

ZRÍNYI MIKLÓS
NEMZETVÉDELMI EGYETEM

Lapat Attila alezredes

Robbanóanyag-analitikai vizsgálati módszerek alkalmazása az igazságügyi szakértői munkában, szerepük a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények felderítésében.

Doktori (PhD) értekezés

Témavezető:

Dr. Molnár László
a hadtudomány (haditechnika)
kandidátusa

Budapest, 2002

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik az értekezés elkészítésében bárminemű segítséget nyújtottak.

A kutatómunka, a doktori képzésben való részvétel engedélyezéséért, támogatásáért külön köszönettel tartozom a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat volt és jelenlegi vezetőinek:

Dr. Hevesi-Tóth Ferencnek, Chladek Istvánnak, Dr. Hetesy Zsoltnak,

volt és jelenlegi szakmai feletteseimnek:

Dr. Székelyhidi Lajosnak, Hazai Lászlóné dr.-nak.

Megköszönöm értékes szakmai tanácsait, a műszeres mérésekben nyújtott segítségét közvetlen munkatársaimnak:

Lebics Ferencnek, Kóródi Péternek, Vecsey Erzsébetnek,

az ELTE Általános és Szervetlen Kémiai Tanszék munkatársai közül:

Dr. Torkos Kornélnak, Dr. Borossay Józsefnek,

az MTA Kémiai Kutatóközpont Kémiai Intézet munkatársai közül:

Dr. Vékey Károlynak, Gömöry Ágnesnek,

az ORFK Készenléti Rendőrség Tűzszerész Szolgálat munkatársai közül:

Faa Józsefnek, Kiss Imrének, Varga Tibornak.

Külön köszönöm témavezetőmnek, **Dr. Molnár Lászlónak** a doktori képzés folyamán tanúsított áldozatos, segítőkész magatartását, szakmai tapasztalatainak átadásával nyújtott közreműködését az értekezés elkészítésében.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	4
TÁRGY	11
AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS CÉLKITŰZÉSEI	12
I. ROBBANÓANYAGOK FELOSZTÁSA, RENDSZEREZÉSE KÉMIAI SZERKEZETŰK ÉS ÖSSZETÉTELŰK SZERINT	14
II. ROBBANÓANYAGOK ANALITIKAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREINEK ÁTTEKINTÉSE	24
2.1. ROBBANÓANYAGOK ANALITIKAI VIZSGÁLATÁNAK TERÜLETEI	24
2.2. ROBBANÓANYAGOK LABORATÓRIUMI ANALITIKAI, VIZSGÁLATI MÓDSZEREI	26
2.3. KÜLSŐ HELYSZÍNEEN ALKALMAZHATÓ, REJTETT ROBBANÓANYAGOK KIMUTATÁSÁNAK MÓDSZEREI, ESZKÖZEI	28
2.3.1. <i>Robbanóanyag tömegét érzékelő módszerek, eszközök</i>	29
2.3.2. <i>Robbanóanyag-kipárolgást érzékelő módszerek, eszközök</i>	30
2.4. RÉSZÖSSZEZÉS	32
III. IGAZSÁGÜGYI VEGYÉSZ-SZAKÉRTŐI SZEREP A ROBBANTÁSOS BŰNCSELEKMÉNYEK HELYSZÍNÉN	33
3.1. MEGFIGYELÉSEKEN ALAPULÓ ELSŐDLEGES VÉLEMÉNYEK	34
3.2. AZ ALKALMAZOTT ROBBANÓANYAG TÍPUSÁNAK BEHATÁROLÁSA A PUSZTÍTÓ HATÁS ALAPJÁN.....	35
3.3. ELSŐDLEGES HELYSZÍNI VIZSGÁLATOK ALKALMAZÁSA A ROBBANÓANYAG MEGHATÁROZÁSÁRA	37
3.4. ROBBANTÁS UTÁNI MARADVÁNYOK ÖSSZEGYŰJTÉSE	37
3.4.1. <i>Detonációra nem képes robbanóanyagok (lőporok) maradványainak összegyűjtése</i>	38
3.4.2. <i>Detonációra képes robbanóanyagok maradványainak összegyűjtése</i>	39
3.5. RÉSZÖSSZEZÉS	42
IV. KÍSÉRLETI RÉSZ	43
4.1. ROBBANÓANYAG MARADVÁNYOK LABORATÓRIUMI AZONOSÍTÁSÁNAK HAZAI GYAKORLATBAN ALKALMAZOTT RENDSZERE.....	43
4.2. MINTAELŐKÉSZÍTÉSI MÓDSZEREK ALAPKÍSÉRLETEI	45
4.2.1. <i>A folyadék extrakció zavaró hatásainak kiküszöbölése</i>	45
4.2.2. <i>Robbanóanyagok dúsítása, kinyerése vizes oldatból szilárdfázisú extrakcióval (SPE)</i>	48
4.2.3. <i>Robbanóanyag nyomok kinyerése szilárdfázisú mikroextrakcióval (SPME)</i>	52
4.3. MÉRÉSI MÓDSZEREK FEJLESZTÉSÉT CÉLZÓ ALAPKÍSÉRLETEK.....	55
4.3.1. <i>Vékonyréteg kromatográfiás módszerek tesztelése, kiválasztása</i>	55
4.3.2. <i>Újonnan bevezetett gázkromatográfiás detektor hatékonyságának kísérleti igazolása.</i>	58
4.3.3. <i>Lumineszcencia spektroszkópia alkalmazása robbanóanyagok analitikai vizsgálatában.</i>	63
4.3.4. <i>Gázkromatográfia-tömegspektrometria (GC-MS) módszer alkalmazása</i>	67

4.4. ROBBANÓANYAG NYOMOK FELÜLETEN VALÓ MEGKÖTŐDÉSÉNEK KÍSÉRLETI IGAZOLÁSA.....	77
4.4.1. <i>Robbantás közvetlen környezetében lévő felületek vizsgálata</i>	77
4.4.2. <i>Robbanóanyaggal közvetlenül érintkező felületek vizsgálata</i>	80
4.5. A KIALAKÍTOTT ROBBANÓANYAG ANALITIKAI RENDSZER ALKALMAZÁSA A HAZAI VEGYÉSZ-SZAKÉRTŐI GYAKORLATBAN (1994-2000), A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK TOVÁBBI FELHASZNÁLHATÓSÁGA.....	83
4.6. RÉSZÖSSZEGZÉS	97
A KUTATÓ MUNKA ÖSSZEGZÉSE	98
AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI	101
KITEKINTÉS, JAVASLATOK TOVÁBBI KUTATÁSI TÉMÁKRA, A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK FELHASZNÁLÁSÁRA	102
FELHASZNÁLT IRODALOM	104
AZ ÉRTEKEZÉS SZERZŐJÉNEK A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI.....	107
AZ ÉRTEKEZÉSBEN TALÁLHATÓ RÖVIDÍTÉSEK	112
MELLÉKLETEK	
1. SZÁMÚ MELLÉKLET	114
2. SZÁMÚ MELLÉKLET	124
3. SZÁMÚ MELLÉKLET	126

BEVEZETÉS

A robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények, különösen a robbantásos merényletek a II. Világháború után kialakult modern terrorizmus sajátos bűnelkövetési eszközeinek tekinthetők, amelyek az ilyen jellegű tevékenységgel érintett területeken szinte a világ minden részén napjainkban is súlyos társadalmi problémát jelentenek. A robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények számának növekedését befolyásolta az a tény, hogy az egyes szervezett bűnöző csoportok is előszeretettel alkalmazzák a robbantásos merényleteket céljaik elérésére. Mindez arra ösztönzi a bűnüldöző szervezeteket, hogy minél hatékonyabb eszközöket vessenek be az eredményes nyomozás, a felderítés és a megelőzés érdekében, amelyekre a terrorizmus, a szervezett bűnözés visszaszorításával foglalkozó nemzetközi fórumokon kiadott egyezmények és nemzeti biztonságpolitikai dokumentumok is utalnak.

Ezt a célt szolgálja az igazságügyi szakértők (tűzszerész, vegyész, elektrotechnikai, stb.) tevékenysége, melynek során rekonstruálják az elkövetés eszközét (robbanószerkezet) és módját. **Ezen belül az igazságügyi vegyész-szakértő feladata az alkalmazott robbanóanyag azonosítása, kémiai szerkezetének meghatározása, az analitikai kémia korszerű eszközeinek, módszereinek bevonásával.** Ezek fejlesztése, a minél hatékonyabb módszerek kidolgozására irányuló kutató munka fontos feladata az illetékes intézményeknek, szervezeteknek.

A fentiekkel kapcsolatos történeti áttekintést az 1.számú mellékletben mutatom be.

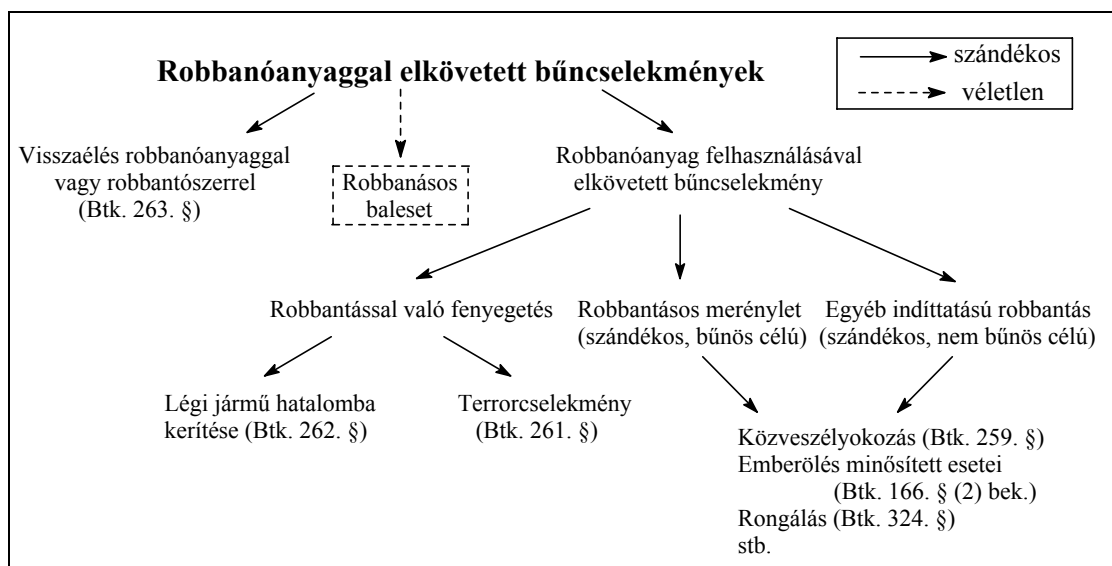
Szükségesnek tartom az értekezés címében szereplő **robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmény kifejezés** általam javasolt értelmezését [1.ábra] megadni, mely magában foglalja a robbantásos merényletet is, mint az egyik legdrasztikusabb bűnelkövetési módot. Indokolt továbbá megvizsgálni, hogy a magyar jog miként foglal állást ilyen jellegű bűncselekményekkel kapcsolatban.

A robbanóanyaggal elkövetett cselekmények hazai büntetőjogi megítélése szerint, robbanóanyag, vagy robbantószer, illetve ezek felhasználására szolgáló készülék engedély nélküli készítése, megszerzése, tartása, vagy tartásra nem jogosult személynek való átadása **„Visszaélés robbanóanyaggal vagy robbantószerrel” büntetést valósítja meg (Btk.263.§).** Ezen túlmenően a robbanóanyag felhasználásával (merénylet, vagy nem

bűnös célú robbantás) veszélyeztetett, vagy megsértett jogtárgyhoz igazodóan egyéb bűncselekmény is megvalósul.

Amennyiben a robbanóanyag felhasználásával elkövetett cselekmény emberélet ellen irányul, az emberölés bűntette, vagy annak a kísérlete is fennáll. Ez a sértettek számától függően az emberölés minősített esete is lehet. Ilyen például a több emberen elkövetett, vagy sok ember életét veszélyeztetve elkövetett cselekmény, de ezt más olyan körülmény is jellemezheti (pl.: nyereségvágy, más aljas indok, vagy cél), amelyekre tekintettel az emberölés bűntettének legsúlyosabban minősülő esetének megállapítására kerül sor. Amennyiben az emberölés eszközeként robbanóanyagot, robbantószeret használnak, ez a személyek javaiban, vagy egyéb más javakban pusztítást is idézhet elő, ebben az esetben a rongálás bűncselekményét is megvalósítja.

Közveszély okozás, terrorcselekmény, légi jármű hatalomba kerítése előkészülete bűntettéről beszélünk, ha a robbanóanyagot ezek megvalósítása céljából szerzik meg, készítik, vagy tartják. A büntetőjogi megítélés nem különböztet meg abban, hogy a robbanóanyagot, robbantószeret tartalmazó szerkezet milyen módon lép működésbe. A cselekmény a jelzett megkülönböztetés szerint emberölést, rongálást, esetleg más bűncselekményt, vagy ezek mindegyikét valósítja meg a robbanóanyaggal való visszaélésen kívül, ha az bármilyen módon (az elhelyezés, eldobás után nyomban, időzítéssel, távműködtetéssel, vagy a célszemély cselekvése folytán) lép működésbe.



1. ábra
Robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények értelmezése

A Btk. 263. §-ban szereplő robbanóanyag, robbantószer az ipari robbantástechnika nomenklatúrájában szereplő fogalmak, amelyeket összefoglalóan robbantóanyagoknak nevezünk. Az ezek felhasználására szolgáló készülékre –függetlenül attól, hogy az házilag készített, katonai felhasználású, az ipari robbantástechnikában alkalmazott robbantószer elemeket tartalmaz, vagy ezek bármilyen kombinációja- a robbanószerkezet fogalmat alkalmazom.

Az 1990-ben bekövetkezett nemzetközi politikai, társadalmi változások, az azt eredményező rendszerváltás jelentős hatást gyakorolt hazánk közbiztonsági helyzetére, ami megnyilvánult a robbanóanyag felhasználásával elkövetett bűncselekmények megjelenésében és elterjedésében a későbbiek folyamán [1]¹. Az 1994-es év volt az első, amikor Magyarországon a robbantásos merényletek -általában a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények- száma ugrásszerűen megnőtt. 2000-re látványos csökkenés volt tapasztalható, ami feltehetően annak eredménye, hogy pl. a rendőrségnek sikerült egy illegális robbanóanyag gyártásra kialakított házi laboratóriumot megtalálni az országban, a gyártással gyanúsítottak ellen eljárást kezdeményezni, továbbá a szervezett bűnözés több hírhedt tagja áldozatul esett az alvilági csatározásoknak, valamint a különféle biztonsági intézkedések foganatosítása növekvő hangsúllyal valósult és valósul meg az országban.

A rendszerváltást megelőző időszakban, a régebbi robbantásos esetektől [2]² eltekintve, terrorizmushoz vagy egyéb alapvetően bűnös szándékú elkövetéshez kötődő kiemelt eseményt nem rögzítettek. A terrorizmus klasszikus elkövetési módjaként emlegetett robbantásos merényletek Magyarországon elsősorban az erőszakos, agresszív bűnözők által alkalmazott haszonszerzésre, egymás közti konfliktusok rendezésére irányuló cselekvéssorozatokat takarnak. A terrorizmus sajátos jellemzői (pl. politikai indíték, a cselekmény vállalása szervezett csoport által, stb.) –a Ferihegyi úton 1991-ben az orosz zsidó kivándorlókat szállító busz ellen elkövetett merényletet kivéve– nem követhetők nyomon a hazai esetek vonatkozásában. Az azonban bizonyos, hogy ezek éppúgy alkalmasak a célszemélyek és általánosságban a lakosság félelemérzetének felkeltésére, fokozására, mint a terrorista cselekmények.

¹ Magyar Köztársaság Rendőrsége
Bombaadat Központ kiadványa 1996-2000

² Mueller Othmár: *Bombariadó Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991*

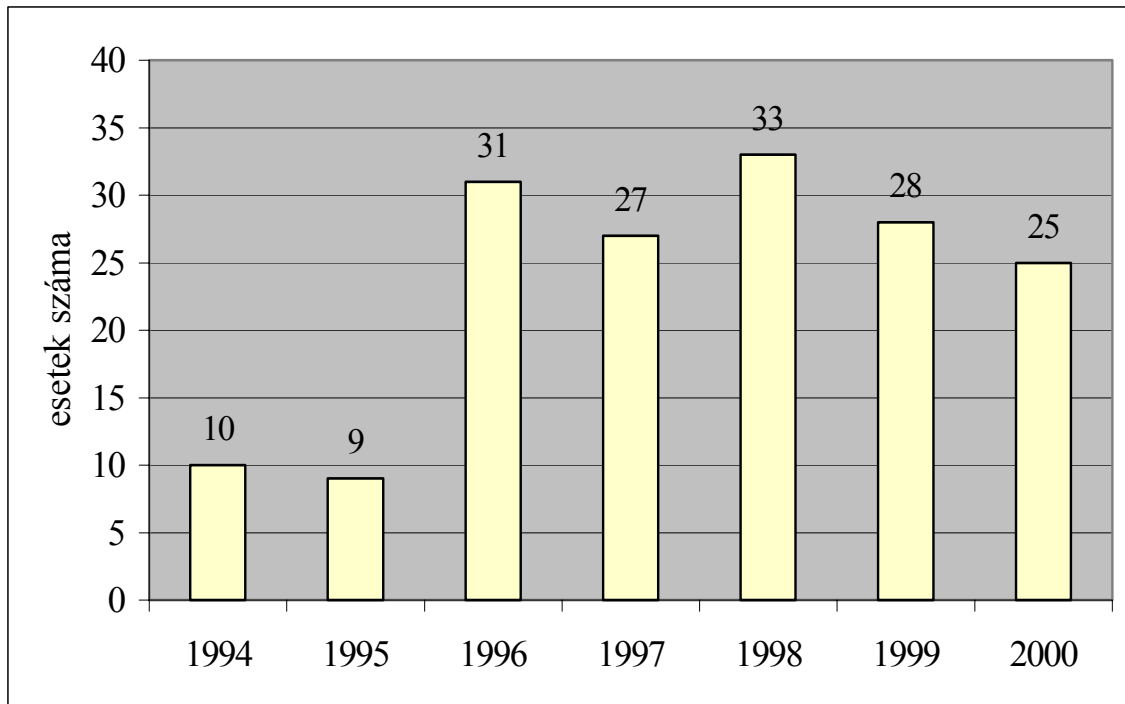
A robbantásos bűncselekmények felderítését segítő igazságügyi vegyész-szakértői tevékenység intézményesített formába történő ellátása tehát hazánkban is szükségessé vált. **Ezt a feladatot a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézete látja el 1994 óta.**

A robbanóanyagokkal elkövetett bűncselekmények, mint minden egyéb köztörvényes bűncselekmény felderítése a rendőrség feladata. Abban az esetben, ha a cselekmény indítékával, tartalmával, céljával kapcsolatban olyan tényezők is felmerülnek a nyomozás során, amelyek a köznyugalomra, közbiztonságra gyakorolt negatív hatása mellett a nemzet biztonságát is veszélyeztetik (pl.: terrorista szervezet ténykedése), akkor a nemzetbiztonsági szolgálatok megfelelő szerve végzi részben, illetve teljes egészében a nyomozati munkát. A Nemzetbiztonsági Törvény (Nbtv.) 5.§. C. bekezdése például a terrorelhárító tevékenységet a Nemzetbiztonsági Hivatal feladatkörébe utalja: „felderíti és elhárítja külföldi hatalmak, személyek vagy terrorszervezetek terrorcselekmény elkövetésére irányuló törekvéseit”.

