát a jelenlegi különleges feladatra. Mivel azonban nincsen elérhető, a számítás elvégzésére alkalmas eljárás, ezért ezen ismeretek felhasználásával kidolgozok egy, e rendkívüli teher megbízhatósági modelljének felállításához megfelelő számítási módot. A módszer áthidalja az adatok hiányossága okozta nehézséget, és kezeli a teher szándékosságából eredő időben, térben és célpont szerint változó valószínűségeket. Tehát dolgozatom első felében kidolgozom a hatás oldal valószínűségi modelljét, azaz megállapítom egy magasépítési szerkezet veszélyeztetettségét.

Az összeállított eljárást a dolgozat második felében egy mintapéldán keresztül illusztrálom. Ennek keretében egy átlagos londoni irodaépületen lefolytatott vizsgálattal ismertetem milyen eloszlást követnek az évenkénti bombatámadások. Ezen túlmenően megállapítom egy esetleges autóbombával mért támadás bekövetkezési valószínűségét, valamint kiszámítom az egyes robbanóanyag-mennyiségek túllépési valószínűségét egy-, illetve ötvenéves időtávra egyaránt. Azaz meghatározom egy átlagos londoni irodaépület veszélyeztetettségét e különleges teherre.

Az ellenállás oldal számításait a tavalyi TDK dolgozatom eredményeinek felhasználásával végzem el. Előző évi munkám során egy négyszintes acélváz as irodaépületet vizsgáltam különböző támadási scenáriókra. Az elemzett épület helyszínrajzi kialakítását az 2. ábra mutatja. Rugalmasan méreteztem a szerkezetet többek között három különböző nagyságú, az ellenőrzött területen kívüli autóbomba támadás esetére. Idei munkámban az ebből nyert eredmények felhasználásával állítom elő a különböző erősségű hatásra méretezett épületek törékenységi görbéjét.



2. ábra A vizsgált épület helyszínrajzi kialakítása

Végül a veszélyeztetettség szintjének megállapításával és a szerkezetek törékenységi görbéjének előállításával megalkotom az épület megbízhatósági modelljét, melyből tönkremeneteli valószínűségeket számolok. A különböző scenáriók összehasonlításával bemutatom, milyen a megkövetelt szerkezeti konfiguráció a különféle tönkremeneteli szintekhez. A példák remekül illusztrálják e rendkívüli hatásra való méretezés költségigényét, ezáltal kihangsúlyozva a megfelelő építészeti kialakítás, azaz a támadás megelőzésének illetve a hatás minimalizálásának a jelentőségét.

Ezenfelül vizsgálom az alkalmazott modell érzékenységét annak különböző paramétereire. Megnézem, hogyan változnak a számítás végeredményei az alkalmazott eloszlás paraméterének 95 %-os konfidencia-intervallumon belüli változtatásával, valamint elemzem, mennyiben befolyásolja az eredményeket a számítás menetének kismértékű módosítása. Továbbá vizsgálom egy erősebb fenyegetettséget, valamint egy magasabb védelmi szintet reprezentáló fiktív helyzetet. Végül mindezek eredményeként javaslatot teszek a méretezési eljárás Eurocode-adaptációjának formájára.

2. GTD adatbázis

A kutatás elkészítéséhez a terrortámadások adatait a National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START) szolgáltatta egy adatbázis formájában (Global Terrorism Database – továbbiakban: GTD). [3] Az adatbázis jellegét a 3. ábra mutatja. Az adatbázisban az 1970 óta történt terrortámadásokat regisztrálják rekordként.

	A	B	I	K	M	AD	AJ	BX	BZ	
1	eventid	year	country_txt	region_txt	city	attacktype1_txt	targettype1_txt	weaptype1_txt	weapsubtype1_txt	weapdetail
2	197000000001	1970	Dominican Republic	Central America	Santo Domingo	Assassination	Private Citizens & Individuals	Unknown	.	
3	197000000002	1970	Mexico	North America	Mexico city	Hostage Taking (Kidnapping)	Government (Diplomatic)	Unknown	.	
4	197001000001	1970	Philippines	Southeast Asia	Tarlac	Assassination	Journalists & Media	Unknown	.	
5	197001000002	1970	Greece	Western Europe	Athens	Bombing/Explosion	Government (Diplomatic)	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Explosive
6	197001000003	1970	Japan	East Asia	Fukouka	Facility/Infrastructure Attack	Government (Diplomatic)	Incendiary	.	Incendiary
7	197001010002	1970	United States	North America	Cairo	Armed Assault	Police	Firearms	Unknown	Gun Type Several gunshots were fired
8	197001020001	1970	Uruguay	South America	Montevideo	Assassination	Police	Firearms	Automatic Weapon	Automatic firearm
9	197001020002	1970	United States	North America	Oakland	Bombing/Explosion	Utilities	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Bomb
10	197001020003	1970	United States	North America	Madison	Facility/Infrastructure Attack	Military	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Firebomb consisting of gasoline
11	197001030001	1970	United States	North America	Madison	Facility/Infrastructure Attack	Government (General)	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Poured gasoline on the floor
12	197001050001	1970	United States	North America	Baraboo	Bombing/Explosion	Military	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Explosive
13	197001060001	1970	United States	North America	Denver	Facility/Infrastructure Attack	Military	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Molotov cocktail
14	197001080001	1970	Italy	Western Europe	Rome	Hijacking	Airports & Airlines	Firearms	Rifle/Shotgun (non-automatic)	Rifle - carbine; Pistols
15	197001090001	1970	United States	North America	Detroit	Facility/Infrastructure Attack	Government (General)	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Firebomb
16	197001090002	1970	Puerto Rico	Central America	Rio Piedras	Facility/Infrastructure Attack	Business	Incendiary	Arson/Fire	Fire set in back of store
17	197001100001	1970	East Germany	Eastern Europe	East Berlin	Bombing/Explosion	Government (General)	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Explosive
18	197001110001	1970	Ethiopia	Sub-Saharan Africa	Unknown	Unknown	Military	Unknown	.	
19	197001120001	1970	United States	North America	New York City	Bombing/Explosion	Educational Institution	Explosives/Bombs/Dynamite	Projectile (rockets, mortar)	Crudely made pipe bomb.
20	197001120002	1970	Puerto Rico	Central America	Rio Grande	Bombing/Explosion	Business	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Bomb
21	197001130001	1970	United States	North America	Seattle	Facility/Infrastructure Attack	Business	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Firebomb
22	197001140001	1970	United States	North America	Champaign	Facility/Infrastructure Attack	Police	Incendiary	Gasoline or Alcohol	Firebomb thrown through window
23	197001150001	1970	Uruguay	South America	Montevideo	Armed Assault	Educational Institution	Firearms	Automatic Weapon	Automatic firearms
24	197001190002	1970	United States	North America	Seattle	Bombing/Explosion	Educational Institution	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type
25	197001190003	1970	United States	North America	Seattle	Bombing/Explosion	Military	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type
26	197001190004	1970	United States	North America	Jersey City	Facility/Infrastructure Attack	Violent Political Protest	Incendiary	Arson/Fire	Gasoline was placed on the ground
27	197001200001	1970	Guatemala	Central America	Guatemala City	Assassination	Government (Diplomatic)	Unknown	.	
28	197001210001	1970	Philippines	Southeast Asia	Quezon City	Bombing/Explosion	Government (Diplomatic)	Explosives/Bombs/Dynamite	Unknown	Explosive Type Explosive
29	197001220001	1970	Venezuela	South America	Caracas	Hostage Taking (Kidnapping)	Business	Unknown	.	
30	197001220002	1970	United States	North America	South Sioux City	Bombing/Explosion	Private Citizens & Individuals	Explosives/Bombs/Dynamite	Dynamite/TNT	Dynamite thrown at foundation
31	197001250001	1970	United States	North America	West Point	Facility/Infrastructure Attack	Private Citizens & Individuals	Incendiary	Arson/Fire	

3. ábra Az adatbázis egy részlete

Az adatbázishoz tartozó leírás tartalmazza azokat a feltételeket, amelyeknek egy eseménynek meg kell felelnie ahhoz, hogy az adatbázis részévé válhasson, valamint a leírás részletesen ismerteti a táblában szereplő mezőket. [4] A továbbiakban ebből foglalom össze a jelen dolgozat megértéséhez lényeges információkat.

2.1. A terrortámadás definíciója

A terrortámadásnak nincsen egy konkrét definíciója, több különböző – többnyire hasonló – változat is fellelhető különféle irodalmakban. Többségében közös pont a szándékos indíték, illetve fontos feltétel, hogy ne nemzeti szinten történő támadásról legyen szó, hanem valamilyen szűkebb csoport tettéről. Ezen kívül kritikus elhatárolni a terrortámadásokat a katonai támadásoktól.

2.1.1. Terrortámadás az amerikai törvények szerint [5]

A terrorizmust az amerikai jogszabályok a következőképpen definiálják [22 USC 2656f § (d)(2)]: nemzetiségi vagy illegális csoportok által nem harcoló célpontok ellen elkövetett, előre eltervezett, politikai motivációjú erőszak (a "nem harcoló" kifejezés az alábbiakat foglalja magában: civil, illetve olyan katonai személyek, akik a támadás idején fegyvertelenek voltak, vagy nem voltak szolgálatban)

2.1.2. Terrortámadás az egyesült királysági törvények szerint [6]

- (1) A jelen törvény alkalmazása során a "terrorizmus" a terrorista cselekmény elkövetése vagy az azzal való fenyegetés ha
 - A. A cselekmény a (2) bekezdés alá tartozik,

- B. Az elkövetés vagy az azzal való fenyegetés célja, hogy a kormányt befolyásolja vagy a lakosságot vagy annak egy részét megfélemlítse, és
 - C. Az elkövetés vagy az azzal való fenyegetés célja valamilyen politikai, vallási vagy ideológiai cél előmozdítása.
- (2) A cselekmény a jelen bekezdés alá tartozik, ha
- A. Személy elleni súlyos erőszakkal jár,
 - B. Dolog elleni súlyos erőszakkal jár,
 - C. Az elkövetőn kívül más ember életét is veszélyezteti
 - D. Súlyos veszélyt jelent a lakosság vagy annak egy részének egészségére vagy biztonságára, vagy
 - E. Egy elektronikus hálózat megzavarására vagy jelentős akadályozására irányul.
- (3) A (2) bekezdés alá eső cselekmény terrorista cselekménynek minősül, függetlenül attól, hogy az (1) bekezdés (B) pontja megvalósul-e, ha a cselekményt fegyverrel vagy robbanószerrel követik el.

2.1.3. Terrorizmus definíciója az alkalmazott adatbázisban: [4]

Egy nem állami személy által alkalmazott illegális erőszak vagy az azzal való fenyegetés, amelynek célja valamilyen politikai, gazdasági, vallási vagy szociális követelés teljesítésének kikényszerítése félelem, rettegés vagy megszegényítés által.

E definíció szerint egy eseménynek a következő kritériumoknak kell megfelelnie ahhoz, hogy az adatbázis részévé válhasson. Először is, mind a három soron következő feltételnek teljesülnie kell:

- az esemény legyen szándékos – tehát az elkövető megfontolt számításainak eredménye
- az eseménynek legyen része egy bizonyos szintű erőszak vagy erőszakkal való fenyegetés – beleértve a tulajdon és az emberélet elleni erőszakot
- az elkövetők legyenek nemzeten belüliek (sub-national) – az adatbázisnak nem része az állami terrorizmus

Ezen kívül, az esemény adatbázisba való bekerüléséhez a soron következő három kritériumból legalább kettőnek teljesülnie kell:

1. kritérium: a cselekvés mozgatója legyen politikai, gazdasági, vallási vagy szociális cél
2. kritérium: a cselekvés célja legyen többek között kényszerítés, megfélemlítés vagy üzenet közvetítése egy nagyobb – az áldozatok körénél tágabb - közönség(ek) számára
3. kritérium: az akció ne minősüljön legitim háborús cselekedetnek, azaz lépje át a nemzetközi humanitárius jogokat

Ez utóbbi három kritérium megléte az adatbázisban mezőként megjelenik, azaz a rekordok e kritériumok teljesülése alapján is szűrhetőek.

2.1.4. Az adatbázisban megjelenő változók

Az adatbázis egy rekordja többek között a következő mezőkkel rendelkezik:

- Dátum
- Felvételi kritériumok - a 2.1.3 pontban felsorolt kritériumok közül melyeknek felel meg az adott esemény

- A támadás helye (régió, ország, város, koordináták)
- A támadás típusa
- Alkalmazott fegyver
- A célpont típusa

Fontos megjegyezni, hogy a mezők egy része lehet „ismeretlen”, illetve bizonyos mezők csak 1997-től részei az adatbázisnak. További információ az adatok eredetéről és az információgyűjtés fázisairól megtalálható az adatbázishoz tartozó leírásban [4].

2.1.4.1. A támadás helye

A továbbiakban fontos régiók, és a hozzájuk tartozó országok a következők:

Nyugat-Európa (Western Europe):

Andorra, Ausztria, Belgium, Korzika, Dánia, Finnország, Franciaország, Németország, Gibraltár, Nagy-Britannia, Görögország, Izland, Írország, Olaszország, Liechtenstein, Luxemburg, Málta, Man, Monaco, Hollandia, Észak-Írország, Norvégia, Portugália, San Marino, Spanyolország, Svédország, Svájc, Vatikán, Nyugat-Németország (NSZK)

Kelet-Európa (Eastern Europe):

Albánia, Bosznia-Hercegovina, Bulgária, Horvátország, Csehország, Csehszlovákia, Kelet-Németország (NDK), Magyarország, Koszovó, Macedónia, Moldova, Montenegró, Lengyelország, Románia, Szerbia, Szerbia és Montenegró, Szlovákia, Szlovénia, Jugoszlávia

Oroszország és a Független Államok Közössége (FÁK):

Örményország, Azerbajdzsán, Fehéroroszország, Észtország, Grúzia, Lettország, Litvánia, Oroszország, Szovjetunió, Ukrajna

2.1.4.2. A támadás típusa

A támadás típusa szerint az adatbázis kilenc különböző esetet különböztet meg:

- Konkrét ember ellen elkövetett merénylet (assassination)
- Fegyveres támadás (armed assault)
- **Bombatámadás (bombing/explosion)**
- Gépeltérítés (hijacking)
- Túszejtés - elbarikádózással (hostage taking – barricade incident)
- Túszejtés – emberrablás (hostage taking – kidnapping)
- Létesítmény/infrastruktúra támadás (facility/infrastructure attack); bombatámadás nem tartozik bele
- Fegyvertelen támadás (unarmed assault)
- Ismeretlen (unknown)

2.1.4.3. Alkalmazott fegyver

A támadás típusától függetlenül az alkalmazott fegyver tizenhárom csoportba sorolható, többek között:

- kémiai
- radioaktív
- nukleáris
- lőfegyver
- **robbanóanyag (explosives/bombs/dynamite)**
- ...

A rekordok egy részénél megjelenik az alkalmazott fegyvernek az altípusa is. Ezek közül pár példa a robbanóanyag kategóriáján belülről:

- gránát
- akna
- levélbomba
- távirányítású
- időzített
- öngyilkos (egy ember testén viselt)
- autóbomba
- dinamit
- ...

Az alcsoportok típusát vizsgálva megfigyelhető, hogy egy eset besorolása nem mindig egyértelmű, például kérdéses egy időzített autóbomba kategóriája. Ez a kategorizálási inkonzisztencia a későbbiekben még kisebb nehézséget okoz.

2.1.4.4. Célpont típusa

A GTD a célpontokat különböző kategóriákba sorolja, ezek a teljesség igénye nélkül:

- **üzleti (business)**
- katonai (military)
- diplomata (diplomat)
- kormány (government)
- közlekedés (transportation)
- ...

2.1.5. Rekordok száma

Az illusztráció kedvéért a 2. táblázat bemutatja a különböző szűrésekkel kapott rekordok számát.

Szűrés	Rekordok száma
Mind	104689
Bombatóadás	47097
Üzleti célpontú bombatóadás	8631
Európai ¹ bombatóadások	8073
Üzleti célpontú bombatóadások Európában ¹	2358

2. táblázat Rekordok száma

¹ Kelet- és Nyugat-Európa

2.1.6. Megjegyzések

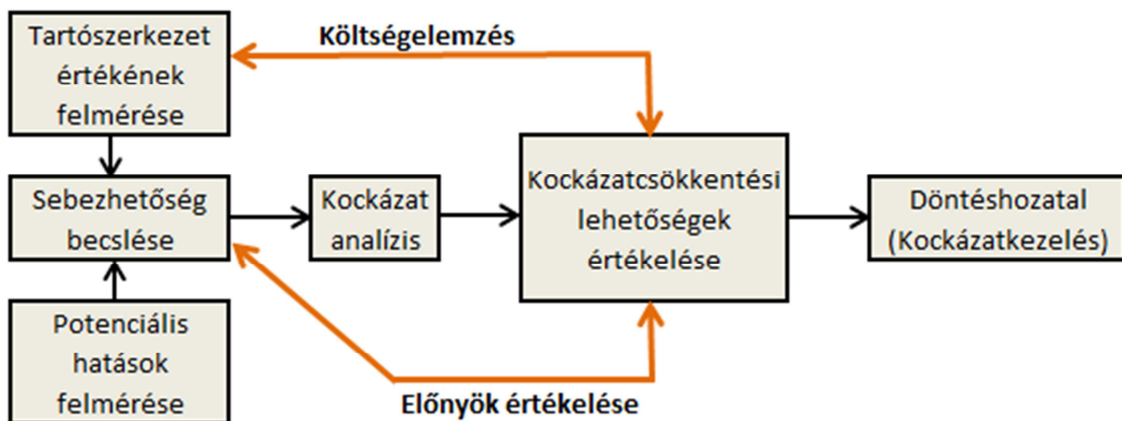
A dolgozat további részében élek azzal a feltételezéssel, hogy az adatbázis minden rekordja terrortámadásnak minősül, valamint minden terrortámadásnak minősülő esemény része az adatbázisnak. Ezen túlmenően feltételezem a hozzájuk kapcsolt információk helyességét. Ez a feltételezés az adatbázis leírásában [4] részletesen közölt adatgyűjtési folyamat ismeretében megalapozottnak minősíthető.

A továbbiakban bemutatott diagramok – ha az másképpen nincs jelölve – saját készítésűek a bemutatott adatbázis alapján. A szűrések és függvények készítésekor az MS Excel, valamint a Matlab programokat használtam.

3. A feladat alaproblémái

3.1. A kockázatanalízis folyamata

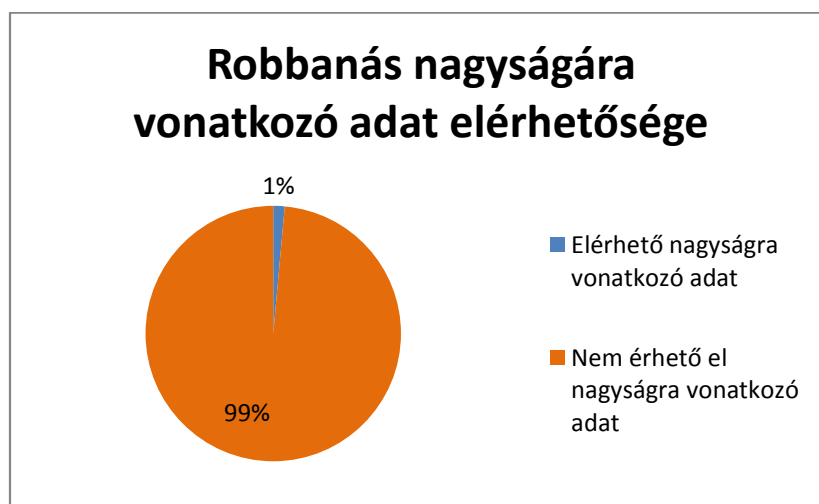
A kockázatanalízis folyamatábráját az 4. ábra mutatja. E szerint a kockázat megállapításához alapvetően három tényező felmérésére van szükség. Egyrészt meg kell határozni a szerkezet anyagi és nem anyagi értékét, majd fel kell mérni a potenciális veszélyforrásokat, végül elemezni kell egy adott szerkezet vagy szerkezeti elem sebezhetőségét egy konkrét hatás esetére. E dolgozat célja, hogy valamilyen módon egy globális valószínűséget határozzon meg arra az esetre, amikor a vizsgált szerkezet egy épület tartószerkezete, a potenciális veszélyforrás pedig egy terrorakció keretében elkövetett hagyományos bombatámadás. A számítás menetét a dolgozat egy londoni irodaépület példáján fogja szemléltetni.



4. ábra A kockázatanalízis folyamata [7]

3.2. Adathiány

A feladat egyik legnagyobb nehézségét az adatok hiányossága okozza. Hiába létezik körülbelül 50000 regisztrált bombatámadásról információ, ezek közül mindösszesen 669 esetről van legalább közelítően regisztrált robbanóanyag-mennyiség. A többi esetben a robbanás nagyságáról semmiféle adat nincs.

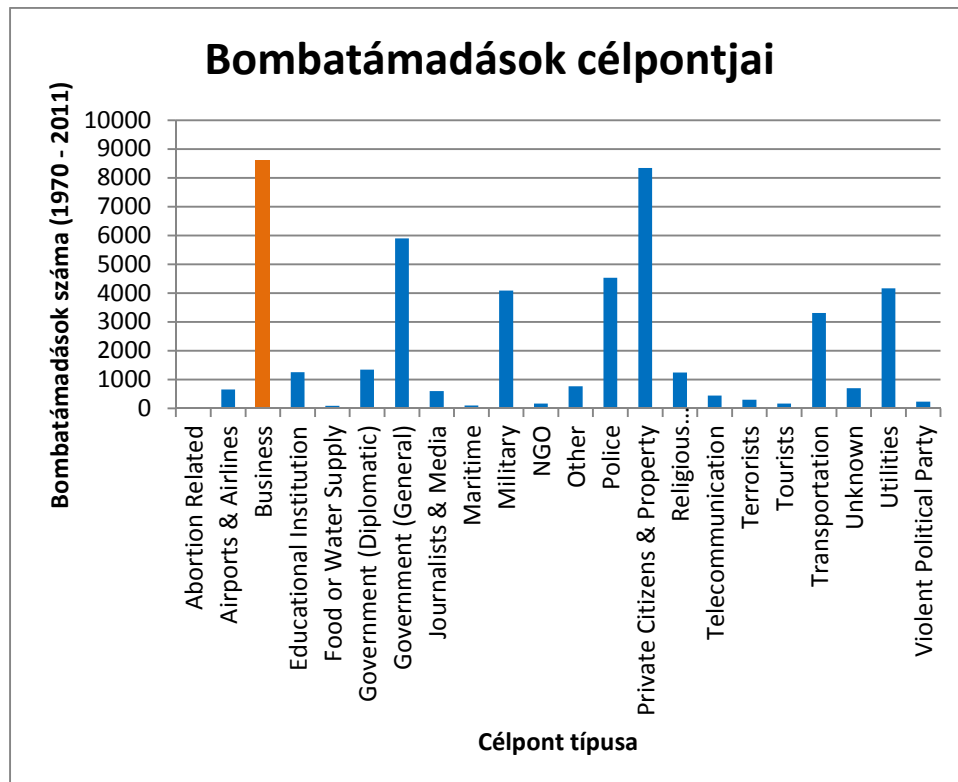


5. ábra Robbanás nagyságára vonatkozó adat elérhetősége, rekordszám: 47097

3.3. Befolyásoló paraméterek

Az adathiányon kívül nehézséget okoz még, hogy egy terrorcselekmény bekövetkezésének valószínűségét rengeteg paraméter befolyásolja. Befolyásoló paraméterek közé tartozik többek között az épület funkciója, az épület védelmi szintje vagy a potenciális támadócsoporthoz való társításuk.

Ezek közül az épület funkciója egy jól meghatározható paraméter, amely ráadásul az esetek többségében időben állandó. A tényező hatása az adatbázis segítségével is aránylag jól mérhető, mert minden rekordhoz tartozik a célpont típusára vonatkozó adat. Tehát összességében a funkció egy fontos és egyben kezelhető szempont.



6. ábra Bombatámadások célpontjai, rekordszám: 47097

Az épület védelmi szintje egy ennél jóval összetettebb tényező, vizsgálatának nehézségét több faktor okozza. Egyrészt nehezen számszerűsíthető valamint egyes épületeknek eltérő lehet, nehezen általánosítható. Az épület sebezhetőségének egyes szempontjai mindenképpen idetartoznak, ilyen szempont például a „támadó hozzáférése a célpontnak”, amely magában foglalja többek között a meglévő megfigyelő-berendezések vagy esetleges őrk számának, az átvilágító kapuk jelenlétének illetve a kerítés erősségének felmérését is. [7]

Az épület védettségének, mint tényezőnek a kezelése a paraméter visszaható tulajdonsága miatt is nehézkes. Ez a visszaható tulajdonsága abból ered, hogy amennyiben a célpont a támadók számára nem különleges - tehát nem konkrét célpontokról van szó - akkor az épület egyenértékűnek tekinthető minden hasonló funkciójú, ismertségű, stb. épülettel. Abban az esetben viszont, ha több, azonosnak tekinthető célpont létezik, akkor a terroristák nagyobb valószínűséggel választják a könnyebben támadható, azaz sebezhetőbb szerkezetet. [7] Tehát az épület megerősítése, mint kockázatkezelés, pozitív visszacsatolásként csökkenti az esemény bekövetkezésének valószínűségét, mindazonáltal, egyben az épület értékének növelésével a kockázatot emeli is. Többek között ezt a jelenséget mutatja

be a kockázatanalízis folyamatábrájában a „költségelemzés” ill. az „előnyök értékelése” részfolyamat (4. ábra - 16. oldal).

A potenciális támadócsoport szándéka hasonlóan nehezen megfogható faktor. A világon uralkodó politikai helyzet nagyban befolyásolja, amely sem időben, sem térben nem állandó. Ezen kívül meghatározó az egyes, a terrorcsoportokat anyagilag ellátó finanszírozási formák helyzete. További ható tényező még például az adott időszakban a csoportok számára hozzáférhető fegyverek típusa, mennyisége. Ezen kívül fontos szempont az adott ország felkészültsége, azaz védelmi szintje a szóban forgó csoportokkal szemben.

Össességében tehát a paraméterek kezelésének nehézségét egyrészt azok nagy száma okozza, másrészt az egyes paraméterek komplex hatása, időbeli változása és számszerűsíthetlensége.

3.4. Időben változó valószínűség

További nagy probléma abból ered, hogy egy adott helyen lévő épületet érő potenciális bombatámadás bekövetkezésének valószínűsége időben nem állandó. Annak értékét a 3.3. pontban bemutatott tömérdek tényező befolyásolja, amelyek – mint azt kiemeltem - sokszor időben változnak. Ennek következményeképpen a matematikai eloszlások többségének alkalmazhatóságának alapfeltétele nem teljesül. A probléma kiküszöbölésére az együttes adatok olyan időbeli, térbeli és célpontbeli szűkítésére van szükség, amely adathalmazra már elfogadható közelítés lehet időbeli állandóságot feltételezni.

4. Kockázatanalízis lehetséges módjai

4.1. Kockázatanalízis terrortámadásokra vonatkozó szabványokban

Jelenleg a terrortámadásokkal szabványszinten leginkább az Egyesült Államokban foglalkoznak. Az ottani – elsősorban katonai – szabványok ill. tervezési ajánlások egy része a hatások és teherfelvétel esetleges lehetőségein, a szerkezeti anyagok adott körülmények közötti viselkedésén és a szerkezeti analízis lehetséges módján kívül a kockázatanalízis folyamatára is adnak javaslatot [2][7]. Ezekben az esetekben bár a folyamat célja a kockázat számszerűsítése valamilyen módon, az analízis lefolytatása után eredményül kapott számok nem teljesen objektívek, így igazán csak a különböző lehetséges támadások valószínűségének összehasonlítására alkalmasak. Tehát ezen eljárások segítségével nem lehet tényleges valószínűségi adatokhoz jutni.

4.1.1. UFC 4-020-01 [2]

Ez a katonai szabvány igen sok változóval dolgozik. A kockázatot a potenciális támadók irányából közelíti meg, azok típusait sorba veszi és megjelöli mely épülettípusokra milyen motiváció indikálta veszélyt jelentenek (3. táblázat). Ehhez alapvetően három motivációtípust különböztet meg: a misszióval kapcsolatos célút, a propagandával, valamint a pénzzel összefüggő motivációt. Ehhez azonban valószínűségeket első lépésben nem rendel, mindössze lehetséges – nem lehetséges kategóriába sorolja azokat.

