

Pető Richárd

okleveles biztonságtechnikai szakmérnök

E-mail cím: petorichard.mk@gmail.com

ÜVEGEZETT FELÜLETEK ROBBANÁS ELLENI VÉDELME

Absztrakt

A bűnözés és a terrorizmus a társadalom egyik jelenlévő veszélyforrása. A XXI. század magas szintű szaktudást és tapasztalatot követel meg a tervezőktől a dizájnos, futurisztikus és ugyanakkor élet és vagyonvédelem szempontjából biztonságos épületek, épület komplexumok megtervezése terén. A cikk az épületek üvegezett felületeinek védelmi lehetőségeivel foglalkozik a különféle szűrő, vágó, robbanó támadó eszközökkel és egyéb fizikai behatásokkal szemben. Célja, az olvasó megismertetése az üvegezett felületek védelmének lehetőségeivel.

Crime and terrorism threats are part of the present society. The 21st Century requires high level of expertise and experience from designers at the same time in the field of security – safety engineering and designing of futuristic constructions. This article discusses the possibilities of defending the glazed surfaces of buildings against the various smart, cutting, explosive attacker tools and other physical shocks.

The main aim of this periodical is giving an introduction about glazed surfaces of protection options.

Kulcsszavak: biztonsági üveg; biztonsági fólia; robbanásálló függöny; rácsmegegerősítés; lövedék-robbanás védelem, vagyon-egészség védelem; lövedékálló üveg;

safety and security glass; laminated glass; blast curtain; glazing catch cable; blast protection

1. ELŐFORDULÓ VESZÉLYFORRÁSOK

A biztonságtechnikával foglalkozó szakemberek munkájának nélkülözhetetlen feltétele a veszélyforrások ismerete - korai felismerése valamint a veszélyforrások elleni védekezés lehetőségeinek megtervezése és szervezése. A médiában, ha nem is naponta, de legalább hetente egy vagy két hírt hallhatunk rablásról, gyilkosságról. A robbantásos fenyegetések is gyakoriak, hol iskolákat, hol pedig nagyobb bevásárló központokat kell kiüríteni. A fenyegetéseken túl az idei év januárjában Budapesten egy zuglói ház kerítése mellett

kézigránátot robbantottak fel. Szintén januárban egy házi készítésű pokolgép robbant fel egy informatikai cégnél dolgozó személy gépkocsija alatt. Szerencsére személysérülés egyik esetben sem történt. Ezekből a példákból is láthatjuk, hogy az effajta merényletek sajnos egészen a tettelegességig fajulnak.[13][14]

A következőkben néhány veszélyforrás típusról lesz szó.

1.1 Vandalizmus, rablás, fosztogatás

A hétköznapi életben már jól ismert az elkövetői kör: rablók, bűnözők valamint azok a személyek tartoznak ebbe a kategóriába, akik „hobbiból” - olykor céltalan pusztítási szándékkal tesznek tönkre és okoznak vagyoni károkat mások tulajdonában.

Az effajta magatartásformák ellen védeni kell például a bankokat, a nagy értéket tároló aranyékszer üzleteket, a luxusautó - motorszalonokat, a múzeumokat, a kincstárakat...

1.2 Ipari veszélyek

Az ipari létesítmények többségét is el kell látni robbanás elleni védelemmel, ugyanis minden éghető anyag pora robbanásveszélyes (van olyan anyag is, amelynek pora nem éghető, de egyéb energiaközlés révén robbanóképessé válik). A következőkben csak kettőt szeretnék kiemelni a sok közül, ilyen például a gyógyszeripar és a faipar létesítményei.

1.3 Terrorveszély

Kritikus infrastruktúra

A veszélyesség szempontjából kiemelt épületeket, intézményeket az úgynevezett kritikus infrastruktúra csoportjába soroljuk, melyek az adott ország biztonságos, gördülékeny működése szempontjából kiemelt fontosságúak.

A kritikus infrastruktúrájába tartozó objektumok például:

- az áramellátó központok;
- a földgáz elosztó központok;
- a telekommunikációs hálózatok;
- a vízellátó rendszerek;
- az egészségügyi intézmények.

Ezért ezeket az objektumokat fenyegetettségi szintjük csökkentését illetve „megszüntetését” biztosító védelmi eszközökkel kötelező ellátni.

2. ROBBANÁS ÉS DETONÁCIÓ HATÁSA

Mielőtt a robbanás elleni védekezés lehetőségeit sorra venném, néhány szót kell, hogy ejtsek a robbanás hatásairól.

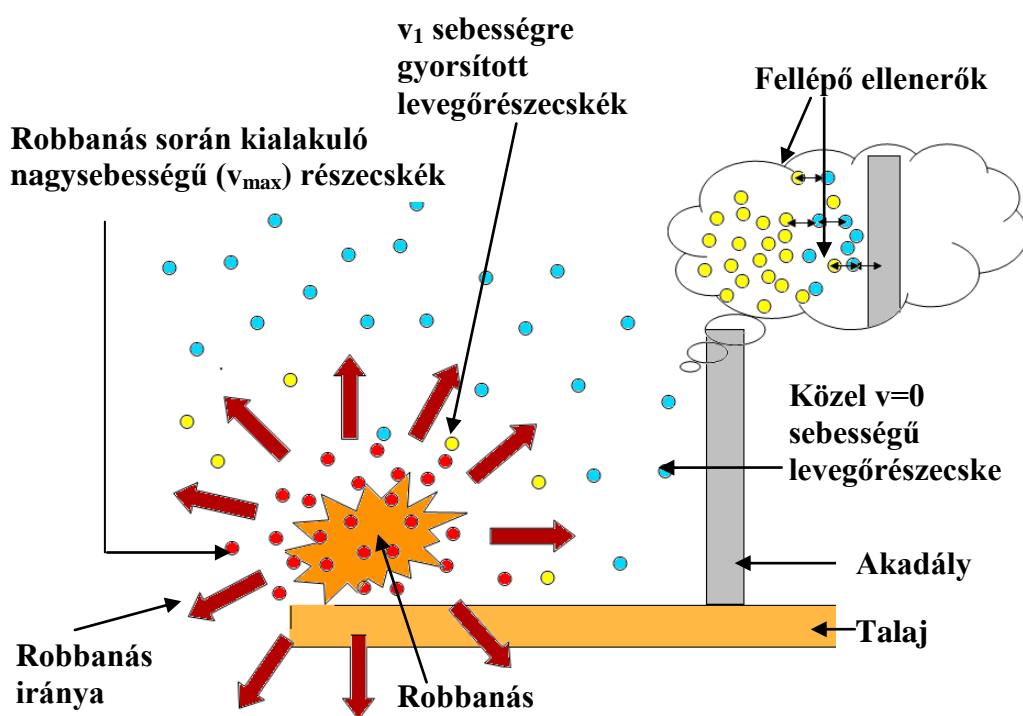
2.1 A robbanás hatása a környezetre

A robbanás során felszabaduló nyomás az atmoszférikus nyomás (megközelítőleg 101kPa) értéke feletti nyomás fokozódását okozza. Minden robbanás lökéshullámot generál (amit angolul „incident pressure”-nek neveznek). [1]