A robbantásos cselekmények felderítésében közreműködő első számú szakhatóság Magyarországon az ORFK (Országos Rendőr-főkapitányság) Készenléti Rendőrség Tűzszerész Szolgálat, amelynek feladatkörébe tartozik az esemény rekonstruálása, a robbanószerkezet működési mechanizmusának, a robbanótöltet típusának, nagyságának meghatározása. Az NBSZ és az ORFK között érvényben lévő együttműködési megállapodás keretében ebbe a szakértői tevékenységbe kapcsolódik be az NBSZ Szakértői Intézete és végzi el a robbanótöltet azonosítását analitikai kémiai módszerekkel. **Erre jogi alapot és lehetőséget biztosít a 125/1995. Nbtv. 8.§. e. bekezdése, mely szerint az NBSZ szakértői (ezen belül vegyész-szakértői) tevékenységet végez, valamint a 3/1994. (II. 27.) IM rendelet, amely kimondja, hogy a Nemzetbiztonsági Hivatal Szakértői Intézete (1995-től: Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézete) adhat szakvéleményt bűncselekmény elkövetésének alapos gyanúja esetén robbanóanyagok és azok robbantási maradványainak vizsgálata tekintetében.**

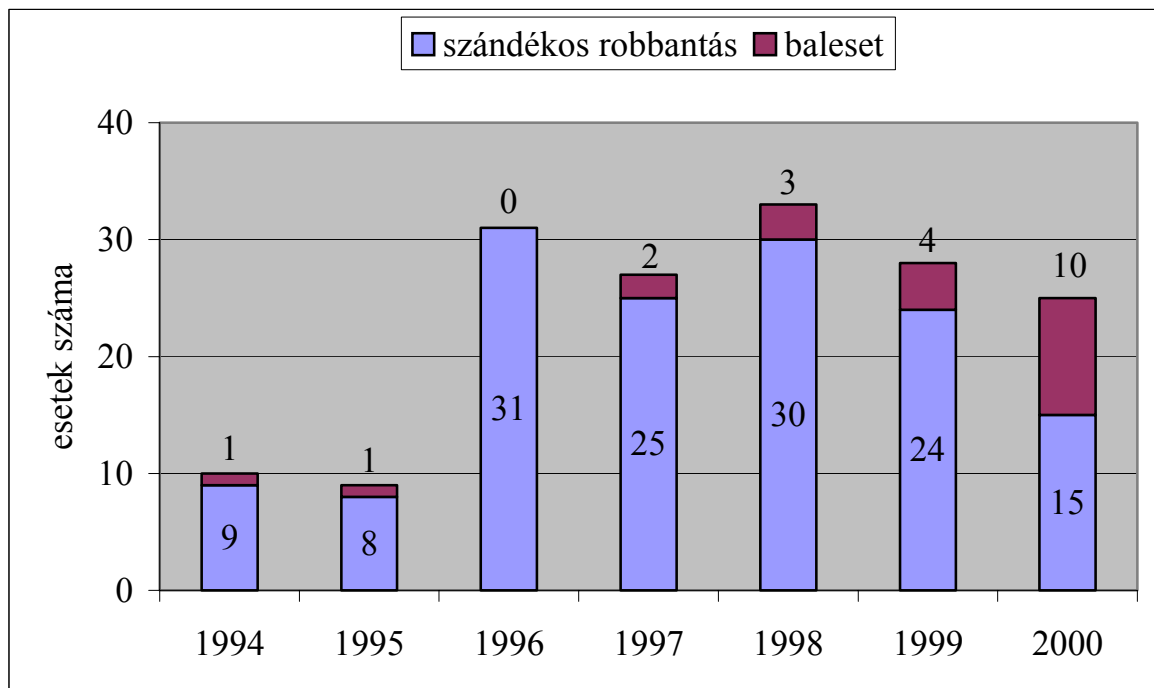
Az 1996-ban, az ORFK Készenléti Rendőrség Tűzszerész Szolgálatán belül létrejött Bombaadat Központ tájékoztatója szerint, az 1994-2000 időszakban hazánkban 163 robbanásos esemény történt, amely magába foglalja a robbantásos merényleteken túl a baleseteket is. (2.ábra)

Ez utóbbiak jóval kevesebb számban fordultak elő ugyan, de főként a nyomtatott és elektronikus szakanyagok hozzáférhetőségének köszönhetően növekvő tendenciát mutatnak, amelyek elsősorban diákok, fiatalok által robbanóanyagok házilag történő előállítása során következtek be. (3.ábra)



2. ábra

A robbanásos események száma Magyarországon 1994-2000 között

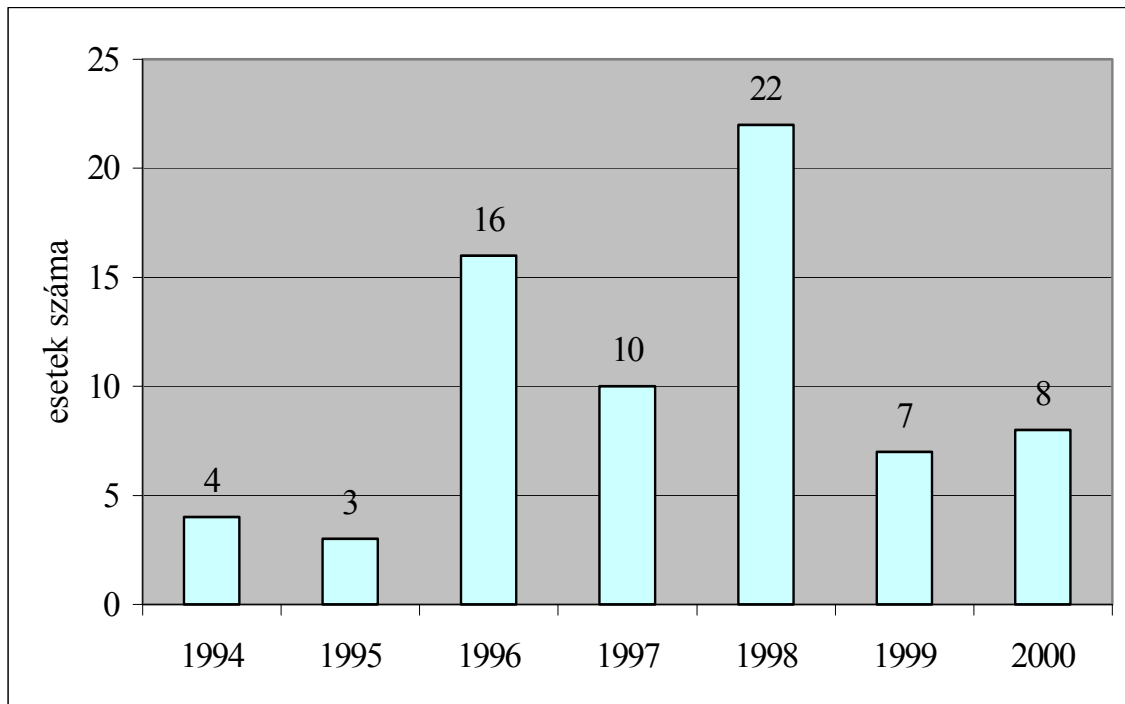


3. ábra

Bekövetkezett robbanások megoszlása, azok okai szerint 1994-2000 között

A robbantásos merényletek kivizsgálására irányuló nyomozati munka, ill. az azt segítő szakértői tevékenység (tűzszerész, vegyész) szempontjából lényeges momentum, hogy azt házilag készített szerkezettel vagy szabvány katonai eszközzel (általában kézigránát) követték el. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha a robbantásos bűncselekményt katonai robbanóeszközzel hajtották végre, a helyszínen szinte minden esetben fellelhetők voltak az eszköz jellemző anyagmaradványai. Ezeket összehasonlítva a Tűzszerész Szolgálat gyűjteményében megtalálható kézigránátokkal, aknákkal, jól beazonosítható az alkalmazott eszköz. Ez azt is jelenti, hogy az adott szabvány katonai robbanóeszközben felhasznált robbanóanyag összetétele ismert, aminek a meghatározása a vegyész-szakértő feladata volna.

A vegyész-szakértői tevékenység tehát, a robbantásos merényletek tekintetében elsősorban a nem szabvány katonai eszközzel (házilag készített) elkövetett esetekre korlátozódik, amelyek száma az említett időszakban 70. (4.ábra)



4. ábra

Nem szabvány katonai eszköz (házilag készített) használata során bekövetkezett robbantásos cselekmények száma Magyarországon 1994-2000 között

A Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézetének szakmai feladatai közé tartozik a robbanóanyag maradványok azonosítását célzó kémiai analitikai módszerek fejlesztése, az erre irányuló tudományos megalapozottságú kutató munka ellátása. Ennek célja minél érzékenyebb, szelektívebb eljárások bevezetése a napi

szakértői gyakorlatban alkalmazott vizsgálati rendszerbe. Ezek alkalmassági tesztelésére - az igazságügyi szakértői szituációknak megfelelően – robbantási és egyéb kísérletek tervezése és végrehajtása nyújt lehetőséget.

A fentiekkel kapcsolatos kutatási terv végrehajtására tettem javaslatot, amelyet a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat vezetése elfogadott, és támogatta a témában elkészített doktori (PhD) értekezés benyújtását a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemre.

TÁRGY

Az értekezés tárgya olyan kutató munka, amely a robbanóanyagok műszeres analitikai rendszerének kidolgozására, módszerek reprodukálható továbbfejlesztésére, az alkalmazás területeinek meghatározására vonatkozik az igazságügyi szakértői munkák részterületén, a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények felderítése érdekében.

A kutató munka területe és behatárolása az alábbiak szerint adható meg:

- Az analitikai rendszer kidolgozása esetében vonatkozik a közismert robbanóanyag vegyületek összességére, ahol peremfeltétel a műszeres lehetőségek együttese.
- A módszerek továbbfejlesztése vonatkozásában a brizáns robbanóanyagokon belül a jelentősebb szerves komponensekre vonatkozik.
- A szakértői vizsgálatokat tekintve a jelölt időtartományban a hazai esetekben előfordult robbanóanyag komponensekre vonatkozik.

AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS CÉLKITŰZÉSEI

Az értekezés tudományos célkitűzéseinek meghatározásához a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézetében kialakított robbanóanyag-analitikai vizsgáló laboratórium működésével, alkalmazott módszereinek fejlesztésével kapcsolatos kutatómunkából, a hazai robbantásos események kivizsgálását segítő vegyész-szakértői tapasztalataimból indultam ki.

Célul tűztem ki:

- A robbanóanyag vegyületek – kémiai szerkezet szerinti rendszerezését, csoportosítását, elnevezésükben követve az IUPAC nomenklatúrát, a Magyar Tudományos Akadémia helyesírási szabályait, mely alkalmas a robbanóanyagok analitikájával foglalkozó hazai szakirodalomban való konzekvens használatukra;
- A robbantásos bűncselekmények kivizsgálására irányuló kémiai analitikai módszerekre alapozott igazságügyi vegyész-szakértői tevékenység hazai rendszerének kialakítását, különös tekintettel a külföldön szerzett ismeretek, valamint gyakorlati tapasztalatokra;
- A vegyész-szakértői gyakorlatban felmerülő szituációk modellezésére, robbantási és laboratóriumi kísérletek végrehajtását, illetve ezek eredményeinek értékelésén belül:
 - Robbanóanyag nyomok robbantás környezetében lévő felületeken való megkötődésének kísérleti bizonyítását,
 - Fel nem robbant robbanóanyag maradványok különböző felületeken történő kimutathatóságának igazolását,
 - Robbantási bűncselekményben alkalmazott robbanóanyag töltet nagyságának becslésére alkalmazható – egyéb módszerekkel konform – kísérletek végrehajtását,
- Mérési módszerek fejlesztésére, mérőrendszerek kialakítására irányuló kísérletek elvégzését, a napi szakértői gyakorlatban való megfelelésségük bizonyítását, mint például:
 - Új minta előkészítési és dúsítási eljárások bevezetését,
 - Vékonyréteg kromatográfias módszerek fejlesztését,

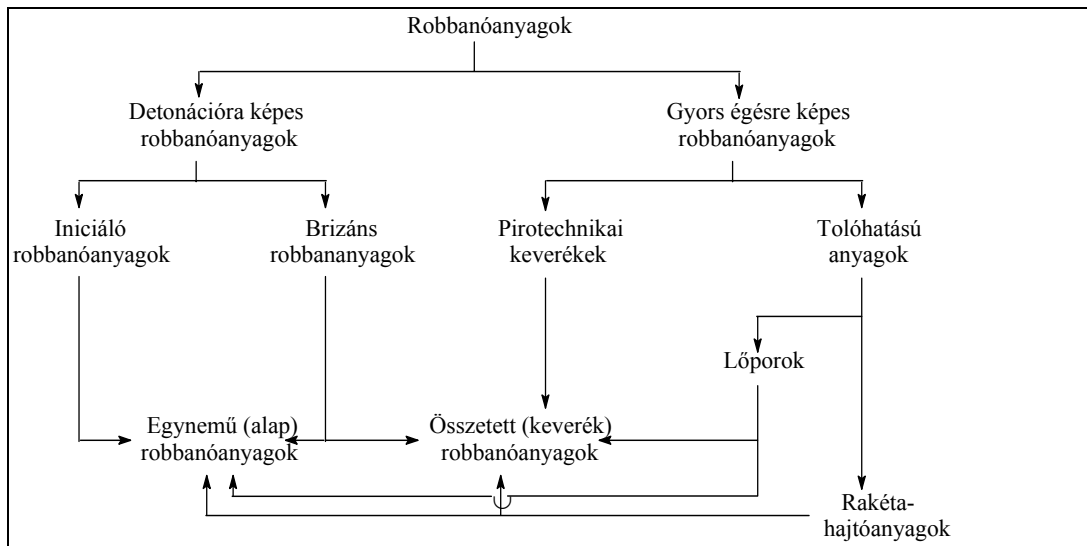
- A gázkromatográfiában alkalmazott nitrogénszelektív detektor, valamint a negatív kémiai ionizációs technikát megvalósító gázkromatográfia – tömegspektrometria jelentőségének bizonyítását a robbanóanyag maradványok vizsgálatában,
- A spektrofluorimetria speciális alkalmazásának bemutatását a robbanóanyag analitikában.

A tudományos célkitűzések megvalósítása érdekében folytatott kutatási tevékenységem során az alábbi módszereket alkalmaztam:

- A témámhoz kapcsolódó nemzetközi és magyar szakirodalom áttanulmányozása, részvétel nemzetközi és hazai konferenciákon;
- Külföldi tapasztalatcserék alkalmával az ott működő robbanóanyag analitikai vizsgálati rendszerek megismerése (Egyesült Államok, Nagy Britannia, Olaszország);
- Ezen ismeretek alkalmazása a hazai robbanóanyagokkal elkövetett bűncselekmények felderítését támogató vegyész-szakértői tevékenység során, különböző laboratóriumi kísérletek elvégzésével;
- A magyarországi robbantásos merényletek kivizsgálásában végzett vegyész-szakértő tevékenység tapasztalatai alapján az eddig ismert vizsgálati módszerek, eljárások fejlesztése, a napi szakértői munkában történő felhasználására irányuló kísérletek elvégzése;
- Korábbi kutatási területeimen szerzett tapasztalataim, eredményeim felhasználása jelen téma kidolgozásánál;
- Terep robbantási kísérletek végrehajtása, azokból származó minták laboratóriumi feldolgozása.

I. ROBBANÓANYAGOK FELOSZTÁSA, RENDSZEREZÉSE KÉMIAI SZERKEZETÜK ÉS ÖSSZETÉTELÜK SZERINT

A robbanóanyagok felosztása többféle szempont szerint történhet. Célszerű mindig azt a csoportosítási elvet követni a robbanóanyagokkal kapcsolatos vizsgálódások során, amely a kutatási témához legjobban igazodik. A szakirodalom általában a kémiai szerkezet és összetétel szerinti felosztást nem részletezve, egyszerre több szempontot figyelembe véve rendszerezi a robbanóanyagokat [3]¹, [4]². Ennek megfelelően –az ajánlások alapján– az 5. ábrán látható osztályozást követem.



5. ábra
Robbanóanyagok rendszerezése

A robbanási folyamat során végbemenő kémiai reakció front terjedési sebessége alapján megkülönböztetnek detonációra és gyors égésre képes robbanóanyagokat. Míg az előbbieknél ez a sebességérték 1000-10000 m/s között van, az utóbbiaknál 1000 m/s alatt. A gyújtóláncban betöltött szerep szerint a detonációra képes robbanóanyagokat felosztom primer, vagy iniciáló, valamint szekunder, vagy brizáns robbanóanyagokra. Az előbbieket

¹ Persson, Per-Anders; Holmberg, Roger; Lee, Jaimin: Rock Blasting and Explosives Engineering
CRC Press Inc., 1994

² Dr. Bohus Géza, Horváth László, Papp József: Ipari robbantástechnika
Műszaki Könyvkiadó, 1983

a brizáns robbanóanyagok detonációjának kiváltására alkalmazzák, míg az utóbbiak képviselik a detonátort és/vagy a főtöltetet egy adott robbanószerkezetben.

A gyors égésre képes robbanóanyagok szerepe a gyújtóláncban gyújtás-erősítés, -átvitel, toló- (lökő), repesztő-funkció.

Attól függően, hogy az adott robbanóanyag egy, illetve több vegyületből áll, megkülönböztetnek **egynemű, vagy alap**, valamint **összetett, vagy keverék robbanóanyagokat**. A detonációra képes robbanóanyagok, valamint csak a gyors égésre képesek körében is akad mindkettőre példa.

Az alkalmazási területeket tekintve szokás megkülönböztetni **katonai illetve ipari robbanóanyagokat**, bár itt természetesen léteznek átfedések, nem mindig lehet egyértelműen kategorizálni ilyen szempontból egy adott robbanóanyagot, vagy robbanóanyag keveréket.

Egyéb szempontok szerint a brizáns robbanóanyagok vonatkozásában, sok esetben fontos a fizikai jellemző (öntött, préselt, por alakú, folyékony, zagy), a környezeti veszélyesség (sújtólég-biztos, nem sújtólég-biztos) egyéb biztonsági szempont (kezelés-biztos, érzékeny) szerinti besorolás is.

Az értekezés témájául szolgáló robbanóanyag-analitikai módszerek alkalmazási lehetőségei nagymértékben az illető anyag kémiai, fizikai tulajdonságainak a függvényei, amelyeket alapvetően a molekulaszervezet és a molekulák között fennálló kölcsönhatások határoznak meg. Természetesen a robbanóanyagok felhasználási területeit, módozatait is azok tulajdonságai, pl. robbanási tulajdonságai (detonációsebesség, oxigénegyenleg, robbanási hő, stabilitás stb.) befolyásolják, melyek az adott kémiai szerkezettel rendelkező anyag sajátjai.

Ezért lényegesnek tartom a robbanóanyagok kémiai szerkezetének, összetételének áttekintését, e szempontok szerint történő felosztását, rendszerezését. Ennek során célszerű az alap robbanóanyagokat (ld. később), mint határozott kémiai szerkezettel rendelkező vegyületeket az IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ajánlásai alapján kidolgozott magyar kémiai elnevezés és helyesírás szabályai szerint elnevezni. Ezekhez ugyanis hozzárendelhetők a robbanóanyagok triviális, esetleg rövidítésből származó nevei, amelyek használata természetesen megengedett, és elsősorban kényelmi szempontok figyelembevételével közkedvelt is a szakirodalomban. Fontosnak tartom azonban, hogy a jelen értekezésben megengedett elnevezés kerüljön alkalmazásra, az következetes legyen minden robbanóanyagra vonatkozólag lehetőség szerint.

A továbbiakban a legközismertebb és leggyakrabban alkalmazott **egynemű robbanóanyagokat** helyezem el a kémiai szerkezeten alapuló, általam alkalmazott felosztási rendszerben (6.ábra).

Az **egynemű vagy alap robbanóanyagokat** célszerűen **szerves és szervesetlen vegyületekre** tagolom, tekintettel arra, hogy analitikai vizsgálatok során, általában szerves és szervesetlen analitikai módszerek kerülnek alkalmazásra. A robbanóanyag vegyületeket tovább tagolom kisebb egységekre, amelyeket a molekulában lévő jellemző atomcsoportok, illetve ezek kémiai kapcsolódási módjai határoznak meg.

Szerves vegyületeknél jellemző atomcsoportnak a nitro (-NO₂) csoportot tekintem és a jellemző kapcsolódási módot, a kapcsoló atom minőségétől függően, határozom meg. Ennek megfelelően megkülönböztetek nitrovegyületeket (-C-NO₂), nitrát-észtereket (-C-O-NO₂), nitraminokat (-N-NO₂). Nem nitro-csoportot tartalmazó, szerves vegyület kategóriába tartozó robbanóanyagok a szerves peroxidok (-O-O-), valamint bizonyos szerves sók és az ún. „cage” vegyületek.