Célpont kategóriák	Alapvető támadótípusok								
	Közönséges bűnözők	Kifinomult bűnözők	Szervezett bűnözőcsoportok	Vandálok	Szélsőséges tiltakozócsoport	Helyi terroristák	Nemzetközi terroristák	Államilag támogatott terroristák	Szabotőrök
Emberek			G	P	P	P	P	P	G
Repülő	M	M	M	P	P	P	P	P	G
Hajók	M	M	M	P	P	P	P	P	G
Gépjárművek	M	M	M	P	P	P	P	P	G
Kőolaj , olaj, kenőanyagok	M	M	M	P	P	P	P	P	G
Fegyverek, lőszer, robbanóanyagok	M	M	M	P	1	1	1	1	G
Szabályzott orvosi anyagok és orvosi kényes műszerek	M	M	M						
Kommunikáció/Elektromos felszerelések	M	M	M						
Szervezeti ruhák és egyéni felszerelések	M	M	M						

Tartalék alkatrészek az építkezéseket ellátó és közvetlen támogató egységekben	M	M	M						
Épületgépészeti eszközök és építési anyagok	M	M	M						
Audiovizuális felszerelés, kiképző eszközök és	M	M	M						
Kulcsfontosságú infrastrukturális és ipari felszerelés					P	P	P	P	G
Ellenőrzött kriptografikus eszközök		M	M						G G
Titkos információ			G						G G
Tevékenység és működés			G		G	P	P	G	G
1. Missziós, nyilvánosság vagy pénzügyi céllal G = Missziós cél P = Nyilvánossághoz kapcsolódó cél M = Pénzügyi cél									

3. táblázat Lehetséges támadók és motivációik épülettípusonként az UFC 4-020-01 szerint [2]

A következő lépésben az épület sebezhetőségére vonatkozó változókkal egy táblázatos pontrendszert állít össze, amely alapján meghatároz egy végső valószínűségi mérőszámot (likelihood ranking, minta: 7. ábra). Fontos kiemelni, hogy ez nem egy tényleges valószínűség, csupán annak egy relatív mérőszáma. Az épület figyelembe vett változói többek között az elhelyezkedése, a megközelíthetősége, valamint a támadó esetleges szándéka és eddigi tevékenységei.

ASSET VALUE/AGGRESSOR LIKELIHOOD WORKSHEET																									
Project or Building A Motor Pool				Asset Tactical vehicles						Analyst Jane Q. Planner															
				Asset Category D						Date 4 August 2008															
Value Rating Factors				Likelihood Rating Factors																					
Criticality to User/ Population Type ¹	Impact on National Defense	Replaceability	Political Sensitivity	Relative Value to User	Sum of Value Factors	Value Rating ²	Potential Aggressors	Aggressor Goal ³	Installation Location ⁴	Publicity Profile ⁴	Accessibility ⁴	Availability ⁴	Dynamics ⁴	Recognizability	Relative Value to Aggressor	Law Enforcement ⁴	Aggressors' Perception of Success	Threat Level	History ⁵ / Intentions ⁶	Operational Capability ⁶	Operating Environment ⁶	Activity ⁶	Sum of Likelihood Factors	Likelihood Ratings ⁷	
General Population				✓			M	Unsophisticated Criminals	2	4	2	2	3	12	15	18	24	6	6				94	.52	
Critical Infrastructure and Operations and Activities				✓	M	Sophisticated Criminals	2	4	2	2	3	12	12	18	24	6	6				91	.51			
				✓	M	Organized Criminal Groups	2	4	2	2	3	15	9	18	30	6	6				97	.54			
Sensitive Information				✓	G	Vandals	2	4	2	2	3	12	6	18	24	6	6				85	.47			
All Other Assets				✓	G	Extremist Protesters	2	4	2	2	3	15	6	18	24	6	6				88	.49			
4	4	4	3	4	19	.76	✓	G	Domestic Terrorists	2	4	2	2	3	15	9	18	24	5	4	4	6	4	102	.57
Notes:				✓	G	International Terrorists	2	4	2	2	3	15	9	18	30	5	8	6	10	2			116	.64	
				✓	G	State Sponsored Terrorists	2	4	2	2	3	15	9	18	30	5	10	10	10	10			130	.72	
				✓	G	Saboteurs	2	4	2	2	3	15	3	18	30	6	6				91	.51			
						Foreign Intelligence Services																			

1. Population Type applies to General Population only
2. Sum of Value Ratings + 10 for Sensitive Information 15 for General Population; 20 for Critical Infrastructure and Operations and Activities; 25 for all other assets
3. G for mission related goal, P for publicity related goal, M for monetary related goal
4. Factors that should be same for all aggressors for given asset
5. Applies to all aggressors other than terrorists
6. Applies to Terrorists only
7. Sum of Likelihood Ratings + 180

7. ábra Minta támadás valószínűségi mérőszámának meghatározására az UFC 4-020-01 szerint [2]

Ezután a veszélyesnek ítélt támadásformák esetén – amikor is a valószínűségi mérőszám nagyobb, mint 0,5 – további vizsgálatokat végez a támadáson belüli lehetséges konkrét támadásformákra vonatkozóan. E részletesebb vizsgálat segítségével határozza meg végül az adott fenyegetettség súlyosságát (4. táblázat). A súlyossági szintekhez táblázatos szinten megad egy a támadáshoz hozzárendelendő fegyvert valamint robbanóanyag-mennyiséget (5. táblázat).

Választható fenyegetettségi szintek száma	Valószínűségi besorolás				
	≤ 0,5	0,51 - 0,74	0,75 - 0,89	0,90 - 0,94	0,95 - 1
4	Minimum	1.	2.	3.	4.
3	Minimum	1.	2.	3.	3.
2	Minimum	1.	1.	2.	2.
1	Minimum	1.	1.	1.	1.

4. táblázat Fenyegetettség súlyossága az UFC 4-020-01 szerint [2]

Támadási taktika	Tervezési fenyegetettségi szint	Fegyver	Eszköz
Mozgó vagy álló jármű	Speciális	9000 kg TNT	18000 kg-os kamion
	Komoly	2000 kg TNT, benzin	7000 kg-os kamion
	Magas	500 kg TNT, benzin	2500 kg-os teherautó
	Fokozott	250 kg TNT, benzin	1800 kg-os autó
	Mérsékelt	100 kg TNT	1801 kg-os autó
	Alacsony	25 kg TNT	1802 kg-os autó
Saját kezűleg szállított	Magas	IID ¹ , IED ² (25 kg TNT-ig) + kézigránátok (levélbomba 1 kg TNT-ig)	Nincs
	Fokozott	IID, IED (1 kg TNT-ig) + kézigránátok	
	Alacsony	IID	

5. táblázat A támadásokhoz hozzárendelendő fegyverek valamint robbanóanyagok azok fenyegetésének súlyossága alapján az UFC 4-020-01 szerint (részlet) [2]

Látható, hogy a szabvány segítségével kaphatunk ajánlást a potenciális veszélyforrások veszélyeztetettségének felmérésére és a figyelembeveendő tervezési scenáriókra, de nem szolgáltat adatokat az azokhoz rendelhető bekövetkezési valószínűségekről.

4.1.2. FEMA 426 [7]

A FEMA 426 nevű ajánlás a kockázatanalízis három fő változójának relatív számszerűsítésére ad javaslatot, majd azok segítségével irányt mutat a veszélyforrás súlyossági besorolására. Az előzőleg bemutatott módszernél lényegesen kevesebb paramétert vesz figyelembe. Összességében mind a

¹ Házi készítésű gyúlékony szerkezet

² Házi készítésű robbanószerkezet

szerkezet értéke, mind a fenyegetettsége, valamint az épület sebezhetősége is végeredményben egy 1-10-es skálán kerül pontozásra.

A szerkezet értéke egy egyszerű skálán kerül értékelésre (6. táblázat):

Szerkezeti rész értéke	
nagyon magas	10
magas	8-9
közepesen magas	7
közepes	5-6
közepesen alacsony	4
alacsony	2-3
nagyon alacsony	1

6. táblázat A szerkezeti rész értéke a FEMA 426 szerint [7]

A potenciális veszélyforrás veszélyességi fokát öt tényező alapján határozza meg, ez az öt szempont a létezés, képesség, precedens, szándék és célpont. A fokozat meghatározása az öt tényező jelenlétének vizsgálatával történik a 7. táblázat szerint.

Veszélyességi fok	Fenyegetettség tényezői				
	létezés	képesség	precedens	szándék	célpont
komoly	●	●	●	●	●
magas	●	●	●	●	□
fokozott	●	●	●	□	
mérsékelt	●	●	□		
alacsony	●	□			

- tényező biztosan jelen van
- tényező lehetséges, hogy jelen van

7. táblázat Veszélyességi fok meghatározása a FEMA 426 szerint [7]

Az épület sebezhetősége többek között hét fő szempont vizsgálatával állapítható meg a 8. táblázat szerint. Ezek a tényezőket 0-5-ig egyesével pontozhatóak, majd összegezhethők. A pontszám minél magasabb, a sebezhetőség annál nagyobb.

Épület sebezhetősége	
láthatóság	0-5 pont
szerkezet vagy szerkezeti rész jelentősége/értéke	0-5 pont
épület értéke a potenciális támadók szemében	0-5 pont
támadó hozzáférése a célponthoz	0-5 pont
kémiai, biológiai vagy radioaktív anyag jelenléte	0-5 pont
személyek száma	0-5 pont
járolékos emberéletveszteség lehetősége (1 mérföldes körzet)	0-5 pont
összesen	0-35 pont

8. táblázat Épület sebezhetőségének meghatározása a FEMA 426 szerint [7]

Ezek után a három kategóriában kapott pontszámokat a lehetséges maximális pontszám figyelembevételével átkonvertálhatjuk egy 1-10-es skálán történő pontozásra, majd a

$Kockázat = \text{érték} \times \text{veszélyforrás} \times \text{sebezhetőség}$ képlet alkalmazásával a 9. táblázat segítségével megkapható a kockázati szint.

Kockázati szint			
	Alacsony	Közepes	Magas
Teljes kockázat	1-60	60-175	≥176

9. táblázat Kockázati szint a FEMA 426 szerint [7]

Az eredményül kapott pont illetve kockázati szint összehasonlításra szolgál. Segítségével megállapítható, hogy egy adott szerkezeti vagy nem szerkezeti részre a támadás mely formája a legveszélyesebb, valamint megfigyelhető, hogy egy adott támadási forma a szerkezet mely részére hat legnagyobb fenyegetettséggel. A 10. táblázat mintául szolgál a besorolások eredményére, és azok összehasonlítására.

Funkció	Kibertámadás	Fegyveres támadás	Autóbomba	Kémiai, biológiai vagy radioaktív támadás
Telek	48	80	108	72
érték	4	4	4	4
veszélyforrás	4	4	3	2
sebezhetőség	3	5	9	9
Építészet	40	40	135	20
érték	5	5	5	5
veszélyforrás	8	4	3	2
sebezhetőség	1	2	9	2
Tartószerkezet	24	32	240	16
érték	8	8	8	8
veszélyforrás	3	4	3	2
sebezhetőség	1	1	10	1
Befoglaló szerkezet	84	112	189	112
érték	7	7	7	7
veszélyforrás	6	4	3	2
sebezhetőség	2	4	9	8

10. táblázat Mintatáblázat a FEMA 426 szerinti kockázati szint meghatározására. [7]

A táblázat csak illusztráció!

4.1.3. Szabványok összefoglalása

Megállapítható, hogy a szabványokban fellelhető eljárások alapjaiban hasonlóak. Mind a kettő a bemutatott három fő tényező elemzésén alapul, és több-kevesebb további szempont segítségével azokhoz valamilyen mérőszámot rendel. Az eltérés abban mutatkozik, hogy a fő tényezők értékelése nem minden esetben független egymástól, illetve különböznek a besorolási szintek meghatározásához alkalmazott változók számában is. Hangsúlyozandó, hogy ezek jellemzően relatív besorolások, azaz a különböző szintekhez nem tartozik objektív valószínűségi mérőszám.

4.2. Egyéb lehetőségek

4.2.1. John A. Schmidt

Jon A. Schmidt egy 2006-os cikkében egy komplex pontozási rendszert javasol [8]. Ebben a szerkezet értékének felméréséhez egy összetett következmény analízist mutat be, amelyben négy faktort vesz figyelembe: számol a szerkezet kritikusságával mind tulajdonosi mind felhasználói szempontból, a cseréhez szükséges idővel, valamint figyelembe veszi az elem relatív értékét más hasonló szerkezeti részekhez képest. Az épület sebezhetőségénél azt figyeli meg, hogy mekkora eséllyel akadályozhatnak meg egy adott cselekményt, tehát mekkora valószínűséggel észlelhető és kerülhető el időben egy potenciális támadás.

A dolgozat szempontjából azonban ami igazán fontos, az a veszélyeztetettség felmérésének a módja. Itt a már ismertetett FEMA 426 ajánlást veszi alapul (7. táblázat - 22. oldal), így a veszélyeztetettségi szintet az ott ismertetett öt tényező alapján állapítja meg (11. táblázat).

Fenyegetettségi szint	Alapvető tulajdonság	Leírás
Komoly	célpont	A jelek szerint a támadó aktívan tervez a célpont ellen támadást
Magas	szándék	A támadó elérné a célját egy a célpont elleni sikeres támadás esetén
Fokozott	precedens	A támadó már alkalmazta ezt a taktikát a múltban ez vagy ehhez hasonló célpont ellen
Mérsékelt	képesség	A támadó készen áll a megszerésére vagy megszerezte a szükséges kiképzést és eszközöket a támadás végrehajtásához
Alacsony	létezés	A támadó jelen van, feltételezhetően jelen van, vagy készen áll megjelenni a területen

11. táblázat Veszélyeztetettségi besorolás Jon A. Schmidt munkájában [8] a FEMA 426 [7] alapján

Ezekhez a veszélyeztetettségi szintekhez később bekövetkezési valószínűségeket és visszatérési időket rendel (12. táblázat), azonban ezt mindennemű indoklás vagy bárminemű forrás ill. hivatkozás megjelölése nélkül teszi. Tehát szinte biztosra vehető, hogy a közölt adatok mögött nem áll statisztikai elemzés, bár az értékekből igazolható az a feltételezés, hogy a számítások során Poisson eloszlással dolgozik. (ld. később: 5.4.3.1. pont - 47. oldal)

Fenyegetettségi szint	Közelítő 50 éves bekövetkezési valószínűség	Egyenértékű 1 éves bekövetkezési valószínűség	Átlagos visszatérési idő
Komoly	1	100 %	1 év
Magas	0,80	3 %	30 év
Fokozott	0,60	2 %	50 év
Mérsékelt	0,40	1 %	100 év
Alacsony	0,20	0,5 %	200 év

12. táblázat Egyes veszélyeztetettségi szintekhez tartozó bekövetkezési valószínűség és visszatérési idő Jon A. Schmidt munkájában. Az adatok eredetéről nincs információ. [8]

Globálisan a számítás menetének lényege, hogy a kezdetben meghatározott szerkezeti érték mérőszámát a szerkezet sebezhetősége és a potenciális támadás kockázata alapján

szorzótényezővel módosítja, ezzel meghatározva a kockázatot. A kapott érték alapján a kockázatot ugyancsak egy táblázat segítségével sorolja kategóriákba.

4.2.2. Extrémérték-elmélet [9]

A természeti jelenségeknél általában elegendő mennyiségű adat áll ahhoz rendelkezésre, hogy a maximumok könnyen elemezhetőek legyenek. Azonban ez a módszer most alkalmazhatatlan a robbanóanyag nagyságadatainak hiányossága miatt, mivel azok mindenképpen szükségesek lennének ahhoz, hogy ilyen módon túllépési valószínűséget lehessen meghatározni. Bár terrorcselekményekkel foglalkozó kutatások esetén van, hogy ezen elmélet kerül alkalmazásra, olyankor általában a támadás nagyságához az áldozatok számát rendelik paraméterként, amely az esetek többségében – a robbanás nagyságával ellentétben – fellelhető adat. Sajnos ez a megközelítés jelen feladat esetén nem alkalmazható.

4.2.3. Csak nagysággal rendelkező adatok kezelése

Felmerült a lehetősége csak a nagyságokkal rendelkező adatok elemzésének, azonban ez egyértelműen helytelen eredményre vezetne. Ha az adatok még reprezentatívak is lennének, és nem olyan véletlenszerű szelekción mentek volna keresztül, miszerint mely eseményeknél jegyezték fel nagyságra vonatkozó adatot, akkor sem lennének alkalmasak független vizsgálatra. Ennek oka, hogy egy ilyen módon kiszedett adathalmaz mindösszesen arra a kérdésre tudna választ adni, hogy amennyiben bekövetkezik egy robbantásos merénylet, abban az esetben milyen valószínűségi értéket rendelhetünk egyes robbanóanyag-mennyiségek túllépéséhez. A tényleges bekövetkezési valószínűségről azonban nem tudna információt szolgáltatni, hiszen az események darabszámát a minta nem képes híven tükrözni.

4.2.4. Az összes adat gyakoriságának és a nagysággal rendelkező adatoknak a független vizsgálata

Mivel az előző pontban nem nyilvánul teljesen hibás kiindulásnak a nagysággal rendelkező adatok leválasztása, csak önmagában kevésnek bizonyul, előkerül a lehetősége a nagysággal rendelkező adatok valamint az összes adat egymástól független elemzésének.

Ennek lényege, hogy a feladatot két részre bontjuk. Először a nagysági adatokból bizonyos trendeket megfigyelve számítjuk, hogy amennyiben bekövetkezik egy robbantásos merénylet, abban az esetben mekkora robbanással érdemes számolni. Ezután az összes robbantásra vonatkozó rekordból kiszámítjuk egy támadás bekövetkezésének valószínűségét. Ez utóbbi lépésnél a támadásokhoz nagyságot nem rendelve határozzuk meg egy robbantás valószínűségét. Tehát a probléma egy feltételes valószínűségi példára egyszerűsödik.

Hasonló módon dolgozik Mark G. Stewart üvegek robbanásállóságának vizsgálatakor [10]. Ő azonban egyes scenáriók relatív valószínűségét megfontolások és nem elemzések alapján veszi fel. Ehhez számol egy átlagos bekövetkezési valószínűséggel szakirodalmi ajánlás alapján. E szerint egy kiemelt épület esetére legalább 10^{-4} /épület/év bekövetkezési valószínűséggel kell számolni. [11]

A módszer hibalehetősége, hogy egyrészt a nagyságadatokkal rendelkező minta reprezentativitása a globális adathalmazra nézve megkérdőjelezhető, másrészt kétséges, hogy az abból mindennemű kategorizálás nélkül származtatott eredmények mennyire igazak a világ egyes időszakjaira és földrajzi

részeire. Itt utalnék vissza az elérhető erőforrások és rendelkezésre álló fegyverek, mint a támadás befolyásoló tényezőinek jelentőségére.

4.2.5. Adatok támadók szerinti kezelése

Mindenképpen érdemes megfontolni az adatok támadók szerinti elemzését. Sajnos ez kivitelezhetetlennek bizonyul abból az okból kifolyólag, hogy több ezer különböző támadócsoport szerepel az adatbázisban, melyek hiteles csoportosítása ismét csak megoldhatatlan. Azonban a támadások célpont szerinti kategorizálása jó közelítés lehet, hisz szoros összefüggés van a terrrorszervezetek típusa és motivációja valamint az általuk választott célpont között. (3. táblázat - 20. oldal)

4.3. Lehetőségek értékelése, összefoglalása

Tehát egyik eljárásra sem mondható, hogy tökéletes megoldás. Az esetek többségében azonban jól érzékelhető, hogy ha több adat állna rendelkezésre, a hatás szándékos voltának ellenére a számítás kivitelezhető lenne. Azonban így - a szükséges adatok hiányában - a legjobb megoldásnak a nagysági és a gyakorisági adatok szétválasztása, és független értékelése látszik, hiszen itt a legtöbb lehetőséggel ellentétben az adathiány problémáját valamennyire ki lehet küszöbölni, valamint a szükséges feltételezések sem ütköznek elvi akadályokba. Fontos kihangsúlyozni, hogy a megoldás közel sem tökéletes, de az adott körülmények és rendelkezésre álló információk mellett az egyik legjobb. Tehát a továbbiakban 4.2.4 pontban leírtak szerint fogok eljárni, és céлом egy adott robbanóanyag-mennyiség túllépési valószínűségének meghatározása.

5. Túllépési és bekövetkezési valószínűség számítása

Az 4. bekezdésben bemutatott lehetséges eljárások közül tehát az 4.2.4. pontban ismertetett módszerrel fogok a továbbiakban részletesebben foglalkozni. Ez két külön részből áll, az elsőben az adatbázisnak csak a nagyságára vonatkozó információval is ellátott adatait elemzem, a másodikban az adatbázis összes rekordjából határozok meg bombatámadásra vonatkozó gyakoriságot. Később – feltételes valószínűségi alapon – e két külön számított értékből határozok meg egyes robbanóanyag-mennyiségekhez túllépési valószínűséget. A számítást egy mintapéldán keresztül illusztrálom, amely során egy londoni irodaépülettel foglalkozom.

5.1. Alkalmazott jelölésrendszer

- R - esemény: robbantásos terrortámadás
- A - esemény: autóbomba támadás
- B_x - esemény: egy adott autóbomba támadás esetén az alkalmazott robbanóanyag mennyisége több mint 'x' kg
- $P(\cdot)_T$ - az adott valószínűség T időtartományra vonatkozik (pl.: 1 vagy 50 éves bekövetkezési valószínűség esetén $T=1$ ill. $T=50$)

5.2. Feladat ismertetése

Számítandó $P(B_x)_T$, azaz egyes robbanóanyag mennyiségéhez tartozó túllépési valószínűség különböző időtávokon.

Számítás menete:

1) Nagysági adatok elemzése

Ennek eredménye $P(B_x|A)$, azaz egy bizonyos robbanóanyag mennyiségének túllépési valószínűsége, amennyiben autóbombával mért támadás bekövetkezik.

2) Gyakoriság meghatározása

Ennek eredménye $P(A)_T$, azaz egy autóbomba támadás bekövetkezési valószínűsége különböző időtávokon.

3) Nagysági és gyakorisági adatok integrálása

Ezzel megkapjuk a végeredményt: $P(B_x)_T = P(B_x|A) P(A)_T$

5.3. Nagysági adatok elemzése

Amennyiben máshogy nincs jelölve, az adatok az adatbázis teljes időtartamára vonatkoznak, azaz az időtartomány 1970-2011.

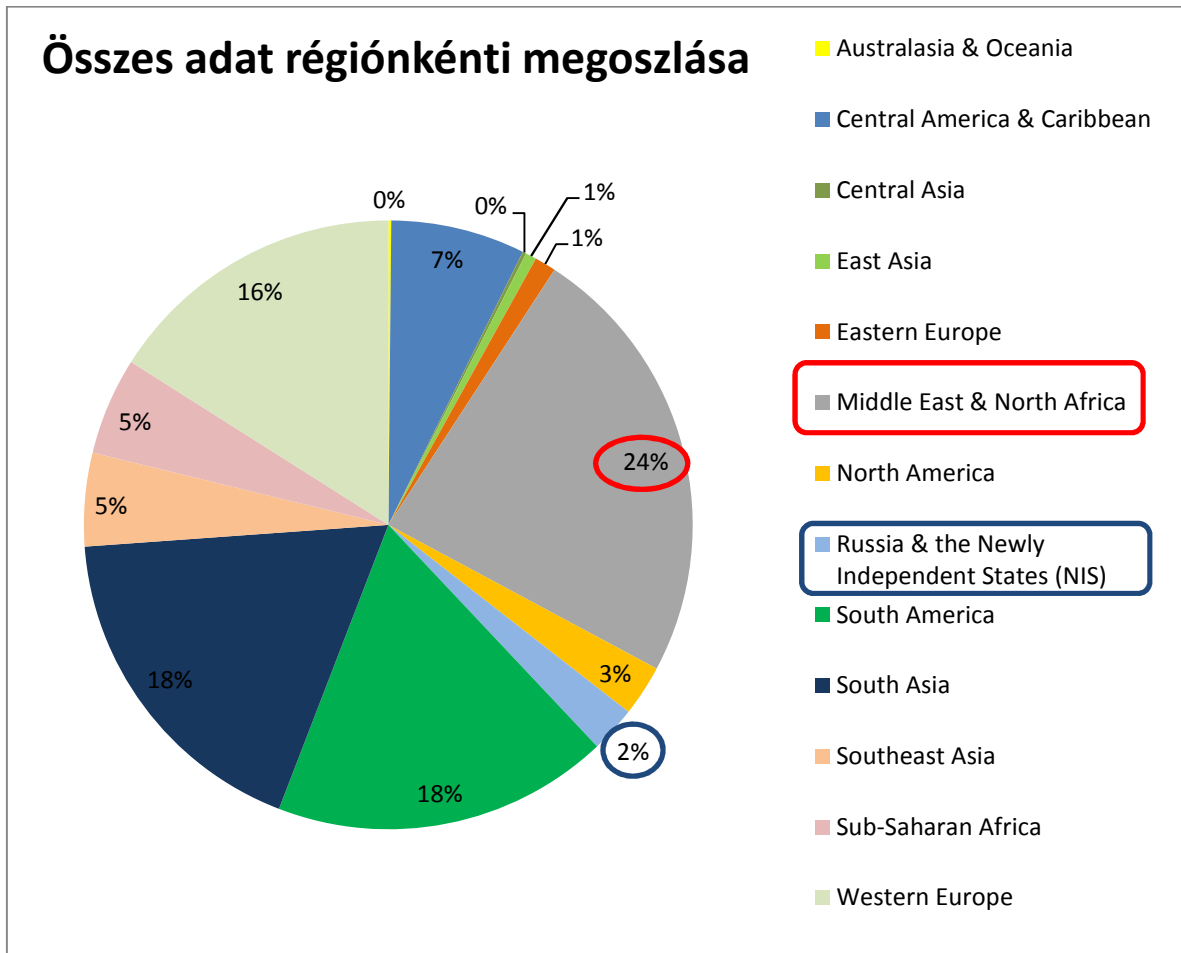
5.3.1. Reprezentativitás

Bár az adatokat az összes gyakoriságra vonatkozó adattól függetlenül kezeljük, azért, hogy az itt nyert információkból később globális következtetéseket lehessen levonni, mindenképp szükséges annak ellenőrzése, hogy a mintavétel híven tükrözi-e az egész populációt.