A hirtelen keletkező nagynyomású gáz feltorlaszolja a környezetében lévő levegőt, mely tehetetlenségénél fogva ellenáll. Abban a pillanatban, amikor a detonáció befejeződött - de még mielőtt a magas gáznyomás hatására a környezetben lévő levegő mozgásba jönne - a határretegek találkozásánál a nyomás százezres (Pa) nagyságrendű.

A kompresszió következtében létrejövő lökéshullám terjedési sebessége a légkörben jóval nagyobb, mint a hanghullám sebessége. Lökéshullám terjedésekor anyagáramlás is keletkezik, melynek sebessége a csúcshullám mértékétől függ (minél nagyobb a sebesség annál nagyobb a csúcshullám).

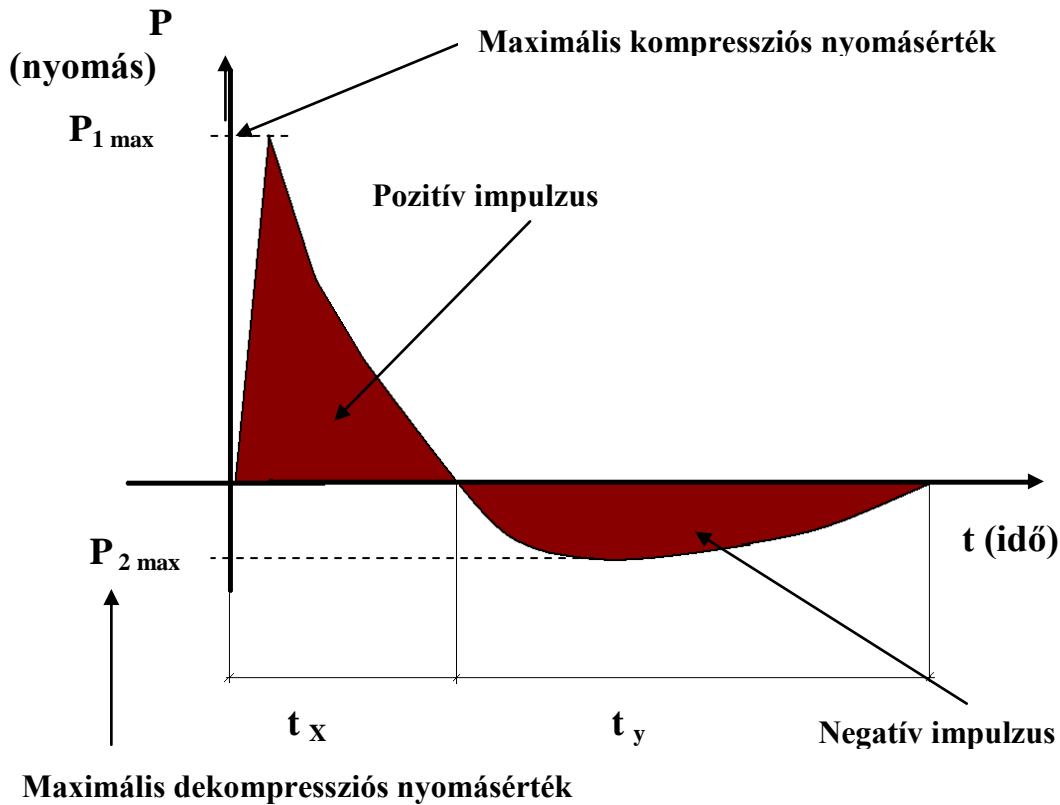
Kompresszió során az anyagáramlás iránya megegyezik a hullámterjedés irányával. A lökéshullám terjedése során sebessége egészen a hanghullám terjedési sebességéig (330m/s-ig) csökken. A csökkenés a robbanás középpontjától távolodva nem lineárisan változik. Mértékét a lökéshullám-front csúcshullám mértéke határozza meg, mert ugyanazon a távolságon a nagyobb csúcshullámú légnyomás gyorsabban csökken.



2.1.ábra: Nyomás kialakulása és terjedése a levegő rétegek között¹

Amikor a hullám akadályokkal találkozik, például épület falazatával vagy üvegezett felületével, egy bizonyos ideig az akadály felületén maximális vagy másképpen csúcshullám (angolul: „peak pressure” vagy „reflected pressure”) értéket vesz fel, mely akár a kialakult lökéshullám nyomásértékének a kétszerese is lehet.

¹ Forrás: a szerző saját készítésű ábrája



2.2.Ábra: Detonáció nyomásfázisai²

Egy bizonyos „t (x)” idő eltelte után, ez a folyamat átvág ellentétes irányba, azaz dekompresszió (szívóhatás) alakul ki. A dekompressziós folyamat a kompresszió során nagy hőmérsékletűre növekedett gázok gyors lehűlése következtében alakul ki. Ennek időtartama „t (y)” hosszabb, mint a kompressziós időtartam, nyomása körülbelül a kompressziós nyomás 1/3-ával megegyező nagyságú. A dekompresszió az atmoszférikus nyomás eléréséig csökken, ahol az anyagáramlás iránya a hullám terjedési irányával ellentétes.

3. ÜVEGEZETT FELÜLETEK VÉDELME

Épületek egyik leggyengébb pontjai az üveges felületek, melyek már kisebb légnyomás emelkedéstől vagy robbanás okozta rezgéstől is betörhetnek, a robbanás helyszíne és az üveg között akár több kilométer is lehet.