Szervesetlen vegyületeknél jellemző atomcsoportnak a vegyület instabilitását alapvetően meghatározó atomcsoportot tekintem, pl.: fulminát (ONC⁻), azid (N₃⁻) stb.

Egynemű, vagy alap robbanóanyagok	
<i>Szervesetlen vegyületek</i>	<i>Szerves vegyületek</i>
Salétromsav sói	Nitrovegyületek
Azidok	Nitrát-észterek
Fulminátok	Nitraminok
Klorátok	Peroxidok
Perklorátok	Szerves sók
	„Cage” vegyületek

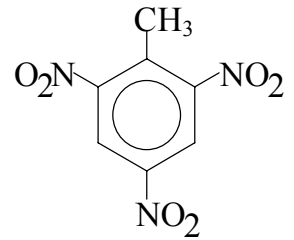
6. ábra

Robbanóanyagok felosztása kémiai szerkezet és összetétel alapján

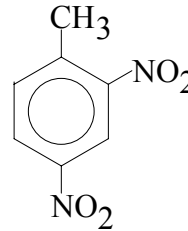
Az egyes vegyületcsoportok legfontosabb képviselői – megadva azok IUPAC szerinti elnevezését, összeg és szerkezeti képletét, molekulaszúlyát, triviális nevét, használatos rövidítéseit – az alábbiak:

– Nitrogyületek

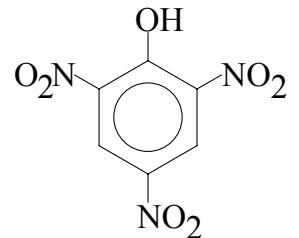
- 2,4,6 – trinitro – toluol (trotil, TNT)
összegképlet: $C_7H_5N_3O_6$
moláris tömeg: 227,15 g/mol



- 2,4 – dinitro – toluol (DNT)
összegképlet: $C_7H_6N_2O_4$
moláris tömeg: 182,1 g/mol

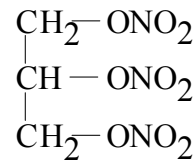


- 2,4,6 – trinitro – fenol (pikrinsav)
összegképlet: $C_6H_3N_3O_7$
moláris tömeg: 229,1 g/mol

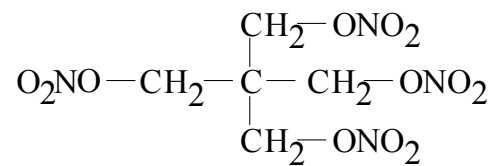


– Nitrát-észterek

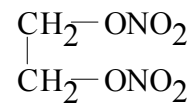
- glicerin – trinitrát (nitroglicerin, NG)
összegképlet: $C_3H_5N_3O_9$
moláris tömeg: 227,1 g/mol



- pentaeritrit – tetranitrát (nitropenta, PETN)
összegképlet: $C_5H_8N_4O_{12}$
moláris tömeg: 316, 2 g/mol



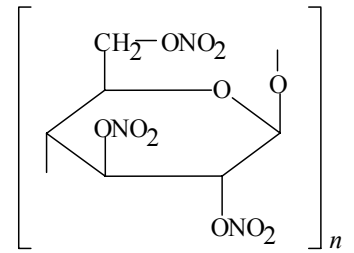
- etilénlikol – dinitrát (nitroglükol, EGDN)
összegképlet: $C_2H_4N_2O_6$
moláris tömeg: 152,1 g/mol



- cellulóz – nitrát (nitrocellulóz, NC)

összegképlet (trinitrát forma): $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$

moláris tömeg: $\sim 10^5$ g/mol

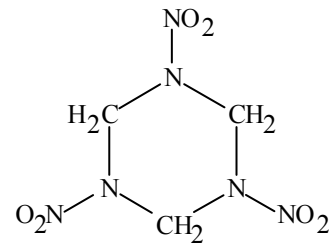


– Nitraminok:

- 1,3,5-trinitro-1,3,5-triaza-ciklohexán
(hexogén, RDX: Royal Demolition Explosive)

összegképlet: $C_3H_6 N_6O_6$

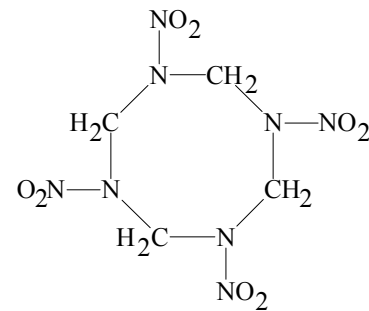
moláris tömeg: 222,6 g/mol



- 1,3,5,7-tetranitro-1,4,5,7-tetraza-ciklooktán
(oktogén, HMX: Her Majesty's Explosive)

összegképlet: $C_4H_8 N_8O_8$

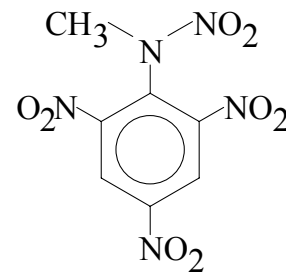
moláris tömeg: 296, 16 g/mol



- trinitro – 2,4,6 – fenil – metil – nitramin (tetril)

összegképlet: $C_7H_5N_5O_8$

moláris tömeg: 287,1 g/mol

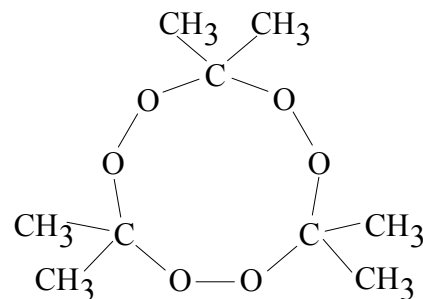


– Peroxidok

- triaceton – triperoxid (TATP)

összegképlet: $C_9H_{18}O_6$

moláris tömeg: 222,1 g/mol

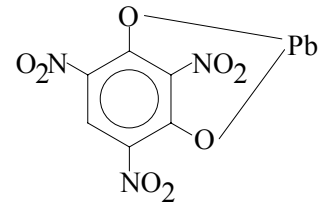


– Szerves sók

- ólom – trinitro – rezorcinát (ólom – sztifnát, tricínát)

összegképlet: $C_6H_3N_3O_9Pb$

moláris tömeg: 468,3 g/mol

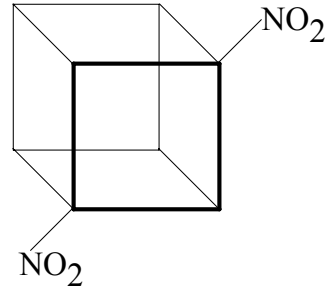


– “Cage” vegyületek

- 1,3 – dinitro - kubán

összegképlet: $C_8H_6N_3O_4$

moláris tömeg: 194 g/mol



– Nitrátok (salétromsav sói)

- ammónium – nitrát (AN)

összegképlet: NH_4NO_3

moláris tömeg: 80 g/mol

– Fulminátok (fulminsav sói)

- higany - fulminát

összegképlet: $Hg(ONC)_2$

moláris tömeg: 284,65 g/mol

– Azidok (hidrazoinsav sói)

- ólom - azid

összegképlet: $Pb(N_3)_2$

moláris tömeg: 291,26 g/mol

– Klorátok (klórsav sói)

- ammónium - klorát

összegképlet: NH_4ClO_3

moláris tömeg: 101,5 g/mol

– Perklorátok (perklórsav sói)

- ammónium - perklorát

összegképlet: NH_4ClO_4

moláris tömeg: 117,5 g/mol

Az egynemű robbanóanyagok szerves vegyületei magába foglalják a brizáns robbanóanyagok, a lőporok (egybazisú), a rakéta-hajtóanyagok egy részét, míg a szervetlen vegyületek csoportjába találhatók főként a szekunder töltet detonációját kiváltó primer robbanóanyagok (iniciáló robbanóanyagok).

Az összetett, vagy keverék robbanóanyagok rendszerezése az előbbieken értelmezett kémiai szerkezet szerint nem lehetséges, mivel ezek több egynemű robbanóanyagból tevődnek össze, amelyeket sok esetben nem robbanóanyag adalék jelenléte is jellemez. A keverék robbanóanyagok bármely vegyület csoporthoz tartozó alap robbanóanyag komponens is tartalmazhatnak. Az egyes kompozíciók végső állapotát az egyes komponensek fizikai, kémiai, robbanási tulajdonságai határozzák meg, amely az alkotók arányainak megválasztásával, az alkalmazás kívánalmait figyelembe véve természetesen módosíthatók.

A keverék robbanóanyagokban az alap robbanóanyagokon kívül jelenlévő számos nem robbanóanyag komponens egyik része befolyással lehet a robbanási tulajdonságokra, másik része pedig csak a termék végső fizikai állapotának, megjelenési formájának kialakításában játszik szerepet. Az előbbiekhöz tartozik pl.: a füstnélküli lőporoknál alkalmazott difenil-amin stabilizátor, az egyes katonai robbanóanyagokban megtalálható alumínium por (robbanási hő növelése), míg az utóbbiakhoz a plasztikus robbanóanyagok gyártásánál alkalmazott sztírol-butadién kopolimer. Az 5.ábra szerinti felosztást tekintve megállapítható, hogy a keverék robbanóanyagok ugyanúgy előfordulnak, mind a detonációra képes, mind pedig a gyors égésre képes kategóriába tartozó anyagok között. Ez alól csak az iniciáló robbanóanyagok a kivételek, amelyek egynemű robbanóanyagok.

A gyakorlati felhasználásra szánt robbanóanyagok (ipari, katonai) zöme különböző vegyületek (alap robbanóanyagok, adalékanyagok) keverékei, és e vegyületek típusai tekintetében rendkívül változatos képet mutatnak [5]¹. Az alábbiakban bemutatok néhányat a keverék robbanóanyagok közismert képviselőiből, amelyek közül egyesek előfordultak az elmúlt évek vegyész-szakértői gyakorlatában is, vagyis alkalmazták robbantásos bűncselekményekben.

¹ Lukács László, Mueller Othmár: Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek *Jegyzet 2.6. és 2.7. fejezet, ORFK Oktatási és Kiképző Központ Budapest, 1994*

A detonációra nem képes (tolóhatású) robbanóanyagok körébe tartoznak a lőporok:

- fekete lőpor
 alap robbanóanyagok: kálium, vagy nátrium-nitrát (salétromsav sói)
 adalékanyagok: faszén és elemi kén;
- füstnélküli lőporok
 alap robbanóanyagok: nitrocellulóz, nitroglicerín, nitro-guanidin
 Attól függően, hogy az adott típusú lőpor csak nitrocellulózt, nitrocellulózt és nitroglicerint, vagy pedig mindhárom alap robbanóanyagot tartalmazza, beszélünk egybázisú, kétbázisú, illetve három bázisú lőporokról.
 adalékanyagok: difenil-amin (stabilizátor), etil-centralit, dietil-ftalát (lágylító).

A brizáns keverék katonai robbanóanyagok jellemzője, hogy mindegyik képviselője, típusa tartalmaz valamilyen brizáns alap robbanóanyagot, ami az alapját képezi az adott robbanóanyag keveréknek.

Az alábbiakban bemutatok néhány katonai robbanóanyag keveréket, megjelölve kémiai összetételüket, amelyeket az egyes országok hadseregeinél alkalmaznak.

- Hexotol (Magyar Köztársaság)
 alap robbanóanyagok: hexogén (30 %), TNT (70 %).
- Ammonál (Magyar Köztársaság)
 alap robbanóanyagok: ammonium-nitrát (82 %), TNT (12 %)
 adalékanyag: alumínium por (6 %).
- Semtex (Magyar Köztársaság, Cseh Köztársaság)
 alap robbanóanyagok: nitropenta és/vagy hexogén
 adalékanyagok: sztírol-butadién kopolimer, akrilnitril-butadién kopolimer (plasztifikáló anyagok), színezékek.
- Composition 4 (C4)
 alap robbanóanyag: hexogén
 adalékanyag: poli-izobutilén (plasztifikáló anyag).

— Tetritol (Anglia)

alap robbanóanyagok: tetril (30 %), TNT (70 %).

Az ipari keverék robbanóanyagok összetételüket tekintve talán még változatosabb képet mutatnak, ami az alap robbanóanyagok, adalékanyagok komponenseinek számát, típusát illeti. Főként a bányászati speciális felhasználás, az ott megkövetelt biztonság eredményezte az igen alapos kísérleteken nyugvó széles robbanóanyag skála kialakítását. Néhány, hazánkban és szomszédos országban forgalmazott ipari robbanóanyag kémiai összetételét az alábbi példák mutatják be (zárójelben a robbanóanyag származási helye).

— Paxit 28 (Magyarország)

alap robbanóanyagok: ammónium-nitrát (80-85 %), DNT, TNT (10-15 %)

adalékanyagok: faliszt, orsóolaj.

— Lambrex 1 (Ausztria)

alap robbanóanyagok: ammónium-nitrát (68,9 %), nátrium-nitrát (13,8 %)

adalékanyagok: ásványolaj, viasz, emulgeátor.

— Gelatin Donarit 1 (Ausztria)

alap robbanóanyagok: etilén-glikol-dinitrát (24,1 %), nitro-toluolok (7,8 %), kollódium gyapot (1,2 %), ammónium-nitrát (64,9 %).

— Danubit 2 (Szlovákia)

alap robbanóanyagok: etilén-glikol-dinitrát (11-23 %), glicerin-trinitrát (5,5 %), DNT (9 %), nitrocellulóz (0,4-1,4 %), ammónium-nitrát (54-62 %).

— Ando-V2 (Magyarország)

alap robbanóanyag: ammónium-nitrát (80,6-95,6 %)

adalékanyagok: dízelolaj (4-6 %), emulgeátor (1,1 %), üreges üveggyöngy (1,5-3 %), alumínium-por (3 %), víz (1-9,8 %).

A pirotechnikai anyagok rendeltetése, hogy önfenntartó exoterm kémiai reakció révén hőt fejlesszenek, fényt keltsenek, hanghatást váltsanak ki, gázt vagy füstöt fejlesszenek, vagy e hatások valamilyen kombinációját fejtsék ki. Számos pirotechnikai termék tartalmaz egynemű robbanóanyag vegyületet (klorátok, perklorátok, nitrátok), ami alkalmassá teszi házi készítésű robbanószerkezetek tölteteiben való felhasználásra is.

A pirotechnikai keverékekben (elegyekben) megtalálható anyagok köre jóval szélesebb, mint azt a robbanóanyag keverékeknél láttuk. Az elegyben az éghető anyagot valamely fém (pl. alumínium, króm, magnézium, cirkónium), vagy nem fémes elem (pl. bór, foszfor, kén) porított formája biztosítja. Az oxidálószerkező különböző oxigén vagy halogén tartalmú sók, vagy ezek keverékei (nitrátok, klorátok, kromátok, oxidok, fluoridok). Ezen kívül a pirotechnikai elegyekben különböző természetes (pl. paraffin gyanta, sellak) és szintetikus (pl. epoxi gyanta, PVC) kötőanyagokat találhatunk.

A fejezetben leírtakból kitűnik, hogy ha robbanóanyag analízist végzünk, akkor (akár robbantás utáni maradványokból, akár nagyobb tömegű anyagból) vegyületeknek, vegyület típusoknak, fémeknek, nem fémes elemeknek széles körét kell vizsgálni, és ezekre megfelelő vizsgálati módszereket kell alkalmazni, kidolgozni. **A tudomány fejlődése révén rendelkezésre állnak olyan modern mérőberendezések, eljárások, amelyekkel az azonosítási feladatok megoldhatók. Ezek azonban az újonnan felmerülő problémákhoz igazodóan állandóan fejlődnek, tökéletesednek, amit bizonyítani kívánok a következő fejezetekben leírt kutatási eredményeimmel, tapasztalataimmal is.**

II. ROBBANÓANYAGOK ANALITIKAI VIZSGÁLATI MÓDSZEREINEK ÁTTEKINTÉSE

Az előző fejezetben bemutatott robbanóanyagok ipari és haditechnikai szempontból elsődleges fontosságú robbanási tulajdonságainak jellemzésére és mérésére speciális fizikai és kémiai módszereket dolgoztak ki. Ezek, többek között alkalmasak a detonációsebesség, a robbanási és detonációs nyomások és hőmérsékletek mérésére, az érzékenységi jellemzők, valamint a brizancia meghatározására.

Számos esetben, így pl. a robbanóanyagokkal elkövetett bűncselekmények kivizsgálásában szerepet játszó igazságügyi vegyész-szakértői tevékenység során a kérdés az, hogy egy adott környezetben található-e robbanóanyag (mely vegyület, vagy keverék), vagy a robbanóanyag valamely komponense, és ha igen milyen mennyiségben. Ezeknek a feladatoknak az elvégzéséhez nyújt számos lehetőséget az analitikai kémia.

Robbanóanyagok analitikai vizsgálati módszerei alatt azokat a klasszikus kémiai, vagy műszerekre kidolgozott mérésre előkészítő és mérési eljárásokat értem, amelyek alkalmazása lehetővé teszi előzőleg ismeretlen összetételű anyag robbanóanyagként való kimutatását, azonosítását, majd mennyiségi meghatározását. A kimutatás, vagy detektálás általában nem jelent többet, mint annak megállapítását, hogy a vizsgált anyag a robbanóanyagok valamely kémiai csoportjába (pl. nitrovegyület, nitrát-észter stb.) tartozik.

Ezzel szemben az azonosítás fogalma, a robbanóanyag kémiai szerkezetének meghatározását takarja, amely különböző egymástól független módszer alkalmazásával elért és megegyező eredményen alapul.

2.1. Robbanóanyagok analitikai vizsgálatának területei

Az ipar különböző területein, a környezet- és egészségvédelmi tevékenységekben, az igazságügyi szakértői munka során gyakran válik szükségessé robbanóanyag-analízis. Így például robbanóanyag-gyártáskor minőségellenőrzési célból szükség van az egyes technológiai lépések termékeinek, valamint a végtermék előírt összetételének a meghatározására. Robbanóanyagok tárolása idején meghatározott

időközönként ellenőrizni kell a minőségváltozást, ezen belül a tisztaságot, az állandó összetételt. Ez azért fontos, mert a bekövetkezett változások nagymértékben befolyásolhatják a stabilitást, az érzékenységet és más robbanási tulajdonságokat.

Régi, fel nem használt robbanóanyagok, lőszer megsemmisítésekor, továbbá próbarobbantások alkalmával, a gyártás során a talajba, vizekbe robbanóanyagszennyeződés kerül. Egészségkárosító hatásuk miatt ezek mennyiségének mérése fontos feladat. Azoknak az embereknek a vérében, vizeletében, akik fokozottan ki vannak téve a mérgezés veszélyének, a robbanóanyag felszívódását folyamatosan ellenőrizni kell.

A robbanóanyagokkal elkövetett különböző bűncselekmények kivizsgálásakor a nyomozó hatóság munkáját az igazságügyi vegyész-szakértő analitikai méréseken alapuló szakvéleményével segíti.

A konkrét esetektől függően az analitikai vizsgálatok célja, a fel nem robbant robbanóanyag (pl.: lefoglalt nagyobb mennyiségű gyanús anyag) és robbantásos eseményben alkalmazott robbanóanyag kimutatása, valamint vélhetően robbanóanyaggal érintkezett felületeken robbanóanyag nyomok azonosítása, továbbá rejtett robbanóanyagok jelenlétének kimutatása.

Az esetek egy részében ismert kémiai összetételű anyagok mennyiségi (kvantitatív) elemzésére is szükség van, de általában minőségi (kvalitatív) vizsgálat, a jelen lévő ismeretlen vegyület kémiai szerkezetének meghatározása a kívánalom, illetve annak a jelzése, hogy az adott térben valamilyen robbanóanyag nyom jelen van-e.