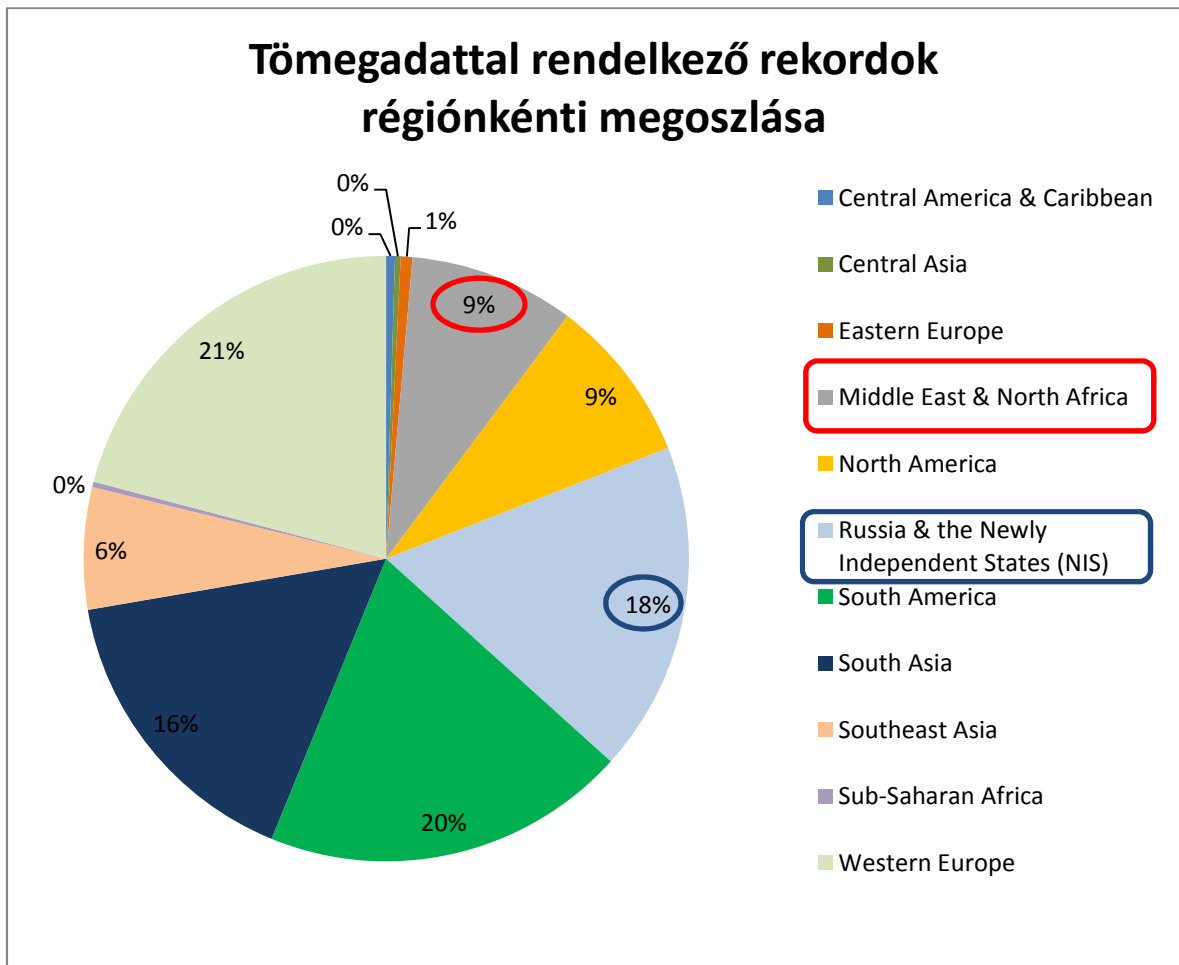
5.3.1.1. Földrajzi megoszlás

A mintavétel és a populáció közel azonos földrajzi megoszlása azért lényeges, mert fontos, hogy a nagysági adatok ne egy konkrét térség jellemzőit mutassák. Visszautalnék arra, hogy lényeges befolyásoló tényező a földrajzi térségben elérhető, hozzáférhető fegyverek típusa.

Tehát az alábbiakban összehasonlításra kerül az adatbázis összes adatának régiónkénti megoszlása a tömegadattal rendelkező rekordokéval (8. ábra és 9. ábra).



8. ábra Összes adat régiónkénti megoszlása, rekordszám: 47097

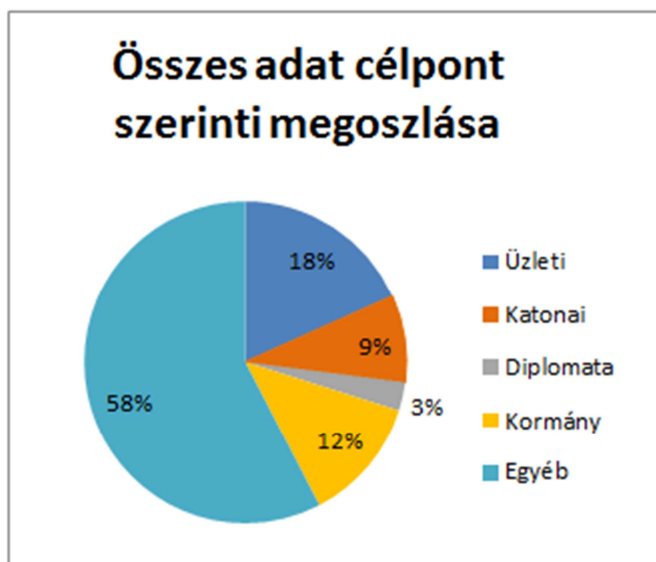


9. ábra Tömegadattal rendelkező rekordok régiónkénti megoszlása, rekordszám: 669

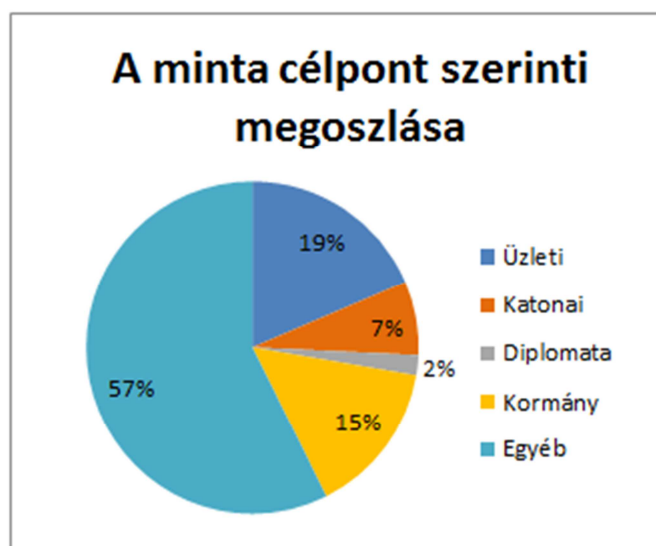
Jól látható, hogy bár az összes jegyzett robbanás esetén a Közel-Keleten és Észak Afrikában történt esetek dominánsan megjelennek (24 %), a robbanás nagyságakor vizsgált adathalmazban ez a régió mindösszesen a minta 9 %-t teszi ki. Ehelyett Oroszország és a Független Államok Közössége jelenik meg erőteljesebben (18 %). Ez abból a szempontból előnyös lehet, hogy így a nagysági adatok jobban reprezentálhatják az európai viszonyokat, nem fogják az eredményeket a közel-keleti események torzítani.

5.3.1.2. Célpont megoszlása

Hasonló okok miatt fontos összehasonlítani a populáció és a mintavétel célpont szerinti megoszlását (10. ábra és 11. ábra).



10. ábra Összes adat célpont szerinti megoszlása, rekordszám: 47097



11. ábra A minta célpont szerinti megoszlása, rekordszám: 669

A két ábráról (10. ábra és 11. ábra) jól látható, hogy nincsen lényeges eltérés az összes támadás célpont szerinti megoszlása, és a szűkített, tömegadattal is rendelkező rekordok célpontok szerinti megoszlása között.

5.3.1.3. Összefoglalás, értékelés

Sajnálatos módon az adatok kis száma nem teszi lehetővé a minta szétválasztását célpontok illetve régiók szerint. Megfelelő mennyiségű rekord esetén mindenképpen az lenne célravezető, mert az eredmény fő paramétereit ez a két tényező többségében hordozza. Azonban jobb megoldás híján, a rendelkezésre álló adatok alapján ez a módszer is elfogadhatónak bizonyul.

5.3.2. TNT egyenértékűség

Egyes rekordok esetén a fegyver részletes leírásra vonatkozó mezőben található valamilyen információ a robbanóanyag nagyságára vonatkozóan. Ez például ilyen formában: „A 20 kilogram homemade bomb” azaz egy 20 kilogrammos házilag gyártott bombát használtak az akcióban. Tehát

ehhez hasonló részletes adatokból lehet közelítően meghatározni a felhasznált robbanóanyag – tervezésben szokásosan alkalmazott – TNT-nek megfelelő tömegét.

A konvertálást szakirodalom által javasolt szorzótényezőkkel, úgynevezett töltettényezőkkel számítottam. A vizsgált esetekben körülbelül 25 különböző robbanóanyag került elő, az általam az átváltásukhoz felhasznált értékeket a 13. táblázat foglalja össze.

Robbanóanyag	Alkalmazott töltettényező
Ammonal	0,98
Ammonium-Nitrate	0,91
ANFO	0,91
Benclo	1,00
Black powder	0,60
C-4	1,50
Dynamite	0,92
Fertilizer	1,00
Gas cylinder	5,35
Gunpowder	0,60
Home-made	1,00
IED	1,00
Indogel	0,85
Mine	1,00
Mortar	1,00
Nitrate	0,91
Pentolite	1,42
Plastic	1,00
R-1	1,00
RDX	1,60
Semtex	1,25
Sugar-Chlorite	1,00
TNT	1,00
Unknown	1,00

13. táblázat Alkalmazott töltettényezők [12]-[19]

A számítás során alkalmazott közelítések

- Amennyiben nem volt fellelhető a szakirodalomban egyértelmű tényező, vagy az anyag összetettsége miatt az kétséges volt, illetve az anyag összetétele nem volt ismert – mint a példában szereplő házilag gyártott bomba esetén – abban az esetben szorzótényezőnek 1-t alkalmaztam. Ez többségében a biztonság javára történő közelítés.
- Amennyiben egy adott bomba ismeretlen arányban tartalmazott több, különböző típusú robbanóanyagot, akkor a legnagyobb töltettényezőt alkalmaztam a teljes tömegre.
pl.: „A car loaded with three tons of Chlorine and C4 as well as other chemical materials was used in the attack.”

- Amennyiben a robbanóanyag mennyiségét egy tartományon határozták meg, a maximummal számoltam.
pl.: „An improvised explosive device that contained 15 to 30 kilograms of TNT was used in the attack.”
- Abban az esetben, ha a támadás során több bomba volt jelen, a számításnál az összegüket feltételeztem egy robbanásként.
pl.: „Two landmines weighing about 10 kilograms each were used in the attack.”
- A számítások során egy rúd dinamit tömegét 4 lb-nak feltételeztem. [20]
- Solid nitrate esetén literenként 1,4 kg-mal számoltam. [21]
- A robbanóanyag méretének meghatározásakor alkalmazott további közelítő adatokat a 14. táblázat tartalmazza.

Mortar típus	Feltételezett tömeg
könnyű (light)	2 lb
közepes (medium)	2 lb
nehéz (heavy)	10 lb

14. táblázat Mortar típusok esetén alkalmazott tömeg [22]

Hangsúlyozom, hogy ez a konvertálás erősen közelítő, egy szakértő bevonásával pontosabb átváltást is véghez lehetne vinni. Azonban ez a közelítés jelenleg elegendő, mert figyelembe véve az adatbázisba való bejegyzéskor felmerülő bizonytalanság mértékét, a közelítés okozta esetleges hiba nagyrészt elhanyagolható.

5.3.3. Tömeggel rendelkező rekordok számának esetleges bővítése

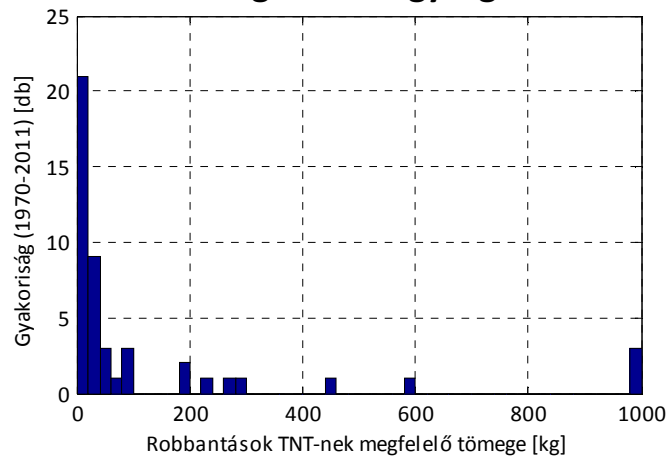
Az adatbázisban viszonylag nagymennyiségű eseménynél szerepel az az információ, hogy a támadás során mekkora anyagi kár keletkezett. Az anyagi kár csak a közvetlen károkat foglalja magában, nem számol az emberélet veszteség illetve a használatból való kiesés anyagi következményeivel. Az adatbázisban három károsztály létezik:

- „Minor” – kis kár, ahol a kár értéke kevesebb, mint 1 millió USD
- „Major” – jelentős, ahol a kár értéke meghaladja az 1 millió USD, de nem éri el az 1 milliárdot
- „Catastrophic” – katasztrofális, ahol a kár értéke meghaladja az 1 milliárd USD-t

Lehetséges, hogy szoros az összefüggés az alkalmazott robbanóanyag-mennyiség és a bekövetkező kár között. Ha ez igazolódik, akkor további közelítésként az egyes kártípusokhoz hozzá lehet rendelni egy átlagos nagyság értéket, ezzel is bővítve a nagyságra vonatkozó adatok számát.

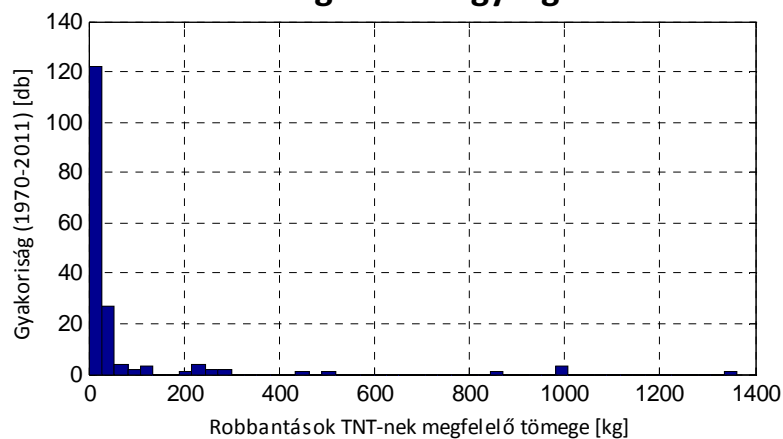
A 12. ábra mutatja jelentős kár esetén a robbanóanyag tömegének relatív gyakoriságát. Hasonló módon a 13. ábra ugyanezt kis kárra szemlélteti.

Jelentős kárhoz tartozó robbantások TNT-nek megfelelő nagysága



12. ábra Jelentős kárhoz tartozó robbantások TNT-nek megfelelő nagysága, rekordszám: 47

Kis kárhoz tartozó robbantások TNT-nek megfelelő nagysága



13. ábra Kis kárhoz tartozó robbantások TNT-nek megfelelő nagysága, rekordszám: 174

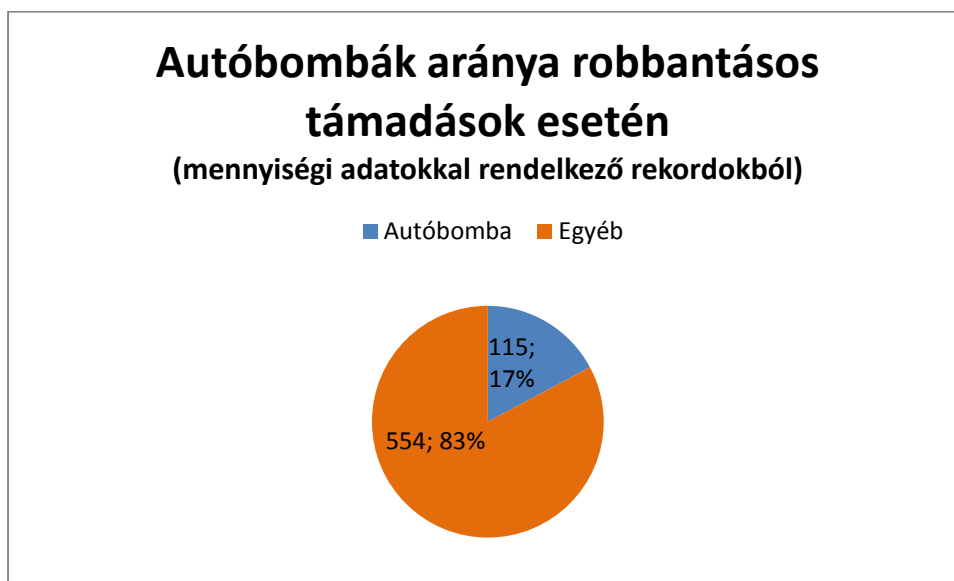
A két ábrából (12. ábra - 13. ábra) jól látható, hogy nincsen meghatározó összefüggés a kár mértéke és a robbanóanyag tömege között. Ennek alapvetően két oka van. Egyrészt a robbanás hatásában a detonáció és a vizsgált szerkezet távolságának jelentősebb hatása van, mint a robbanóanyag mennyiségének [1]. Másrészt torzítja az eredményeket példának okáért egy olyan eset, ahol egy parkolóház ellen indított merényletnél a robbanás következtében bár az épület alig károsodott, több tíz luxusautó sérült meg, hatalmas anyagi kárt okozva ezzel.

5.3.4. Autóbomba

Egy épület méretezése során több, alapvetően különböző scenárióval kell számolnunk bombatámadás esetén. Számolnunk kell egy kisebb mennyiségű, ember által az épületbe bevitt robbanóanyaggal vagy levélbombával, tehát egy épületen belüli kisebb robbanással, számolnunk kell továbbá egy közepes méretű, a védett (telekhatáron belüli) területen – kukában vagy konténerben – elhelyezett robbanóanyag hatásával is. Gondolnunk kell továbbá arra a lehetőségre, hogy valaki a telekhatáron kívül egy parkoló autóban, teherautóban esetleg kamionban helyez el akár több tonnányi robbanóanyagot. Most ezzel az utóbbi esettel fogok részletesebben foglalkozni.

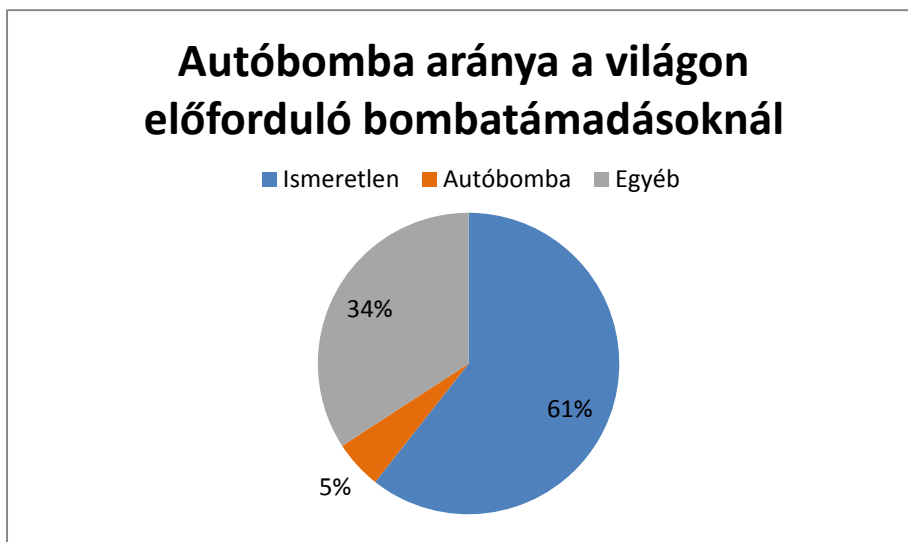
5.3.4.1. Autóbomba aránya bombatámadásoknál

Az autóbomba arányának meghatározása a későbbi számításokhoz fontos, amikor a nagysággal rendelkező adatokat hozzárendeljük a gyakorisági értékekhez. A 669 nagysággal rendelkező adatból összesen 115 volt autóbomba. Ez azt jelenti, hogy a vizsgált adatok alapján a robbantásos támadásoknak körülbelül 17,2 %-ában alkalmaztak autóbombát. A vizsgálat során nem az adatbázis szerinti („weapsubtype” mező) alapján soroltam a robbantást kategóriába, hanem a szöveges leírás szerint. Ez azért fontos, mert a mező némileg ellentmondásos, így például egy autóban elhelyezett TNT-t vagy dinamit kategorizálása nem konzekvens, azaz van, hogy a „vehicle”, de előfordul, hogy „TNT/Dynamite” kategóriába esik.



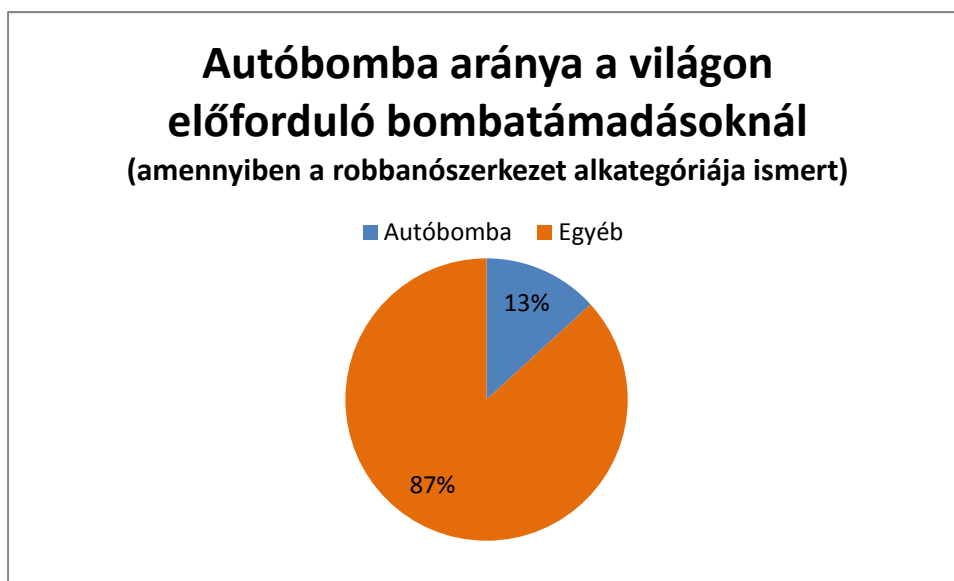
14. ábra Autóbombák aránya robbantásos támadások esetén (mennyiségi adatokkal rendelkező rekordokból), rekordszám: 669

Ugyanígy meghatároztam az autóbombák arányát az összes adatból, értelemszerűen ekkor már egyedül a „weapsubtype” mezőre tudtam hagyatkozni (15. ábra). (A kezelhetőség miatt most csak azokat az eseteket vizsgáltam, ahol az elsődleges támadási forma volt robbantás – „weaptype1” – és ott figyeltem meg az alkategóriák – „weapsubtype1” – megoszlását. Nem foglalkoztam tehát azokkal az esetekkel, mikor a másodlagos vagy a harmadlagos támadási forma volt csak a robbantás.)



15. ábra Autóbomba aránya a világon előforduló bombatámadásoknál, rekordszám: 48798

Jól látható a 15. ábra alapján, hogy ebben az összes adatot nézve az autóbombák aránya csak 5 %. Azonban ez az érték félrevezető, mert a kis százalékos megjelenést az ismeretlen értékek nagy száma okozza, amelyek torzítják az eredményeket, így érdemes inkább azok figyelmen kívül hagyásával, csak az ismertékek közötti arányt megfigyelni. Ezt mutatja meg a 16. ábra.



16. ábra Autóbomba aránya a világon előforduló bombatámadásoknál, rekordszám: 19221

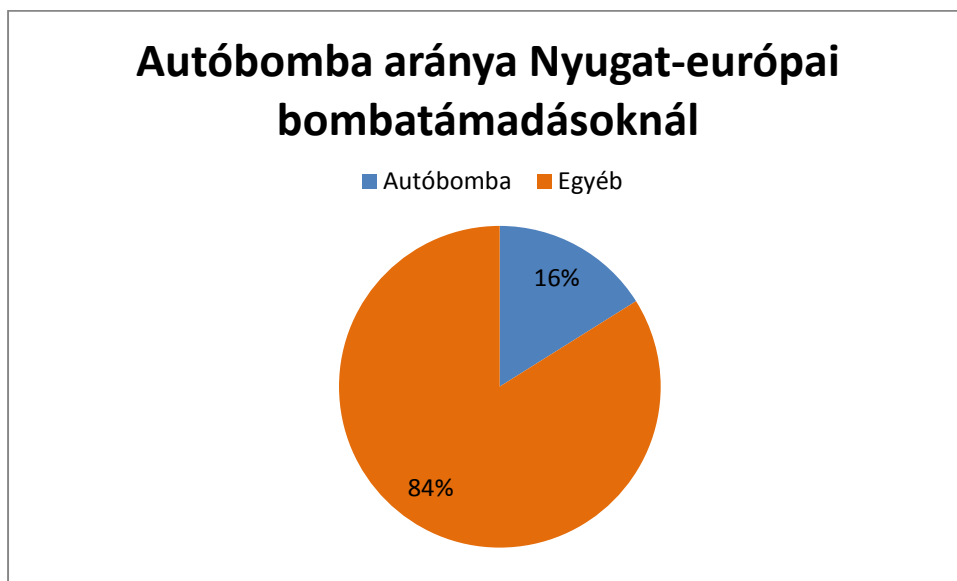
A 16. ábra alapján jól látható, hogy így az arány már nem sokkal tér el a 14. ábra által szemléltetett szűkített adatsorból meghatározott aránytól. A pár százalékos eltérés lehet a már megemlített ellentmondásos besorolás miatt, azaz lehetséges, hogy egy-egy autóbomba nem a „vehicle” alkategóriába került, hanem esetleg a „TNT/Dynamite” a „Gasolineor Alcohol” illetve a „Time Fuse” alkategóriába. Tehát összességében mondhatjuk, hogy a szűkített adatsor rekordjai (nagysággal rendelkező adatok) ebből a szempontból is reprezentatívnak mondhatóak.

További gyors ellenőrzéseket tettem az arányra nézve szűkített célpont illetve földrajzi lehatárolás esetére. A később előkerülő mintapélda okán lett ez a szűkítés egyrészt az üzleti célpont, másrészt

Nyugat-Európa. Az autóbombák arányát (az ismert alkategóriákon belül) üzleti célpont esetére a 17. ábra, Nyugat-Európára a 18. ábra, nyugat-európai üzleti célpont esetére pedig a 19. ábra szemlélteti.

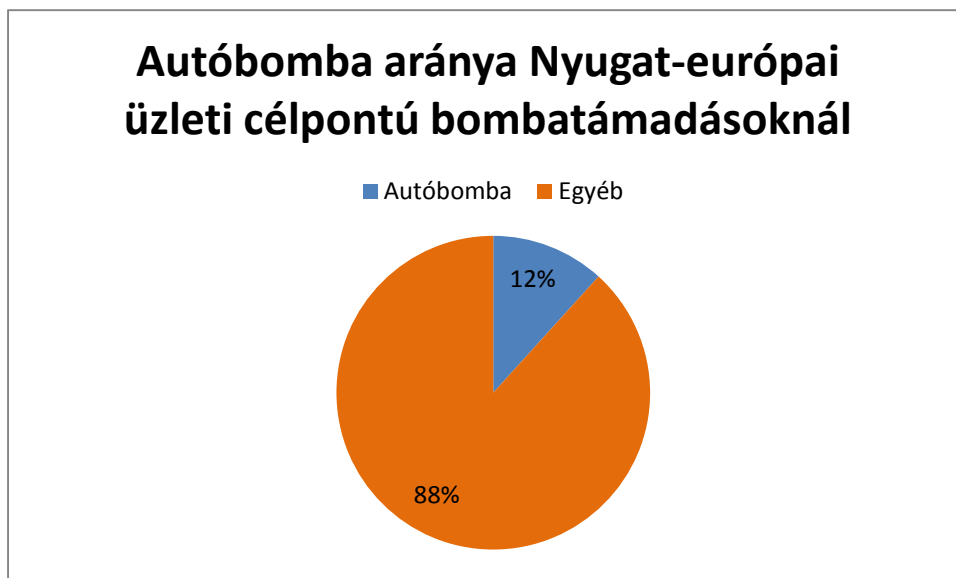


17. ábra Autóbomba aránya a világon előforduló üzleti célpontú bombatámadásoknál, rekordszám: 2285



18. ábra Autóbomba aránya nyugat-európai bombatámadásoknál, rekordszám: 1529

Autóbomba aránya Nyugat-európai üzleti célpontú bombatámadásoknál



19. ábra Autóbomba aránya nyugat-európai üzleti célpontú bombatámadásoknál, rekordszám: 239

A három ábrából jól látható, hogy az autóbombák aránya nem változik lényegesen az adatok szűkítésével. A későbbiekben a nagysági adatok alapján számított 17 %-os értékkel dolgoztam, mivel az az egyetlen, amelynél nem játszik szerepet a kategorizálás ellentmondásossága. Az érték használatának megfelelőségét a nagyobb adathalmazból számított közelített arány megerősíti.