Az üveg szétrobbanásában a kialakuló hegyes és éles üvegtörmelékek – más néven másodlagos vagy szekunder repeszek - jelentenek veszélyt az alattuk vagy közvetlen közelükben elhelyezkedőkre. Nagy magasságból leeső kisméretű üvegszilánk (melyet a gravitációs erő felgyorsít) is tud komoly sérült okozni. A következő két ábrán két olyan kritikus infrastruktúra is látható, melynek felületének túlnyomó része üvegezett.

² Forrás: a szerző saját készítésű ábrája

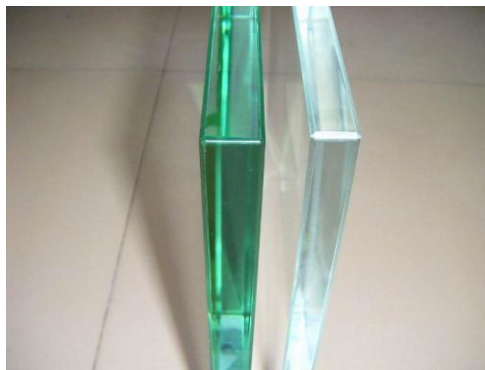


3.1 Kép: Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér Irányító központ³



3.2 Kép: Budapest IX. kerület Mester utcai irodaház⁴

3.1 Edzett biztonsági üvegek (ESG)



3.1.1 kép: Edzett biztonsági üvegek⁵

A normál üvegekhez képest az edzett üvegek egy nagy hőmérsékletű (600-700 °C-os) hőkezelésen keresztül mennek át, ami megváltoztatja az üveg fizikai tulajdonságait. A megváltozott fizikai tulajdonságnak köszönhetően nagymértékben megnövekszik a lökés és ütésállóságuk, továbbá képesek ellenállni a nagymértékű hőmérsékletváltozásoknak.

³ Forrás: a szerző saját készítésű képe

⁴ Forrás: a szerző saját készítésű képe

⁵ Forrás: http://www.uveg3d.hu/edzett/edzett_uveg4.jpg ; Letöltés: 2012-04-22



3.1.2 kép: Edzett üvegből készített lépcső és akvárium⁶

Az üvegek összetörését munkavédelmi szempontból tekintve az edzett üvegek szilánkjai a normál üveg éles, hegyes szilánkjaihoz képest jóval tompábbak, ezért kisebb sérülés okozására képesek.



3.1.3 kép: Edzett üveg szilánkja⁷



3.1.4 kép: Normál üveg szilánkja⁸

Viszont nem nyújtanak teljes mértékben biztonságot a betörések, érték elleni támadások ellen, ezért külső ablak vagy ajtó használatuként nem ajánlják. ASF technológiával alkalmazva biztonsági szintjük tovább növelhető.

Felhasználásukat tekintve beltéri és kültéri alkalmazásra egyaránt megfelelőek, így például üvegtetőként, ablakként, lépcsőként, térelválasztó rendszerként használják. [10]

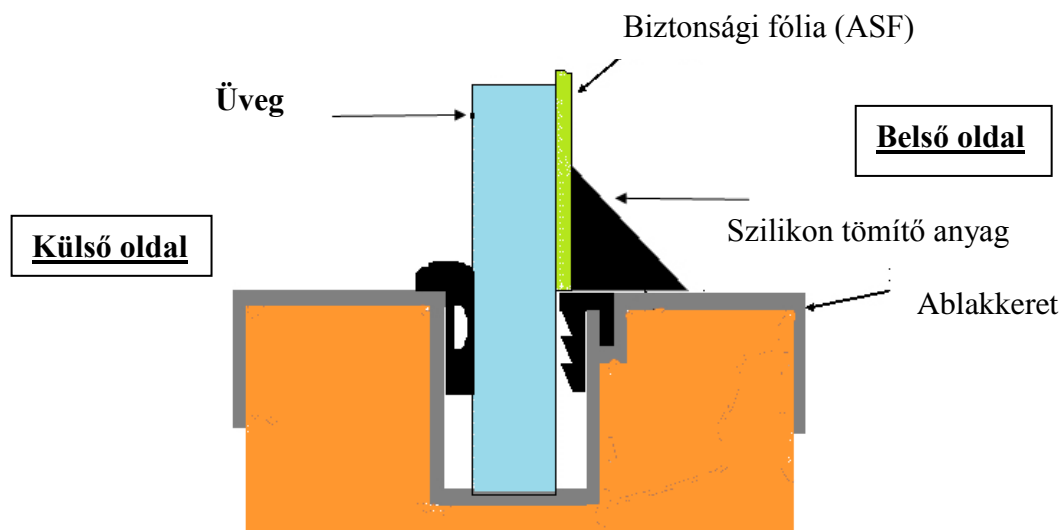
⁶ Forrás: http://kanapekiraly.hu/keptar_blog/24565.jpg ; Letöltés: 2012-04-22

⁷ Forrás: <http://www.njsp.org/divorg/invest/ofs/images/glass-fragments.jpg>
Letöltés: 2012.04.23

⁸ Forrás: http://www.aircrashsites-scotland.co.uk/Site/page_images/viscount_ben-more/ben-more-025-cu_28.jpg
Letöltés: 2012.04.23

3.2 Biztonsági fólia (Anti Shatter Film - ASF- ; Shatter Resistant Window Film- SRFW)

Az új építésű (tömegtartózkodásra alkalmas) létesítmények a régiekhez képest többségében hatalmas üvegfelületekkel rendelkeznek, hogy a kor esztétikai és egyéb igényeinek megfeleljenek. Ezzel a technológiával a normál üvegekhez képest nagyobb biztonság és közel azonos vagy jobb esztétikai összkép alakítható ki. [2,3]



3.2.1 ábra: Biztonsági fóliával ellátott üveg⁹

Az ablak belső és/vagy külső felének felületére (ablak típustól függően – egy illetve két külön kereten lévő dupla üvegezésű ablaknál ahol egymástól függően / függetlenül lehet kinyitni a szárnyakat) egy vagy több, (50, 100-normál, 175, 200, 275, 300-erősített, 375...) mikron vastagságú poliészter alapú védőfólia réteget visznek fel kötőanyag segítségével. A fólia (vagy fóliák) az ablak összetörésekor a keletkező szilánkokat összefogja és nem hagyja, hogy az egyébként éles törmelékek szétszóródjanak.