A laboratóriumi gyakorlatban, az analitikai kémiában általánosan elterjedt módszereket (például a kromatográfia vagy a spektrometria), illetve eszközöket alkalmaznak. Vannak azonban speciális berendezések, eljárások, amelyeket kifejezetten robbanóanyagok vizsgálatára fejlesztettek ki. Egészen különleges kategóriát képeznek a nem laboratóriumi körülmények között (pl. repülőtereken, határátkelőhelyeken, terepen) alkalmazott robbanóanyagdetektorok. Ezek különböző nagy-laboratóriumi műszerek (gázkromatográfok, ionmobilitás-spektrométerek) kicsinyített, hordozható változatai.

Itt kell említést tenni a robbanóanyag nyomok érzékelésére kiképzett kutyák alkalmazásáról, mely sok esetben rendkívül hatékony „módszere” a rejtett robbanóanyagok felderítésének.

Az előbbieket alapján célszerű a vizsgálati módszereket, eszközöket laboratóriumi és nem laboratóriumi körülmények közötti alkalmazás alapján áttekinteni.

2.2. Robbanóanyagok laboratóriumi analitikai, vizsgálati módszerei

Robbanóanyagok azonosítására a kémiai analitikában használatos -következők szerinti- technikák, eljárások széles köre alkalmazható [6]¹:

- Klasszikus kémiai analitikai módszerek, amelyek színreakciókon alapulnak.
- Kromatográfias módszerek, elsősorban vékonyréteg-kromatográfia (TLC), gázkromatográfia (GC), nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia (HPLC), ion-kromatográfia (IC).
- Spektrometriás módszerek, főként infravörös spektroszkópia (IR), ezen belül is a Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia (FTIR), tömegspektrometria (MS), ritkábban az ultraibolya (UV) és látható (VIS) spektroszkópia, lumineszcencia spektroszkópia, mágneses magrezonancia (NMR) spektrometria.
- Kromatográfias és spektrometriás módszerek összekapcsolása, főként gázkromatográfia- tömegspektrometria (GC-MS) és nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia- tömegspektrometria (HPLC-MS).

Az ismeretlen robbanóanyag vegyületek azonosításának alapja (mint általában az analitikai kémiában) a lehetőség szerinti minél több módszer alkalmazásával nyert kromatogramok, spektrumok standardokkal való összehasonlító elemzése, értékelése.

Az igazságügyi vegyész-szakértői tevékenység során elsősorban, a robbantásos bűncselekmények helyszínén fellelhető, fel nem robbant robbanóanyag maradványok azonosításának van óriási jelentősége a nyomozás szempontjából, mely ugyanakkor rendkívül nehéz analitikai feladat elé állítja a szakértőt. Ez az igen kis vizsgálati anyagmennyiségek (általában a mérésre előkészített oldatok robbanóanyag koncentrációja 10^{-6} - 10^{-9} g/ml), valamint a jóval nagyobb mennyiségben jelenlévő szennyező anyagok (olaj, festék stb.) zavaró hatásának következménye. Ebből következik, hogy ebben az esetben a laboratóriumi műszeres és nem műszeres méréseket igen alapos minta előkészítési tevékenységnek kell megelőznie. Ennek során főként az oldószeres extrakciót követő mechanikai tisztítási lépések után oldószeres és szilárdfázisú extrakció (SPE), valamint szilárdfázisú mikroextrakció (SPME) alkalmazására kerülhet sor.

¹ Yinon, J.; Zitrin, S.: *Modern Methods and Applications in Analysis of Explosives*
John Wiley and Sons, Ltd. Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 14D, England, 1993

A továbbiakban azt tekintem át, hogy az említett analitikai módszereknek milyen szerep jut a robbanóanyagok azonosításában (elsősorban a robbanóanyag maradványok elemzésénél). Természetesen az analitikai mérőműszerek jelenlegi fejlettségi szintjén a klasszikus kémiai színreakciók nem képezhetik egy vegyület azonosításának alapját.

A kromatográfia elvét megvalósító mérőberendezések használata teljesen általános a szakértői laboratóriumokban szerves vegyületek azonosítására, különösen, ha többféle kromatográfiai módszer is rendelkezésre áll (TLC, GC, HPLC). Bár a kromatográfiai módszereket alapvetően vegyületek elválasztására fejlesztették ki, de egyesítve az elválasztott komponensek specifikus detektálási rendszerével, ezek viszonylag biztos azonosítási módszerek is egyben. Specifikus detektálási módszerek, pl. bizonyos színreakciók alkalmazása a TLC eljárásban a rétegen lévő foltok láthatóvá tételére, elektronbefogásos detektálás (ECD) bevezetése a GC területén, valamint a termikus energia analizátor (TEA), **más néven a kemilumineszcens nitrogén szelektív detektor (CLND) egyre inkább elterjedt alkalmazása a GC, illetve újabban a HPLC technikákban.**

Általában igaz, hogy ezek a detektálási módok a robbanóanyagok egyes csoportjaira, és nem az egyedi vegyületre specifikusak. Így a TLC lapokon megfuttatott robbanóanyag vegyületek foltjainak láthatóvá tételére alkalmazott Griess reagens specifikus színreakciót ad nitrát-észterekre, nitraminokra (alkalikus kezelés után), de a vegyületcsoportokon belül nem alkalmas az egyes vegyületek megkülönböztetésére (pl. glicerin-trinitrátot a pentaeritrit-tetranitráttól). Hasonlóan a CLND detektálás is rendkívül specifikus nitro- és nitroso- vegyületekre (a kísérleti körülményektől függően), de az egyes robbanóanyag vegyületeket csak a retenciós idők alapján lehet azonosítani. Bár a kromatográfia retenciós adatainak és a vegyületcsoport specifikus detektorok alkalmazásának a kombinációja megnöveli a robbanóanyagok azonosításának megbízhatóságát, nem tekinthető mégsem abszolút biztos módszernek.

Spektrometriás módszerekkel (FTIR, MS) jóval közvetlenebb információkat kapunk a robbanóanyag molekula szerkezetéről, mint a kromatográfiában. Emiatt alkalmazásuk – mint szerkezetazonosító módszerek – az azonosítás folyamatában elengedhetetlenek. A fentiekből az is következik, hogy mindkét technika tiszta vizsgálati anyagok alkalmazását követeli meg, de a gyakorlatban általában robbanóanyagok és egyéb anyagok keverékével állunk szemben, ami a komponensek szétválasztását igényli a spektrometriás analízist megelőzően.

Ezt leghatékonyabban a GC-MS technika valósítja meg, amit kiterjedten alkalmaznak a nyomanalítika sok más területén. A robbantás utáni robbanóanyag maradványok vizsgálata során a tömegspektrometria több előnnyel is rendelkezik az infravörös spektrometriával szemben. Egyrészt a GC-MS technológiailag jóval kidolgozottabb, mint a GC-FTIR, másrészt több nagyságrenddel érzékenyebb is, amelynek nagy jelentősége van az ilyen kis anyagmennyiségeket figyelembe véve.

2.3. Külső helyszínen alkalmazható, rejtett robbanóanyagok kimutatásának módszerei, eszközei

A rejtett robbanóanyag detektálása nem laboratóriumi körülmények között napjainkban a világ szinte minden táján igen fontos, érzékeny, speciális eszközöket igénylő feladat [7]¹. Robbantásos események bekövetkeztek a helyszínen alkalmazható, mobilizálható detektorok segítségével felderíthető az el nem robbant robbanóanyag nyomok elhelyezkedése. Ezáltal az anyagmaradványok egy részének összegyűjtése célirányossá tehető, amely az eredeti robbanóanyag kémiai szerkezetének meghatározására irányuló laboratóriumi vizsgálatok eredményességét elősegítheti. A különböző típusú robbanóanyag detektorokat azonban elsősorban a terrorcselekmények által leginkább fenyegetett objektumok (területek) ellenőrzésére fejlesztették ki és repülőterek (csomagellenőrzési helyek), országhatárok, kormányépületek, ipari létesítmények, postai szolgálatok adott pontjain alkalmazzák.

A fentiekből kitűnik, hogy ezekben az esetekben a robbanóanyag, vagy nyomainak érzékelése a cél, a vegyület(ek) azonosítása további laboratóriumi vizsgálatokat igényel. Működésük alapelvét tekintve a robbanóanyag detektoroknak két fő típusa van, a robbanóanyag tömegének, valamint az anyagból az adott térbe kipárolgó részecskék detektálásán alapuló műszerek.

¹ US. Congress, Office of Technology Assessment: Technology Against Terrorism: The Federal Effort OTA-ISC-481/Washington DC. US Government Printing Office, 1991

2.3.1. Robbanóanyag tömegét érzékelő módszerek, eszközök

A robbanóanyag detektorok ezen családjába különféle ionizáló (neutron, gamma, röntgen) és nem ionizáló (mikrohullám) sugárzás, valamint a vizsgálandó tárgy (jelen esetben valamilyen robbanóanyag) atomjai közti kölcsönhatás révén érzékelik a vizsgálandó térben a robbanóanyagot a kimutatási tömeghatár felett. Tekintve, hogy az illegálisan szállított robbanóanyagokat a legváltozatosabb módon rejthetik táskába, csomagokba, körülvéve nagyobb mennyiségű, a köznapi életben használt egyéb anyaggal, az elektromágneses sugárzás megfelelő mélységig történő behatolása előfeltétele a sikeres vizsgálatoknak.

Két alapvető fizikai jelenség valósul meg a robbanóanyag tömegérzékelésére kifejlesztett, már a gyakorlatban is jól működő berendezésekben:

- A robbanóanyag vegyületet alkotó atomok (elsősorban a nitrogén) atommagjainak és bizonyos energiájú neutron, illetve gamma sugárzás kölcsönhatása (reakciója).
- Röntgensugárzás abszorpciója.

Az első csoportba tartozó készülékek (típustól függően) a termikus és a gyors neutron analízis, a gammasugárzás magrezonancia abszorpciója alapján határozzák meg a nitrogén eloszlást egy adott térben, melyből következtetni lehet a robbanóanyag jelenlétére.

A másik csoportba tartozó berendezések a hagyományos röntgenkészülékek továbbfejlesztéseként jelentek meg, melyek egyszerre két, illetve többenergiájú röntgensugárzást alkalmaznak. Ezen az elven a nagy röntgen abszorbensnek számító fémek mellett, a nagyobb sűrűségű szerves vegyületek (mint például a robbanóanyagok) képe is láthatóvá válik. A röntgenkészülékek még fejlettebb változatai az orvosi gyakorlatban már régen bevezetett komputer tomográfias (CT) berendezések, amelyek hatékonyan alkalmazhatók rejtett robbanószerkezet elemeinek felismerésére.

A műszerek működésének alapelveül szolgáló fizikai jelenségek kihasználásában rejltő lehetőségek mellett természetesen a számítástechnika, a képfeldolgozás rohamos fejlődése is nagymértékben hozzájárult e berendezések tökéletesedéséhez, amely szinte napról-napra produkál új terméket a piacon.

A jövőt illetően, elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban fordítanak nagy energiákat a nem ionizáló sugárzást alkalmazó robbanóanyag detektorok kifejlesztésére egészségvédelmi szempontok miatt. Ilyen lehet, pl. a analitikai kémiában jól ismert

mágneses magrezonancia (NMR) spektrométerek detektorként való alkalmazása, ahol mikrohullámok és az atommag kölcsönhatása képezi a mérés alapját.

2.3.2. Robbanóanyag-kipárolgást érzékelő módszerek, eszközök

Ezek a készülékek a robbanóanyagokból kipárolgó, gőz állapotban, nyomokban jelenlévő vagy pedig a szilárd felületeken adszorbeálódott részecskék kimutatására alkalmasak. A detektorok működési alapelveket tekintve, a kémiai analitikai egyes mérőműszereinek az adott helyszíni feladatok végrehajtásához kifejlesztett hordozható változatai. A gyakorlatban az alábbi módszereken alapuló berendezések terjedtek el:

- A gázkromatográfián alapuló műszerek.
- Az ion mobilitás spektrometrián (IMS) alapuló detektorok.
- A gázkromatográfia és az ion mobilitás spektrometria összekapcsolásán alapuló detektorok.

A robbanóanyagok kipárolgó részecskéit érzékelő detektorokkal szemben a fő elvárások az alábbiak:

- Gyors elemzési idő (pl.: repülőtereken nagy számú csomagot kell átvizsgálni rövid idő alatt).
- Nagy érzékenység (tekintettel általában a robbanóanyagok alacsony tenziójára).
- Szelektivitás (a nagyobb koncentrációban levő egyéb anyagok zavarhatják a mérést).

A gázkromatográfiában az elválasztási lépés viszonylag hosszú időt vesz igénybe, amit az ilyen elven működő műszerek kialakításánál, nagyon rövid kolonna, nagy gázáram, gyors felfűtési program alkalmazásával csökkentenek. Ez természetesen a szelektivitás rovására megy. Ezekben a készülékekben szinte kivétel nélkül elektronbefogásos detektort (ECD) és kemilumineszcens nitrogénszelektív detektort (CLND) alkalmaznak. Utóbbi nagy előnye az, hogy csak nitrogén tartalmú vegyületek (mint pl. a legtöbb robbanóanyag) érzékelésére alkalmas, mely a berendezések szelektivitását, ezáltal az érzékenységét is nagymértékben megnöveli.

Az ion mobilitás spektrometria elvén működő készülékeket a nagy érzékenység jellemzi. Ez azonban nem jár mindig előnnyel, mivel a nem robbanóanyag vegyületek (amelyek közül az elektronegatív molekula részeket tartalmazók) gyakran adnak a

robbanóanyag molekulákhoz hasonló ion mobilitás spektrumot, ami téves jelzésekhez vezethet.

A készülékben lévő kisméretű áramlási cső pedig nem tesz lehetővé hatékony elkülönülést a robbanóanyag és az esetlegesen jelenlévő, hasonlóan viselkedő egyéb vegyület között.

Ezt a problémát próbálják kiküszöbölni a legújabb készülékekben, ahol az ion mobilitás spektrométer, klasszikus detektorként szerepel a szeparációs egység, jelen esetben gázkromatográf után.

A legújabb fejlesztések a tömegspektrometria, ezen belül is az atmoszférikus ionizációt (API) megvalósító tandem tömegspektrometria (MS-MS) alkalmazásának irányába mutatnak.

A robbanóanyagok kipárolgásának érzékelésére nem csak műszerek alkalmasak.

Köztudott, hogy az állatvilág egyes képviselői – köztük a kutyák – rendkívül érzékeny szagló-szervvel rendelkeznek. Emiatt a robbanóanyag felkutatását végző szervek – a kábítószer kereső kutyákhoz hasonlóan – gyakran alkalmaznak robbanóanyagok keresésére kiképzett kutyákat, annak ellenére, hogy az említett előnnyel szemben különféle hátrányok is jelentkeznek.

A kiképzés során első lépésben a kutyák szag érzékelő rendszerét a tiszta robbanóanyagok gőzéire érzékenyítik, majd a megfelelő viselkedésformára, amellyel jelzik a felismerést, vagy kizárják a keresett anyagok jelenlétét.

A robbanóanyag érzékelő kutyák képzésében a legnehezebb a környezet zavaró tényezői okozta negatív hatások (hang, kép, szag) korlátozása, amelyek a koncentráció képességet csökkentik, és nem kívánatos viselkedést válthatnak ki az állatból.

Megállapították pl., hogy a németjuhász kutya szag érzékelő bolyhainak a felülete $7,85 \text{ m}^2$, ami többszöröse a kutya test felületének. Ezzel a rendkívül kifinomult rendszerrel, ideális esetben 1 fmol (f:femto, prefixum: 10^{-15}) robbanóanyagot is képes érzékelni, ami meghaladja napjaink legérzékenyebb detektorait.

2.4. Részösszegzés

Az igazságügyi vegyész-szakértői gyakorlatban robbanóanyag azonosításra, detektálásra alkalmas módszerek, berendezések szinte az analitikai kémia egészét felölelik. A nyom analitikában elterjedt általános nagy érzékenységű, szelektivitású módszerek adott mérési körülmények biztosításával, megfelelő mintaelőkészítési eljárásokat követően válnak alkalmassá robbantás utáni robbanóanyag maradványok kémiai szerkezetének meghatározására. Ebben az esetben (mint általában az igazságügyi vegyész-szakértői tevékenység során) természetesen csak kvalitatív vizsgálatoknak van értelme, de egyéb szituációkban (pl. lefoglalt keverék robbanóanyag összetételének meghatározása; robbanóanyaggal való szennyezettség mérése) kvantitatív elemzés is szükségessé válhat. Speciális szituációk (rejtett robbanóanyagok keresése) speciális műszerek alkalmazását igénylik, amelyek helyszíni, nem laboratóriumi körülmények közötti robbanóanyag kimutatást, detektálást tesznek lehetővé.

A fejezetben ismertetett, az Intézetben rendelkezésemre álló műszerekkel, módszerekkel végeztem el a kísérleteket, méréseket az értekezés célkitűzéseinek megvalósítása érdekében.

A robbantás utáni robbanóanyag maradványok kémiai analitikai módszerekkel való eredményes azonosításának feltétele (a hatékony vizsgálati módszerek kidolgozásán, továbbfejlesztésén túl) a vizsgálatokban résztvevő vegyész-szakértő közreműködése a helyszíni értékelésben, a vizsgálati minták összegyűjtésében, amire a következő fejezetben térek ki részleteiben.

III. IGAZSÁGÜGYI VEGYÉSZ-SZAKÉRTŐI SZEREP A ROBBANTÁSOS BŰNCSELEKMÉNYEK HELYSZÍNÉN

Az igazságügyi vegyész-szakértő feladata a robbanóanyagokkal elkövetett bűncselekmények kapcsán az alkalmazott robbanóanyag kémiai analitikai módszerekkel való azonosítása. Eddigi gyakorlati tapasztalatok szerint szakismeretére többféle szituációban lehet szükség, ami a nyomozóhatóság munkájával van összefüggésben.

Ezek a következők:

- Robbantásos bűncselekményekben felhasznált robbanóanyag azonosítása.
- Nyomozás során lefoglalt (nagyobb tömegű) robbanóanyag-gyanús anyag kémiai szerkezetének meghatározása.
- Különböző tárgyakkal feltehetően kontaktusba került robbanóanyagok nyomainak azonosítása.

Mindhárom esetben az előző fejezetben bemutatott analitikai kémiai mérőműszerek, módszerek, eljárások alkalmazhatók. A robbantás utáni anyagmaradványok elemzése azonban jóval összetettebb, nagyobb körültekintést, más megközelítést igénylő feladat. Ezen probléma megoldása megköveteli a robbantás helyszínén található anyagmaradványok összegyűjtésében, egyáltalán a helyszíni szemlében való részvételt, valamint a laboratóriumi tevékenységen belül a rendkívüli alapos mintaelőkészítés elvégzését.

Köztudott, hogy egy akár véletlenül bekövetkezett, akár szándékosan előidézett robbantás mekkora károkat tud okozni a környezetben, beleértve az emberi életet fenyegető veszélyt is. Éppen ezért a hatóságok számára rendkívül fontos a felelősök kilétének megállapítása, az elkövető(k) kézre kerítése, amit aztán a büntető szankciók kiszabása követ.

Robbantásos bűncselekmények felderítésének egyik fontos momentuma az alkalmazott robbanószerkezet rekonstrukciójára. Ez magába foglalja a robbanótöltet fajtájának, nagyságának, a gyújtószerkezet típusának, felépítésének, valamint az indítás módjának meghatározását. A feladat elvégzéséhez jól képzett, gyakorlott szakértői gárda hatékony tevékenységére van szükség. Sokan azt gondolnák, hogy ezek a különböző tudományterületeket művelő kriminalisztikai szakemberek a laboratóriumokban elvégzett vizsgálataival járulnak hozzá csupán az ügy felderítésének sikeréhez. A valóság azonban az –mint azt a világ több országában is tapasztaltam-, hogy a robbantás helyszínén a

későbbiekben laboratóriumi vizsgálatokat elvégző szakértők is jelen vannak. Megfigyeléseikkel, észrevételeikkel, a vizsgálandó minták, anyagmaradványok kiválasztására tett javaslataikkal nagymértékben segíthetik egyrészt a nyomozás kezdeti szakaszát, illetve befolyásolhatják a laboratóriumi vizsgálatok eredményességét. Ezt a gyakorlatot próbáljuk Magyarországon is megvalósítani, mikor is az ORFK Készenléti Rendőrség tüzszerész szakemberei, a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat vegyész-szakértői, egyéb szakemberek közösen elemzik, értékelik közvetlen a robbanás utáni állapotot.