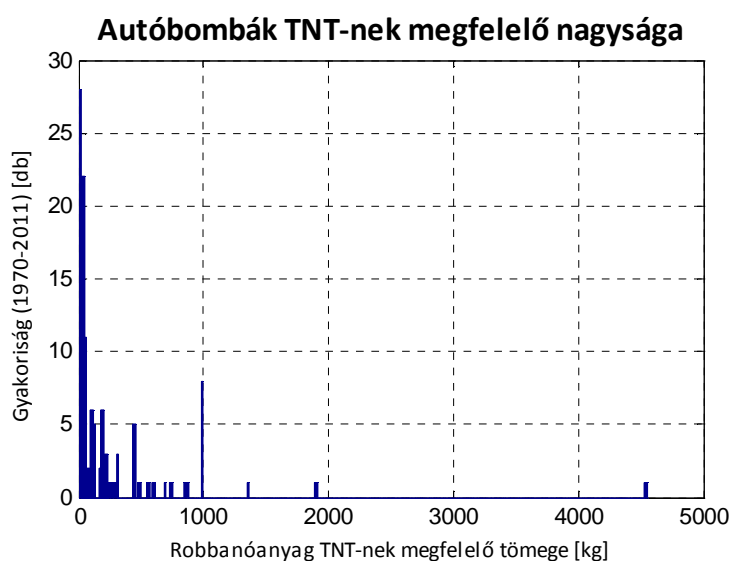
Tehát a további számítások során:

$$P(A|R) = 0,17 \quad (5.1)$$

ahol: A – autóbomba támadás eseménye
R – robbantásos terrortámadás eseménye

5.3.4.2. Autóbomba várható nagysága

A továbbiakban egy autóbomba támadás esetén várható robbanóanyag-mennyiséggel fogok foglalkozni. A 20. ábra mutatja a mennyiségi adatokkal rendelkező rekordok közül azoknak az eseteknek a gyakoriságát, melyekben a robbanóanyagot valamilyen gépjárműben helyezték el.



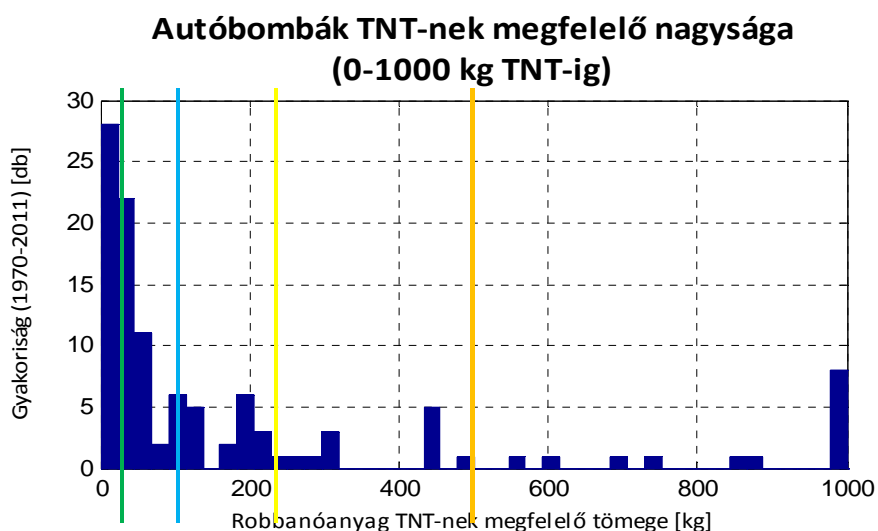
20. ábra Autóbombák TNT-nek megfelelő nagysága, rekordszám: 115

Sajnos az adatokra eloszlás több okból kifolyólag illesztetetlen. Először is, az ábra alapján egyértelmű, hogy nem egy tiszta eloszlás, hanem több kombinációja jöhet csak szóba, de a kombinációkból adódó nagy paraméterszám a kevés adat miatt hamis eredményre vezetne. Tovább, az adatok becült értéke is torzítana az illesztésen. Ez a tulajdonság jól illusztrálható az 1 tonnánál található csúcsértékkel, ami annak a következménye, hogy az 1000 kg körüli értékeknél az adatbázisban legtöbbször csak annyi szerepelt, hogy „körülbelül 1 tonna”. A többi érték esetében is csak az átváltásokból adódnak a nem kerek értékek, azaz a fontból metrikus rendszerbe történő konvertálásból illetve a töltettényezővel való módosításokból. Tehát bár eloszlás fektetésére nem adódik lehetőség, a 115 adat mindenképpen alkalmas – ha korlátozott mértékben is – vizsgálatok elvégzésére.

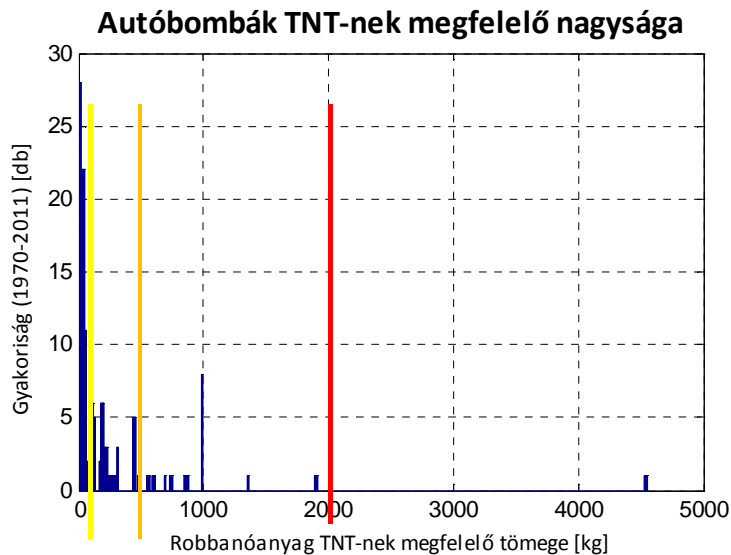
Érdeemes összehasonlítani az adatokat a 4.1.1 pontban ismertetett amerikai ajánlásokkal. A táblázaton belül a 20. ábra adatai az első nagyobb csoporthoz, azaz az álló vagy mozgó járművek esetén feltételezendő robbanóanyag-mennyiséghez szolgáltatnak támpontot (15. táblázat). A 21. ábra és a 22. ábra mutatja a határok elhelyezkedését a statisztikai adatok között. Eloszlás híján túllépési valószínűségeket vizsgáltam, ennek eredményét foglalja össze a 16. táblázat.

Támadási taktika	Tervezési fenyegetettségi szint	Fegyver	Eszköz
Mozgó vagy álló jármű	Speciális	9000 kg TNT	18000 kg-os kamion
	Komoly	2000 kg TNT, benzin	7000 kg-os kamion
	Magas	500 kg TNT, benzin	2500 kg-os teherautó
	Fokozott	250 kg TNT, benzin	1800 kg-os autó
	Mérsékelt	100 kg TNT	1801 kg-os autó
	Alacsony	25 kg TNT	1802 kg-os autó

15. táblázat Mozgó és álló járművek esetén feltételezendő robbanóanyag-mennyiség az UFC 4-020-01 szerint [2]



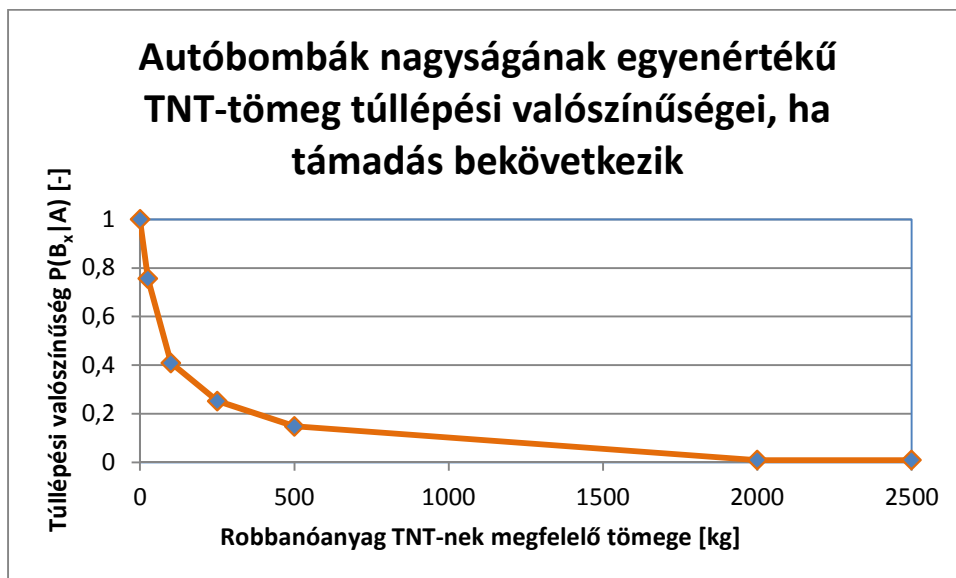
21. ábra Amerikai szabványok ajánlott értékeinek viszonya a statisztikai adatokhoz



22. ábra Amerikai szabványok ajánlott értékeinek viszonya a statisztikai adatokhoz

Fenyegetettségi szint	UFC 4-020-01 szerinti ajánlott tervezési érték	Túllépési valószínűség, ha autóbomba $P(B_x A)$
Speciális	9000 kg	0 %
komoly	2000 kg	1 %
magas	500 kg	15 %
fokozott	250 kg	25 %
mérsékelt	100 kg	41 %
alacsony	25 kg	76 %

16. táblázat Autóbombák nagyságának egyenértékű TNT-tömeg túllépési valószínűségei, rekordszám: 115



23. ábra Autóbombák nagyságának egyenértékű TNT-tömeg túllépési valószínűségei, rekordszám: 115

A 16. táblázat és 23. ábra túllépési valószínűségei azt jelentik, hogy amennyiben egy épület egy olyan bombatámadás célpontjává válik, ahol a robbanóanyagot autóban helyezik el (a védett övezeten, azaz a telekhatáron kívül), akkor a táblázatban szereplő százalékos érték az esélye annak, hogy a hozzátartozó TNT-nek megfelelő tömeget az elhelyezett robbanóanyag nagysága túllépi. A határérték amerikai katonai szabvány méretezési ajánlásaiból származnak.

5.3.4.3. Összefoglalás, értékelés

Az értékeket az Eurocode adaptáció szerint vizsgálni csak azok gyakorisági adatokkal való kombinálása után célszerű. (ld. 5.5. pont - 57. oldal)

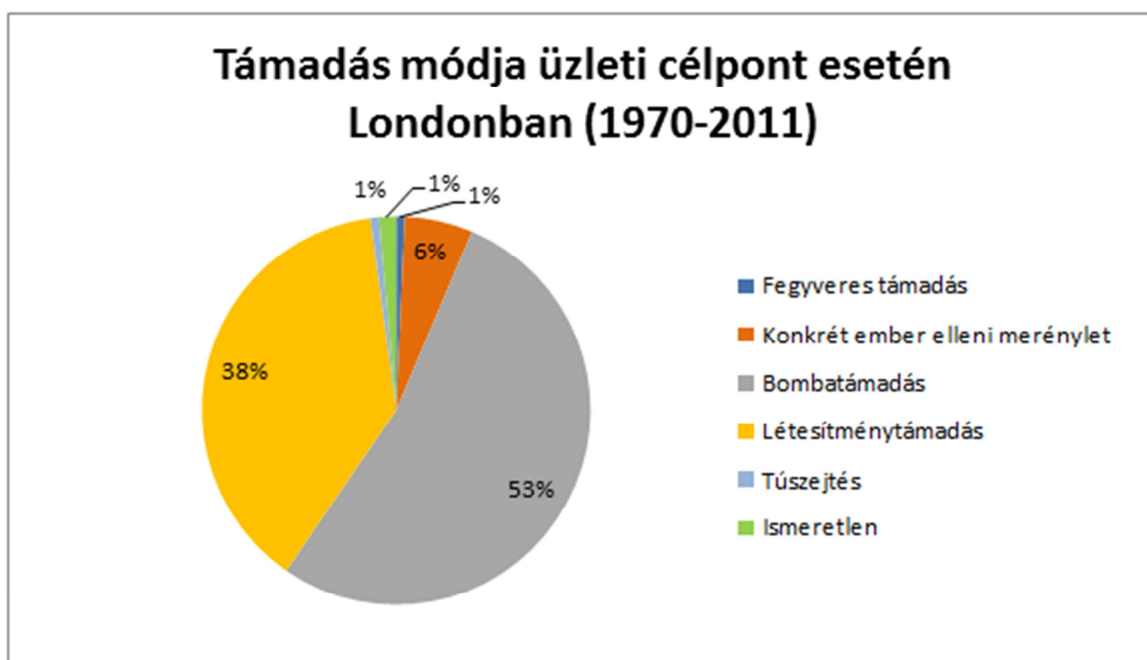
5.4. Gyakoriság meghatározása, számítás bemutatása mintapéldán keresztül

A támadás során használt robbanóanyag várható mennyiségének meghatározása után következő feladat a támadások várható gyakoriságának meghatározása. A feladat komplexitása miatt és a jobb érthetőség okán a gyakoriság meghatározásánál az általános elvek mellett egy mintapéldán szemléltetem a számítást.

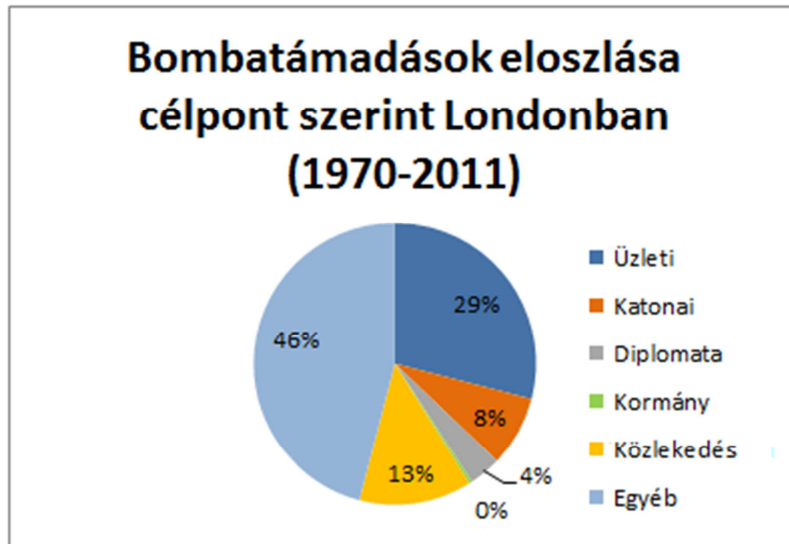
5.4.1. Mintapélda

A továbbiakban mintapéldaként egy londoni irodaépülettel foglalkozom. Tehát az épület besorolása célpont szerint üzleti (business), földrajzi elhelyezkedése London, Egyesült Királyság. Feltételezem, hogy az iroda egy pénzügyi nagyvállalathoz tartozik és a dolgozók száma körülbelül 350 fő.

London általános támadási statisztikái (24. ábra - 25. ábra)



24. ábra Támadás módja üzleti célpont esetén Londonban (1970–2011), rekordszám: 141



25. ábra Bombatámadások eloszlása célpont szerint Londonban (1970-2011), rekordszám: 272

5.4.2. Adatok szűkítése

5.4.2.1. Általános alapelvek

Az adatbázisban a terrortámadás számtalan formája szerepel, többek között túszejtés, fegyveres támadás, konkrét személy emberi merénylet, stb. Azonban jelen feladatban csak a hagyományos bombatámadásokkal foglalkozom, így az adatbázist e tekintetben szűkíteni kell.

Továbbá a 3.3 és a 3.4 pontban leírtak miatt, miszerint a támadások számát számtalan paraméter befolyásolja, mely paraméterek ráadásul időben nem állandóak, az adatok további szűkítése elkerülhetetlen. A cél, hogy a szűkített adathalmazra érvényes legyen, hogy a robbantás bekövetkezésének valószínűsége állandó legyen. Ehhez földrajzi, célpontbeli és időbeli lehatárolásra van szükség.

A földrajzi szűkítés leginkább a politikai befolyásoló paraméterek miatt szükséges, a funkciót a támadások motivációjával kapcsolhatjuk össze. Így a földrajzi és célpontbeli szűkítések felelnek a politikai befolyásoló tényezők egységesítéséért. Az időbeli lehatárolás célja, hogy a befolyásoló paraméterek időfüggése elhanyagolható legyen. Tehát azzal a feltételezéssel élünk, hogy egy szűkített időtávon egy adott ország/város egyes funkciójú épületeire mért bombatámadások azonos valószínűséggel fordulnak elő.

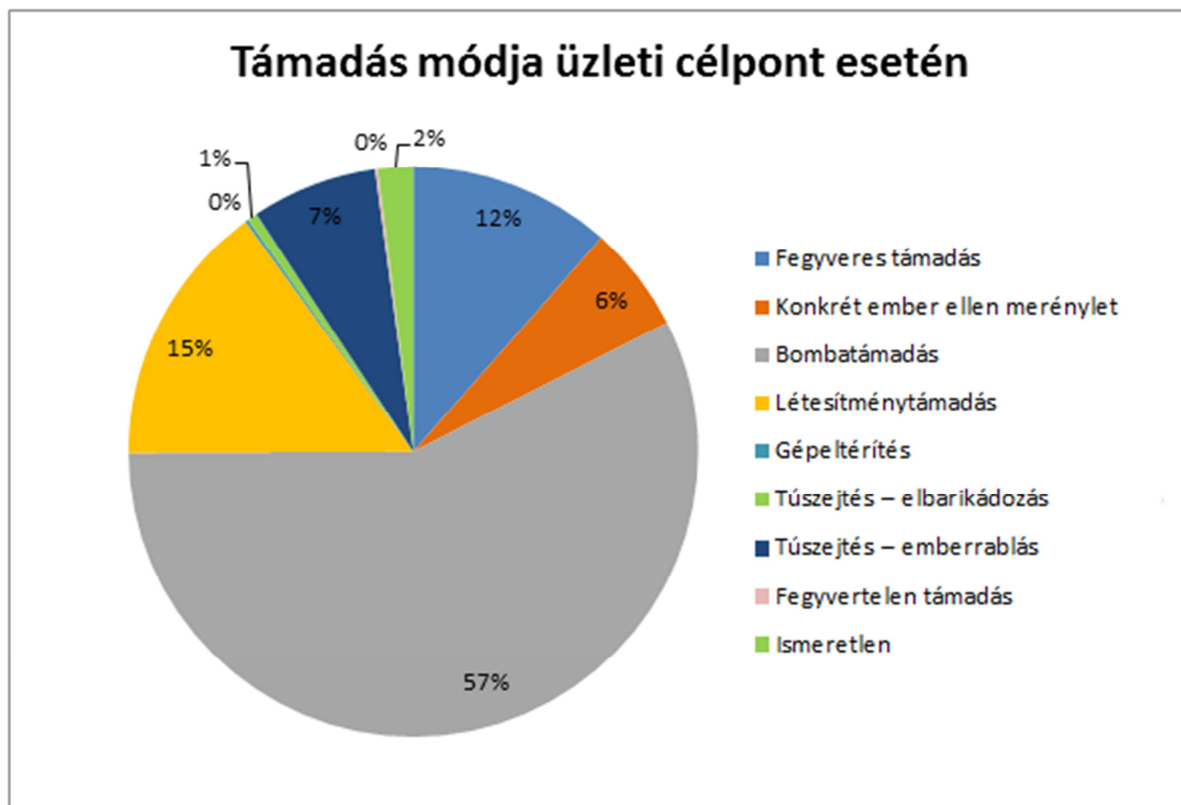
Azonban összességében célszerű a lehető legtágabb, még a feltételnek eleget tevő adathalmazzal foglalkozni, mert a rendelkezésre álló adat mennyiségének száma nagyban befolyásolja az azokból levont következtetések megbízhatóságát.

5.4.2.2. Célpont típusa

A célpont típusának leszűkítése egy egyértelműen el nem hanyagolható feladat, hiszen a különböző célpontok mögött teljes mértékben eltérő motiváció áll. Egyértelmű, hogy nem vehetjük például egy kalap alá a politikai célpontokat a katonaiakkal, mert egészen más típusú terrorszervezeteknek áll szándékában e két típust támadni. Tehát a továbbiakban a mintapélda keretében csak az üzleti, azaz „business” célponttal foglalkozom.

5.4.2.3. Bombatámadás a terrortámadásokon belül

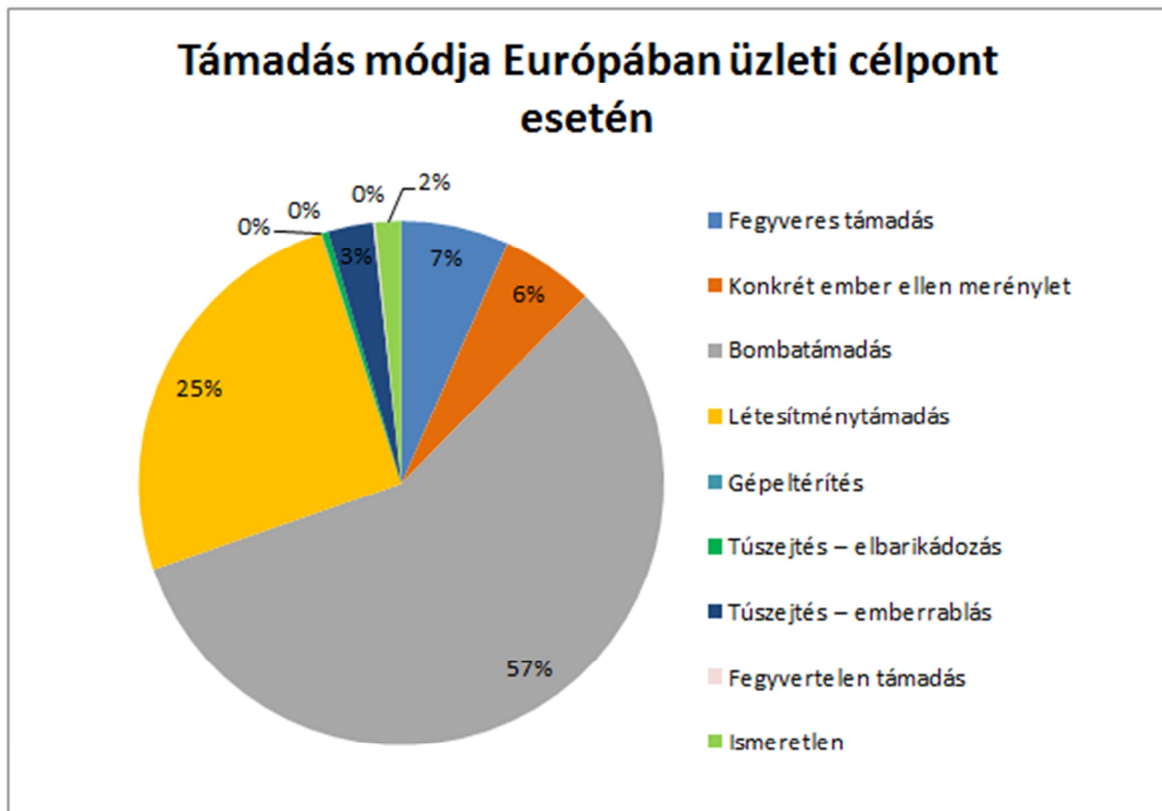
Amennyiben a feladat az épület általános terrortámadásra való méretezése lenne, a feladat során a 4.1.2 pontban bemutatotthoz hasonlóan mérlegelni kéne a különböző támadások valószínűségét és azok következményeit. Jelen feladat azonban csak és kizárólag a bombatámadásokra vonatkozik, így a rekordokat azokra szűkítettem. A 26. ábra és 27. ábra igen jól mutatja, hogy ez a támadásfajta üzleti célpont esetén mindenképpen vizsgálandó, és – figyelembe véve jelentős potenciális következményeit – a terrortámadások közül gyakran mértékadó is lehet.



26. ábra Támadás módja üzleti célpont esetén, rekordszám: 15532

Vizsgálandó, mennyire tér el a megoszlás csak európai¹ támadások esetén. (27. ábra)

¹ Kelet- és Nyugat-Európa



27. ábra Támadás módja Európában üzleti célpont esetén, rekordszám: 4232

A 26. ábra és a 27. ábra mutatja a támadás típusának megoszlását üzleti célpont esetén a világon illetve Európában. Látható, hogy bár van különbség, a bombatámadások aránya megegyezik a két esetben. Ezek alapján elmondható, hogy az üzleti célpontú támadások esetén a támadási formák közül a bombatámadás mind világviszonylatban mind Európában jelentős.

Továbbá kiemelném, hogy a második leggyakoribb támadási forma az épület ellen elkövetett egyéb – robbantást nem tartalmazó – támadás. Tehát üzleti célpont esetén a terrortámadások 70-80 %-a az épület ellen irányul.

Megjegyezném, hogy a feladat elvégzése során a szűrést elsősorban a fegyver típusa és nem a támadás módja szerint tettem meg, tehát a „weaptype” mezők szerint szűrtem a bombatámadásokat, „attacktype” mezőnél pedig több esetet is engedtem. Ennek oka az volt, hogy az adatbázis néhol nem konzekvens besorolását a biztonság javára közelítsem, mert előfordult például olyan támadás, ahol a támadási forma egy konkrét (üzlet)ember ellen elkövetett robbantásos merénylet („assassination”) volt egy irodaépületnél. Azonban mivel a közvetlen emberi merényletek igen kis százaléka bombatámadás, az eredmény lényegében nem változik a támadások típusa szerint is szűrt rekordokéhoz képest (17. táblázat).

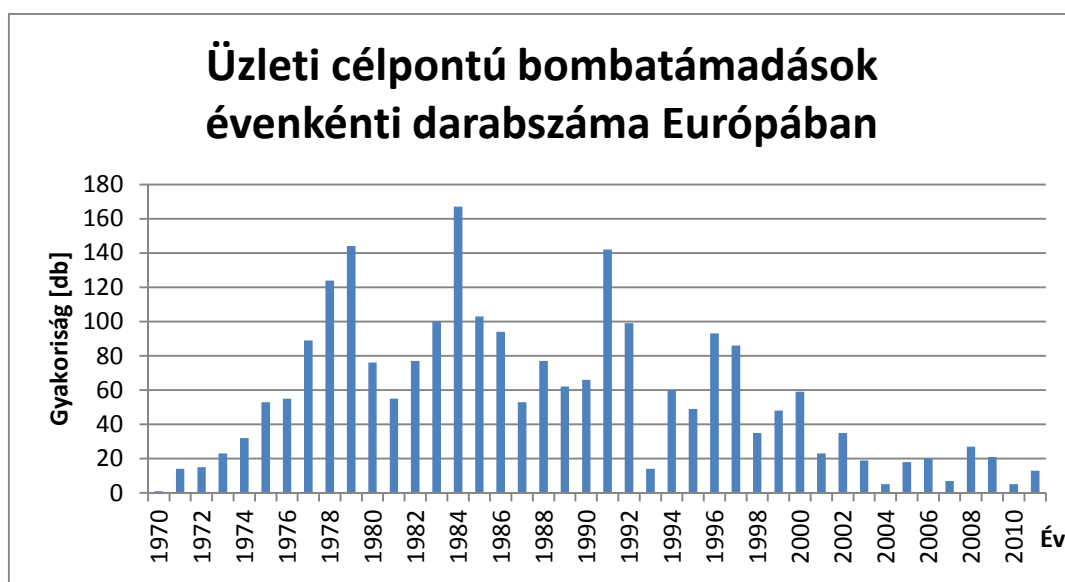
Támadástípus	Fegyvertípus	Rekordok száma a szűrések után
„Bombing/Explosion”	”Explosive/Bomb/Dynamite”	8814
„Bombing/Explosion” vagy „Assassination”	”Explosive/Bomb/Dynamite”	9061

17. táblázat Rekordok száma üzleti célpontok bizonyos szűrése esetén

5.4.2.4. Földrajzi lehatárolás

Kérdéses, hogy mennyire szükséges London vizsgálatához a területet körülhatárolni. Ehhez megvizsgáltam a különböző szűkítések után a robbantások darabszámának eloszlását az időben (éves ciklusokban).