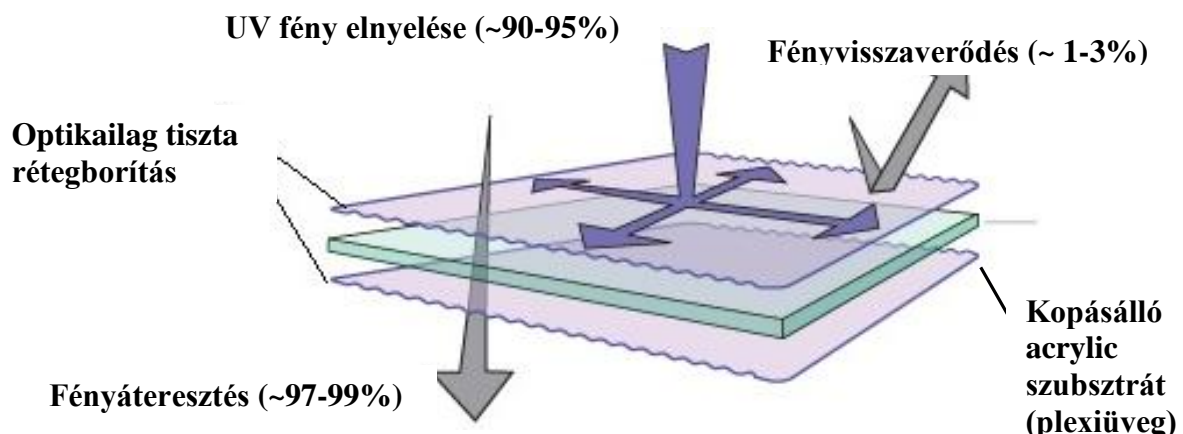
<u>Vastagság</u>	<u>Védelem</u>
100 mikron	„Szilánk- és betörésvédő fólia, gyermekek és az üvegfelületek közvetlen közelében dolgozók szilánkvédelmére, lakossági és közületi felhasználásra”
175 mikron	„Szilánk- és betörésvédő fólia, lakossági felhasználásra, alap kivitelben”
200 mikron	„Szilánk- és betörésvédő fólia, lakossági felhasználásra, erősített kivitelben”
275 mikron	„Szilánk- és betörésvédő fólia, közületi felhasználásra, pénzintézetek védelmére”
375 mikron	„Szilánk- és betörésvédő fólia, közületi felhasználásra, pénzintézetek védelmére”

3.2.2 táblázat: A védőfóliák és az általuk nyújtott biztonság összefüggései¹⁰

⁹ Forrás: http://www.paragonim.com/images/egde_retention.jpg ; Letöltés: 2012-04-18
(a szerző saját készítésű ábrája)

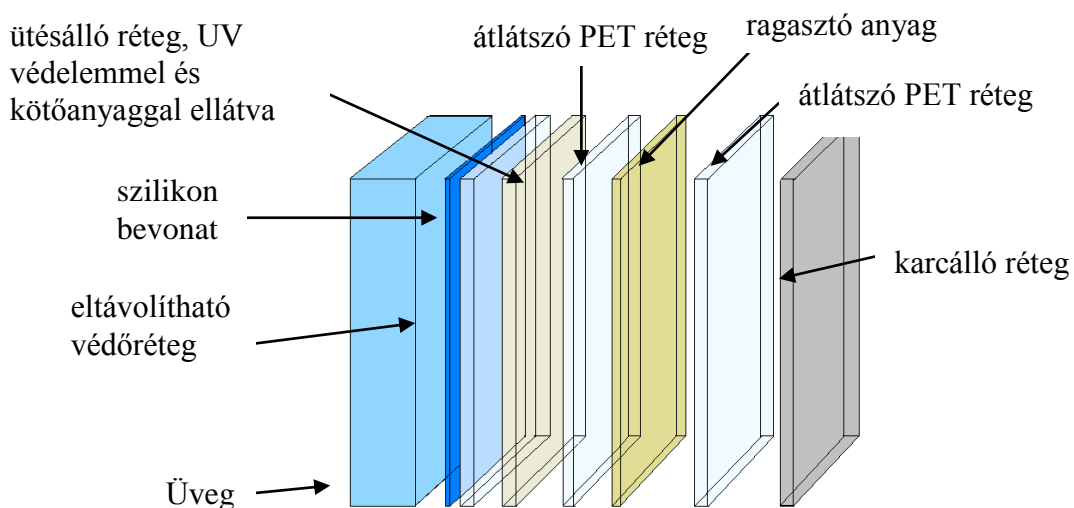
¹⁰ Forrás: http://thomyfolia.hu/ter004_1.html ; Letöltés: 2012.04.18.
(a szerző saját készítésű táblázata)

A fólia felvitele során az üvegfelületet a portól és egyéb szennyeződésektől meg kell tisztítani, hogy a felvitt fólia réteg(ek) és az üvegfelület között ne képződjenek hézagok, légbuborékok, tökéletesen feltapadjon a fólia az üveg felületére. Az ASF tiszta és színezett típusával találkozhatunk. A kettő közötti különbség az, hogy a tiszta kismértékben van hatással a normál átláthatóságra, a színezett pedig az épület hűtési és fűtési hatékonyságát, ezáltal annak költséghatékonyságát növeli. A legtöbb ASF-et úgy tervezték, hogy kiszűrje vagy legalábbis nagymértékben csökkentse a Nap által kibocsájtott káros UV sugárzás mértékét. Így a fólia mögött lévő értéktárgyak gyorsmértékű kifakulását megakadályozza, eredeti színüket tovább megőrzik. Alapvetően a fólia tulajdonságai határozzák meg a biztonsági üveg rugalmasságát, szilárdságát és további külső behatásokkal szembeni ellenálló képességét.[4,5]



3.2.3 ábra: Biztonsági fóliával ellátott üveg szerkezetének felépítése¹¹

A rétegszám követelményt az üvegfelület nagysága, veszélyeztetettség mértéke és a védelem során alkalmazott egyéb technológiák határozzák meg. Az ASF technológia megfelelő alkalmazásával közel a felére csökkenthető a biztonsági távolság.