A fejezetben ezeket helyszínen jelentkező feladatokat mutatom be a vegyész-szakértő szemszögéből, akinek fő tevékenysége a későbbiek során a rendelkezésre álló eszközökkel, műszerekkel, módszerekkel kémiaiailag azonosítani a bűncselekmény során alkalmazott robbanóanyagot. Ezt a részt főként külföldi tanulmányútjaim során szerzett ismereteim, néhány vonatkozó szakirodalom [8]¹, [9]², [10]³, valamint ezek, hazai esetek kapcsán a gyakorlatban való alkalmazásakor szerzett tapasztalataim alapján állítottam össze.

3.1. Megfigyeléseken alapuló elsődleges vélemények

Az elsődleges vélemények kialakítása a bekövetkezett eseményekről az értesítés, a körülmények rövid leírása után megkezdődik. Ez kiváltképp igaz azokra a szakemberekre, szakértőkre, akik a robbanások környezeti hatásainak vizsgálata terén szereztek gazdag tapasztalatokat. Természetesen minden további információ begyűjtése elindít egy átértékelési, felülvizsgálati folyamatot, amely megváltoztathatja a kezdeti feltevéseket. Már a helyszínen megtörténik egy teljes értékelés a bekövetkezett robbanásra vonatkozóan. A vizsgálódás módszerei a körülményektől függenek ugyan, de általában meghatározott rend szerint, szisztematikusan elemzik, értékelik a helyszínt, a legkevésbé károsodott részekről eljutva a robbanás pontos helyéhez. Ily módon elkerülhető, hogy egyéni

¹ Beveridge, Alexander (editor): *Forensic Investigation of Explosions*, p. 101-126, Taylor and Francis Ltd., 1998

² Deak, J.S.; Clark, H.; Dagenais, C.; Jones, S.; McLure, D. and Richardson, B.W: Post-blast residue analysis in the RCMP Laboratories: Some practical observations
Proceedings Third Symposium on Analysis and Detection of Explosives, p. 18-1-18-19, Mannheim, 1989

³ Beveridge, A.: Explosive residue analysis in the mid-1980's an expanding and challenging role for the forensic scientist
J. of Energ. M. 4, 29-76, 1986

megfigyelésekből olyan információk keletkezzenek, amelyek esetlegesen tévútra terelik a nyomozást már a kezdet kezdetén. Konklúziók vonhatók le azon ismeretek birtokában, amelyek az alább felmerülő kérdéseket tisztázni tudják:

- A robbanás diffúz jellegű volt-e (pl.: gázrobbanás), vagy adott helyhez köthető a bekövetkezése?
- Ha eldönthető, hogy kondenzált robbanóanyag (nem gáz) okozta a robbanást, akkor az nagy hatóerejű (brizáns) robbanóanyag volt-e, vagy valamilyen lőpor? (Ennek egyértelmű megállapítására egyébként már a bűncselekmény lehetőségét veti fel, pláne akkor, ha a robbanás helyszíne nem vegyi gyár, katonai létesítmény, robbanóanyag raktár, stb. illetve annak közelsége.)
- Fellelhetők-e olyan anyagmaradványok, amelyek robbanószerkezetnek lehetnek elemei?
- Milyen típusú sérülések, elszíneződések találhatók a gyanús anyagokon (a helyszínhez közel, illetve abban a pozícióban levők, amelyeket közvetlenül ért a robbanási sérülés)?
- Milyen a jellege, mérete, területi eloszlása a robbanási törmeléknek?
- A robbanás helyétől milyen távolságban található még a robbanásból származó anyagmaradvány? Ha ez a távolság a bűneset helyszínének behatárolt területén kívül esik, a területet ennek megfelelően kell kiterjeszteni.
- Milyen jellegzetes szagok érezhetők? Erős kén-dioxid szag utalhat kén tartalmú robbanóanyag (fekete lőpor) alkalmazására.
- A robbanás közelében emberek panaszkodtak-e fejfájásra? A dinamit alapú robbanóanyagokból könnyen párologó nitroglicerin juthat a levegőbe, és mivel ez értágító anyag, fejfájást okozhat.

3.2. Az alkalmazott robbanóanyag típusának behatárolása a pusztító hatás alapján

Az egyik legfontosabb és egyben legnehezebb feladat a robbantásos bűncselekmények kivizsgálásán dolgozó igazságügyi szakértőknek a bűncselekményben használt robbanóanyag típusának behatárolása a kémiai vizsgálatokat megelőzően.

Ez rendkívül értékes információ lehet a helyszínen vizsgálatokban résztvevőknek, nagy szerepet játszhat a vizsgálatok irányának meghatározásában, valamint fontos kiindulópont a hatóságoknak a nyomozati munkában.

Abban az esetben, ha a helyszínen nem található szemmel látható (és valamilyen módszerrel azonosítható) robbanóanyag maradvány, a robbanóanyag felismerésére utaló egyéb nyom (pl. csomagolás), akkor az elsődleges behatárolás a robbanás környezetre gyakorolt hatásának figyelembe vételével, elemzésével történhet. A megfigyeléseknek elsősorban a hőmérséklet, a nyomásváltozás, valamint a fragmentáció okozta változásokra kell irányulnia. Igazán ezek alapján maga a robbanóanyag csak a legkritkább esetben azonosítható, de az, hogy detonációra nem képes (pl. lőpor), vagy detonáló robbanóanyagról van szó, az sok esetben eldönthető.

Az előbbiekre, mint azt korábban említettem a deflagráció, vagy a rendkívül gyors égés a jellemző, nem pedig a detonáció. Deflagrációkor a kémiai reakció frontja az el nem robbant anyagban a hangsebességnél kisebb sebességgel és szakaszosan (pulzálva) terjed. Ezért van az, hogy az ilyen típusú robbanóanyagokat az elkövetők általában lezárt térben (pl. csőben) alkalmazzák a nagyobb robbanóhatás kiváltása céljából. Ezt egyébként a hazai merényletek tapasztalatai is bizonyítják. A vélhetően robbanóanyagot tartalmazó jellegzetes konténer maradványainak a robbanás közelében való megtalálása detonációra nem képes robbanóanyag alkalmazására utal. Ilyen esetekben a közvetlenül a robbanás által bekövetkezett nyomásváltozás okozta kár minimális, és nagymértékben egy megadott helyre korlátozódik. A pusztító hatás nagymértékben a konténer fragmentációjából származik. **A megkülönböztetett elsődleges fragmentációs hatás (a robbanószerkezet elemeiből származó) és másodlagos fragmentációs hatás (a környezeti elemekből származó) közül is az előbbi okozta károk jellemzőek a fent említett robbanóanyagokkal elkövetett robbantási helyszínenre.**

A detonációra képes robbanóanyagok alkalmazásakor bekövetkezett detonáció jóval karakterisztikusabb hatásokat produkál, aminek az oka az anyagban a helyi hangsebességgel haladó reakció zóna által generált ütőhullám. A karakterisztikus viselkedést, amely során jelentősen nagyobb nyomásváltozás hat a környezetre, brizáns zúzóhatásnak is nevezik. A nyomás igen rövid idő alatt ér el rendkívül magas értéket. **A robbanás helyén képződő ún. kráter szinte mindig megfigyelhető ugyanúgy, mint a zúzó hatás jelei a környezeti tárgyakon. Ezek a jellegzetességek észlelhetők függetlenül attól, hogy a robbanóanyagot zárt térben (konténerben) használták, vagy sem.** A detonációra képes (pl. brizáns) robbanóanyagok detonációsebessége jól mérhető és

jellemző az adott robbanóanyagra. A brizancia (robbanás környezeti hatásának mértéke) összefügg (egyenes arányban áll) a detonációsebességgel. Ezt figyelembe véve a gyakorlott robbanóanyag-, vagy tűzszerész szakértő a helyszínen óvatos becslést tehet az alkalmazott robbanóanyag típusát illetően.

3.3. Elsődleges helyszíni vizsgálatok alkalmazása a robbanóanyag meghatározására

A tudomány jelen színvonalán –a technikai ellátottságtól függően- mód van arra, hogy műszeres vagy klasszikus kémiai analitikai vizsgálatokat végezzünk el a robbantásos merénylet helyszínén. Rendelkezésre állnak ma már olyan hordozható robbanóanyag detektorok, amelyek a robbanóanyagból, illetve annak robbanás utáni maradékából kipárolgó gőz állapotban, nyomokban jelenlévő, vagy pedig szilárd felületen adszorbeálódott részecskék kimutatására fejlesztették ki. Ezen műszereket elsősorban a repülőterek biztonsági rendszereiben alkalmazzák (nagy számú személy és csomag átvizsgálására), de a robbantásos bűncselekmények helyszínén is sikerrel alkalmazhatók a robbanóanyag maradványokat hordozó minták kiválasztására, valamint egy elsődleges robbanóanyag meghatározásra. A beszerezhető legjobb detektorok ez EGIS, IONSCAN, ITEMISER típusok, melyek már a jól párolgó robbanóanyagokon (glicerin-trinitrát, etilén-glikol-dinitrát, DNT) túlmenően a közismerten kis tenziójú robbanóanyagok (nitropenta, hexogén) érzékelésére is alkalmasak adott körülmények között.

A másik helyszínen alkalmazható, robbanóanyag jelenlétét bizonyos körülmények között jelezni képes eszköz, a laboratóriumban gyakran használt klasszikus kémiai, analitikai módszerek (színreakciók) reagenseinek hordozható formában való összeállítása.

3.4. Robbantás utáni maradványok összegyűjtése

Az igazságügyi vegyész-szakértő végső célja, hogy az eredeti robbanóanyag meg nem semmisült nyomait megtalálja. **Ehhez a helyszínről előre megtervezett, szisztematikus kutató-kereső munkával anyagmaradványokat kell összegyűjteni (mintavételezés) a további vizsgálatok elvégzéséhez.** A robbanószerkezetben alkalmazott

robbanóanyagtól, a robbantás végrehajtásának szakszerűségétől nagymértékben függ a hátramaradt nyomok mennyisége, fizikai állapota, ami befolyásolja a minták összegyűjtésének módját. Emiatt nagyon fontos az alkalmazott robbanóanyag típusára vonatkozó, előzetes, a környezet alapos áttanulmányozásán alapuló becslés. Ez a behatárolás a kiindulópont, amelyből adódik minden ezt követő lépés a minták összegyűjtésének folyamatában. **Az igazságügyi vegyész-szakértő az anyagmaradványok összegyűjtésében való részvétellel, a minták megfelelő tárolásával, a helyszínen dolgozó tűzszerész és egyéb szakértőkkel való konzultáció révén tudja biztosítani, hogy azok a minták kerülnek a laboratóriumba, amelyek nagy valószínűséggel a legnagyobb mennyiségben hordoznak, illetve tartalmaznak robbanóanyag nyomokat.**

3.4.1. Detonációra nem képes robbanóanyagok (lőporok) maradványainak összegyűjtése

A legtöbb detonációra nem képes robbanóanyag égési, vagy deflagrációs jellemzői viszonylag egyszerű helyzetet eredményeznek a maradványok a mintavételezésben és azok tárolásában, csomagolásában résztvevőknek. Az ilyen típusú robbanóanyagokat lezárt fém eszközökben (pl. cső) helyezik el, ahol az iniciálás akár hagyományos gyutaccsal, vagy gyújtózsínórral hajtható végre, majd a deflagrációs front részecskéről részecskére történő vándorlásával a reakció tovább halad. A nyomás és a hőmérséklet emelkedésével nő a reakció sebessége is, amíg a túlnyomás hatására a fém eszköz szét nem robban. Ekkor a nyomás és a reakciósebesség hirtelen lecsökken és a deflagrációban részt nem vett részecskék szétszóródnak, **amelyek általában nagy mennyiségben, eredeti formájukban is fellelhetők a helyszínen.** Ez ad lehetőséget arra, hogy már vizuális összehasonlító vizsgálat alapján származási helyre, gyártásra, esetleg elkövetőre vonatkozóan magállapításokat tegyünk.

Az anyagmaradványok összegyűjtésének ez esetben a legegyszerűbb módja a seprés, porszívózás, amely során alkalmazott eszközöknek természetesen tisztának kell lenni. A megfelelő mintavételezéssel, jól felszerelt laboratóriummal, jól képzett személyzettel igen eredményesen hajthatók végre az alkalmazott robbanóanyag meghatározására vonatkozó vizsgálatok.

3.4.2. Detonációra képes robbanóanyagok maradványainak összegyűjtése

Azokban az esetekben, amikor brizáns robbanóanyagokat alkalmaztak az elkövetők, a minták összegyűjtése, csomagolása, tárolása, megóvása nem a helyszínről származó egyéb anyaggal való szennyeződéstől, jóval komplexebb feladat, teljes technikai szakértelmet igényel az igazságügyi szakértőktől. Az első akadályt az a pusztán tény okozza, hogy napjaink brizáns robbanóanyagai rendkívüli változatosságot mutatnak mind összetételben, mind fizikai megjelenési formájukban: tiszta robbanóanyag vegyületek, emulziók, zagyok, gélek, mechanikai keverékek, a szilárd és folyadék halmazállapotú anyagok különböző kombinációi. Ezek a különbözőségek eltérő mintavételezési módszerek alkalmazását eredményezhetik, bizonyos nem robbanóanyag vegyületek jelenlétének igazolása a helyszínen, vagy az elkövetéssel gyanúsított ruházatán, tárgyain értékes információ lehet a szakvélemény kialakításánál. Az egyes minták tárolás, szállítás közbeni egymás közti szennyeződés kialakulásának esélye is függ az eredeti robbanóanyag típusától.

Mivel a brizáns robbanóanyagok detonációjakor a reakció frontja a reagálatlan robbanóanyagokon keresztül nagy sebességgel halad, **ezért a robbanás utáni maradék tipikusan nyomnyi mennyiség, és természetesen általában szabad szemmel nem látható.** Ettől eltérő eset akkor áll fenn, ha a robbanóanyag nem a várt módon funkcionál. Ezt az állapotot alacsony rendű detonációként említjük, ami adódhat a robbanóanyag minőségének romlásából, a nem megfelelő iniciálásból, vagy a gyújtólánc szakértelem nélküli összeállításából, és az ún. kritikus átmérő alatti töltetméret alkalmazásából. Keverék robbanóanyagok esetén a komponensek rossz arányban való keverése, az összetevők hiánya –ami a házilag készített robbanóanyagokra jellemző- szintén a tökéletes detonáció elmaradásával járhat. Ilyen esetekben a robbanás környezetében makroszkópikus, szabad szemmel is látható robbanóanyag maradványokat találhatunk a helyszínen, ami összegyűjtésüket az alacsony hatóerejű robbanóanyag maradványhoz hasonlóan egyszerűvé teszi.

A brizáns robbanóanyagok alkalmazásakor fel nem robbant maradványok azonosítása szükségszerűen laboratóriumi mérések alapján történik. A helyszíni munkálatok elsődleges célja azon gyanús anyagok összegyűjtése, amelyek feltehetően tartalmaznak, illetve hordoznak robbanóanyag nyomokat, melynek igazolása, vagy cáfolása a laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek kiértékelése alapján történik. A robbanóanyagok kémiai szerkezetének meghatározása a robbantásos esemény utáni

anyagmaradványok elemzése útján rendkívül nehéz analitikai feladat. Ez abból adódik, hogy az eredeti, **kémiai átalakulásban részt nem vett robbanóanyag részecskék általában rendkívül kis mennyiségben vannak jelen a helyszínen (a mérésekre előkészített oldat kb. 10^{-6} - 10^{-9} g/ml koncentrációjú robbanóanyagra nézve), számtalan egyéb vegyi anyagtól szennyezett környezetben.** Ezeket figyelembe véve érthető, hogy az igazságügyi vegyész-szakértő helyszíni közreműködése mennyire fontos.

A nagy valószínűséggel robbanóanyag maradványokat őrző, hordozó anyagok felismerése, amelyek egyidejűleg közel is vannak az eredeti robbanóanyag töltetéhez, de még sincsenek kitéve a robbanás hőhatásának, rendkívül nagy gyakorlatot igényel.

Ilyen gyakorlat szerezhető az aktuális helyszíni tevékenységek során, valamint imitációs robbantási kísérletekben való részvétellel. Ilyen jellegű kísérleteket én is terveztem, végrehajtottam (lásd később).

A robbanóanyag vegyület molekulái a helyszín légterében is előfordulhatnak, ami adódik magából a robbanásból, valamint a különböző felületeken megkötődött részecskék kipárolgásából. Lehet mintát venni a levegőből a környezetanalitikában alkalmazott mintavételezési eljárásokkal. Ezek azon alapulnak, hogy egy kézi szivattyúval levegőt szívatnak át egy adszorbensen (nagy megkötő képességgel rendelkező anyag, pl. aktív szén), amelyről oldószerrel eltávolítják az eredetileg légtérben lévő, megkötött anyagokat. A légtérből való mintavételezésnek a másik módja a már említett, a légiforgalmi biztonsági rendszerekben alkalmazott, hordozható robbanóanyag detektorok használata. A levegőből vett minták elemzésének különösen akkor van jelentősége, ha a robbanószerkezet tölteteként valamilyen dinamit típusú robbanóanyagot alkalmaztak. A dinamitokban ugyanis a fő komponens nitroglicerín, vagy etilén-glikol-dinitrát, amelyek szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotúak, nagy a tenziójuk, jól párolognak. E tulajdonságai folytán viszonylag jól detektálhatók, akár a robbanás utáni szituációt, akár még a felhasználás előtti, a robbanószerkezet közvetlen közelében lévő környezetet vizsgáljuk. Az iparban elterjedt és ezzel együtt a bűncselekményekben is egyre gyakrabban alkalmazott új típusú (vizes alapú gélek, emulziók; nem csak fő tömegében nitrovegyület alapú) robbanókeverékek az analitikai vizsgálatok „filozófiá”-ját új irányba terelik.

Akár a helyszínen egyszerű módszerekkel, akár a laboratóriumban bonyolult analitikai műveletekkel azonosított kémiai anyagok szerepét az alkalmazott robbanóanyag keverékben a környezettel, a körülmények elemzésével összhangban kell értékelni. Példának okáért, ha ammónium-nitrát és dízelolaj volt az azonosított anyag –amelyek hétköznapi anyagok, de robbanó keverékek összetevői is lehetnek- nagyon fontos, hogy

milyen típusú mintákból sikerült kimutatni ezeket az anyagokat. Nyilvánvaló, hogy ha az ammónium-nitrát föld minta elemzése során nyert azonosítást, ennek az informatív értéke jóval kisebb, mintha egy úttesten történt robbanást követően jutottunk volna hasonló eredményre. Hasonlóképpen az igazságügyi vegyész-szakértő számára kevésbé fontos információ az, ha dízelolaj nyomokat talál egy dízel üzemű jármű felrobbantását követően. Éppen ezért elválaszthatatlan a helyszín alapos átkutatása, dokumentálása az analitikai mérések eredményeitől, ha ezeket tudományosan helytállóan, a nyomozás szempontjából hasznosnak kívánjuk értékelni.

Az elmondottak alapján nyilvánvaló, hogy minden olyan anyag, amelyen a robbanás hatása észlelhető –beleértve a robbanószerkezet részeit, a környezetből származó anyagokat- a továbbiakban a vegyi-analitikai laboratóriumokba kerülnek különböző vizsgálatok céljából. Azokról a tárgyokról, amelyek vélhetően hordozhatnak robbanóanyag nyomokat, de nem mozgathatók el a helyszínről, különféle módon, általában oldószerek alkalmazásával távolíthatók el az értékes robbanóanyag maradványok. Ennek során az igazságügyi vegyész-szakértő oldószerral (aceton, alkohol) átitatott vattacsomókkal áttamponálja a kérdéses felületet. A tamponok –amelyek már vélhetően robbanóanyag maradvány hordozói- lezárt polietilén zacskókba, majd a laboratóriumba kerülnek további vizsgálatokra.