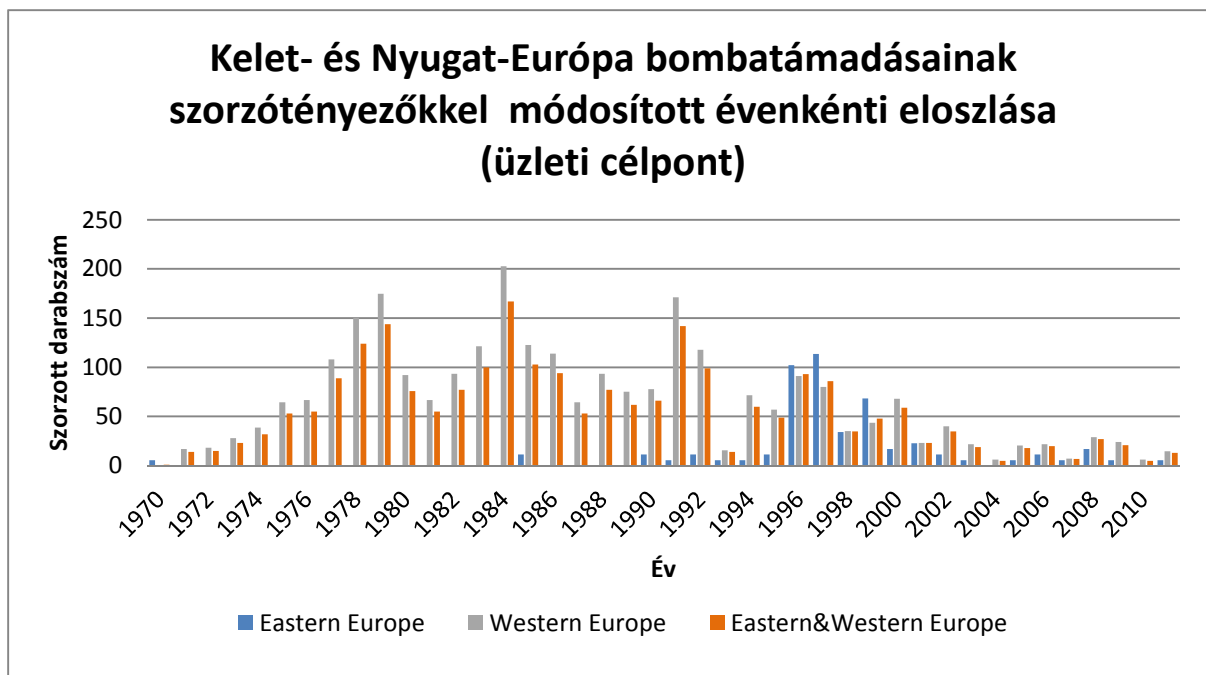
A darabszámok azonban önmagukban nehezen összehasonlíthatóak, hiszen fontos az adott területen található irodaépületek mennyiségét is figyelembe venni. Először az összes Kelet- ill. Nyugat-Európában előforduló bombatámadásokat vizsgáltam.



28. ábra Üzleti célpontú bombatámadások évenkénti eloszlása Európában¹, rekordszám: 2358

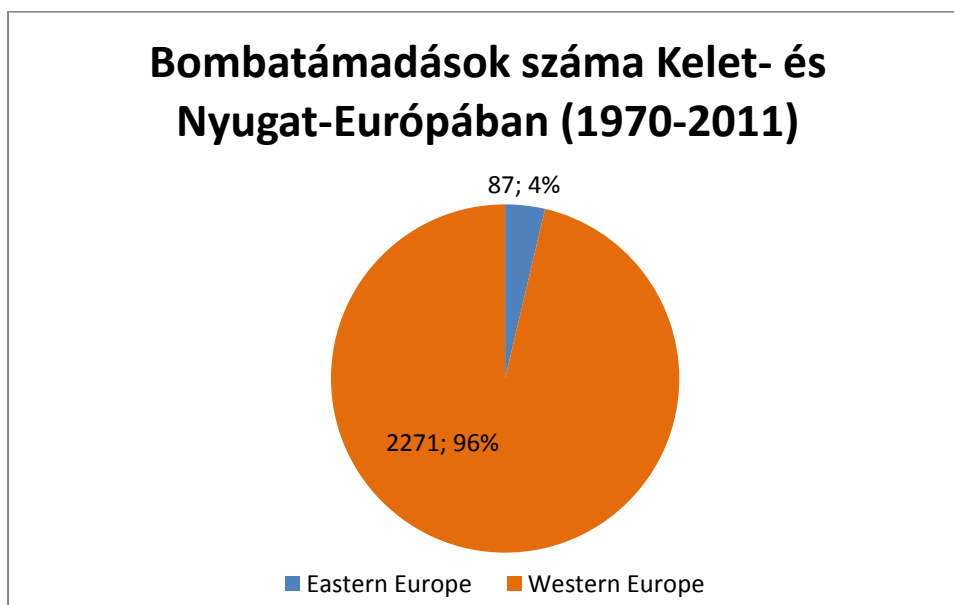
A továbbiakban tehát a tendenciák összehasonlításához szorzótényezőket vezettem be a különböző régiókban fellelhető irodaépületmennyiségek alapján. A legtöbb országra volt erről információ a Building Performance Institute Europe (BPIE) adatbázisában [23], amennyiben viszont ilyen adat nem állt rendelkezésre, az adott ország népességével arányosan közelítettem azt gazdaságilag hasonló országok adataiból. A szorzótényezővel módosított adatokat a 29. ábra mutatja.

¹ Kelet- és Nyugat-Európa



29. ábra Kelet- és Nyugat-Európa bombatámadásainak szorzótényezőkkel módosított évenkénti eloszlása (üzleti célpont), rekordszám: 2358
 Alkalmazott szorzótényezők: Kelet-Európa: 5,7; Nyugat-Európa: 1,2

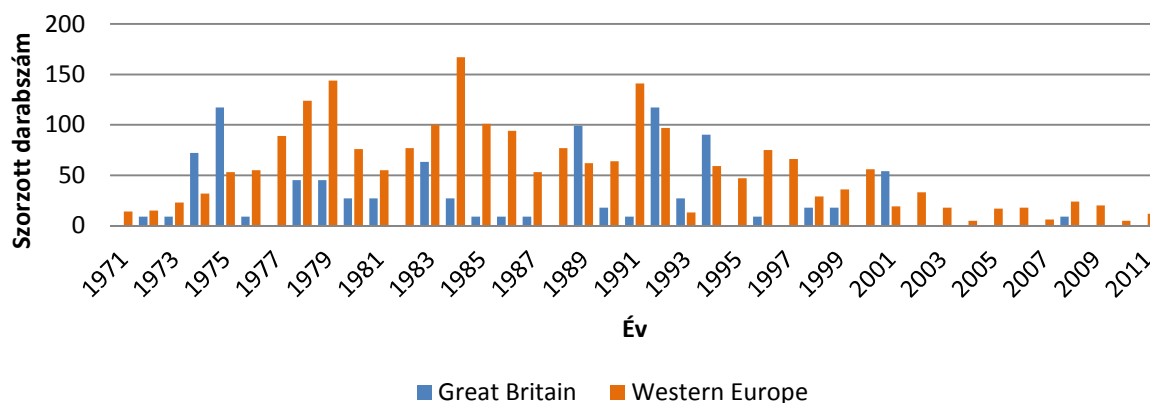
Látható, hogy Kelet-Európával ellentétben Nyugat-Európa a teljes európai trendet követi. Ennek az az egyszerű oka van, hogy Nyugat-Európában lényegesen több támadás történt, mint Kelet-Európában, így az európai trendben nyugat dominál (30. ábra). Tehát a teljes európai trend használata London esetére egészen biztosan nem logikus.



30. ábra Bombatámadások száma Kelet- és Nyugat-Európában (1970-2011), rekordszám: 2358

Ugyanígy módon Nagy-Britannia és Nyugat-Európa kapcsolata (31. ábra):

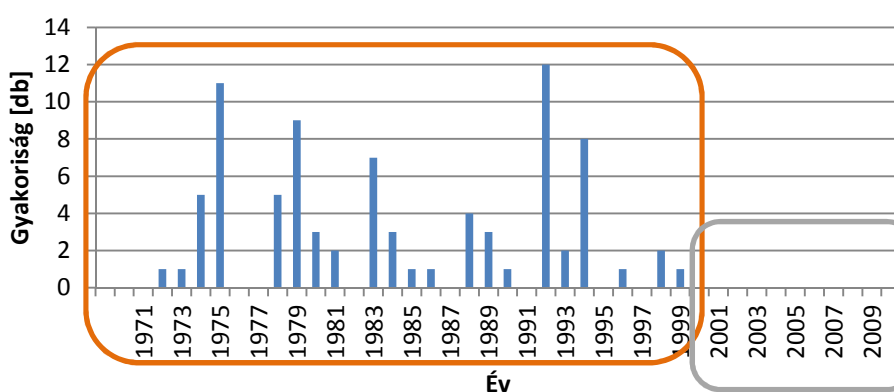
Nagy-Britannia és Nyugat-Európa bombaradásainak szorzótényezőkkel módosított évenkénti eloszlása (üzleti célpont)



31. ábra Nagy-Britannia és Nyugat-Európa bombaradásainak szorzótényezőkkel módosított évenkénti eloszlása, rekordszám: 2271; alkalmazott szorzótényező: 9,01

Bár némi hasonlóság felfedezhető az egyes évek kiugrásainak tekintetében, Nagy-Britannia tendenciája összességében egyáltalán nem követi teljes Nyugat-Európáét, ezért nem engedhető meg a teljes nyugat-európai adathalmazzal való munka. Összességében jól látható, hogy nagy eltérések vannak az egyes területek között, így azt érdemes minél szűkebb tartományban meghatározni. Ezért a számításoknál csak a londoni támadásokkal, azaz a következő eloszlással foglalkozom (32. ábra):

Üzleti célpontú bombaradások évenkénti darabszáma Londonban



32. ábra Üzleti célpontú bombaradások évenkénti darabszáma Londonban, rekordszám: 83

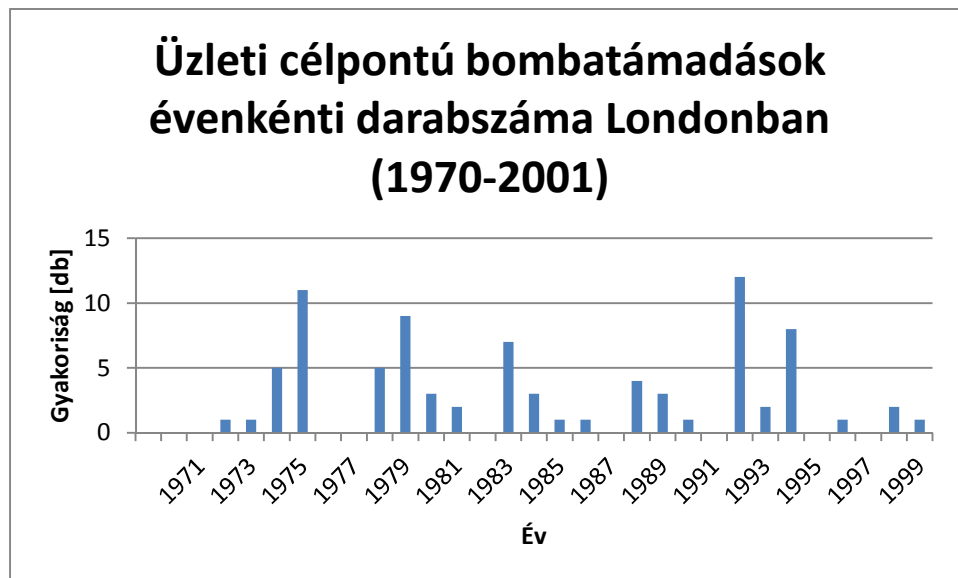
5.4.2.5. Időbeli lehatárolás

A fenyegetettséget alapvetően két tényező határozza meg: a szándék illetve a védelem. A szándék minél jobban jelen van, a fenyegetettség, a kockázat annál nagyobb, ezzel ellentétben a védelem erőssége csökkenti a kockázatot. (Itt most inkább globális, országos szinten vett védelemről van szó,

nem az épület saját védelmi szintjéről.) Nagyvonalúan azzal a feltételezéssel éltem, hogy a támadási szándék 1971 óta konstansnak tekinthető, így két időszakot kellett megkülönböztetnem a vizsgálat során: a 2001 előtti időszakot, és a 2001 utánit.

Az időbeli lehatárolás a védelmi szint változása miatt indokolt, két okból kifolyólag. Egyrészt mert 2000-ben megszületett a terrorelhárításnak egy fontos jogi háttere az Egyesült Királyságban (Terror Act 2000 - [6]). Ez lehetővé teszi a terroristák elleni vádemelést és a szervezetek száműzését, azaz eltilthatóak az Egyesült Királyságban való működéstől. Ezen túlmenően a 9/11-es támadások hatására világszerte megnőtt a terrorvédelemre fordított figyelem, és ez jelentősen növelt Nagy-Britannia, illetve London védelmi szintjét is.

Sajnos a 2001 utáni adatokból még nem áll rendelkezésre kellő mennyiségű adat bármilyen elemzés végrehajtásához, így a továbbiakban csak az 1970-2001-ig tartó időtartammal fogok részletesen foglalkozni. Tehát innentől kezdve a 33. ábra adatai kerülnek elemzésre. A lehatárolt célpont, földrajzi hely és időtartam alatt feltételeztem, hogy egy bombatámadás bekövetkezésének valószínűsége állandó.



33. ábra Üzleti célpontú bombatámadások évenkénti darabszáma Londonban (1970-2001), rekordszám: 83

5.4.3. Lehetséges eloszlások

A következőkben azt vizsgálom, milyen eloszlást követnek az évenkénti gyakoriságok bombatámadás esetén. A számítások jelentős részét Matlab programban végeztem.

5.4.3.1. Poisson eloszlás

$$P(x = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (5.2)$$

ahol: $k = 0, 1, 2 \dots$

λ – az eloszlás paramétere

Az eloszlás több okból megfelelőnek tűnik. Egyrészt az általános alkalmazási területe tipikusan egybevág a jelen problémával (ritka események darabszáma egy adott intervallumon), azaz ritka események bekövetkezésének vizsgálatára alkalmas. Másrészt a szakirodalomban lényegében

egyetlen fellelhető adatok vizsgálatánál is– a számítások szerint – ezt az eloszlást alkalmazták. Ez a példa a már korábban bemutatott John A Schmidt-féle táblázat (most: 18. táblázat) [8].

Fenyegetettségi szint	Közelítő 50 éves bekövetkezési valószínűség	Egyenértékű 1 éves bekövetkezési valószínűség	Átlagos visszatérési idő
Komoly	1	100 %	1 év
Magas	0,80	3 %	30 év
Fokozott	0,60	2 %	50 év
Mérsékelt	0,40	1 %	100 év
Alacsony	0,20	0,5 %	200 év

18. táblázat Egyes veszélyeztetettségi szintekhez tartozó bekövetkezési valószínűség és visszatérési idő Jon A. Schmidt munkájában. Az adatok eredetéről nincs információ. [8]

Poisson eloszlást feltételezve az éves valószínűségekből visszaszámoltam az 50 éves bekövetkezési valószínűségeket, és az eredmények igazolták a feltételezést (19. táblázat). A kerekítésnyi eltérések nem utalnak eltérésre, ugyanis Schmidt ezeket az értékeket később szorzótényezőként alkalmazza, így kerekítésük indokolt.

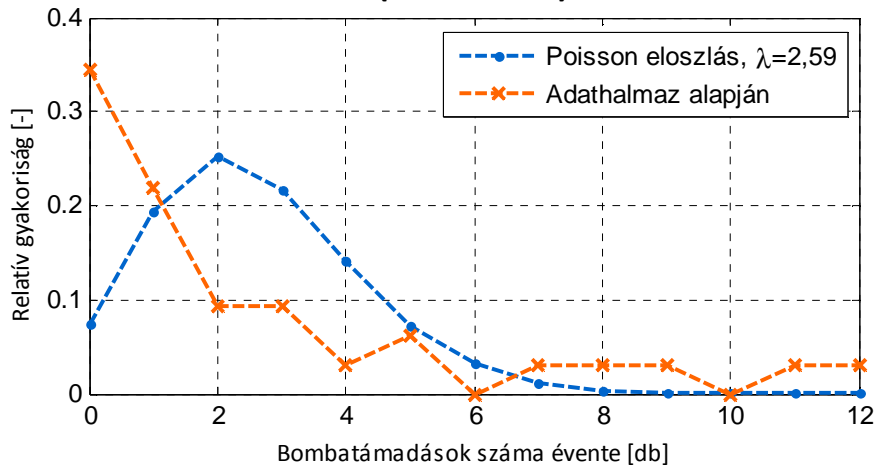
Fenyegetettségi szint	Számított 50 éves valószínűség	Adott éves valószínűség	Számított λ
komoly	-	1	nincs értelmezve
magas	0,78 \approx 0,8	0,03	0,03
fokozott	0,63 \approx 0,6	0,02	0,02
mérsékelt	0,39 \approx 0,4	0,01	0,01
alacsony	0,22 \approx 0,2	0,005	0,005

19. táblázat Poisson eloszlással számított 50 éves bekövetkezési valószínűségek John A Schmidt értékeiből

Bár eddigi ismereteink és a szakirodalom a Poisson eloszlás alkalmazása felé hajt, az alkalmazásának van egy olyan feltétele, amely jelen esetben nem feltétlen teljesül. Ez pedig az események függetlensége, azaz hogy egy esemény bekövetkezésének valószínűségére ne legyen hatással egy másik esemény bekövetkezése, azaz ne legyen az eseménynek memóriája. Azonban vizsgálatok alapján a kisebb támadásoknak van memóriájuk, azaz a bekövetkezési valószínűsége függ az előző eseménytől eltelt időtől. Ezt a jelenséget vizsgálta L. Telesca és M. Lovallo [24]. A kutatás a terrortámadásokhoz (annak típusától függetlenül, a MIPT adatbázisa szerint) az áldozatok számának függvényében súlyossági indexet rendel. A tanulmány azt állapítja meg, hogy bár a nagy támadások időtől függetlenek, addig a kisebb támadásoknak van memóriája, idő-korrelációja.

Bár ez a vizsgálat ellentmond a Poisson eloszlás a feladathoz történő alkalmazásának, az egyéb szakirodalmat alapul véve, valamint figyelembe véve a szűkített időtávot és célpontot, mindenképp érdemes vele foglalkozni. Az adathalmazra a maximum likelihood módszerrel illettem Poisson eloszlást, melynek eredményeként az eloszlás paramétere $\lambda=2,59$ lett. Az adathalmaz és az illetett eloszlás sűrűségfüggvényét mutatja a 34. ábra.

Bombatámadások évenkénti gyakoriságának közelítése Poisson eloszlással (1970-2001)



34. ábra Bombatámadás relatív gyakoriságának közelítése Poisson eloszlással London, 1970-2001

Sajnos az adatok kis száma nem teszi lehetővé olyan ellenőrzések elvégzését, mint a Khi-négyzet próba, így tehát nem lehet egy konkrét értékkel az illesztés helyességét értékelni, csak össze lehet hasonlítani más potenciális eloszlásokkal (ld. 5.4.3.6 pont).

5.4.3.2. Negatív binomiális eloszlás

A 34. ábra adathalmazra vonatkozó (piros) függvény alakja felveti a negatív binomiális eloszlás lehetőségét.

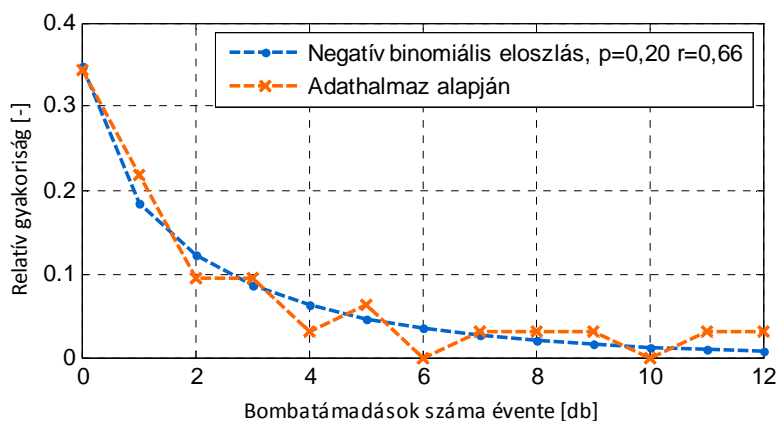
$$P(x=r+k) = \binom{k+r-1}{r-1} p^r (1-p)^k \tag{5.3}$$

ahol: $k = 0, 1, 2 \dots$

r, p – az eloszlás paraméterei

Az adathalmazra ezúttal is maximum likelihood módszerrel illesztettem rá az eloszlást. Ennek eredményeként az eloszlás paraméterei: $r = 0,66$ és $p = 0,20$. Az adathalmazt és az illesztett eloszlás sűrűségfüggvényét mutatja a 35. ábra.

Bombatámadások évenkénti gyakoriságának közelítése negatív binomiális eloszlással (1970-2001)



35. ábra Bombatámadás relatív gyakoriságának közelítése negatív binomiális eloszlással, London, 1970-2001

Az adatok kis száma továbbra sem engedi meg az illesztés független értékelését, bár szemrevételezéssel érezhető, hogy ez pontosabb megközelítés a már ismertetett Poisson eloszlásnál, bár fontos megjegyezni, hogy az eloszlás két paraméteres, amely elősegíti a szemléletre helyesebb, de összességében nem feltétlenül jobb illesztést. Tehát fontos az illesztések értékelésénél a paraméterek számának figyelembe vétele.

5.4.3.3. Geometriai eloszlás

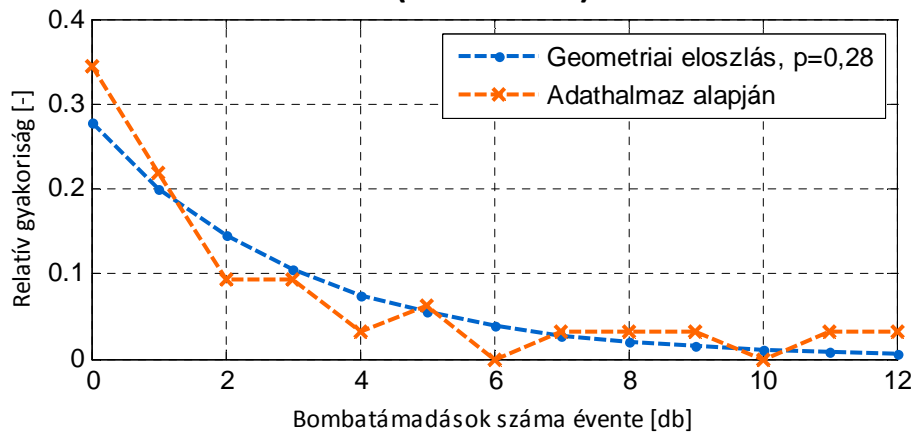
$$P(x = k) = (1 - p)^k \cdot p \tag{5.4}$$

ahol: $k = 0, 1, 2 \dots$

p – az eloszlás paramétere

Az adathalmazra ezúttal is maximum likelihood módszerrel illesztettem rá az eloszlást. Ennek eredményeként az eloszlás paraméterei: $p=0,28$. Az adathalmazt és az illesztett eloszlás sűrűségfüggvényét mutatja a 36. ábra.

Bombatámadások évenkénti gyakoriságának közelítése geometriai eloszlással (1970-2001)



36. ábra Bombatámadás relatív gyakoriságának közelítése geometriai eloszlással, London, 1970-2001

5.4.3.4. Exponenciális eloszlás

Az eloszlás sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\mu} e^{-\frac{1}{\mu}t}; t > 0 \\ 0; t \leq 0 \end{cases} \quad (5.5)$$

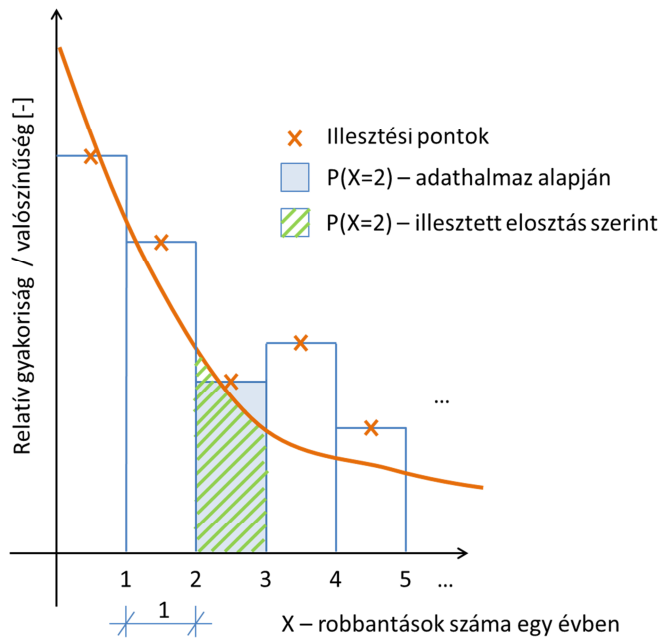
ahol: t valós szám

μ - az eloszlás paramétere

Ez – az eddigiekkel ellentétben – egy folytonos eloszlás, amely bár illeszthető diszkrét változóra, annak módja némi megfontolást követel.

Folytonos eloszlás illesztése diszkrét változóra

Ez esetben a változók (bombatámadások darabszáma egy adott évben) csak nem negatív egész számok lehetnek, míg az eloszlás folytonos, és változója bármely valós szám lehet. Ezt úgy oldottam meg, hogy az adathalmaz diszkrét relatív gyakoriságaihoz (bekövetkezési valószínűségekhez), egy egységoldalú blokk területét rendeltem (37. ábra). Tehát minden diszkrét értékhez egy intervallumot rendeltem olyan módon, hogy X=0-hoz a (0;1] intervallumot, 1-hez az (1;2]-t, stb. Tehát annak a valószínűsége, hogy egy évben 2 bombatámadás van, megegyezik a (2,3] intervallumon lévő blokk területével. A sűrűségfüggvényt ezen intervallumok felezőpontjában illesztettem a maximum likelihood módszerével. A folyamatot a 37. ábra szemlélteti.



37. ábra Minta a folytonos eloszlás fektetésének módjára – csak illusztráció

A gyakorlatban ezt úgy oldottam meg, hogy minden éves gyakoriság adathoz hozzáadtam 0,5-t, majd a kapott sűrűségfüggvényt az így kapott adatokra a diszkrét sűrűségfüggvényekkel analóg módon illesztettem. Másképp kifejezve az abszcisszán egy +0,5 értékű eltolást végeztem. Tehát folytonos illesztett függvény esetén például:

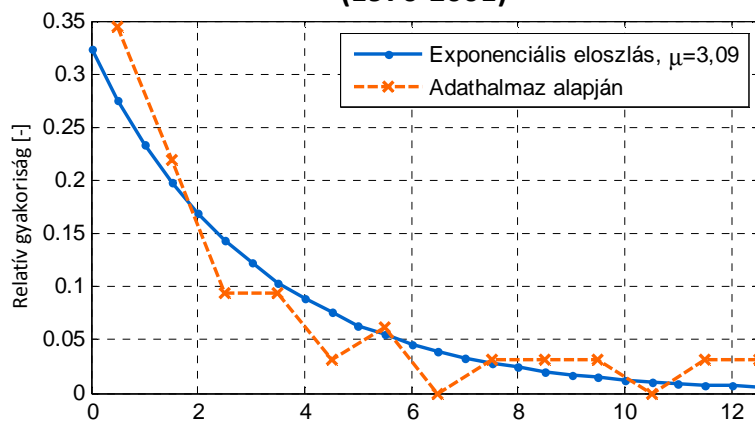
$$P(X=2) = F(X=3) - F(X=2) \quad (5.6)$$

ahol: F – a fektetett sűrűségfüggvény eloszlásfüggvénye

A középértékkel történő illesztés eltérése a területek egyenlőségének maximalizálásához képest elhanyagolható, figyelembe véve a kevés rendelkezésre álló adat okozta bizonytalanságot.

Így mindezek alapján az exponenciális sűrűségfüggvény és a 0,5-tel módosított adathalmaz viszonyát mutatja a 38. ábra.