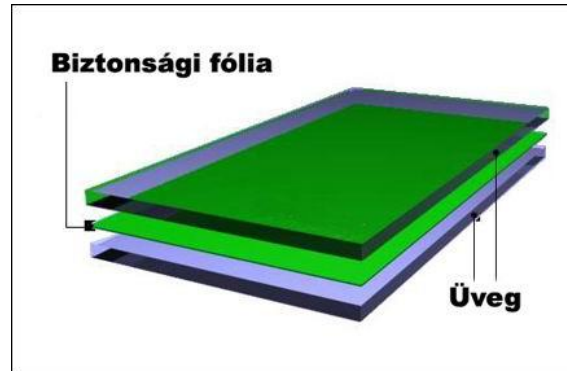
3.2.4 ábra: Biztonsági üveget felépítő fóliarétegek¹²

¹¹ Forrás: http://www.tru-vue.com/files/image/OA_white.jpg ; Letöltés: 2012-04-18
(Kiírt forrás alapján, a szerző saját fordítású ábrája)

¹² Forrás: a szerző saját készítésű ábrája

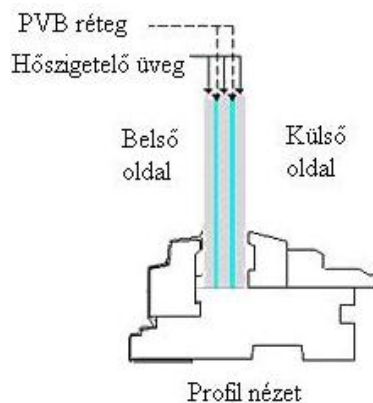
Az ASF technológiát nem lehet alkalmazni dombormintás, festett, egyéb tárggyal borított felületeken.

3.3 Többrétegű üveg (Laminated Glass)



3.3.1 ábra: Kétrétegű biztonsági üveg felépítése¹³

Biztonságosabb megoldást, magasabb védelmi szintet nyújt, mint az ASF és a BBNC. Új épületek vagy régiak ablakcseréje során alkalmazzák. Több réteg üvegből épül fel, ahol a köztes anyag, ragasztó PVB (polyvinyl butyral) gyanta, mely erőssé, átláthatóvá, hajlékonyá és edzetté teszi a nyílászárót. Mindemmellett költséghatékonysága miatt is előszeretettel alkalmazzák, hiszen jó hang, hőszigetelő és fényszűrő tulajdonságú. A 7,5mm legkisebb vastagságú minősített robbanásálló üveg, amiben a PVB vastagság mindössze 1,5mm. [1]



3.3.2 kép: Többrétegű üveg szerkezeti felépítése profil nézetből¹⁵



3.3.3 kép: Többrétegű laminált üveg¹⁴

Nagymértékben képes ellenállni a külső behatásoknak. Ha az üveg meg is reped vagy törik a közbenső réteg(ek) megakadályozza a szilánk kiválást. Különböző vastagságban és színezésben árulják. Igény szerint UV szűrő hatással is kiegészíthető, amely a Nap káros

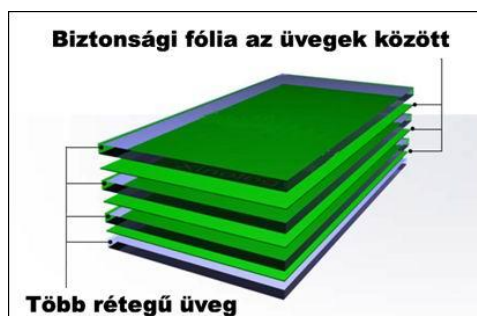
¹³ Forrás: http://www.autosec.hu/images/fotocellas-ajto/14_fotocellas-ajto_biztonsagi-ueveg-retegrend.jpg
Letöltés: 2012-04-18

¹⁴ Forrás: [1]

¹⁵ Forrás: [1]

sugarait jelentősen csökkenti vagy elhanyagolható mértékűre minimalizálja, ugyanakkor a látható fénytartományt átengedi.

A többretegű üveg hangelnyelő képességét úgy lehet növelni, hogy minél több rétegből szendvicsszerűen alakítjuk ki. Az üveg zajcsillapító hatásában a belső rétegeknek fontos szerepe van. Két üveg közé egy belső műanyag réteg (laminált réteg- speciális PVB réteg-) kerül, amely az üveg felületekre szorosan feltapad, szemrevételezve úgy tűnik, mintha egyrétegű, normál üveg lenne. Az alkalmazott hangtompító PVB réteg általában ~0,4 ;~ 0,8;~1,5 mm vastagságú. A belső réteg csillapító hatása nagyobb mértékben érvényesül a magasabb frekvenciákon, különösen az adott üveg rezonancia frekvenciája környékén.



3.3.4 ábra: Többretegű biztonsági üveg felépítése¹⁶

Üveg vastagság	Rezonancia frekvencia
1 / 8 inch (0,3cm)	4800 Hz
1 / 4 inch (0,6cm)	2400 Hz
1 / 2 inch (1,3cm)	1200 Hz

3.3.5 táblázat: Üveg vastagság és a rezonancia frekvencia összefüggése¹⁷

A táblázatból kiolvasható, hogy a vastagabb üvegnek alacsonyabb a rezonancia frekvenciája, mint a vékonyabbaknak. A rezonancia frekvencia közelében lévő frekvenciák könnyebben áthatolnak az üvegszerkezeten, mint a többi frekvencia. Ezt a jelenséget hatásegybeesésnek (coincidence effect) nevezik. [6,7]

A zaj csillapítást vagy áteresztő képességet akusztikai laboratóriumi körülmények között mérik úgy, hogy két egymás mellett fekvő terem között van egy átjáró. Az átjáró helyére illesztik be a tesztüveget. Az egyik szobából zajgenerátorral zajt generálva az ajtóra, sorra veszik a frekvenciákat 100 Hz-től egészen 4000Hz-ig. A másik szobában van egy zajszint érzékelő és elemző eszköz, melynek értékelése alapján határozzák meg az üveg áteresztő, illetve elnyelő képességét (Transmission Loss - TL).

A normál üvegekhez képest nagymértékű zajcsökkentő hatással bírnak a többretegű üvegek a 125-4000 Hz-es tartományban.