Számos tényezőt figyelembe kell venni a tamponálási technika kiválasztásánál (elsősorban az alkalmazott oldószert illetően), mint pl. a robbanószerkezetben felhasznált robbanóanyag típusát (ha az a helyszín elemzése során valószínűsíthető), a tamponálandó felület anyagát, a tampon anyagát, stb. Ez az egyik olyan terület, ahol a tapasztalat, a résztvevő anyagokra vonatkozó alapos vegyi szakismeret jelentősen hozzájárulhat az optimális technika kiválasztásához.

3.5. Részösszegzés

A robbantásos bűncselekményekben alkalmazott robbanóanyag meghatározására irányuló vegyész-szakértői tevékenységnek, a konkrét analitikai feladatokon túlmenően nagy jelentőséget tulajdonítok a helyszínen tapasztaltak értékelését, elemzését végző szakember gárdával történő együttműködésben. Régebbi esetek tapasztalatainak összevetése az adott robbantási helyszín sajátágaival olyan elsődleges vélemények kialakításához vezethet, mely sokszor megkönnyítheti a szakértők, így a vegyész-szakértő további munkáját is.

A minták összegyűjtésében való részvételt, a vizsgálati minták kiválasztását, szakszerű kezelését, szállítását a helyszíni vegyész-szakértői munka alapvető feladatainak tekintem, mintegy elsődleges feltételeként az eredményes laboratóriumi vizsgálatoknak.

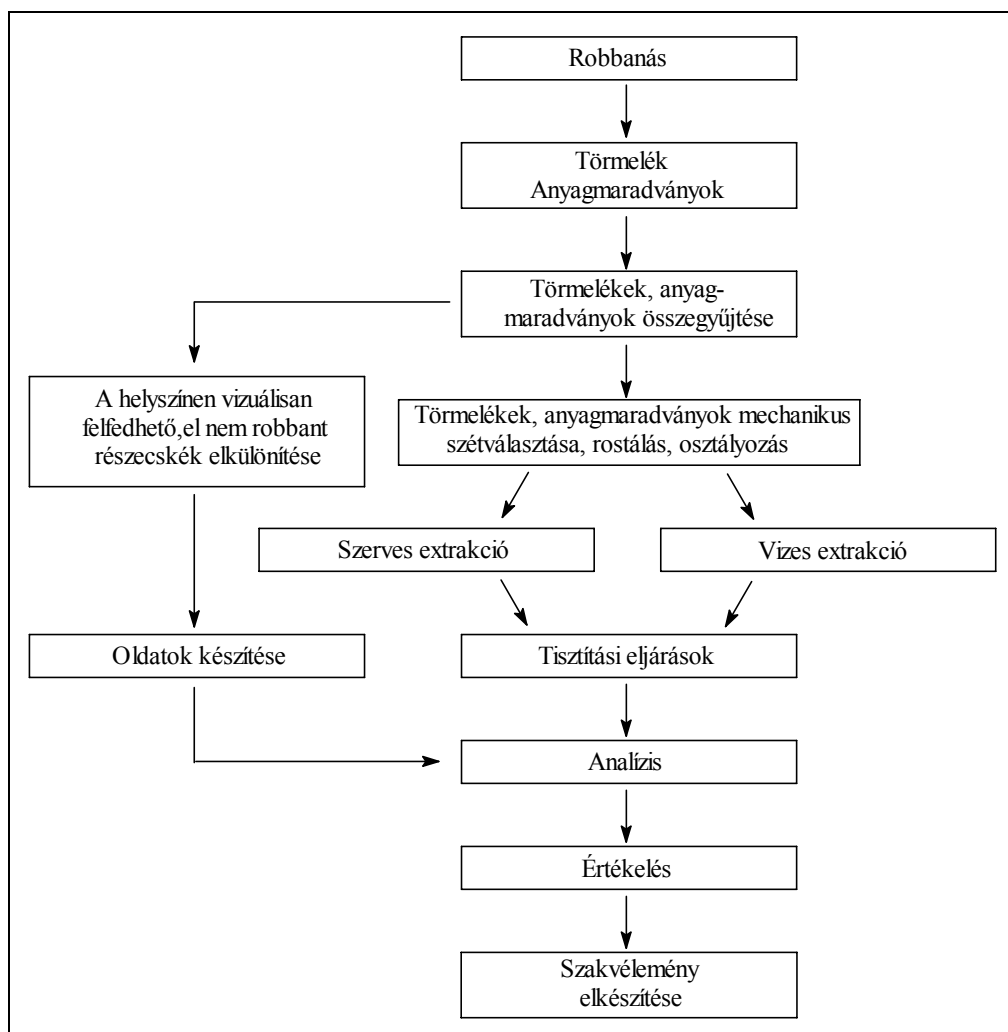
Az elmúlt évek hazai robbantásos eseményeinek kivizsgálására irányuló szakértői tevékenységben az ezen fejezetben bemutatott gyakorlat szerint jártunk el, törekszünk az egyes szakértői csoportok összehangolt munkavégzését minél hatékonyabban megvalósítani.

IV. KÍSÉRLETI RÉSZ

4.1. Robbanóanyag maradványok laboratóriumi azonosításának hazai gyakorlatban alkalmazott rendszere.

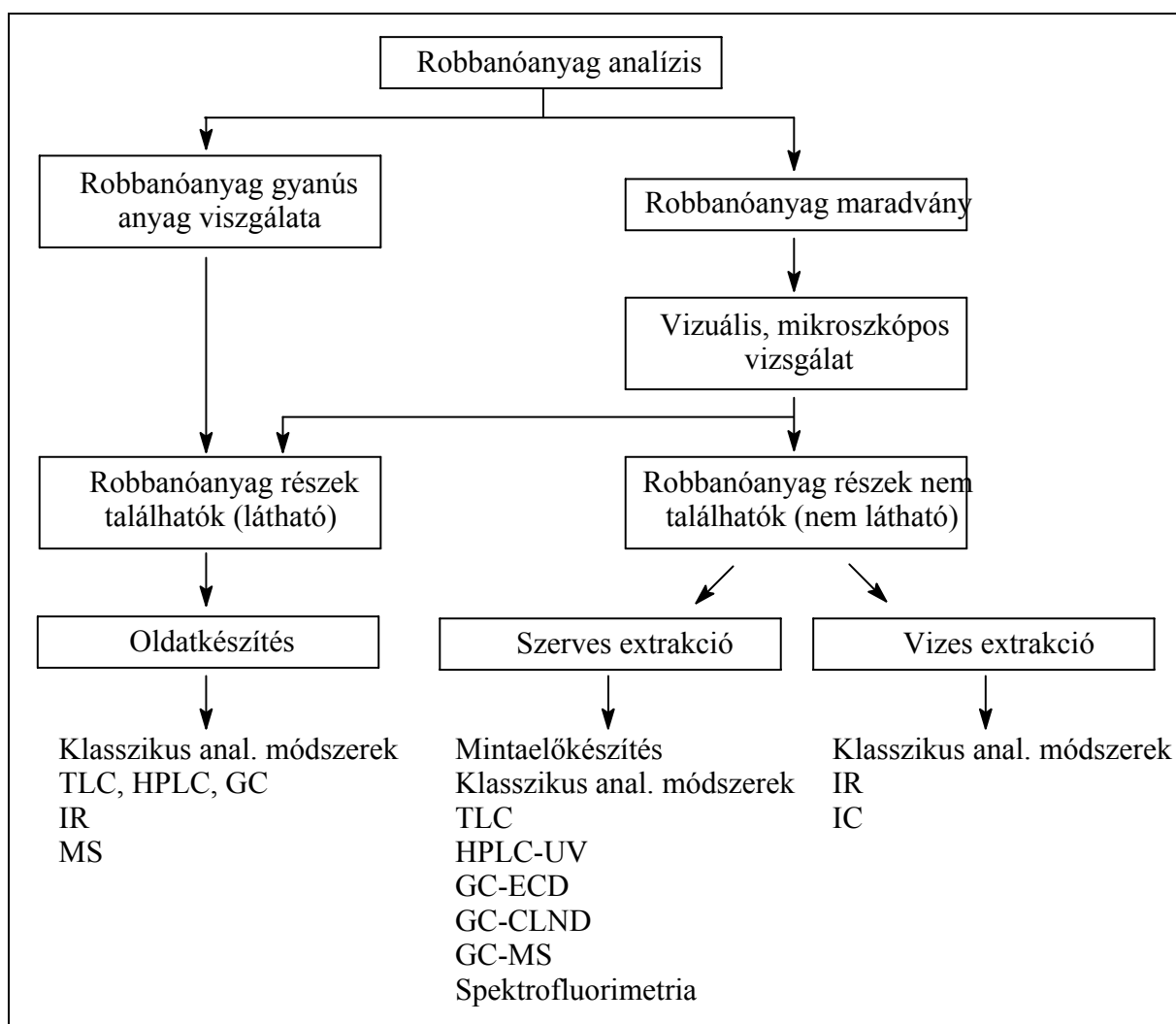
Az elmúlt években a különböző külföldi laboratóriumok vizsgálati módszereinek áttanulmányozása, a hazai gyakorlati tapasztalatok értékelése, feldolgozása alapján az egyes mérési módszerek, eljárások összehangolása révén kialakítottuk, kifejlesztettük a saját robbanóanyag analitikai vizsgálati módszerünket.

A 7. ábrán vázoltam azokat a lépéseket, amelyek a robbantás utáni anyagmaradványok kezelésével kapcsolatosak, mi történik a robbanás bekövetkeztétől a szakvélemény elkészítéséig.



7. ábra
Robbantás utáni anyagmaradványok kezelése

A 8. ábrán a már ismertetett, általunk is alkalmazott, illetőleg közvetve hozzáférhető mérési módszerek, mérő eszközök alkalmazásának a hierarchikus rendjét mutatom be, mellyel végső soron a robbanóanyag kémiai szerkezetének azonosítása lehetővé válik. Az ábráról leolvasható az is, hogy mennyiben módosul a helyzet, ha a robbantás helyszínén vizuálisan észlelhető robbanóanyag részek vannak, vagy nagyobb tömegű lefoglalt gyanús anyag a vizsgálat tárgya. Ez utóbbi két esetben nem szükséges különböző extrakciós eljárásokat, minta előkészítési lépéseket alkalmazni (ami lényegesen megrövidíti a vizsgálatok idejét), hanem elegendő a megfelelő oldatok elkészítése.



8. ábra

Az alkalmazott analitikai eljárások, eszközök a robbanóanyagok azonosítási folyamatában

A megtervezett és végrehajtott kísérleteim, illetve az irányításommal dolgozó kutatócsoport méréseinek egy része a fent ismertetett robbanóanyag vizsgálati

rendszerben feltűntetett módszerek fejlesztését célozták, és ezek napi szakértői gyakorlatban való minél hatékonyabb alkalmazhatóságának kidolgozására irányultak, elsősorban a szerves vegyület alapú brizáns robbanóanyagok tekintetében.

A kísérleti vizsgálatok másik része a bűncselekményekben, illetve azok gyanúja esetén megfigyelhető, eltérő jellegű minták képződését előidéző szituációk modellezésére vonatkoznak. Ide tartoznak a fel nem robbant robbanóanyag maradványok környezeti tárgyakon való felkenődése, melyeket kísérleti robbantással állítottam elő, valamint a robbanóanyagok érintkezés során való megkötődése különböző felületeken, illetve ezek adott mérési technikával való igazolása. Végül konkrét bűnesetek vonatkozásában próba robbantások elvégzésével becsültem meg a már előzőleg analitikai módszerekkel azonosított, a bűncselekményben felhasznált töltet mennyiségét.

4.2. Mintaelőkészítési módszerek alapkísérletei

A mintaelőkészítésnek elsősorban a robbantásos merényletek után vizsgálatra került anyagmaradványok feldolgozásánál van nagy jelentősége. A szakértői tevékenység során a mintavételezés és különféle műszeres és nem műszeres analitikai eljárások között foglalnak helyet.

A mintaelőkészítési eljárások célja:

- A fel nem robbant robbanóanyag maradványok lehetőség szerinti maximális kinyerése robbanás helyszínéről összegyűjtött minták anyagából, vagy ezek felületéről.
- A kinyert robbanóanyag tisztítása.
- A keletkezett oldat koncentrációja, dúsítása.

4.2.1. A folyadék extrakció zavaró hatásainak kiküszöbölése

Az extrakció célja általában a kérdéses mintában található robbanóanyag maradványok minél teljesebb és szelektívebb kivonása. Folyadék extraháló szer alkalmazása esetén ez a vizsgálandó anyag oldatba vitelét jelenti. A korábban használt oldószeres (általában aceton) extrakció során nemcsak a robbanóanyag nyomok kerülnek az oldószeres fázisba, hanem egyéb szerves vegyületek is, így az oldószeres fázis

töményítése után ezek is zavaró komponensként feldúsulnak a mintában. [11]¹ Ez a körülmény bizonyos esetekben megbízhatatlanná teszi az analitikai eredményeket, kedvezőtlenül befolyásolhatja a kromatográfiás mérések eredményeit. A brizáns robbanóanyagok poláris molekulaszervezetűek és ezért a poláris szerves oldószerben (aceton, acetonitril, metanol) jól oldódnak. E körülményből adódott az a feltételezésem, hogy a szerves robbanóanyagok vízben (vagyis erősen poláros oldószerben) való oldhatósága nem elhanyagolható mértékű, ha a rendelkezésre álló analitikai módszereket is figyelembe vesszük.

A vizsgálati anyagmaradványok robbanóanyag tartalma a körülményektől függően igen változatos lehet, de a tapasztalataim azt mutatják, hogy szerves oldószerrel, pl. acetonnal nyert extraktumok koncentrációja nem haladja meg a vízre vonatkoztatott oldhatósági értékeket. Ez pl. TNT-re 100 ppm, ami a jelenleg használt analitikai mérőműszerek kimutatási határai felett van nagyságrendekkel, teljes extrakció esetén. A vizes extrakció során a kevésbé poláris szerves molekulák nem kerülnek a vizes fázisba, a szervetlen komponensek pedig – kromatográfiás viselkedésüket tekintve – nem zavarják a későbbi, pl. kromatográfiás méréseket.

A vizes extrakció során tehát a robbanóanyag maradványok jóval szelektívebben kerülnek a további mintaelőkészítési fázisokhoz.

Tekintettel arra, hogy a szakirodalomban nem, vagy csak érintőlegesen utalnak a vizes extrakcióra, mint módszerre [12]² (robbanóanyag maradványok kinyerésére robbantás utáni maradványokból), ennek gyakorlati alkalmazásra felhasználható módszer alapjait dolgoztam ki TNT, hexogén és tetryl robbanóanyagok tekintetében.

Az extrakcióval nyert oldatot további szilárdfázisú extrakciós dúsítási (lásd később) módszerrel készítettem elő az elektronbefogásos detektálású (ECD) gázkromatográfiás mérésekre.

A módszer kidolgozása során 0,5 liter vízben és 2,5 cm³ metanolban oldottunk fel a fenti robbanóanyagokat, úgy hogy a koncentráció 10 ppm körüli érték legyen.

¹ Beveridge, A.; et. al.: Systematic Analysis of Explosives Residues
J. Forensic Sci 20, 1975

² Thompson, R. Q.; Fetterolf, D.D.; Miller, M. L.; Mothershead, R.F.: Aqueous Recovery from Cotton Swabs of Organic Explosives Residue by Solid Phase Extraction
J. Forensic Sciences, 44(4), 795-804, 1999

— Mérési eljárások, körülmények

A vizes robbanóanyag oldatokat a szilárdfázisú extrakciós eljárás előtt megsűrtem Millipore 0,8 μm -es szűrőn az esetlegesen fel nem oldódott robbanóanyag szemcsék, és az egyéb oldhatatlan szennyeződések eltávolítása céljából.

- A szilárdfázisú extrakció paraméterei

Típus: IST ENVI + (Supelco Inc.)

Kondicionálás: 5 cm^3 acetone \rightarrow 10 cm^3 metanol \rightarrow 5 cm^3 víz

Mintaátszivatás: 25 cm^3 /perc (5 perc)

Szárítás: levegő átszivatás 25 cm^3 /perc

Elúció (robbanóanyag leoldása) 20 cm^3 acetone

Minta: 3,7 mg (7,4 ppm) TNT, 4,6 mg (9,2 ppm) hexogén, 5,9 mg (11,8 ppm) tetril 0,5 liter vízben + 2,5 ml metanol

- Gázkromatográfiai paraméterek

Készülék: HP5720A GC + HP 3390A integrátor

Oszlop: RTX5 (Restek) 30m x 0,53mm ID, filmvastagság 1 μm

Fűtés: 80 $^{\circ}\text{C}$ 8 $^{\circ}\text{C}$ /perc 250 $^{\circ}\text{C}$

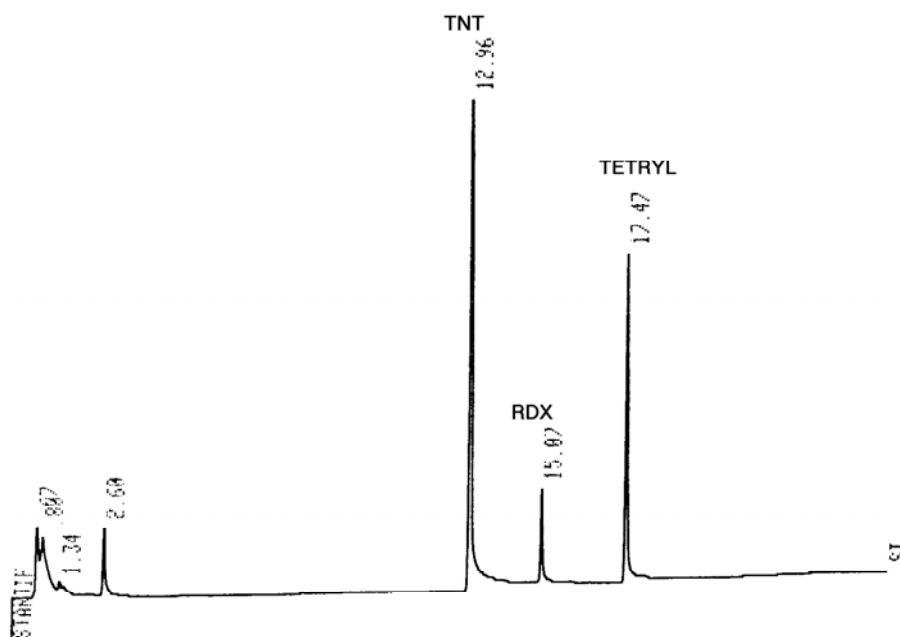
Detektor: ECD 300 $^{\circ}\text{C}$ AR-CH₄ (5 %) 50 cm^3 /perc

Injektor: 180 $^{\circ}\text{C}$

Vívőgáz: H₂ 10 cm^3 /perc

Injektált minta: 1 μl

A kromatogram a 9. ábrán látható 100x-os hígítás mellett.



9. ábra
TNT, hexogén és tetryl vizes oldószeres előkészítés után készült kromatogramja

4.2.2. Robbanóanyagok dúsítása, kinyerése vizes oldatból szilárdfázisú extrakcióval (SPE)

A folyadék extrakciós, valamint az elsődleges töményítési (bepárlás) eljárások után általában további dúsítási módszereket kell alkalmazni a robbanóanyag nyomok szelektív oldatba vitelére, amire szilárdfázisú extrakciós módszert dolgoztam ki.

A szilárdfázisú extrakció során adszorbenst alkalmazunk az oldószerben lévő oldott komponensek dúsítására, kinyerésére. Adszorbenként leggyakrabban módosított szilikagélt alkalmaznak, melyen a felületi szilanol csoport hidrogénje apoláris (oktil, oktadecil, fenil stb.), vagy poláris (pl. cianopropil) csoportot tartalmazó szilil csoporttal helyettesítik. Az adszorbens szemcsemérete általában 40-60 μm , amit 0,5-1,5 cm belső átmérőjű, 5-10 cm hosszú polietilén, vagy üvegcsőbe töltenek (extrakciós patron). [13]¹, [14]², [15]¹

¹ Lloyd; J.B.F.: Adsorption characteristics of organic explosives compounds on adsorbents typically used in clean-up and related trace analysis techniques
J. Chromatography, 328, 145-154, 1985

² Kolla, P.: Trace analysis of explosives form complex mixtures with sample pretreatment and selective detection
J. Forensic Sciences, 36, 1342-1359, 1991

A szilárdfázisú extrakció főbb munkafázisai: a kondicionálás, mintafelvitel, átmosás, szárítás és leoldás (elúció). A kondicionálás célja, hogy a töltetet a dúsítandó komponenset tartalmazó közeg megfelelően nedvesítse, s így kialakuljanak a várt adszorpciós kölcsönhatások.