Bombatámadások évenkénti gyakoriságának közelítése exponenciális eloszlással (1970-2001)



38. ábra Bombatámadás relatív gyakoriságának közelítése exponenciális eloszlással London, 1970-2001

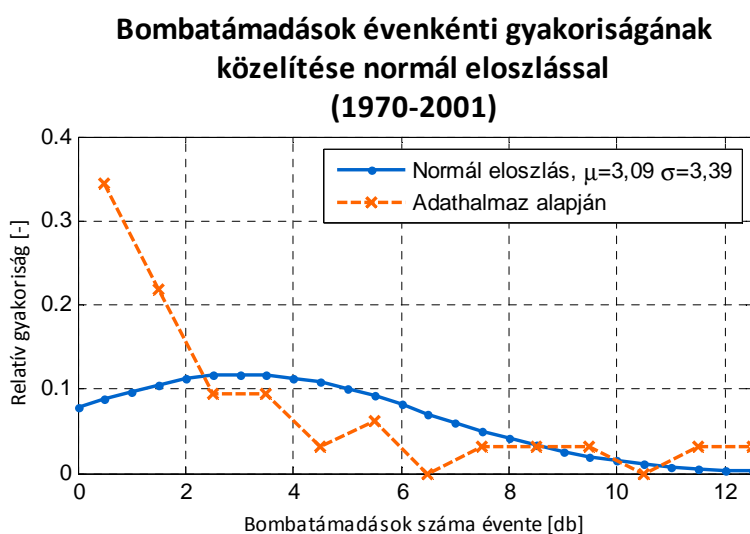
5.4.3.5. Normál eloszlás

Az eloszlás sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (5.7)$$

ahol: σ , m – az eloszlás paramétere

A normál eloszlás adatokra illesztésénél σ paramétert a minta szórásával közelítettem.



39. ábra Bombatámadás relatív gyakoriságának közelítése normál eloszlással London, 1970-2001

5.4.3.6. Összevetés

A kis minta miatt semmilyen abszolút mérőszám (mint a Khi-négyzet próba) nem használható. Ehelyett a modellek helyességét relatívan lehet megítélni, amelyre a szakirodalomban több lehetőség is fellelhető. Ezek közül én kettő, a szakirodalom által hasonló problémák esetén előnyben részesített mérőszámot alkalmaztam. [25]

AIC

Az eloszlások megfelelőségének egyik mérőszáma az Akaike Information Criterion (továbbiakban AIC). Ennek lényege, hogy egy AIC mérőszám kerül számításra a különböző illesztésekre (5.8), és ezek közül a legkisebb értéket adó eloszlás minősül a legjobbnak. [26]

$$AIC = 2k - 2\ln(L) \quad (5.8)$$

ahol: k – a statisztikai modell paramétereinek száma

L – a likelihood függvény maximális értéke a modell esetén

A képletből jól érezhető a módszer lényege. A maximális valószínűség prioritása mellett megjelenik egy rontótényező a paraméterek számára vonatkozóan, amely a túlillesztés elkerülésére szolgál.

AICc

A nem túl nagyszámú minta miatt megfontolandó az előzőnek egy módosított változata, az ún. AICc módszer választása, amely jobban bünteti a paraméterek számát. Ez ilyen kis mintaszámnál fontos tényező a túlillesztés elkerülése miatt. [25]

$$AICc = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \quad (5.9)$$

ahol: n – a minta nagysága (jelen esetben a vizsgált évek száma)

A 20. táblázat mutatja a különböző illesztésekre kapott AIC ill. AICc értékeket.

Eloszlás	L	k	n	AIC	AICc
Poisson	2,42E-41	1	32	189,0	189,2
Negatív binomiális	5,56E-30	2	32	138,7	139,1
Exponenciális	2,55E-30	1	32	138,3	138,4
Normál	3,48E-37	2	32	171,9	172,3
Geometriai	2,94E-30	1	32	138,0	138,1

20. táblázat AIC és AICc értékek különböző eloszlások esetén

A táblázatból leolvasható, hogy mind az AIC, mind az AICc érték alapján az exponenciális és a geometriai eloszlás a legjobb közelítés. E kettőnek a hasonlósága nem meglepő, mivel az bizonyos körülmények között az exponenciális eloszlás úgymond a geometriai folytonos eloszlása. A további számításokhoz előnyös a folytonos exponenciális eloszlást választani (amely körülbelül 13 %-kal valószínűtlenebb¹), mert így egyszerűbben lehet majd paraméteres vizsgálatokat végrehajtani, tekintve, hogy változók terén nem kell az egész számok halmazán maradni.

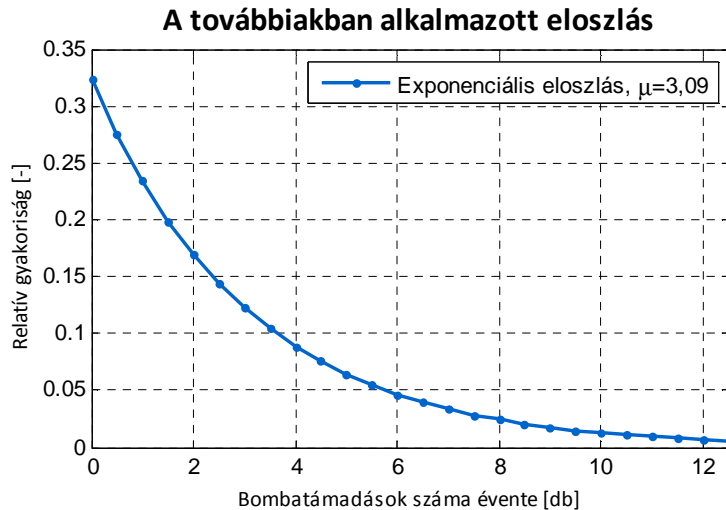
A negatív binomiális eloszlás L és AIC értékének tanulmányozásával megfigyelhető a paraméterek büntetésének hatása. Míg a maximum likelihood értéke (L) a negatív binomiális eloszlás esetén több mint kétszerese az exponenciális eloszlásénak, az AIC értéke már kisebb lesz.

5.4.4. Alkalmazott eloszlás

Tehát a továbbiakban a következő függvénnyel közelítem az egy évre jutó robbantások számát:

Exponenciális eloszlás, $\mu = 3,09$ (40. ábra)

¹ $e^{\frac{AICc(geom)-AICc(exp)}{2}} = 0,87$



40. ábra A továbbiakban alkalmazott eloszlás

A paraméter 95 %-os megbízhatósági intervalluma: (1,89 ; 3,79)

Emlékeztetőként megjegyezném, hogy a 0-hoz tartozó valószínűséget a sűrűségfüggvény (0,1] intervallumon vett függvény alatti területe adja meg. Ez jelen esetben – hogy $f(x)=0$ ha $x \leq 0$ – az eloszlásfüggvény $X=1$ -hez tartozó értékével egyenlő.

A számítás során felhasználok, hogy: [27]

$$P(A|R) = P(A|R) \cdot P(R) + P(A|\bar{R}) \cdot P(\bar{R}) = P(A|R) \cdot P(R) + P(\bar{R}) \quad (5.10)$$

ahol: \bar{R} - R komplementer eseménye

Figyelembe véve, hogy:

$$P(A|\bar{R}) = 0 \quad (5.11)$$

A (5.10) képlet a következőre egyszerűsödik:

$$P(A) = P(A|R) \cdot P(R) \quad (5.12)$$

ahol: $P(A|R) = 0,17$ – időtartománytól függetlenül

Tehát bármely T időtartományra:

$$P(A)_T = P(A|R) \cdot P(R)_T \quad (5.13)$$

Eloszlás: exponenciális; $\mu=3,09$	Bomba- támadás $P(R)_T$	Alkalmazott képlet	Autó- bomba $P(A)_T$	Alkalmazott képlet
1 éves bekövetkezési valószínűség (egész London)	0,724	$P(R)_1 = 1 - F_{\text{exp}}(X=1)$	0,123	$P(A)_1 = P(A R) \cdot P(R)_1$
50 éves bekövetkezési valószínűség (egész London)	1,000	$P(R)_{50} = 1 - (1 - P(R)_1)^{50}$	0,999	$P(A)_{50} = 1 - (1 - P(A R) \cdot P(R)_1)^{50}$

21. táblázat London üzleti célpontú bombatámadások bekövetkezési valószínűségei exponenciális eloszlást feltételezve

A 21. táblázat szerint annak a valószínűsége, hogy London városában 1 évben üzleti célpontú robbantás lesz, amennyiben a politikai és védelmi helyzet a 1971-2001 közötti időszakhoz hasonló, 72%. A felvett eloszlás alapján az közel biztos esemény, hogy 50 éven belül lesz egy üzleti célpontú robbantás.

A 5.3.4.1 pont szerint a robbantások (és ugyanúgy az üzleti célpontú ill. a nyugat-európai robbantások) közel 17%-a autóbomba (5.1). A táblázat e feltételezés segítségével határozza meg egy autóbombával mért támadás valószínűségét Londonban üzleti célpont esetén, így időtartománytól függetlenül:

$$P(A|R) = 0,17 \quad (5.14)$$

5.4.5. Egyenrangú célpontok bizonytalansága

A 5.4.4 pontban közölt eredmény az egész városra vonatkozik, nem egy adott épületre. Feltételezéseink szerint az egyenértékű célpontok között egy adott város és célponttípus esetén a terroristák véletlenszerűen választanak [7]. Azonban az egyenrangú célpontok száma még egy adott városon belül is igen bizonytalan. Az irodaépületek számáról igen nehéz megbízható adatot szerezni („I would need to disappoint you that we are not having comprehensive information on number of non-residential buildings across Europe. We have asked this question in our survey, but we haven't succeed to collect reliable data.” – részlet a BPIE-vel [23] folytatott levelezésből). További – és lényegesen erőteljesebb – bizonytalanságot okoz annak kérdése, hogy mely két épület tekinthető potenciális terrortámadás tekintetében egyenrangúnak.

A mintapélda esetén tehát a londoni üzleti célpontok számát vizsgáltam. Erről, mint azt kifejtettem, igen nehéz pontos információt találni. Az egyesült királysági statisztikákban [28] elérhető adat a cégek helyi egységeire (local units) vonatkozóan. Azonban mivel ez minden kis irodát függetlenül számol, beleértve azokat, amelyek egy épületben vannak illetve nincsenek is önálló irodaépületben, az adatok nagyságrendileg eltérnek a vélhető tényleges darabszámtól. Ezen kívül általánosságban jellemző, hogy összes alapterületre vannak csak elérhető adatok, de arról sem feltétlenül olyan formában illetve bontásban, ahogy arra jelen problémához szükség lenne.

Végül egy irodákkal foglalkozó ingatlancég kiadványából [29] sikerült némi információhoz jutnom. Eszerint Londonban 489 üzleti központ (office center) van, amely bár egy, az irodaépületeknél nagyobb egységet jelent, figyelembe véve a mintapéldában feltételezett cég nagyságát, valamint tekintetbe véve az egyenrangú célpontok elvét - miszerint nagyjából azonos méretű és funkciójú

épületek tekinthetők egyenrangú célpontnak – ez az érték jó közelítésnek tűnik. A nagyságrendi ellenőrzéshez továbbá segítségül szolgálhat a New York-i irodaépületek száma, amelyről egy nyilvános adóügyi kiadványban [30] elérhető pontos információ. E szerint Manhattanben 1946 irodaépület van, amely adat mérettől függetlenül minden irodaépületet magában foglal. Ezek alapján tehát a londoni 489 üzleti központ reális értéknek tűnik.

5.4.6. Eredmény

Tehát egy Londonban bekövetkező üzleti célpontú támadás 489 célpont közül kerülhet ki véletlenszerűen.¹ Ezek alapján, az egy épületre számított kockázatot a 22. táblázat mutatja be.

Eloszlás: exponenciális; $\mu=3,09$	Bomba- támadás $P(R)_T$	Alkalmazott képlet	Autó- bomba $P(A)_T$	Alkalmazott képlet
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület)	0,0053	$P(R)_1^*$	0,0009	$P(A)_1 = P(A R) \cdot P(R)_1$
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület)	0,2345	$P(R)_{50} = 1 - (1 - P(R)_1)^{50}$	0,0443	$P(A)_{50} = 1 - (1 - P(A R) \cdot P(R)_1)^{50}$

22. táblázat London üzleti célpontú bombatámadások bekövetkezési valószínűségei exponenciális eloszlást feltételezve egy épületre vetítve

$$* P(R)_1 = \sum_{i=1}^{\infty} [F_{\text{exp}}(X=i+1) - F_{\text{exp}}(X=i)] \cdot \left[1 - \left(\frac{n-1}{n} \right)^i \right] \quad (5.15)$$

ahol: $n=489$ – az egyenrangú célpontok száma

∞ helyett elégséges nagy számú ($i \approx 1:20$) összegzés megfelelő közelítés

5.5. Nagysági és gyakorisági adatok integrálása

A továbbiakban az autóbombák nagyságát és bekövetkezési valószínűségeket együttesen fogom kezelni. A számítások során a 5.3.4.2 pontban bemutatott amerikai szakirodalomban lévő határértékekhez keresem meg a tényleges 1 illetve 50 éves időtartamon számított túllépési valószínűséget.

A 23. táblázat ismerteti az amerikai szabványokban fellelhető robbanóanyag-mennyiségekhez tartozó túllépési valószínűséget 1 ill. 50 éves időtartamra vetítve. A táblázat felhasználja a 22. táblázat adatait, miszerint egy autóbomba bekövetkezési valószínűsége 1 éves időtartamon 0,0009 azaz 0,09 %; míg 50 éves időtartamon 0,0443 azaz 4,43 %. Tehát (5.14) képlet felhasználásával:

$$P(B_x)_T = P(B_x | A) \cdot P(A)_T \quad (5.16)$$

ahol: $P(B_x | A)$ értékét a 23. táblázat tartalmazza

$P(A)_T$ értékét a 22. táblázat tartalmazza.

¹ Most a biztonság javára közelítve feltételezzük, hogy a kisebb irodaépületeket nem éri terrortámadás.

Fenyegetettségi szint	UFC 4-020-01 szerinti ajánlott tervezési érték	Túllépési valószínűség (ha támadás) $P(B_x A)$	Túllépési valószínűség 1 év alatt $P(B_x)_1$	Túllépési valószínűség 50 év alatt $P(B_x)_{50}$
Speciális	9000 kg	0	0,00E+00	0,00E+00
komoly	2000 kg	0,01	9,06E-06	4,43E-04
magas	500 kg	0,15	1,36E-04	6,65E-03
fokozott	250 kg	0,25	2,27E-04	1,11E-02
mérsékelt	100 kg	0,41	3,72E-04	1,82E-02
alacsony	25 kg	0,76	6,89E-04	3,37E-02

23. táblázat Amerikai szakirodalomban fellelhető határértékek túllépési valószínűségei az 1970-2001 intervallumi londoni adatok alapján, üzleti célpont esetén

Tehát a 23. táblázat azt mutatja meg, hogy az 1970-2001 intervallumi londoni adatokat alapul véve az amerikai tervezési szabványok által javasolt határértékekhez milyen túllépési valószínűségek tartoznak üzleti célpont esetén. Ezzel számszerűsíthetőek a méretezési javaslat biztonsági szintjei.

6. Érzékenységvizsgálat

A gyakorisági adatok kis száma miatt érdemes a ráállított modell érzékenységét vizsgálni.

6.1. Eloszlás paraméterének megbízhatósága

A 5.4.4 pont (54. oldal) alapján az exponenciális eloszlás μ paraméterének 95 %-os konfidencia-intervalluma (2,25 ; 4,52). Vizsgáltam, hogyan változnak a gyakoriság főbb értékei e két szélsőértékkel számolva. Ezt foglalja össze a 24. táblázat.

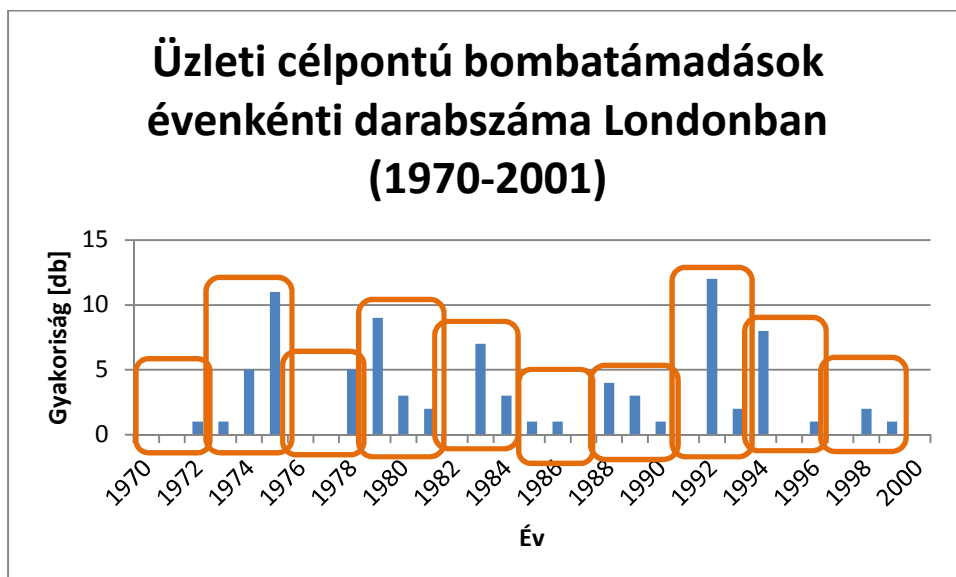
Autóbomba bekövetkezési valószínűsége egy londoni irodaépület esetén $P(A)_T$			
μ	2,25	3,09	4,52
T = 1 év	6,66E-04	2,52E-04	1,44E-03
T = 50 év	3,28E-02	1,25E-02	6,94E-02

24. táblázat Autóbomba valószínűsége egy londoni irodaépület esetén az exponenciális eloszlás paraméterének függvényében

Tehát a bekövetkezési valószínűség 1 év esetén 6,66E-04 és 1,44E-03 között változik a 95%-os megbízhatósági intervallumon, amely egy igen jelentős terjedelmet jelent. Ez is jól mutatja az adatok kis számából eredő bizonytalanságot. Valamint hozzátenném, hogy a bizonytalanság értéke a valóságban ennél nagyobb, mert az eloszlás azon részén, ahol relatíve kevés adat van, a konfidencia-intervallum szétnyílik. Mértékének meghatározásához pontosabb számításra lenne szükség, például delta módszerrel. [9]

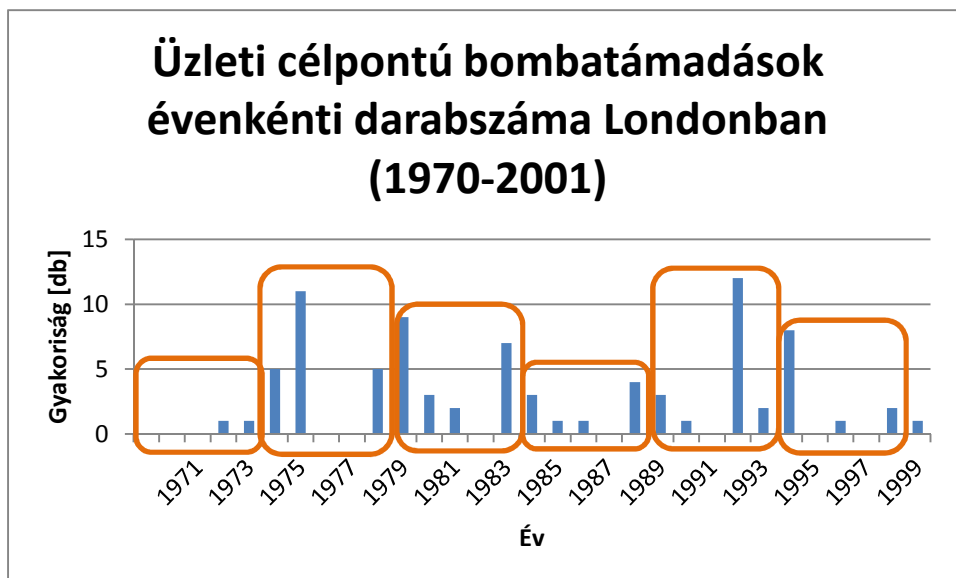
6.2. Adatok csoportosítása hároméves intervallumokba

A kevés adat miatt vizsgáltam, mi történik, ha az éves adatokat egymást követő három évenként csoportosítom, és arra fektetek eloszlást. Az adatok csoportosítását mutatja 41. ábra. Tehát a vizsgálat most 1970-1999-ig tart.



41. ábra Gyakorisági adatok csoportosítása hároméves intervallumokba

Nagyobb mennyiségű – hosszabb időtávú - adat rendelkezésre állása esetén csoportosíthatóak lennének azok ehhez hasonlóan például a 42. ábra szerinti ötéves csoportokba is, azonban ez jelen esetben az adatok kis száma miatt nem célravezető.



42. ábra Gyakorisági adatok csoportosítása öt éves intervallumokba

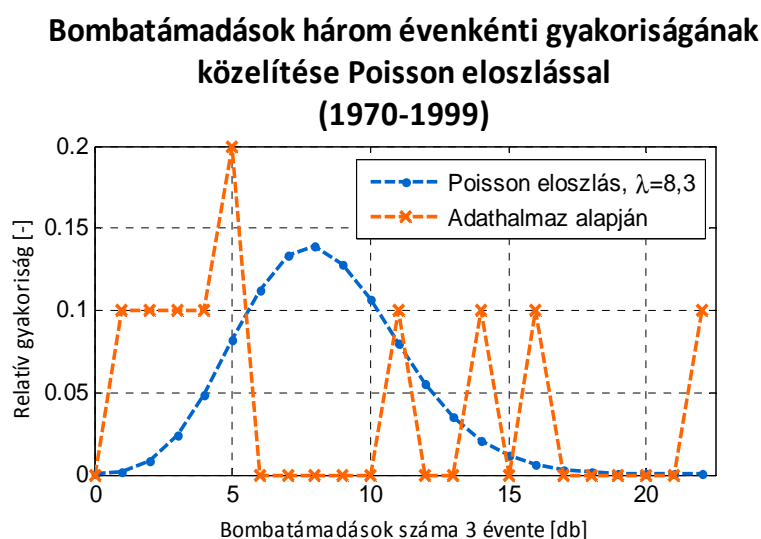
Tehát ebben a pontban a 3 évenkénti csoportosítást (41. ábra) vizsgálom.

6.2.1. Eloszlás fektetése

Mivel a 5.4.3.6 pont (53. oldal) alapján a normál eloszlás egészen biztosan nem írja le megfelelően a jelenséget, így most a továbbiakban azzal nem foglalkozom.

6.2.1.1. Poisson eloszlás

A Poisson eloszlás maximum likelihoodos illesztésének eredményét a 43. ábra mutatja.

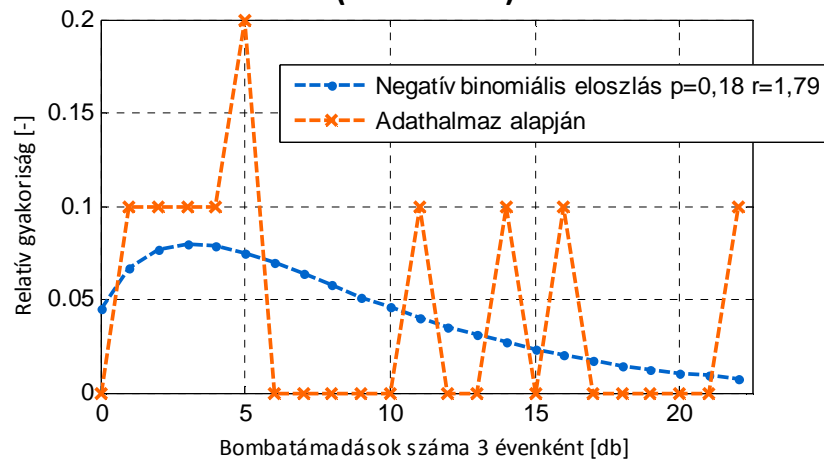


43. ábra Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése Poisson eloszlással London, (1970-1999)

6.2.1.2. Negatív binomiális eloszlás

A negatív binomiális eloszlás maximum likelihoodos illesztésének eredményét a 44. ábra mutatja.

Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése negatív binomiális eloszlással (1970-1999)

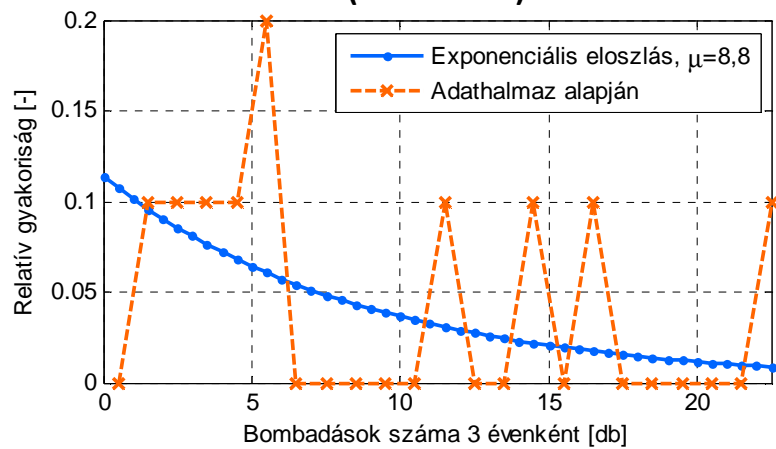


44. ábra Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése negatív binomiális eloszlással London, (1970-1999)

6.2.1.3. Exponenciális eloszlás

Az előzőhöz hasonlóan a maximum likelihood módszer eredményét a 45. ábra mutatja.

Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése exponenciális eloszlással (1970-1999)

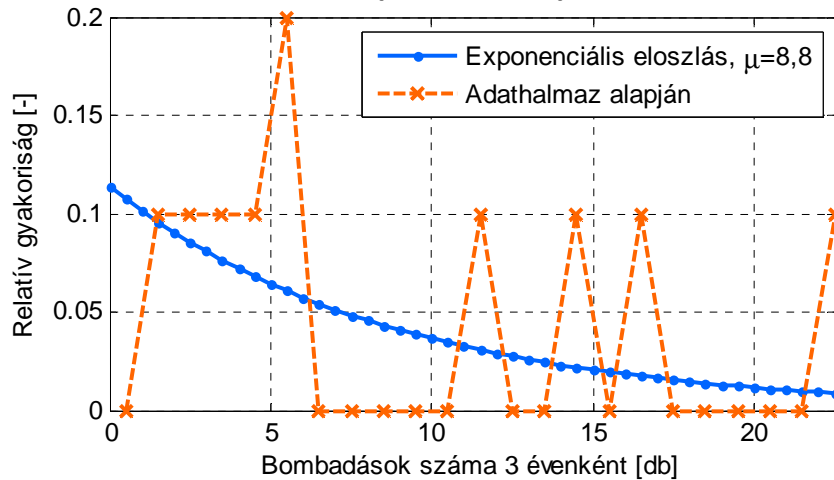


45. ábra Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése exponenciális eloszlással London, (1970-1999)

6.2.1.4. Geometriai eloszlás

Az előzőhöz hasonlóan a maximum likelihood módszer eredményét a 46. ábra mutatja.

Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése exponenciális eloszlással (1970-1999)



46. ábra Bombatámadások három évenkénti gyakoriságának közelítése geometriai eloszlással London, (1970-1999)

6.2.1.5. Összevetés

A 5.4.3.6 ponthoz (53. oldal) hasonlóan a fektetett eloszlások összevetését most is az AIC és az AICc mérőszámok vizsgálatával végeztem. A vizsgálat eredményét a 25. táblázat mutatja.

Eloszlás	L	k	n	AIC	AICc
Poisson	5,09E-20	1	10	90,9	91,4
Negatív binomiális	2,98E-10	2	10	47,9	49,6
Exponenciális	1,63E-14	1	10	65,5	66,0
Geometriai	1,64E-14	1	10	65,5	66,0

25. táblázat Az illesztett eloszlások összevetése 3 éves intervallumokat vizsgálva

A 25. táblázat jól mutatja, hogy ebben az esetben is az exponenciális (ill. a geometriai) eloszlás a legjobb választás, hiszen mind az AIC, mind az AICc értéke kisebb a többi variánshoz képest.

6.2.1.6. Alkalmazott eloszlás

Exponenciális eloszlás, $\mu=8,8$

A paraméter 95 %-os megbízhatósági intervalluma: (5,15 ; 18,35). Az intervallum terjedelme bár a kisebb számú minta okán nagyobb az egy éves intervallum esetén vizsgáltaknál (5.4.4. pont - 54. oldal), az alább ismertetett számítási módszer miatt – amely kis részben eltér az előzőektől – a végeredményre gyakorolt hatása mérsékelt.