¹⁶ Forrás: http://www.autosec.hu/images/fotocellaz-ajto/18_fotocellaz-ajto_tobbretegu-ueveg.jpg ; 2012-04-18

¹⁷ Forrás: <http://www.sandv.com/downloads/0402lill.pdf> ; 2012.04.18

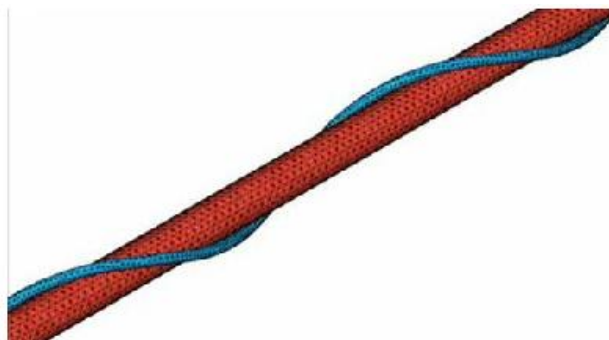
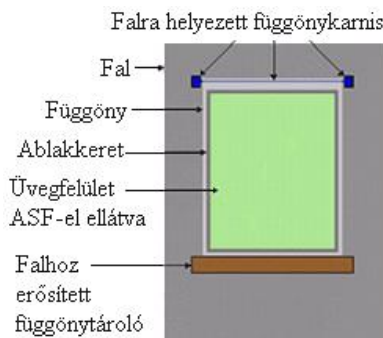
(Forrás alapján a szerző saját készítésű táblázata)

3.4 Robbanásálló függöny ((Bomb) Blast (Net) Curtain – BC;BBC;BBNC)



3.4.1 kép: Robbanásálló függöny¹⁸

Robbanás során a súlyos vagy egyébként halálos sérülést okozó üvegszilánkok, repeszek felfogására szolgál. A robbanási túlnyomást átengedi, majd az ablak, mint vészkijáratú nyílászáró fog funkcionálni. Telepítése részben hasonlít hétköznapi függönyökére, azonban a felső karnison kívül az ablak alatt helyet kap egy külön tároló, ami a nyugalmi állapotban lévő függöny többletet tárolja. A függöny mindössze 1-2mm vastag és könnyű anyagból készül. [1]



3.4.2 ábra: Falra helyezett robbanásálló függöny részegységei²⁰ 3.4.3 kép: Robbanásálló függöny szárfelépítése¹⁹

A függöny hatékonysága a hajlékony központi szálát körülvevő több merev szálban rejlik.

Amikor nyomás, terhelés alá helyezzük a szálakat, a külső merevebb szál megfeszül, kiegyenesedik és ezáltal a belső szálát összenyomja. A belső szál megnyúlik ugyan, de nem tud kitágulni. A megnyúlás során az apró lyukak, pórusok megnyílnak, amelyek elég kicsik ahhoz, hogy a törmelékeket felfogják, ugyanakkor képesek a robbanáskor fellépő erők csökkentésére úgy, hogy a függöny nem fog elszakadni.

A függöny anyaga 90 vagy 100-as anyagfinomságú, rugalmas, kis tömeggel rendelkező (~400g / m) dacron vagy terylene, amely nagy szakítószilárdságú (~ 500kN/m²) polyester. A függöny méretei az ablak szélességének kétszerese és hosszának másfélszerese.

A függöny ideális telepítési távolsága az ablaktól 50-100mm. Abban az esetben, ha távolabb telepítjük, akkor előfordulhat, hogy a keletkező üvegszilánkok a függönnyt megcsavarják és szálszerkezetét keresztülvágják. A függöny fennmaradó hossz többletét a

¹⁸ Forrás: [1]

¹⁹ Forrás: [1]

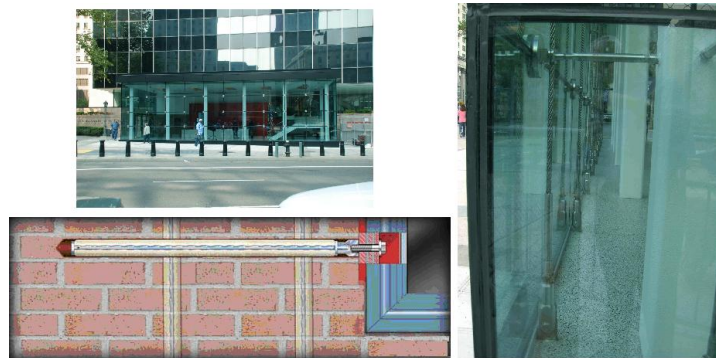
²⁰ Forrás: [1]

párkány szinten elhelyezett falhoz erősített függönytárolóban helyezik el. Robbanásálló függöny alkalmazását csak a biztonsági fóliával ellátott ablakokhoz javasolják.

A biztonsági fóliával ellátott ablak a lökéshullám sebességét néhány század milliméter után gyorsan redukálja, így a robbanásálló függöny az esetlegesen keletkező szilánkokat könnyedén felfogja.

Alapvetően olyan ablakoknál alkalmazzák, ahol az üveg fa ablakkeretbe van beágyazva, ahol a robbanás során az ablakkeretből éles és hegyes forgács, szálkák válnak ki.

3.5 Drótüveg, utómunkálatos rácsmegerősítés (Glazing Catch Cable / Bar Retrofit); Merev és hajlékony rácsrendszer (Rigid Catch Bar Systems and Flexible Catch Bar Systems)