A mintafelvitel során az oszlopon áramló mintából megkötődnek a dúsítandó komponensek. Az átmosás a nem kívánatos mátrix komponensek eltávolítását szolgálja. Fontos, hogy a kondicionálás és mintafelvitel során az oszlopon folyamatosan legyen folyadék, mert ha levegő kerül az oszlopra, akkor a továbbiakban nem lesz megfelelő a nedvesítés. A szárítás során eltávozik az eredeti oldószer maradéka az oszlopról, majd az elúció során a vizsgált komponenseket alkalmas oldószer kis mennyiségével szelektíven lehet kioldani. Az oszlopon való áthaladás sebességét vákuum-szívással lehet szabályozni.

A módszer előnye, hogy a tapasztalat szerinti, egyes anyagmaradvány minták extrahálásához szükséges oldószer mennyiség nem haladja meg az SPE-ben kényelmesen alkalmazható térfogatot, tehát nem feltétlen szükséges előzetes bepárlást alkalmazni, így csökken a mintaelőkészítés időigénye.

A szilárdfázisú extrakció végrehajtása után az oldatban lévő robbanóanyagok azonosítását gázkromatográfias módszerrel (GC-ECD) végeztem. Négy különböző típusú adszorbenst vizsgáltam 2,4-dinitro-toluol (DNT) és 2,4,6-trinitro-toluol (TNT) vizes oldatból történő kinyerésére, hatékonyságuk meghatározására.

— Mérési eljárások

TNT robbanóanyagból 1000 ppm-es törzsoldatot készítettem metanol oldószerben. Az egyes mérésekhez ezen oldatból készítettem 1 dm³ vizes mintát 2x desztillált vízzel 100-1 ppb (1 ppb=1 mg/g) koncentráció tartományban. A vizsgált négy SPE patron közül kettőn nem, kettőn viszont gyakorlatilag 100 %-os kinyeréssel sikerült megkötni a bemért TNT-t.

- A szilárdfázisú extrakció paraméterei

Típus: IST C18 over CN (2 g over 2 g 15 cm³)

¹ Douse, J.M.F.: Trace analysis of explosives in handswab extracts using Amberlite XAD-7 porous polymer beads, silica capillary column gas chromatography with electron capture detection and thin layer chromatography
J. Chromatography, 234, 415-425, 1982

Kondicionálás: 10 cm³ metanol (8 cm³/perc)
 10 cm³ etil-acetát (8 cm³/perc)
 30 cm³ aceton (8 cm³/perc)
 10 cm³ 2x desztillált víz (20 cm³/perc)

Mintafelvitel: 1 dm³ 2x desztillált vízzel készült a minta (20 cm³/perc)
 átszívással

Mosás: 15 cm³ 2x desztillált vízzel (20 cm³/perc)

Szárítás: 15 perc állandó levegő átszívás

Elúció: 15 cm³ aceton (2 cm³/perc)

Típus: IST C18/ENVI+ (400 mg 6 cm³)

Kondicionálás: 8 cm³ tetrahydro-furán (5 cm³/perc)
 8 cm³ 2x desztillált víz

Mintafelvitel: 1 dm³ 2x desztillált vízzel készített minta

Mosás: 10 cm³ 2x desztillált vízzel (30 cm³/perc)

Szárítás: 15 perc állandó levegő átszívás

Elúció: 6 cm³ aceton (2 cm³/perc)

- Gázkromatográfiai paraméterek

Készülék: HP5720A, ECD detektor

Oszlop: RTX5 (Restek) 30m x 0,53mm ID, filmvastagság 1µm

Injektor: 200 °C

Make up gáz: Ar (5% CH₄)

Injektált térfogat: 1 ml

Adatfeldolgozás: HP3390A integrátor

— Eredmények, értékelés

Kb. 1 ppb koncentrációjú vizes oldatból kiindulva a két SPE patron esetén a visszanyerési százalékokat az alábbi táblázat mutatja:

Anyag	IST C18 over CN (2g over 2g 15cm ³)	IST C18/ENVI+ (400mg 6cm ³)
2,4-DNT	106 %	99,2 %
2,4,6-TNT	106 %	70,5 %

1.táblázat
TNT és DNT visszanyerési százalék 2 SPE patronon

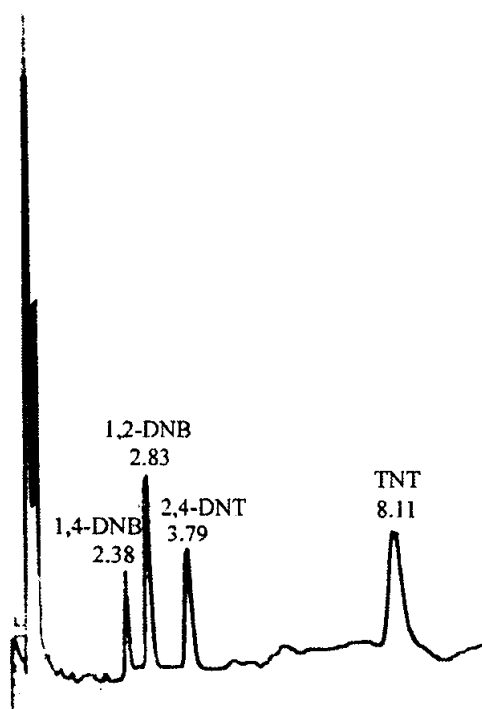
A kiindulási és végtérfogat aránya megadja a dúsítás mértéket a mérési körülményekben leírt eljárások szerint, mely az IST C18 over CN patronon 77-szeres, az IST C18/ENVI+ 3 patronon 192-szeres az eluátum további töményítése nélkül. Az eluátumokból GC-ECD módszerrel felvett kromatogramok a 10. és a 11. ábrán láthatók.

A komponensek kinyerési százalékának (K) meghatározását ismert koncentrációjú összehasonlító oldat (0,1 ppm) mérésénél kapott csúcsalatti területek (A_x) segítségével határoztam meg egyenes arányossággal

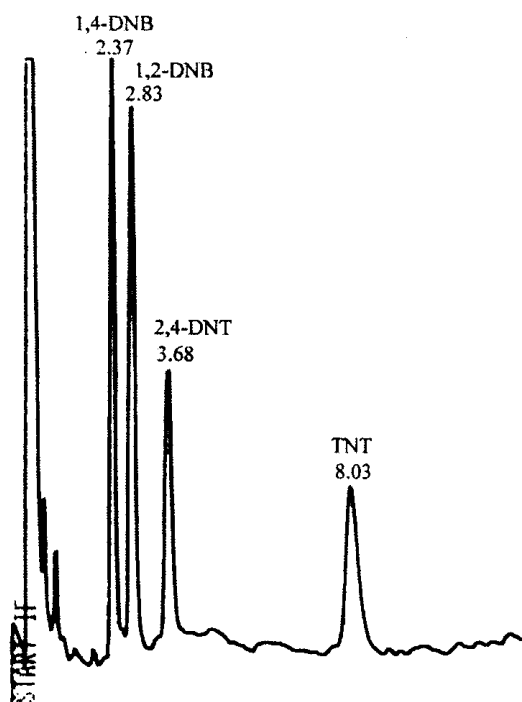
$$K = \frac{A_x \text{ eluátum}}{A_x \text{ összehasonlító} * D} \quad D = \frac{V \text{ eluátum}}{V \text{ minta}} \quad \begin{array}{l} K: \text{ kinyerés \%} \\ D: \text{ dúsítás} \end{array}$$

Az 1. táblázatból látható, hogy CN-os poláris SPE patron mindkét robbanóanyagra rendkívül jó hatékonyságot mutat, míg ENVI+ patron TNT kinyerésére kevésbé alkalmas. Az ENVI+ patron előnye az, hogy jóval kisebb mennyiségű eluáló szer szükséges a teljesen megkötött mennyiség deszorbeálásához és további töményítés nélkül nagyobb dúsítás érhető el.

A 100 %-nál nagyobb kapott értékek a kézi injektálás bizonytalanságából adódnak.



10. ábra
IST C18 over CN patron alkalmazásával kapott eluátum kromatogramja



11. ábra
 IST C18/ENVI+ patron alkalmazásával kapott eluátum kromatogramja

4.2.3. Robbanóanyag nyomok kinyerése szilárdfázisú mikroextrakcióval (SPME).

Az SPME módszert (melynek elvét a 2.számú mellékletben ismertetem) robbanóanyagok – és egyben robbantásos merényletek utáni robbanóanyag maradványok meghatározását célzó analitikai műveletek mintaelőkészítési fázisaként kutatócsoportom az elsők között alkalmazta.

Vizsgálataim 2,4,6-TNT; 2,4-DNT vizes oldataiból, illetve az oldatok gőztereiből SPME módszerrel való kinyerésére irányultak.

– Mérési eljárások, körülmények

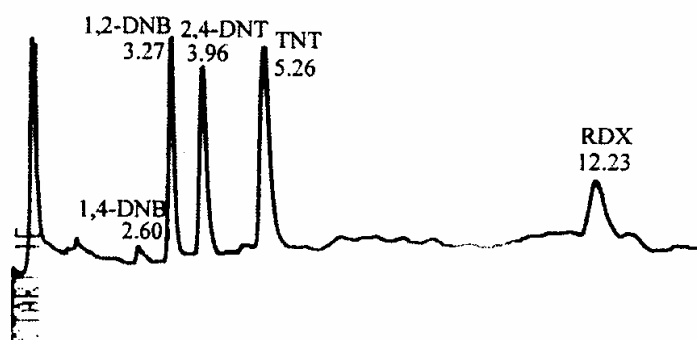
Az elemzéshez kétszer desztillált vízben oldott 0,1 ppm koncentrációjú mintákat készítettem az SPE módszernél használt törzsoldatból. Mind az oldatból (immerzió), mind a gőztérből való kinyerés esetében 15 cm³ vízmintát mértem be és 20 cm³-es fiolába, és 15 perces adszorpciós időt alkalmaztam állandó keverés mellett. A megkötődött komponenseket gázkromatográfias módszerrel

azonosítottam. A használt GC-ECD paraméterei megegyeztek az SPE módszernél ismertetett állapottal.

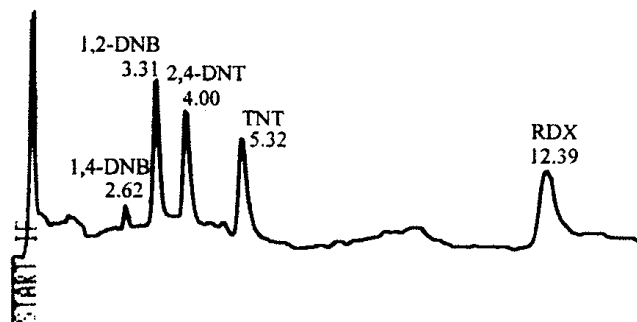
- A szilárdfázisú mikroextrakció paraméterei
Típus: Supelco 57330
Megosztó fázis: poli (dimetil-sziloxán), nem kötött
Filmvastagság: 100 μm

— Eredmények, értékelés

A szilárdfázisú mikroextrakciós mintaelőkészítési eljárásnál csak egy típusú fiberrel végeztem alkalmazhatósági vizsgálatokat, ezért összehasonlító mennyiségi mérések nem történtek. A vizes oldatokból történő immerziós (12. ábra), valamint a headspace (13. ábra) gázkromatográfiás mérési eredményei igen közel állnak egymáshoz, az egyes vegyületekhez tartozó csúcsok intenzitás arányai nem mutatnak jelentős eltérést, tehát nem lép fel szelektív kipárolgás a vizsgált vegyületeknél. Ennek ismeretében, jelen esetben a headspace technika alkalmazása ajánlott, figyelembe véve, hogy így a fiber kevésbé szennyeződik el.



12. ábra
Robbanóanyag-tartalmú (0,1 ppm) vízminta immerziós analízise



13. ábra
 Robbanóanyag-tartalmú (0,1 ppm) vízminta gőztéranalízise

Összehasonlítva az SPE és az SPME módszerrel végzett mintaelőkészítési eljárásokat és az azonos körülmények között végzett gázkromatográfiás mérések eredményeit az alábbi táblázatban foglalt megállapítások tehetők (TNT-re és DNT-re egyaránt):

Módszer	Szükséges minta mennyiség	Kimutatási határ	Analízis idő
SPE vizes oldatból	1 dm ³	1 ppb	95 perc
SPME vizes oldatból	15 cm ³	0,1 ppm	30 perc
SPME vizes oldat gőztérből	15 cm ³	0,1 ppm	30 perc

2. táblázat
 SPE és SPME módszerek összehasonlítása a GC mérések eredményei és az analízis idő alapján

A módszerek közül a szilárdfázisú extrakció alkalmazása kisebb koncentrációkon jelenlévő robbanóanyag nyomok kimutatását teszi lehetővé. Ha azonban gyors információra van szükség, akkor célszerűbb a jóval gyorsabb szilárdfázisú mikroextrakciót alkalmazni első lépésben.

4.3. Mérési módszerek fejlesztését célzó alapkísérletek

4.3.1. Vékonyréteg kromatográfias módszerek tesztelése, kiválasztása

A vékonyréteg kromatográfia (TLC) a kromatográfias módszerek egyik legegyszerűbb változata, ugyanakkor sok esetben hatékony és gyors vizsgálatokat tesz lehetővé a megfelelő mintaelőkészítés után [16]¹.

A kromatográfias elválasztás általában szilikagél vagy alumínium oxid adszorbenst hordozó, tipikusan 10x10 cm méretű lapon (üveg, Al, vagy műanyag), mint állófázison történik.

Az eljárás során a minta oldatából cseppeket helyezünk el a lemez aljára, azonos távolságra az alsó szélétől (alapvonal), majd szárítás után ezt közel függőleges helyzetben a futtató vagy kifejlesztő kádba helyezzük.

A kádban megfelelő mennyiségű oldószer keverék (eluens) található, amely a minta foltokban lévő anyagokat az alapvonalhoz mérten különböző távolságban juttatja el. Ezen távolságoknak és a mozgó fázis frontja alapvonalától mért távolságainak aránya jellemző az egyes vegyületekre (retenció), amely az azonosítás alapja.

A lemezen lévő foltok – amennyiben nem színes anyagokról van szó – különböző módszerekkel tehetők vizuálisan érzékelhetővé. Robbanóanyagok esetében az egyik kézenfekvő módszer a rájuk jellemző színes terméket eredményező reakciók megvalósítása a vékonyréteg lemezen. Az aromás nitrovegyületek pl. tömény lúgok hatására barna színű ún. Meisenheimer komplexet képeznek, míg a nitrát-észterek, a nitraminok a Griess reakcióval a vörös szín különböző árnyalatát mutató azo vegyületet eredményeznek [17]².

Sok esetben alkalmazható a robbanóanyagok difenilaminos kezelése, majd UV (254 nm) megvilágítása, mikor is UV-ben fluoreszkáló lemezt alkalmazva, azon jól látható, 254 nm-nél nem fluoreszkáló reakciótermék keletkezik.

¹ Touchstone, J.C.; Dobbins, M.F.: Practice of Thin Layer Chromatography
John Wiley and Sons, Inc. 1983

² Yinon, J.; Zitrin, S.: The Analysis of Explosives
Pergamon Press, Oxford, 1981

Robbanóanyagok analitikai vizsgálatában az első vékonyréteg kromatográfiás publikációk a 60-as évek elején jelentek meg [18]¹, [19]². Azóta több száz cikk, tanulmány, könyv foglalkozik ezzel az egyszerű és elterjedt módszerrel.

Vékonyréteg kromatográfiás kísérleteim célja olyan eljárás, illetve eljárások kidolgozása volt, amely a brizáns robbanóanyagok minél szélesebb körére alkalmazható, amellyel egy vizsgálat elvégzésével hatékony elválasztást lehet elérni.

Két módszer került kidolgozásra, amelyeket a szakirodalmi leírások [20]³ helyi laboratóriumi körülmények közti alkalmazhatóságát figyelembe véve módosítottam, illetve átdolgoztam.

— Az 1. módszer vékonyréteg kromatográfiás körülményei

Vizsgált minta: ~ 1 ppm robbanóanyag koncentrációjú acetonos oldat

Lemez: Merck Kieselgel 60, F₂₅₄, 10x10 cm

Eluens: benzol/petroléter/metanol (4:5:1), 30 ml

Előhívás: A futtató kádból (Desaga) kivett lemezt lefűjjük difenilamin (5 %) alkoholos oldatával, majd 5 percre 254 nm-es UV lámpa alá helyezzük. A lemezen az egyes robbanóanyag minták 254 nm-es megvilágítás mellett a sárgán fluoreszkáló felületen, nem fluoreszkáló sötét (fluoreszcenciát kioltó) foltként jelennek meg.

— A 2. módszer vékonyréteg kromatográfiás körülményei

Vizsgált minta: ~ 1 ppm robbanóanyag koncentrációjú acetonos oldat

Lemez: Merck Kieselgel 60, 10x10 cm

Eluens: benzol/petroléter/metanol (4:5:1), 30 ml

Előhívás: A kádból kivett lemezt lefűjjük 2,5 N nátrium-hidroxid oldattal, majd 100 °C-on 5 percig szárítjuk. Szobahőmérsékletre való visszahűtés után frissen készített Griess reagenssel fűjjük le a lemezt. Az egyes

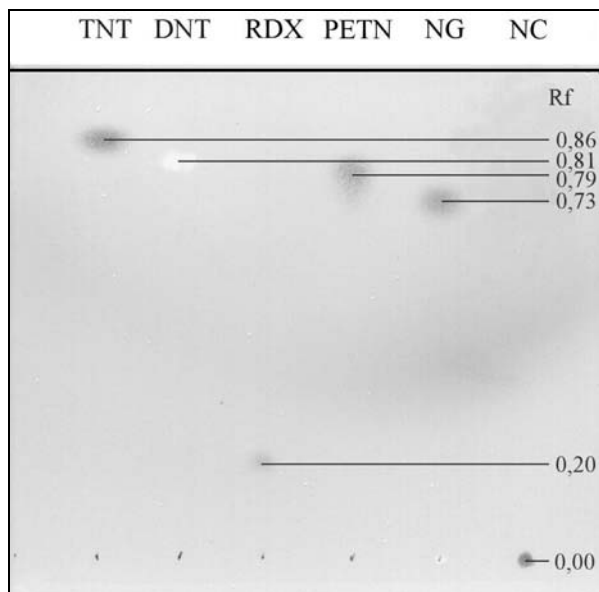
¹ Parker, R.G.; Mc Owen, J.M.; Cherolis, J.A.: Analysis of explosives residues, Part 2.: Thin layer chromatography
J. Forensic Sciences, 20, 254-256, 1975

² Vámos E.: Kromatográfia
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1959

³ Peak, S.A.: A thin layer chromatographic procedure for confirming the presence and identity of smokeless powder flakes
J. Forensic Sciences, 25, 675-681, 1980

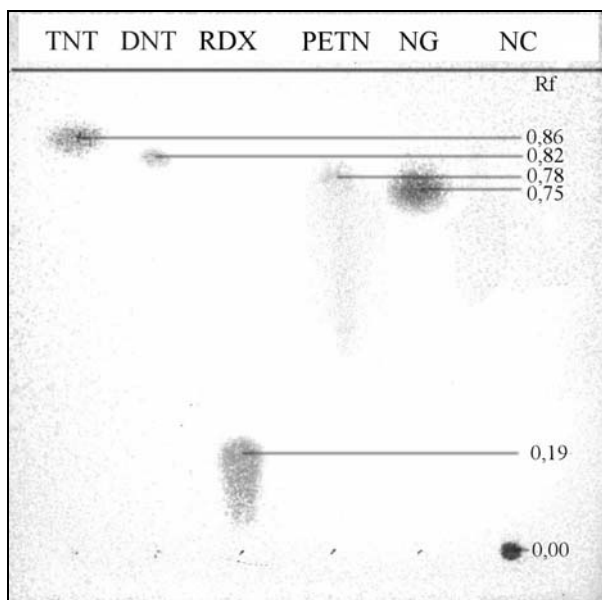
robbanóanyagok normál fényviszonyok mellett a barna és a vörös szín árnyalataiként jelennek meg.