6.2.2. Bekövetkezési valószínűségek számítása

A 5.4.4 és a 5.4.6 ponthoz hasonlóan most is számoltam bekövetkezési valószínűségeket 1 éves illetve 50 éves időtartamra, mind a városra, mind egy konkrét épületre vonatkozóan. Amire viszont most figyelni kell, hogy az eloszlás a 3 éves intervallumra mutat bekövetkezési valószínűséget. Azzal a feltételezéssel éltem, hogy a 3 év alatt a bombatámadások véletlenszerűen oszlanak el, azaz hogy annak a valószínűsége, hogy 1 évben két támadás történik, megegyezik annak a valószínűségével,

hogy 3 év alatt 6 támadás van. Ezzel a feltételezéssel számított bekövetkezési valószínűségeket a 26. táblázat ismerteti.

Eloszlás: exponenciális, $\mu=8,8$	Bomba- támadás $P(R)_T$	Alkalmazott képlet	Autó- bomba $P(A)_T$	Alkalmazott képlet
1 éves bekövetkezési valószínűség (egész London)	0,711	$P(R)_1 = 1 - F_{\text{exp}}(X=3)$	0,121	$P(A)_1 = P(A R) \cdot P(R)_1$
50 éves bekövetkezési valószínűség (egész London)	1,000	$P(R)_{50} = 1 - (1 - P(R)_1)^{50}$	0,998	$P(A)_{50} = 1 - (1 - P(A R) \cdot P(R)_1)^{50}$

26. táblázat London üzleti célpontú bombatámadások bekövetkezési valószínűségei exponenciális eloszlást feltételezve hároméves intervallumokkal történő számítás esetén

A 5.4.6 ponthoz hasonlóan most is számoltam bekövetkezési valószínűségeket egy épületre 489 egyenrangú és kizárólagos célpontot feltételezve. (27. táblázat)

Eloszlás: exponenciális, $\mu=8,8$	Bomba- támadás $P(R)_T$	Alkalmazott képlet	Autó- bomba $P(A)_T$	Alkalmazott képlet
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület)	0,0050	$P(R)_1^*$	0,0009	$P(A)_1 = P(A R) \cdot P(R)_1$
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület)	0,2220	$P(R)_{50} = 1 - (1 - P(R)_1)^{50}$	0,0417	$P(A)_{50} = 1 - (1 - P(A R) \cdot P(R)_1)^{50}$

27. táblázat London üzleti célpontú bombatámadások bekövetkezési valószínűségei exponenciális eloszlást feltételezve egy épületre vetítve hároméves intervallumokkal történő számítás esetén

$$* P(R)_1 = \sum_{i=1}^{\infty} [F_{\text{exp}}(X=i+3) - F_{\text{exp}}(X=i)] \cdot \left[1 - \left(\frac{n-1}{n} \right)^{i/3} \right] \quad (6.1)$$

ahol: $n=489$ – az egyenrangú célpontok száma

∞ helyett elégséges nagy számú ($i \approx 1:60$) összegzés megfelelő közelítés

6.2.3. Értékelés

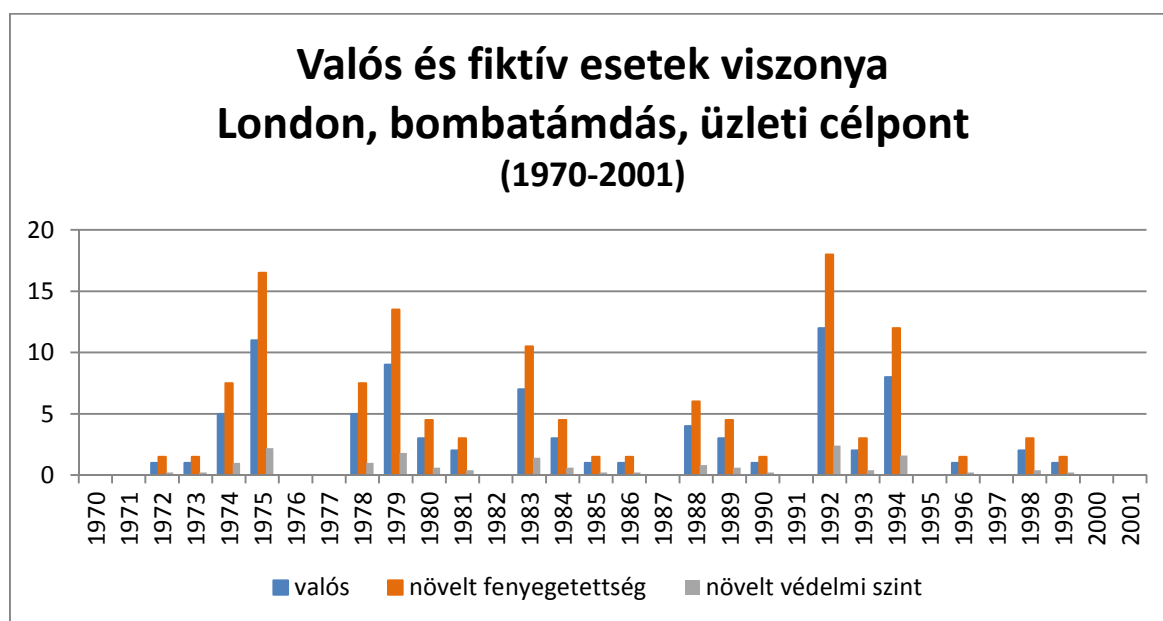
Autóbomba bekövetkezési valószínűsége egy londoni irodaépület esetén $P(A)_T$			
csoportosítás	1 éves csoportok	3 éves csoportok	eltérés
T = 1 év	9,06E-04	8,51E-04	6,04%
T = 50 év	4,43E-02	4,17E-02	5,92%

28. táblázat Autóbomba valószínűsége egy londoni irodaépület esetén az adatok csoportosításának függvényében

Látható, hogy az adatok csoportosítása a bekövetkezési valószínűségeken nem változtatott lényegesen, egy épületet érő bombatámadás valószínűsége 1 éves és 50 éves időintervallumot nézve is csak kb. 6 %-os eltérést mutat, és az utóbbi – csoportosított – számítás eredményez kisebb bekövetkezési valószínűséget. A két csoportosítással kapott végeredmény közötti minimális eltérés erősíti a számítási modell helyességét.

6.3. Fenyegtettségi ill. védelmi szint változása

Az eddigi eredmények mind valós eredményen alapultak. A továbbiakban két fiktív esetet vizsgálók, az egyik reprezentál egy, az eddigiekhez képest erősebb fenyegetettségi szintet, a másik pedig egy aktívabb védelmet. Előbbi fiktív eset számításakor a meglévő éves darabszámokat megnöveltem egy 1,5-ös szorzóval, míg utóbbi fiktív körülmények vizsgálatakor az eddigi értékek 0,5-szörösével számoltam. A robbantás nélküli évek számát tehát nem módosítottam. A valós és a két fiktív eset során vizsgált adatsort a 47. ábra mutatja.

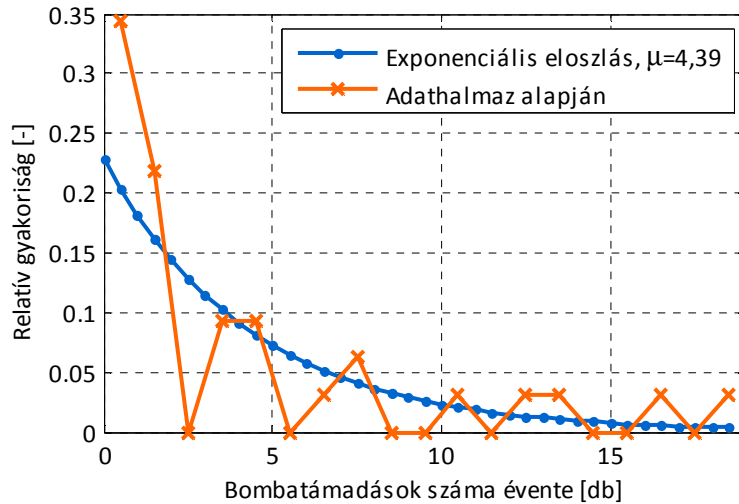


47. ábra Valós és fiktív esetek viszonya; London, bombatámadás, üzleti célpont (1970-2001)

6.3.1. Fiktív, erősebb fenyegetettségi szint

Tehát az évenkénti gyakoriságadatokat 1,5-tel történő felszorozásával kapott mintára exponenciális eloszlást fektettem maximum likelihood módszerrel. Ennek eredményét mutatja a 48. ábra.

Bombatámadások éves gyakorisága fiktív, erősebb fenyegetettség esetén (1970-2001)



48. ábra Bombatámadások éves gyakorisága fiktív, erősebb fenyegetettség esetén

Tehát az exponenciális eloszlás paramétere ez esetben $\mu=4,39$. Az eloszlás felhasználásával számított túllépési valószínűségeket autóbombákra a 29. táblázat foglalja össze.

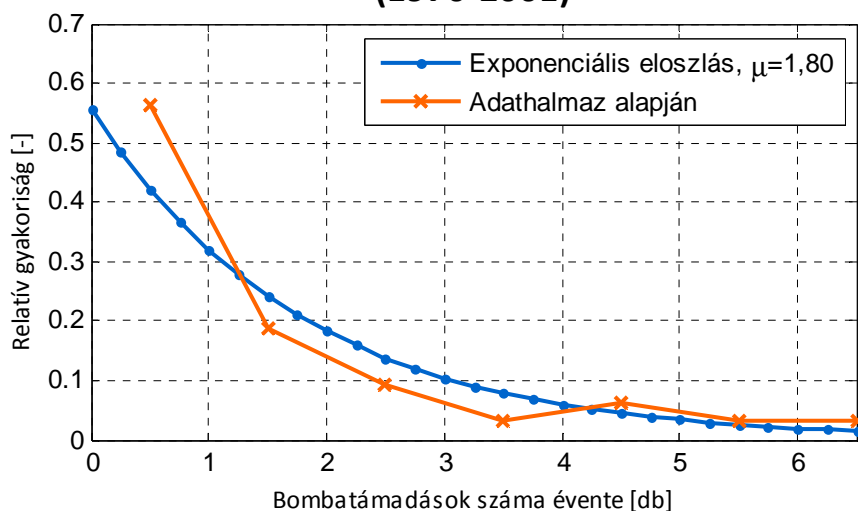
Eloszlás: exponenciális , $\mu=4,39$	Autó-bomba $P(A)_T$
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=1$)	0,0013
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=50$)	0,0650

29. táblázat Autóbomba támadás valószínűsége fiktív, erősebb fenyegetettség esetén

6.3.2. Fiktív, erősebb védelmi szint

Tehát az évenkénti gyakoriságadatok 0,5-tel történő felszorozásával kapott mintára exponenciális eloszlást fektettem maximum likelihood módszerrel. Ennek eredményét mutatja a 49. ábra.

Bombatámadások éves gyakorisága fiktív, erősebb védelmi szint esetén (1970-2001)



49. ábra Bombatámadások éves gyakorisága fiktív, erősebb védelmi szint esetén

Tehát az exponenciális eloszlás paramétere ez esetben $\mu=1,80$. Az eloszlás felhasználásával számított túllépési valószínűségeket autóbombákra a 30. táblázat foglalja össze.

Eloszlás: exponenciális , $\mu=1,80$	Autó-bomba $P(A)_T$
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=1$)	0,0005
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=50$)	0,0230

30. táblázat Autóbomba támadás valószínűsége fiktív, erősebb védelmi szint esetén

6.3.3. Valós és fiktív esetek összehasonlítása

A valós és fiktív – generált – adatok alapján kapott túllépési valószínűségeket a 31. táblázat foglalja össze.

Eset	Autóbomba bekövetkezési valószínűsége $P(A)_T$		
	Fiktív, erősebb védelmi szint (valós x 0,5)	Valós adatok alapján	Fiktív, erősebb fenyegetettségi szint (valós x 1,5)
Exponenciális eloszlás μ paramétere	1,80	3,09	4,39
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=1$)	4,66E-04	9,06E-04	1,35E-03
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, $T=50$)	2,30E-02	4,43E-02	6,52E-02

31. táblázat Autóbomba bekövetkezési valószínűsége valós és fiktív esetekben

A 31. táblázat adatait relatívan 32. táblázat ismerteti. Viszonyítási alap a valós eset, azaz a 100% a valós adatokból nyert eredményeket mutatja.

Eset	Autóbomba bekövetkezési valószínűségeinek aránya $P(A)_T / P(A)_T^*$		
	Fiktív, erősebb védelmi szint (valós x 0,5)	Valós adatok alapján	Fiktív, erősebb fenyegetettségi szint (valós x 1,5)
Exponenciális eloszlás μ paramétere	1,80	3,09	4,39
1 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, T=1)	51%	100%	149%
50 éves bekövetkezési valószínűség (egy londoni irodaépület, T=50)	51%	100%	147%

32. táblázat Autóbomba bekövetkezési valószínűsége valós és fiktív esetekben relatívan

A 32. táblázat alapján látható, hogy amennyiben a robbantások száma közel felére csökken, úgy az autóbomba támadások bekövetkezés valószínűsége mind egy mind ötven éves időtartamon majdnem 50 %-kal csökken. Amennyiben viszont a robbantások száma 50 %-kal nő, úgy a bekövetkezési valószínűség is csaknem 50 %-kal emelkedik.

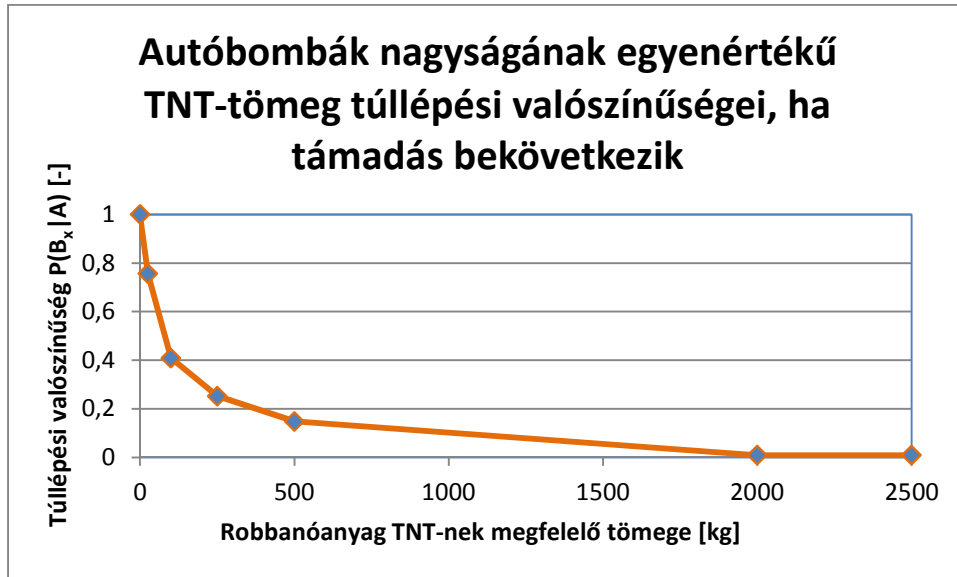
6.4. Elmélet frissítése

Ma már a Bayes-i statisztikai módszerek egyre inkább előtérbe kerülnek, mert a számítástechnika fejlődése által a numerikus módszerek hatékonyabban alkalmazhatóak. Szemben a klasszikus, frekventista megközelítéssel (mint a maximum likelihood módszer), a Bayesi módszerekbe beépíthetőek az ismeretelméleti bizonytalanságok, amelyeket a frekventista módszerek csak konfidencia-intervallumokkal képesek kezelni, amelyek viszont további vizsgálatokhoz nem túlzottan alkalmazhatóak. Azonban e bizonytalanságok hatása - különösen kis valószínűségű, ritkán bekövetkező események becslésekor –igen jelentős lehet.

A Bayes-i megközelítés további előnye, hogy természeténél fogva nagyon egyszerűen képes kezelni az újabb adatokat és azok fényében frissíteni a modelleket, előrejelzéseket. Ez előnyös lehet terrorcselekmények vizsgálatakor. További kutatás keretében érdemes lenne a Bayes-i módszert alkalmazni és összevetni a maximum likelihoodos illesztéssel.

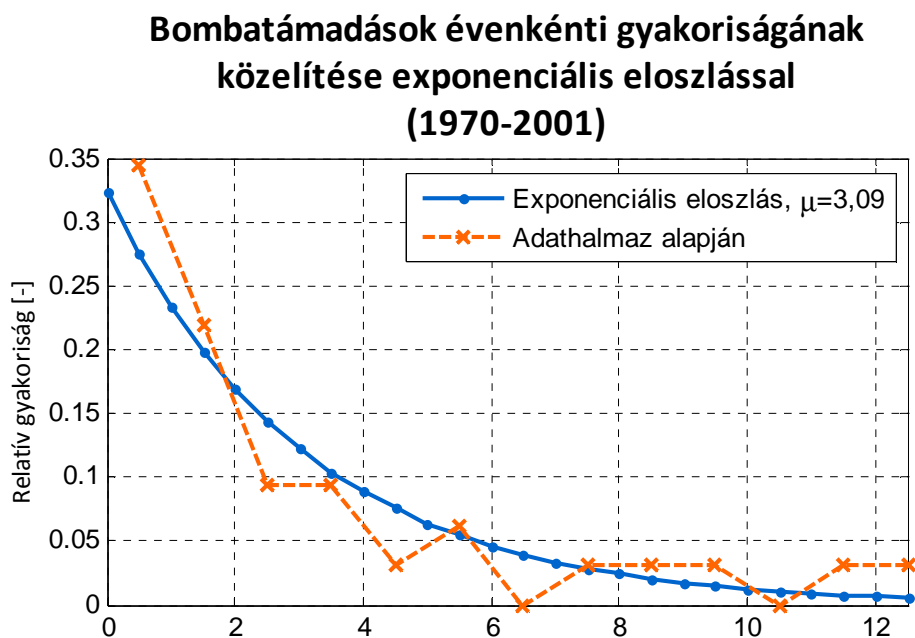
7. Tönkremeneteli valószínűség számítása

A további vizsgálatokhoz visszatérnek az eredeti nagysághoz illetve gyakorisághoz tartozó eloszlásokhoz, azaz a vizsgálat során az egyes TNT tömegek túllépési valószínűségei, ha támadás következik be: (50. ábra)



50. ábra Autóbombák nagyságának egyenértékű TNT-tömeg valószínűségei, ha támadás bekövetkezik

Az évenkénti gyakorisági adatokat pedig egy 3,09-es paraméterű exponenciális eloszlással közelítem. (51. ábra)



51. ábra Bombatámadások évenkénti gyakoriságának közelítésére alkalmazott eloszlás sűrűségfüggvénye

7.1. Vizsgált épület

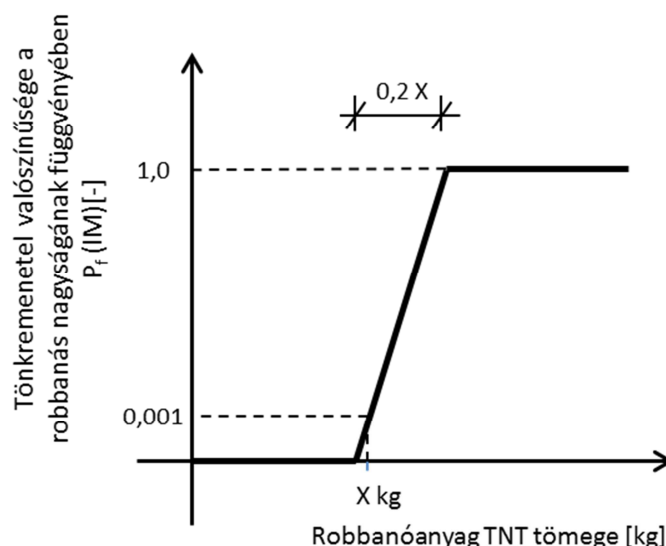
Ebben a fejezetben egy épület tönkremeneteli valószínűségét fogom vizsgálni. Az épület teherbírását az előző évi (2012) TDK munkám [1] alapján vettem fel, amelyben többek között egy acélváz

Előző munkámban a telekhatárra – azaz 25 m-es távolságra - felvett három különböző robbanóanyag-mennyiséggel számoltam, foglalkoztam egy 600 egy 1200 és egy 1800 kg TNT-nek megfelelő robbanással. Mindhárom esetre rugalmas elven méreteztem a szerkezetet, azaz az adott terhet figyelembe véve választottam meg a merevítőrendszer szelvénykiosztását. Az épület három különböző erősítésű variánsának főbb paramétereit foglalja össze a 33. táblázat.

Szcenárió	merevítőrendszer szelvényei			Teljes szerkezet tömege [t]
	oszlop	gerenda	rács	
600 kg – 25 m	HEA 160 / HEA 220 / HEA 340	IPE 400	250x250x8,8 / 180x180x8,0	164,4
1200 kg – 25 m	HEA 160 / HEA 220 / HEA 700	IPE 400	300x300x14,2 / 200x200x12,5	184,8
1800 kg – 25 m	HEA 160 / HEA 220 / HEB 1000	IPE 400	400x400x14,2 / 300x300x14,2	206,6

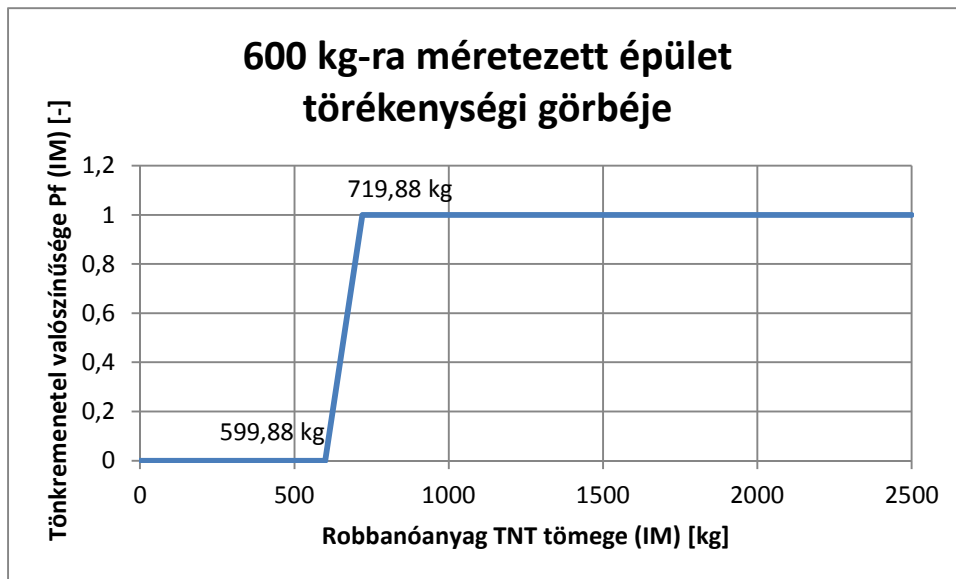
33. táblázat A három különböző szcenárióra méretezett épület főbb paramétere [1]

A következőkben a cél a három szerkezet tönkremeneteli valószínűségének megállapítása. Mivel a szerkezet méretezése során az ellenállás tervezési értékével számoltam, ezért azt feltételezem, hogy a méretezés alapjául szolgáló robbanóanyag-nagyságra a szerkezet tönkremeneteli valószínűsége 1 %. A három épület törékenységi görbéjét így ez alapján veszem fel. A dolgozatomban az ellenállási oldal eloszlását egyenletesnek feltételezem, így a törékenységi görbe lineáris lesz. Továbbá egy átlagos 20 %-os terjedelmet, azaz kb. 10 %-os relatív szórást feltételezek, ezáltal a törékenységi görbe az 54. ábra szerinti alakot vesz fel.

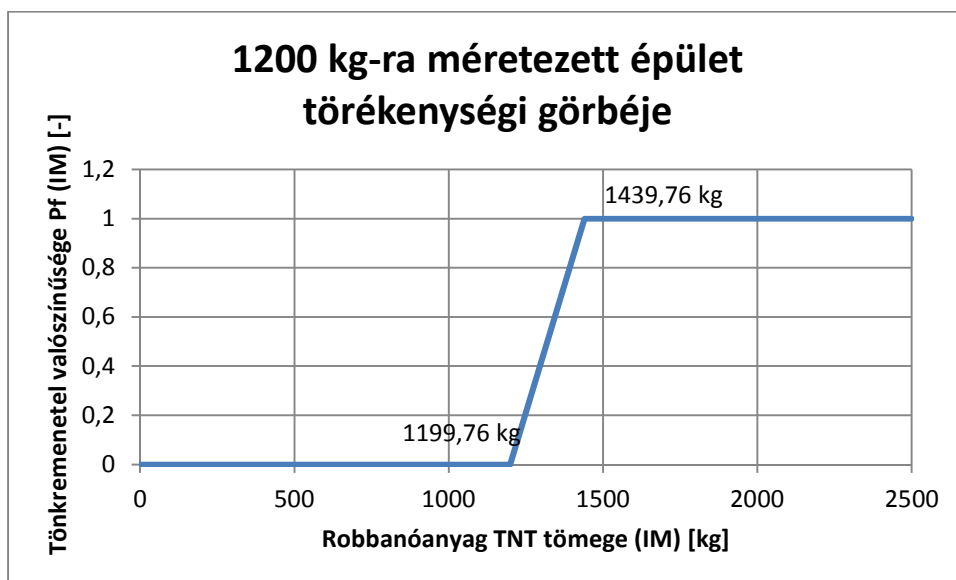


54. ábra Törékenységi görbe alakja a számítás során

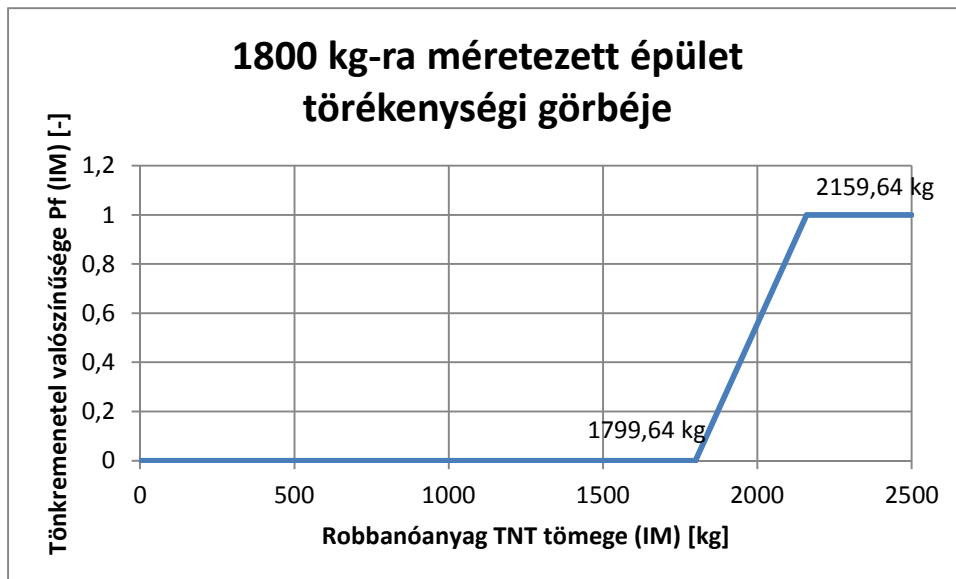
A szerkezet törékenységi görbéje tehát azt mutatja meg, hogy mekkora a tönkremeneteli valószínűség a robbanás nagyságának (IM – intensity measure) függvényében. A görbék a három különböző tervezési szcenárió esetén a következőképpen alakultak: (55. ábra - 57. ábra)



55. ábra 600 kg TNT-re méretezett épület közelítő törékenységi görbéje



56. ábra 1200 kg TNT-re méretezett épület közelítő törékenységi görbéje



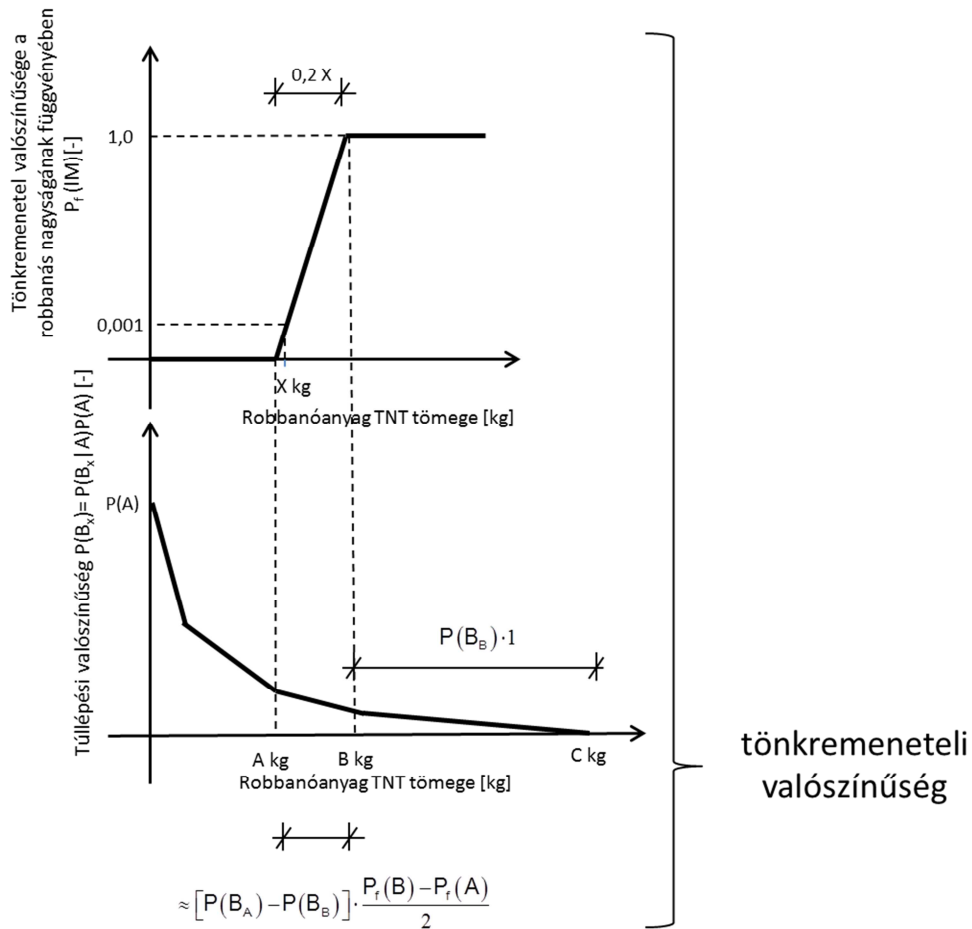
57. ábra 1800 kg TNT-re méretezett épület közelítő törékenységi görbéje

7.2. Tönkremereteli valószínűség

A szerkezet törékenységi görbéjének és a robbanóanyag-mennyiségek túllépési valószínűségével a szerkezet tönkremereteli valószínűsége már számítható.