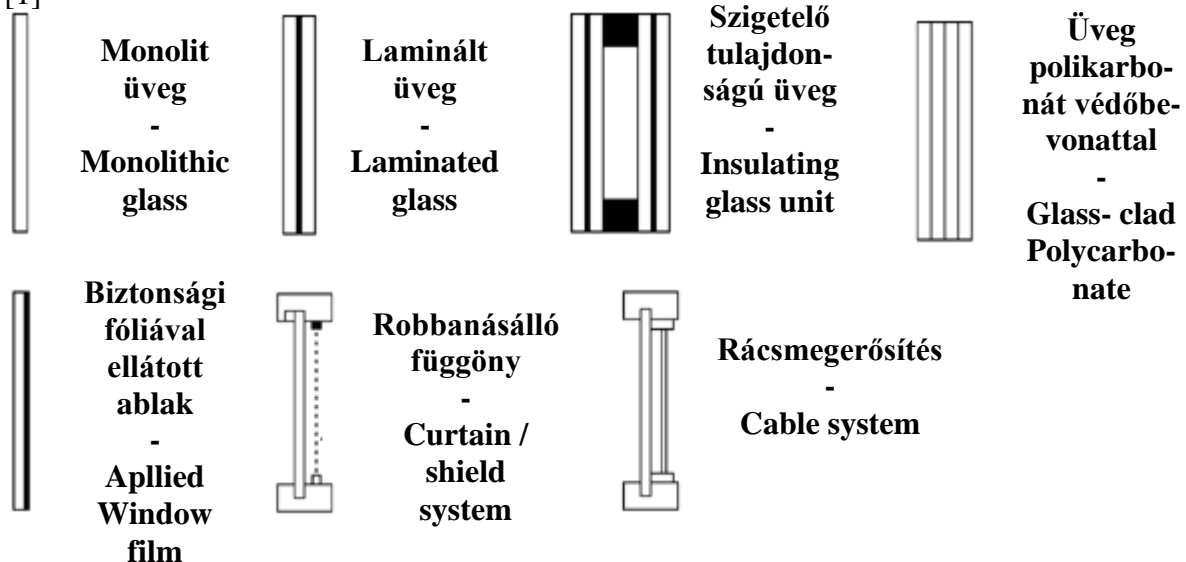


3.5.1 kép: Ablakkeret horgonnyal való falhoz rögzítése²²

3.5.2 kép: Ablak mögé kiépített rácshálózat²¹

Laminált üveg közelében lévő robbanáskor képes egyben kirepülni az üveg a megrongálódott ablakkeretből vagy azzal együtt. Azért, hogy ezt megakadályozzák, az ablak mögé rácshálózatot építenek ki, amely felfogja azt. További megoldásnak alkalmazzák még az ablakkeret horgonnyal való falhoz rögzítését illetve drótüvegezést, vagy ezek kombinációját.

[1]



3.5.3 ábra: Üvegezett felületek védelmének megoldási lehetőségei²³

²¹ Forrás: [1]

²² Forrás: [1]

4. BIZTONSÁGI ÜVEGEK SZABÁLYOZÁSA ÉS TESZTELÉSE

4.1 Szabványok

A MABISZ a biztonsági üvegeket a következő kategóriákba sorolja be:

- Dobásálló üveg, üvegszerkezet
- Áttörés biztos üveg
- Átlövésálló üveg, üvegszerkezet

A biztonsági fóliákkal szemben támasztott követelményeket az [9] alábbi szabványok tartalmazzák:

- Európai szabvány: EN 356
- Német szabvány: DIN 52337, 52290
- Angol szabvány: BS 6210 A,B,C
- MABISZ tanúsítvány: 4873-10-3/20110616.

4.2 Robbanásálló üvegek tesztelése

Tesztelés végeredményeként a következő adatokat szokták megadni:

- Tesztelt eszköz neve, típusa
- Tesztelt eszköz szabvány szerinti besorolása, megfelelőségi- minősítési bizonyítványa
- Tesztesszközre kifejtett maximális nyomásérték [psi / kPa]
- Tesztesszközre kifejtett lökéshullám impulzusa [psi m-sec / kPa m-sec]

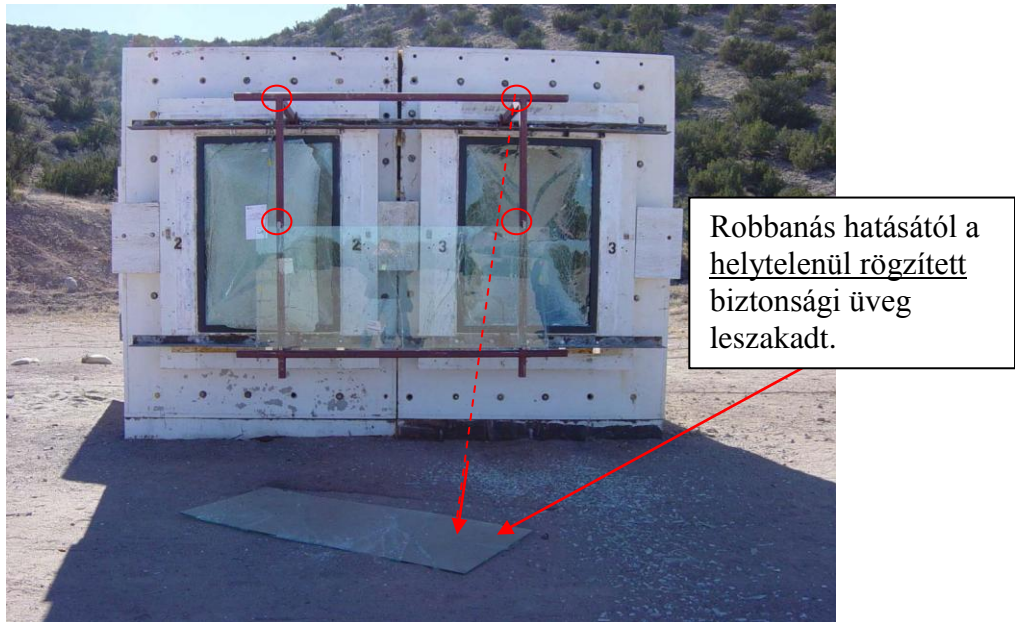
A robbanás pozitív fázisának időtartama és csúcshullám értékének szorzata határozza meg a lökéshullám impulzusát. Ahhoz, hogy egy eszköz ellenálló képességét meg tudjuk határozni, mind a két értékre szükségünk van, ugyanis ha a csúcshullám értékét változatlanul hagyjuk P_{max} = állandó, de a pozitív fázis időtartamát megnöveljük, akkor a nem megfelelően méretezett védőeszköz a lökéshullám nullára való csillapodása előtt összetörik, szilánkokra robban.

Ezért a robbanásálló védőeszközöket csúcshullám érték és lökéshullám impulzusa szerint kell védelmi szintekbe sorolni.

Nem elég csupán az igényeknek megfelelő védelmi szintű robbanásálló üveget kiválasztani, hanem gondoskodni kell a nyílászáró ellenálló keretéről és annak rögzítéséről is.

Előfordulhat, hogy a lökéshullámnak képes az üveg ellenállni, de a nem megfelelően méretezett keretből kiszakítva vagy éppenséggel a rosszul rögzített kerettel együttesen egy másik, másodlagos veszélyforrást idéz elő.

²³ Forrás: [1]



4.2.1 kép: Robbanásálló biztonsági üveg helytelen rögzítése²⁴

Védőeszközök tesztelésére két fajta módszer ismeretes:

- Lökéshullám generátorban végzett teszt (Shock Tube testing);
- Szabadtéri robbantás (Large-scale arena testing / Outdoor test).