A tönkremereteli valószínűség számításának menetét az 58. ábra szemlélteti. Alapvetően a bombatámadások nagyságának sűrűségfüggvényét szükséges a törékenységi görbével összeintegrálni. Azonban jelen esetben csak egy közelítő túllépési valószínűség függvény áll rendelkezésre, melyből – az adatok kis száma miatt – nem érdemes közelítő sűrűségfüggvényt generálni. A túllépési valószínűség függvénye lényegében egy fordított eloszlásfüggvénynek felel meg, és az 58. ábra szerinti esetben azt mutatja meg, hogy mekkora annak a valószínűsége, hogy egy adott robbanóanyag-mennyiségnél nagyobb autóbomba-támadást hajtanak végre az adott épületre. Tehát a függvény már tartalmazza az autóbombák bekövetkezési valószínűségét is. Az egész számítás adott időtávra (pl. 1 vagy 50 évre) történik.

A számítás során azzal a feltételezéssel élünk, hogy azon a rövid szakaszon, ahol a szerkezet tönkremereteli valószínűsége és a TNT tömeg között lineáris összefüggés van, a robbanóanyag-mennyiségek eloszlása egyenletes – vagy legalábbis szimmetrikus – így a két görbe összeintegrálása során a TNT nagyság sűrűségfüggvényének függvény alatti területe a szakasz felezőpontjában lévő ordinátával, azaz 0,5-tel szorzandó. Az adott szakaszon a sűrűségfüggvény függvény alatti területe a túllépési valószínűség függvény ordinátáiból számítható $[P(B_A)-P(B_B)]$. Ehhez a szorzathoz még hozzáadódik a sűrűségfüggvény függvény alatti területének a biztos tönkremeretel szakaszán lévő része $[P(B_B)]$.



58. ábra Tönkremeneteli valószínűség számítása

A három különböző robbanóanyag-mennyiség túllépési valószínűségének számításával a három különböző scenárióra méretezett épület tönkremeneteli valószínűségét 1 illetve 50 éves időtávra a 34. táblázat ismerteti.

Szenárió (méretezett szerkezet)	Túllépési valószínűség (ha támadás) $P(B_x A)$	Tönkremeneteli valószínűség 1 év alatt P_{f1}	Tönkremeneteli valószínűség 50 év alatt P_{f50}	Megbízhatósági index (50 évhez tartozó) β^*
600 kg	13,91%	1,18E-04	5,78E-03	2,53
1200 kg	2,61%	1,97E-05	9,63E-04	3,10
1800 kg	1,74%	1,18E-05	5,78E-04	3,25

34. táblázat Túllépési valószínűségek a mintapéldában vizsgált robbanóanyag-mennyiségek esetén

* ahol: $\beta = -\phi^{-1}(P_{f50})$

7.3. Értékelés

7.3.1. Elért biztonsági szint

Az Eurocode nem kiemelt magasépítési szerkezetek esetén 50 éves időtartamra hagyományos terhekre a tönkremeneteli valószínűség maximumát $1/r = 10^{-4}$ -ben határozza meg. A 34. táblázat jól mutatja, hogy ennek a követelménynek még az 1800 kg TNT-nek megfelelő tömegre való méretezés

sem biztos, hogy elegendő. Ezek az eredmények remekül szemléltetik, hogy a terrortámadásból származó teher bizonyos körülmények és bizonyos funkciójú épületek esetén mértékadó lehet. Kihangsúlyozom, hogy az eredmények egyszerű irodaépületek vizsgálatából adódtak, nem kiemelt funkciójú épületekből, ezáltal nyomatékosítom, hogy a szándékos robbantásból adódó teherrel nem csak kiemelt épületek esetén fontos foglalkozni.

Azonban szükséges megjegyezni, hogy e rendkívüli teherre valószínűleg csak képlékeny viselkedés megengedésével gazdaságos méretezni egy szerkezetet. Amennyiben eltekintünk a rugalmas méretezési elvtől, a törékenységi görbe változásával csökkenhet a szerkezet tönkremeneteli valószínűsége, ezáltal a biztonsági szint növekedhet. Továbbá megjegyzem, hogy kutatások szerint a – több szempontból hasonló jellegű – földrengési teherrel sem érik el a $P_f \leq 10^{-4}$ -es, azaz a $\beta \geq 3,72$ -es biztonsági szintet az Eurocode szabvány méretezési előírásai szerint számított épületek, hanem átlagosan egy $\beta = 2,2$ megbízhatósági indexű szintet mutatnak, amely körülbelül $P_f = 1,39 \times 10^{-2}$ tönkremeneteli valószínűségnek felel meg [31] [32]. Ennek a szintnek rugalmas méretezési elv alkalmazásával már a 600 kg TNT-re méretezett szerkezet is megfelel.

7.3.2. Költségek és haszon

A három épület közül az 1200 kg-ra méretezett szerkezetet vettem viszonyítási alapnak, relatív értékek esetén az jelenti a 100 %-ot. A különböző scenáriókra méretezett szerkezet relatív paramétereit a 35. táblázat ismerteti.

Szenárió (méretezett szerkezett)	Teljes szerkezet tömege [t] relatív!	Tönkremeneteli valószínűség 1 év alatt P_{f1} relatív!	Tönkremeneteli valószínűség 50 év alatt P_{f50} relatív!
600 kg	89%	600%	600%
1200 kg	100%	100%	100%
1800 kg	112%	60%	60%

35. táblázat A három különböző scenárióra méretezett épület főbb paramétereinek viszonya

A szerkezet építési költségének a teljes tömeg jó mérőszáma, mert mutatja a szükséges acélfelhasználást. Eszerint azt mondhatjuk, hogy ha az 1200 kg TNT-re méretezéshez, mint viszonyítási alaphoz képest, a költségeket 10 %-kal megnöveljük, a tönkremeneteli valószínűség csupán 40 %-kal csökken. Azonban ha 10%-kal csökkentjük az építési költséget, az épület adott teherre vett tönkremeneteli valószínűsége 50 éves időtávon akár hatszorosára is növekedhet, ennek egyik oka az 1 tonna körüli bombanagyságok nagy relatív gyakorisága. Kiemelném, hogy jelen esetben nem vettem figyelembe a védett terület kialakításával járó többletköltséget, amely esetén a telek méretének növelésén túl az elhatároló szerkezetek illetve az aktív védelmi rendszerek költségeivel is számolni kell, amely önmagában igencsak jelentős lehet.

Az eredmények tehát összességében remekül illusztrálják, hogy egy szerkezet e különleges teherre történő megerősítése igen számottevő többletköltséggel járhat. Azonban nem szabad arról megfeledkezni, hogy a kockázat, valamint egy esetleges támadásból keletkező hatás rendkívüli módon mérsékelhető megfelelő építészeti és helyszínrajzi kialakítással. [1]

7.3.3. Ajánlott tervezési értékek adaptálhatósága

Vizsgáltam továbbá, hogyan változik a tönkremeneteli valószínűség, ha az épületet az amerikai szabványokban előírt TNT tömegekre méretezem (36. táblázat). A számítások során az 54. ábra szerinti törékenységi görbét feltételeztem.

Fenyegetettségi szint	UFC 4-020-01 szerinti ajánlott tervezési érték	Túllépési valószínűség (ha támadás) $P(B_x A)$	Tönkremeneteli valószínűség 1 év alatt $P(B_x)_1$	Tönkremeneteli valószínűség 50 év alatt $P(B_x)_{50}$	Megbízhatósági index (50 évhez tartozó) β
Speciális	9000 kg	0	0,00E+00	0,00E+00	-
komoly	2000 kg	0,01	7,88E-06	3,85E-04	3,36
magas	500 kg	0,15	1,30E-04	6,36E-03	2,49
fokozott	250 kg	0,25	2,09E-04	1,02E-02	2,32
mérsékelt	100 kg	0,41	3,62E-04	1,77E-02	2,10
alacsony	25 kg	0,76	6,74E-04	3,29E-02	1,84

36. táblázat Amerikai szakirodalomban fellelhető határértékek **tönkremeneteli valószínűségei** az 1970-2001 intervallumi londoni adatok alapján, üzleti célpont és a határértékhez tartozó TNT tömegekre való méretezés esetén

A példaként vett épület a FEMA 426 szerint fokozott fenyegetettségi szintbe sorolható (7. táblázat - 22. oldal). Amennyiben a szerkezetet az UFC 4-020-01 szerint ehhez tartozó 250 kg-os támadásra méretezzük, akkor csak $1,02 \times 10^{-2}$ -os tönkremeneteli valószínűség érhető el, amely nem felel meg az Eurocode-ban előírtaknak. (Vizsgáltam a tönkremeneteli valószínűségek értékét arra az esetre is, amikor a szerkezet törékenységi görbéjének relatív szórása kb. 20 %, azonban ez csak az alacsony illetve a mérsékelt szint esetén okozott némi változást. Ennek oka, hogy a kevés adat miatt az eloszlásfüggvény sok helyen relatíve konstans.)

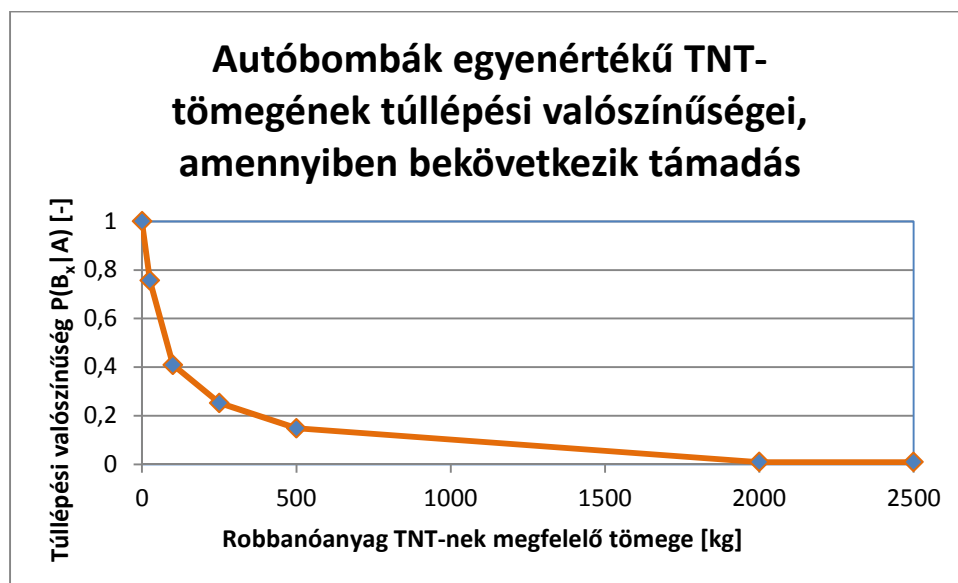
Azonban kérdéses, hogy ebből a magas tönkremeneteli valószínűségből milyen következtetést érdemes levonni. Vajon az a helyes lépés, hogy a szabványrendszer által megkövetelt biztonsági szint elérése érdekében az adaptációkor emelni kell a fenyegetettségi szinthez tartozó tervezési robbanóanyag-mennyiségeken, vagy e rendkívüli teher esetében elvárt tönkremeneteli valószínűség értékét kéne csökkenteni, ahogy az a kutatások [31] [32] szerint a földrengésteher esetén is történt?

8. Összefoglalás

Jelen dolgozat fő célja, hogy értékelje a tavalyi TDK munkámban [1] a külső szándékos indíttatású robbanásteherre javasolt méretezési eljárás adaptálhatóságát az Eurocode szabványrendszerébe. Ehhez kidolgoztam egy megbízhatósági modellt, amellyel elvégeztem egy londoni irodaépület megbízhatósági analízisét egy autóbombával mért támadásra nézve. Az eljárás során a GTD adatait használtam fel.

8.1. Eredmények

A kidolgozott modellemben a hatás oldal számítása két részből állt. Először meghatároztam egy adott robbanóanyag mennyiségének túllépési valószínűségét abban az esetben, ha bekövetkezik támadás. Ennek eredményét az 59. ábra szemlélteti.



59. ábra Autóbombák nagyságának egyenértékű TNT-tömeg túllépési valószínűségei, amennyiben bekövetkezik támadás, rekordszám: 115

A második részben egy támadás bekövetkezési valószínűségét számítottam. Ezt egy átlagos londoni irodaépület mintáján szemléltettem az 1970-2001-es londoni, üzleti célpontú adatok felhasználásával. Az adattartomány szűkítésére azért volt szükség, hogy az esemény bekövetkezési valószínűségének állandónak feltételezése megalapozott legyen. A rekordok vizsgálatával a következőkre jutottam:

A bombatámadások évenkénti gyakorisága exponenciális eloszlást követ.

Amennyiben a támadások darabszámát nem évenként, hanem hároméves intervallumokban vizsgáltam, mind az alkalmazandó eloszlás, mind a végeredmény lényegében megegyezett az évenkénti elemzés eredményeivel. Ez erősítette az alkalmazott modell helyességét.

Foglalkoztam továbbá egy erősebb védelmi szintnek, valamint egy erősebb fenyegetettségi szintnek megfelelő fiktív esettel. Ekkor a támadások éves darabszámát módosítottam szorzótényezővel. A támadás bekövetkezésének valószínűsége az évenkénti darabszámok felére redukálásával közel 50 %-kal csökkent, míg azok másfélszeresére növelésével majdnem 50 %-kal nőtt.

Ezek után az autóbombák túllépési valószínűségeinek, illetve azok bekövetkezési valószínűségeinek együttes értékelésével kiszámítottam az autóbomba-támadások abszolút túllépési valószínűségét egy-, illetve ötvenéves időtávra az amerikai szabványok ajánlott tervezési értékeihez (37. táblázat).

Fenyegetettségi szint	UFC 4-020-01 szerinti ajánlott tervezési érték	Túllépési valószínűség 1 év alatt $P(B_x)_1$	Túllépési valószínűség 50 év alatt $P(B_x)_{50}$
Speciális	9000 kg	0,00E+00	0,00E+00
komoly	2000 kg	9,06E-06	4,43E-04
magas	500 kg	1,36E-04	6,65E-03
fokozott	250 kg	2,27E-04	1,11E-02
mérsékelt	100 kg	3,72E-04	1,82E-02
alacsony	25 kg	6,89E-04	3,37E-02

37. táblázat Amerikai szakirodalomban fellelhető határértékek túllépési valószínűségei az 1970-2001 intervallumi londoni adatok alapján, üzleti célpont esetén

Majd tavalyi TDK dolgozatom eredményeit felhasználva felvettem egy négyszintes acélvázás irodaépület egyszerűsített törekenységi görbét különböző szerkezeti konfigurációkra, majd ezek segítségével meghatároztam az egyes szerkezeti kialakításokhoz tartozó tönkremeneteli valószínűségeket. Három kialakítást vizsgáltam, az első esetben az épület egy 600 kg TNT-nek megfelelő robbanásra lett rugalmasan méretezve, a másodikban 1200 kg-ra, míg a harmadikban 1800 kg TNT-nek megfelelő autóbomba támadásnak állt ellen. A vizsgálat főbb eredményeit a 38. táblázat foglalja össze.

Szenárió (méretezett szerkezet)	Teljes szerkezet tömege [t]	Tönkremeneteli valószínűség 50 év alatt P_{f50}	Megbízhatósági index (50 évhez tartozó) β
600 kg	164,4	5,78E-03	2,53
1200 kg	184,8	9,63E-04	3,10
1800 kg	206,6	5,78E-04	3,25

38. táblázat Főbb paraméterek a különböző szerkezeti kialakítások esetén

A szerkezet megbízhatósági indexe egyik esetben sem érte el az Eurocode által megkövetelt értéket.

A teljes szerkezet tömege – azaz a szükséges acélfelhasználás - mint az építési költség egy jó mérőszáma megmutatta, hogy az 1200 kg-os robbanásteherre méretezett épülethez képest a költségek 10 %-os növelésével mindössze 40 %-kal csökken az épület tönkremeneteli valószínűsége, azonban a költségek 10 %-os csökkentésével a tönkremeneteli valószínűség akár az hatszorosára is megnőhet. Ez utóbbi oka az 1 tonna környéki robbanóanyag-mennyiségek nagy előfordulási aránya.

Az eredmények összességében jól mutatták egy esetleges terrortámadásra való méretezéssel járó többletköltséget, ezáltal felhívták a figyelmet a hatás mérséklésének, azaz a megfelelő építészeti kialakítás alkalmazásának fontosságára.

Végül vizsgáltam milyen biztonsági szint érhető el az amerikai szabványokban fellelhető ajánlott méretezési robbanóanyag-mennyiségek figyelembe vételével. A szóban forgó épületet a FEMA 426 alapján a fokozott fenyegetettség szintbe soroltam, így az UFC 4-020-01 szabvány előírásai szerint autóbomba esetén egy 250 kg-os robbanással szükséges számolni. Ezzel azonban csak $1,02 \times 10^{-2}$ -es tönkremeneteli valószínűség érhető el, amely nem felel meg az Eurocode által megkövetelt biztonsági szintnek.

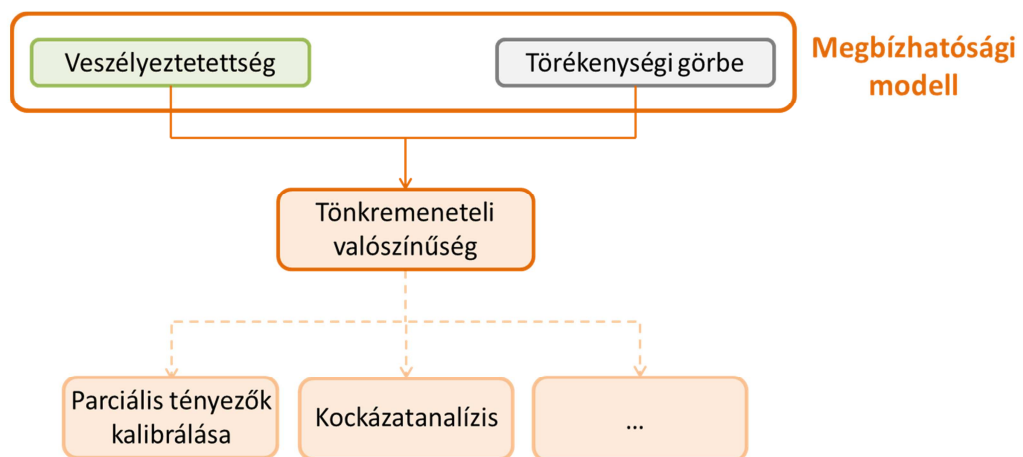
Az eredmény felveti a kérdést, hogy vajon a megoldás a fenyegetettség szintekhez tartozó tervezési robbanóanyag-mennyiségek növelése, vagy csökkenteni kell az erre a rendkívüli teherre elvárt megbízhatósági indexet? Előbbi döntés esetén a szabvány potenciálisan túllontúl robusztus és gazdaságtalan épületekhez vezethet, utóbbi döntés kapcsán pedig felhívnom a figyelmet arra, hogy kutatások alapján [31] [32] a jelenleg hatályban lévő földrengési hatásra alkalmazandó méretezési eljárás sem biztosítja a szabvány által megkívánt $\beta=3,8$ -as megbízhatósági indexet.

8.2. Kritikák

Bár a számítás menete korrekt és kidolgozott, a dolgozat keretén belül néhány lépés elnagyolt, ezek mindenképp pontosításra szorulnak a későbbiekben. Ilyen például az egyes múltbéli támadások robbanószerkezeteinek TNT egyenértékű tömeggé konvertálása, amelyhez mindenképpen szakértő bevonására lenne szükség. Hasonlóan elnagyolt a megoldás során az épület törékenységi görbéjének számítása, így az is még feltétlenül pontosításra szorul. Ezen kívül kiemelném, hogy az általam vizsgált szituációhoz, azaz a londoni üzleti célpontú támadások esetére még viszonylag elégséges adat állt rendelkezésre, más vizsgálat esetén az eljárás lefolytatása nagyobb nehézségeket okozhat.

8.3. Továbblépési lehetőségek

A továbblépési lehetőségeket az 60. ábra szemlélteti.



60. ábra Továbblépési lehetőségek

Fontos továbblépési lehetőség a tönkremeneteli valószínűségek és bizonytalanságok mérlegelésével az előző évi TDK munkámban bemutatott adaptációra szánt méretezési eljárás parciális biztonsági tényezőinek kalibrálása. Ezen kívül a hatás oldal valószínűségi modelljének felhasználásával már bármely szerkezetre vagy szerkezeti részre lefolytatható teljes kockázatanalízis, amellyel meghatározható a gazdaságilag optimális kialakítás. Ezen felül amennyiben az eljárást lefolytatásra kerül különféle fenyegetettség szintű földrajzi terület és célpont kombinációkra, a terrortámadásra történő méretezés az Eurocode-dal konform módon szabványosítható.

8.4. Adaptációra vonatkozó javaslatom

Bár nem foglalnék állást abban a kérdésben, hogy érdemes-e csökkenteni e speciális teherre az elvárt biztonsági szintet, a szabványosítás formájára van javaslatom. Véleményem szerint – az amerikai példával ellentétben – célravezetőbb lenne a különböző fenyegetettségi szintekhez figyelembeveendő TNT tömegek helyett a bombatámadások évenkénti eloszlását megadni. Ehhez tartozna egy célpont- és nemzetfüggetlen feltételes túllépési valószínűség, tehát egy, a 59. ábra (76. oldal) szerinti függvény. Ezáltal, bár a számítás menete egy lépéssel hosszabb lenne, a befektetőnek és a tervezőnek lehetősége lenne kockázatanalízis elvégzésére, ezáltal az optimális kialakítás felkutatására. Természetesen ettől még tartozna e rendkívüli teherhez egy elvárt minimális biztonsági szint is.

9. Irodalomjegyzék

- [1] Fischer AR. *Épületek külső robbanásteherre történő méretezése az Eurocode alapján*. TDK dolgozat. BME Építőmérnöki Kar. 2012. október.
- [2] UFC 4-020-01. *DoD Security Engineering Facilities Planning Manual*. 2008.
- [3] National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START). *Global Terrorism Database [Data file]*. Retrieved from <http://www.start.umd.edu/gtd> 2012.
- [4] National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START). *Global Terrorism Database. Codebook: Inclusion Criteria and Variables*. 2012. október.
- [5] National Counterterrorism Center. *2011 Report on Terrorism*. Washington DC, USA. 2012. március.
- [6] Terrorism Act 2000. Her Majesty's Stationery Office. Egyesült Királyság. 2000. július.
http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2000/11/pdfs/ukpga_20000011_en.pdf
- [7] FEMA 426. *Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. Risk Management Series. 2003.
- [8] Schmidt JA. *Establishing Risk-Based Security Criteria for Structural Design*. 2006.
- [9] Coles S. *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer. Bristol, UK. 2001.
- [10] Stewart MG, Netherton MD, Security risks and probabilistic risk assessment of glazing subject to explosive blast loading. *Reliability Engineering & System Safety*. Vol 4. Issue 4. pp. 627-638. Allaghan, Australia. 2008. április.
- [11] Stewart MG, Netherton MD, Shi Y, Grant M, Mueller J. Probabilistic terrorism risk assessment and risk acceptability for infrastructure protection. *Australian Journal of Structural Engineering*. Vol 13. No 1. pp.1-18. 2012.
<http://www.nctc.gov/site/technical/tnt.html>
- [12] <http://www.nctc.gov/site/technical/tnt.html>
- [13] Román Zs. *Épületen kívüli robbanások modellezése és vázas épület esetén való alkalmazása*. Diplomamunka. BME-ZMNE. 2009.
- [14] Ledgard J. *A Soldier Handbook Volume 1: Explosives Operations*. A comprehensive formulation and compilation of Explosives sciences and US military training manuals for basic soldiers skills. Department of the Army. USA. 2007. június.
- [15] Swisdak MM. Jr. *TNT Equivalence of Selected U. S. Army Gun Propellants*. Report. Naval Surface Center, Indian Head Division. Silver Spring, Maryland, USA. 1994. augusztus.
- [16] Cooper PW. Comments on TNT Equivalence. 20th International Pyrotechnics Seminar. Colorado Springs, Colorado, USA. 1994. július.
- [17] Kabongo KK. Low-density ammonium nitrate fuel oil to improve gold recovery. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. January/February. 1995.
<http://www.iescylinders.com/compressed-gas-cylinders.html>
- [18] <http://www.iescylinders.com/compressed-gas-cylinders.html>
- [19] http://www.genevacall.org/resources/training-materials/f-training-materials/Web%20Global/LNDMS_kit.pdf
- [20] <http://www.austinpowder.com/BlastersGuide/docs/pib/Dynamite%20Series.pdf>
- [21] http://www.ehow.com/facts_7202388_msds-lithium-nitrate-density.html
- [22] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/mortars.htm>
- [23] <http://www.buildingsdata.eu/>
- [24] Telesca L, Lovallo M. Are global terrorist attacks time-correlated? *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Instituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale. Tito, Olaszország. 2005.

- [25] Ward EJ. A review and comparison of four commonly used Bayesian and maximum likelihood model selection. *Ecological Modelling* Vol. 211. Issues 1-2. pp. 1-10. 2008. február.
- [26] Akaike H. A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transaction on Automatic Control*. Vol. AC-19, No. 6. pp 716-723. 1974. december.
- [27] Lukács O. *Matematikai statisztika*. Műszaki kiadó. 2006.
- [28] Office for National Statistics. *UK Business: Activity, Size and Location – 2013*. 2013.október.
- [29] Instant Offices. *UK Serviced Office Review 2012*. London, Egyesült Királyság. 2012.
- [30] Bloomerg MR, Frankel DM. *The New York City Property Tax FY 2012*. Annual Report. The City of New York, Department of Finance, Office of Tax Policy. New York, NY, USA. 2012. július.
- [31] Zsarnóczy Á. *Experimental and Numerical Investigation of Buckling Restrained Braced Frames for Eurocode Conform Design Procedure Development*. PhD disszertáció. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. 2013. (beadás alatt)
- [32] Somogyi G. *Többszintes épületek megbízhatósági analízise szeizmikus hatásokra*. MSc Diplomamunka. BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. 2013.