Lökéshullám generátorban végzett teszt (Shock Tube testing)



4.2.2 kép: Lökéshullám generátor²⁵

A fenti ábrán egy hosszú csövet láthatunk, aminek az egyik fele kiszélesedik. A cső kiszélesedő felének a végére rögzítik a teszt terméket, ami lehet ajtó, ablak, fal..stb. A cső másik végén egy nagy nyomás alatt álló tartályt csatolnak a csőre. A nagy nyomású szelepet kinyitva a generált lökéshullám végighalad a teljes csőhosszon, majd a szélesebbik felén elhelyezkedő akadállynak (ajtó, ablak, fal...) ütközik. [7,8,11]

A tesztelések során lehetőség van nagy nyomású- és hőmérsékletű aerodinamikai áramlások tanulmányozására, ahol kis és nagy brizanciájú robbanóanyagok rövid és hosszú impulzusszerű hatásait lehet megfigyelni.

²⁴ Forrás: http://www.gsa.gov/graphics/pbs/Window_Vulnerability_ExplosiveTestingWindowSystems.pdf
Letöltés: 2012.04.21

²⁵ Forrás: http://www.bakerrisk.com/images/pages/structural_testing.jpg ; Letöltés: 2012.04.22



4.2.3 kép: Lökéshullám generátor²⁶



4.2.4 kép: Lökéshullám generátor²⁷

Ennek a tesztelési módszernek egyaránt vannak előnyei és a hátrányai is.

Előnye, hogy:

- sokkal olcsóbb a szabadtéri robbantásnál;
- könnyedén reprodukálható;
- gyorsan kivitelezhető a folyamat.

Hátránya, hogy:

- nehézkes vagy szinte lehetetlen az igazi lökéshullámhoz hasonló kétfázisú nyomást generálni (dekompresszió kivitelezése nehézkes);
- tesztelések során egyszerre csak egy darab próbatest tesztelhető a lökéshullám generátorba;
- viszonylag kisméretű próbatestet alkalmaznak;
- robbanási folyamat rögzítése nehézkes (adatgyűjtés és a későbbi kiértékelés nehézkesebb).

²⁶ Forrás: <http://www.sameanchorage.org/tropics-tundra/files/briefings/Arnold%20Fiber%20Reinforced%20Polymer.pdf> ; Letöltés: 2012.04.21

²⁷ Forrás: <http://www.sameanchorage.org/tropics-tundra/files/briefings/Arnold%20Fiber%20Reinforced%20Polymer.pdf> ; Letöltés: 2012-04-21

Szabadtéri robbantás (Large-scale arena testing / Outdoor test)

Kültéri, szabadtéri robbantásos kísérlet, mely során nagy hatóerejű (brizáns) robbanóanyagot használnak fel. Ennek a tesztelésnek is vannak az előnyei és hátrányai egyaránt.

Előnye:

- nagyméretű próbatestek is tesztelhetőek;
- egyszerre több próbatest is letesztelhető (robbanóanyag takarékoság);
- a lökéshullám pozitív és negatív fázisa teljes mértékben érvényesül;
- több irányból, szögből nagyfelbontású kamerákkal a robbantás teljes folyamata könnyedén rögzíthető, így az adatok rögzítése és kiértékelése könnyebb.

Hátránya:

- sokkal költségesebb, mint a Lökéshullám generátorban végzett teszt;
- kisebb próbatesteken a robbanás hatása kevésbé érvényesül;
- a Lökéshullám generátorban végzett tesztelést ellentétben a robbanóanyag csúcsnyomás impulzusa csak rövid ideig érvényesül, hosszabb idejű terhelés nem valósítható meg.

Összesítve, a kültéri robbantás tökéletesen megfelel több próbatest egyidejű tesztelésére, továbbá nagy előnye a valós életkörülmények közötti tesztelési lehetősége.

Felhasznált irodalom

[1] Pető Richárd: Terrorista robbantások elleni védekezés eszközei és lehetőségei tömegtartózkodású objektumokban – diplomamunka, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Biztonságtechnikai Mérnöki Mesterszak (2012)

[2] Paragon International Marketing honlapja
Forrás: <http://www.paragonim.com/> ; Letöltés: 2012.04.18

[3] Thomy Fólia honlapja
Forrás: http://thomyfolia.hu/ter004_1.html ; Letöltés: 2012.04.18.

[4] True Vue honlapja
Forrás: <http://www.tru-vue.com> ; Letöltés: 2012.04.18.

[5] Alarm & Automatic System Kft.
Forrás: <http://www.autosec.hu> ; Letöltés:2012.04.18

[6] Sound and vibration
Forrás: <http://www.sandv.com/home.htm> ; Letöltés: 2012.04.18

[7] U.S. Genaral Services Administration honlapja
Forrás: <http://www.gsa.gov/portal/category/100000>; Letöltés: 2012.04.21

[8] Baker engineering and risk consultants, Inc. honlapja

Forrás: <http://www.bakerrisk.com> ; Letöltés: 2012.04.22

[9] Inspecar Vagyonvédelmi, Kereskedelmi és Szolgáltató Betéti Társaság honlapja

Forrás:

<http://www.uvegfolia.inspecar.hu/index.php?module=staticpage&id=44&lang=1> ;

Letöltés: 2012.04.15

[10] Üvegtenger Bt. honlapja

Forrás: http://www.uvegtenger.hu/biztonsagi_ueveg; Letöltés: 2012.04.08

[11] Lökéshullám generátor - Shock Tube

Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Shock_tube ; Letöltés: 2012.04.21

[12] Persecutor Security Kft. honlapja

Forrás: <http://www.persecutor.hu> ; Letöltés: 2012.04.27

[13] Kézigránáttal robbantottak Zuglóban - három hét alatt ez a második

Forrás: <http://www.hir24.hu/baleset-bunugy/2012/01/22/feltehetoleg-robbanas-tortent-egy-zugloi-haz-elott/> ; Letöltés: 2012.04.27

[14] Szerző: Hatvány István - Pokolgép robbant egy volt Eclipse-es kocsija alatt

Forrás: <http://www.hir24.hu/baleset-bunugy/2012/01/10/pokolgep-robbant-egy-volt-eclipse-s-kocsija-alatt/> ; Letöltés: 2012. 04. 27.