A módszerek kromatogramjain jól láthatók az alapvonaltól különböző távolságban lévő jól elkülönült foltok. (14. és 15. ábra).



14. ábra

Robbanóanyagok 1. módszerrel nyert kromatogramjai



15. ábra

Robbanóanyagok 2. módszerrel nyert kromatogramjai

4.3.2. Újonnan bevezetett gázkromatográfiás detektor hatékonyságának kísérleti igazolása.

A robbanóanyag analitikában a gázkromatográfiának [21]¹ rendkívül nagy szerepe van. A kromatográfiás oszlop tekintetében a kapilláris technika elterjedése után a robbanóanyag analitikát érintő nagyobb változás nem következett be.

A kapilláris technika előnyei azt eredményezték, hogy a robbanóanyag vegyületek gázkromatográfiás elválasztása gyakorlatilag megoldott feladat [22]². A robbantások utáni anyagmaradványok vizsgálatában szerzett tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy szükség van a mérési módszer érzékenységének, szelektivitásának növelésére, amelynek egyik lehetséges módja az új típusú detektorok alkalmazása.

A gázkromatográfiában általánosságban használatos lángionizációs detektor (FID) mellett igen elterjedt az ún. elektronbefogásos detektor (ECD) [23]³, amely bizonyos vegyülettípusokra (többek közt a nitrovegyületekre is) szelektív és fokozottan érzékeny [24]⁴. A nitrovegyületekre való érzékenysége miatt robbanóanyagok elemzésénél gyakran használják eredményesen [25]⁵, [26]⁶.

A szakirodalmi adatok szerint [27]⁷, [28]⁸, [29]⁹, valamint külföldi tapasztalataim alapján az ún. termikus energia analizátor (Thermal Energy Analyzer, TEA) a leghatékonyabb robbantás utáni anyagmaradványok gázkromatográfiás vizsgálatánál. A

¹ Balla József: A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997

² Grant, S.W.: Capillary gas chromatography
John Wiley and Sons, 1995

³ Torkos K., Borossay J., Lebics F., Molnár L.: Robbanóanyag maradványok meghatározása talajból
6. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1995. Konferencia kiadvány

⁴ Kolla, P.: Gas chromatography, liquid chromatography and ion chromatography adopted to the trace analysis of explosives
J. Chromatography, 674, 309-318, 1994

⁵ Zlatkis, A.; Poole, F. C.: Electron capture: Theory and practice in chromatography
Elsevier, 1981

⁶ Douse, J.M.F.: Trace analysis of explosives at the low picogram level by silica capillary column gas-liquid chromatography with ECD
J. Chromatography, 208, 83-88, 1981

⁷ Krull, I.S.; et. al.: Trace analysis for organic nitro compounds by gas chromatography-electron capture/photo ionization detection methods
J. Chromatography, 260, 347-362, 1983

⁸ Fine, D.H.; Ruch, F.; Lieb, D.; Rouenbehler, D.P.: Description of the thermal energy analyser (TEA) for trace determination of volatile and non-volatile N-nitroso compounds
Anal. Chem., 47, 1188-1191, 1975

⁹ Lafleur, A.L.; Mills, K.M.: Trace level determination of selected nitro aromatic compounds by gas chromatography with pyrolysis/chemiluminescent detection
Anal. Chem., 53, 1202-1205, 1981

detektor nitrogén tartalmú vegyületekre teljesen szelektív, ami rendkívüli módon megkönnyíti a szennyezett minták analizisét. A detektorban végbemenő kemilumineszcens reakcióban keletkező fényemisszió fotomultiplierrel való érzékelése pedig nagyfokú érzékenységet biztosít. A legújabban a kereskedelemben kapható készülékekben, a TEA korábbi elnevezést felváltja a CLND (Chemiluminescent Nitrogen Specific Detector) megjelölés. A készülék működési elvét a 3.számú melléklet tartalmazza.

Vizsgálataim az újonnan bevezetett GC-CLND készülék alkalmazása előnyeinek a bizonyítására irányultak szennyezett környezetben lévő robbanóanyagok vizsgálatában, összehasonlítva a korábban használt módszerekkel (GC-FID, GC-ECD).

— Mérési eljárások, körülmények

- Minta elkészítése

10 g robbanóanyagot nem tartalmazó földmintát extraháltam 40 ml acetonnal ultrahangos kezelés mellett 40 percig.

Az extraktumot Chromafil szűrőn szűrtem, majd az oldatot 0,5 ml-re töményítettem. Ehhez négy különböző robbanóanyagból (TNT, 2,4-DNT, RDX, PETN) 0,1 ml acetonos oldatot és 0,1 ml szerves oldószerek keverékét (mint szennyeződés) adtam, hogy a robbanóanyagok végső koncentrációja 1-10 mg/ml között volt.

- Gázkromatográfias körülmények:

- GC-FID

Gázkromatográf: Chromapack 9001

Oszlop: RTX5 (Restek) 30m x 0,5mm ID, filmvastagság 1µm

Fűtés: 150 °C izoterm

Injektor: 200 °C

Detektor: 200 °C

- GC-ECD

Gázkromatográf: Hewlett-Packard 5720A

Oszlop: SPB5 (Supelco) 30m x 0,53 ID, filmvastagság 1µm

Fűtés: 150 °C izoterm

Injektor: 200 °C

Detektor: 250 °C

- GC-CLND

Gázkromatográf: Finnigan 9001

Oszlop: SPB5 (Supelco) 15m x 0,25 ID, filmvastagság 0,25 μ m

Fűtés: 40 °C $\xrightarrow[1\text{ perc}]{\text{izoterm}}$ 40 °C $\xrightarrow[30\text{ °C/perc}]{}$ 280 °C $\xrightarrow[5\text{ perc}]{\text{izoterm}}$ 280 °C

Injektor: 200 °C

Pirolízis: 1050 °C

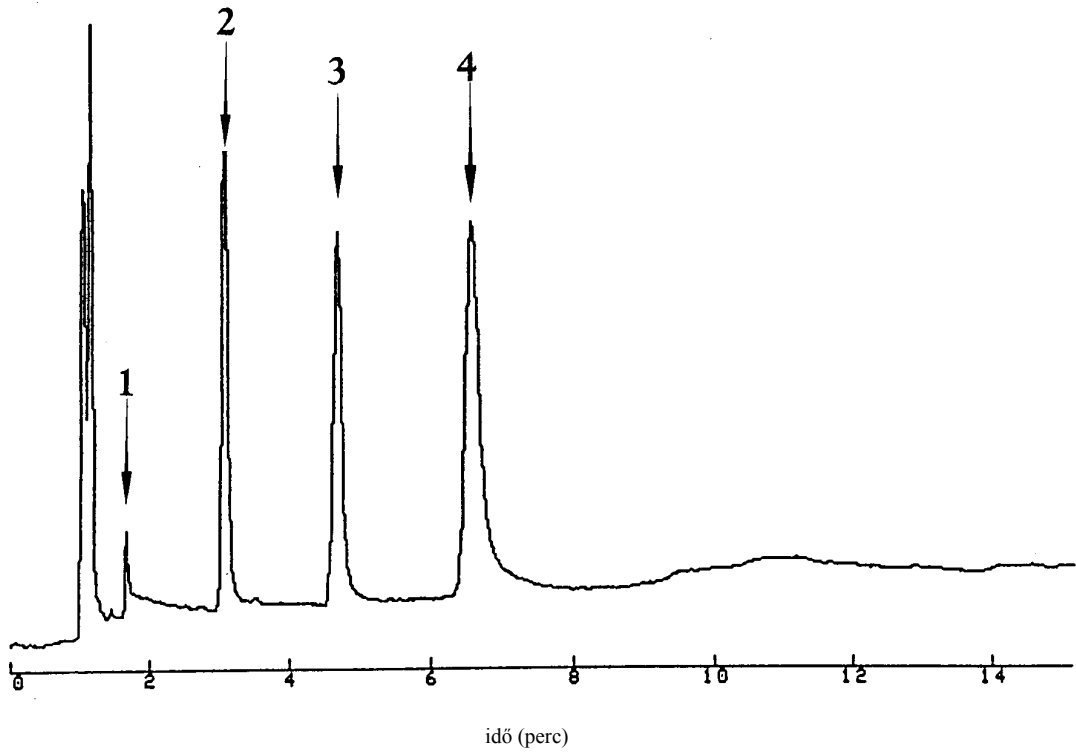
— Eredmények, értékelés

Felvettem a szennyeződést nem tartalmazó robbanóanyag elegy kromatogramját (16. ábra), valamint a minta három különböző detektorral készült kromatogramjait. A GC-FID módszert (17. ábra) alkalmazva nem sikerült elválasztani és azonosítani a robbanóanyag komponenseket az oldathoz hozzáadott szennyeződések mátrix hatása, valamint FID nitrogén tartalmú vegyületekre való viszonylagos érzéketlensége miatt.

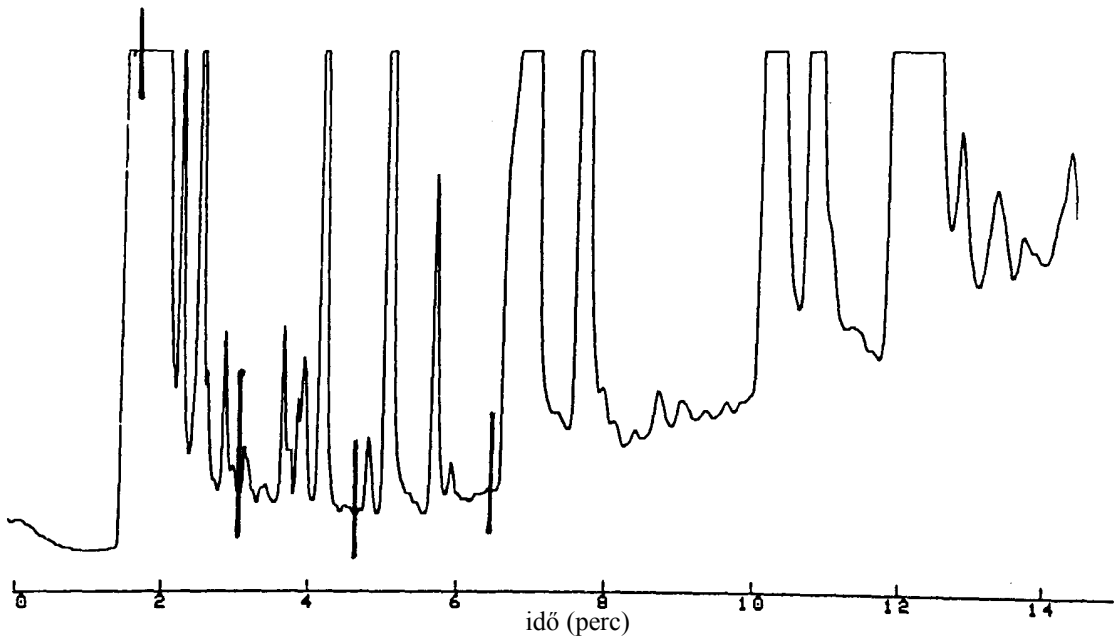
A GC-ECD módszer (18. ábra) nagyon érzékeny és szelektív, elektronegatív csoportot tartalmazó vegyületek kimutatására (pl. nitrocsoport, halogén elem). Ebben az esetben a négy robbanóanyag közül kettőt jó felbontással lehetett elválasztani és azonosítani.

Tekintettel, hogy a minta halogén tartalmú szerves oldószert is tartalmazott szennyezésként, ez befolyásolta a teljes szétválasztás sikerességét. A GC-CLND módszerrel (19. ábra) mind a négy robbanóanyag vegyületet sikerült tökéletesen szétválasztani és azonosítani, a mérés előtti mintaelőkészítési módszer alkalmazása nélkül.

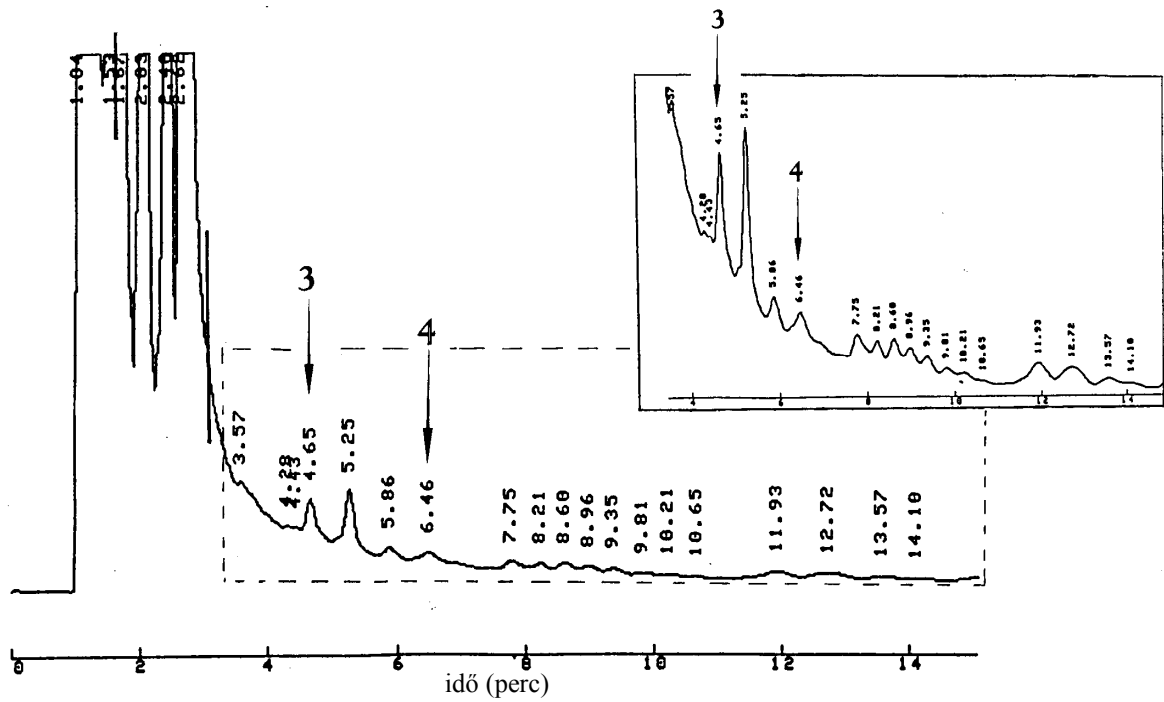
Megállapítottam, hogy a három gázkromatográfias eljárás közül a GC-CLND módszer a legelőnyösebb technika a robbanóanyag nyomok elemzése során az érzékenység és a szelektivitás tekintetében.



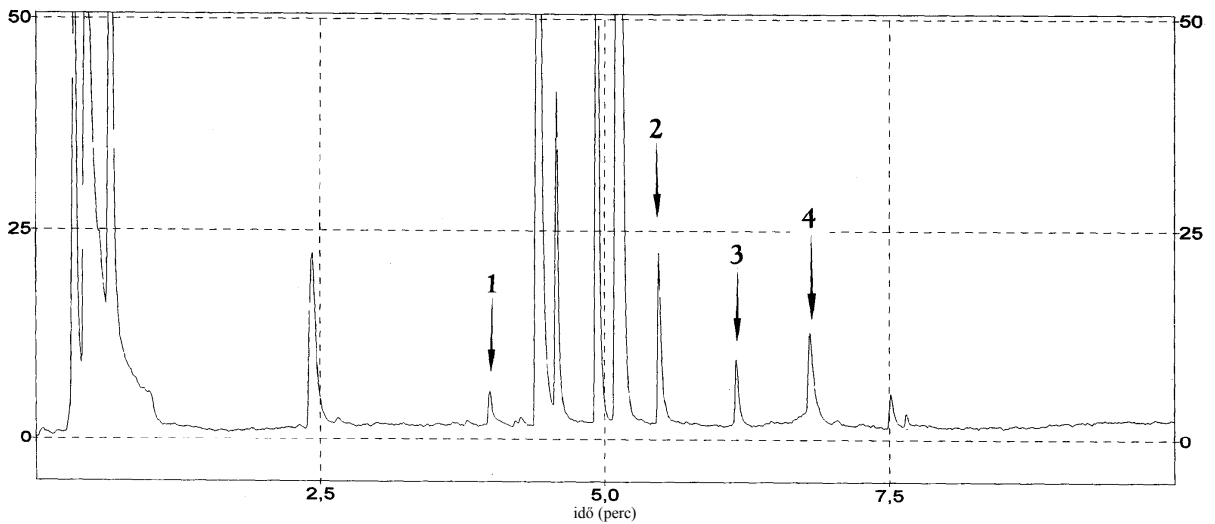
16. ábra
*A vizsgált robbanóanyag keverék GC-FID kromatogramja
(1-PETN, 2-DNT, 3-TNT, 4-RDX)*



17. ábra
A szennyezést tartalmazó elegy GC-FID kromatogramja



18. ábra
A szennyezést tartalmazó elegy GC-ECD kromatogramja
(3-TNT, 4-RDX)



19. ábra
A szennyezést tartalmazó elegy GC-CLND kromatogramja
(1-PETN, 2-DNT, 3-TNT, 4-RDX)

4.3.3. Lumineszcencia spektroszkópia alkalmazása robbanóanyagok analitikai vizsgálatában.

Az egyes robbanóanyag típusok kimutatási lehetőségeinek vizsgálatára a lumineszcencia spektroszkópia analitikai alkalmazása (spektrofluorimetria) terén szerzett korábbi kutatási tapasztalataimat használtam fel [30]¹.

A lumineszcencia, ezen belül a fluoreszcencia észlelése, majd az ahhoz kapcsolódó műszeres vizsgálatok elvégzése az igazságügyi vegyész-szakértői gyakorlat számos területén hatékonyan alkalmazott technika [31]². A vizsgálati anyagok egy része önmagában is fluoreszcens tulajdonságú, másik részük kémiai reakciók alkalmazásával fluoreszkálónak tehető és így fluorimetriásan mérhető. A robbanóanyagok önmagukban nem fluoreszkálnak, de spektrofluorimetriás kimutatásuk visszavezethető a nitrit-ionok meghatározására [32]³.

A módszer alkalmazható nitraminok és nitrát-észter típusú robbanóanyagok kimutatására, illetve kvantitatív meghatározására. Az említett típusú vegyületekből a nitrit-ion lúgos hidrolízissel vagy savas közegű redukcióval nyerhető.

Robbanóanyagok kvantitatív meghatározására spektrofotometriás módszereket – amelyek az ún. Griess és Janowsky színes terméket eredményező reakcióban alapulnak – elterjedten alkalmaznak a robbanóanyag analitikában [33]⁴. Vizsgálataimban célul tűztem ki két – nitrit-ion meghatározásán alapuló – fluorimetriás, valamint egy régebben alkalmazott fotometriás módszer érzékenységbeli összehasonlítását hexogén robbanóanyag esetében.

¹ Lapat, A.; Székelyhidi, L.; Hornyák, I.: Spectrofluorimetric determination of 1,3,5-Trinitro-1,3,5-triazacyclohexane (Hexogene, RDX) as a Nitramine Type Explosive *Biomedical Chromatography, Vol. 11, 102-104, (1997)*

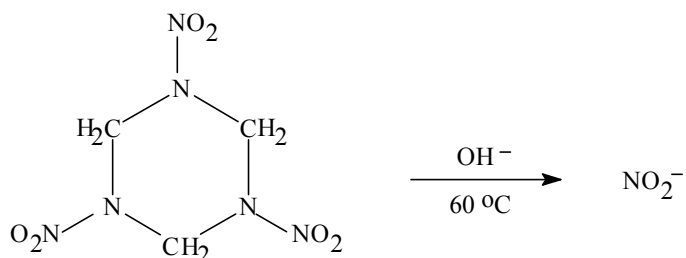
² Hornyák, I., Székelyhidi, L., Lapat, A.: Application of the luminescence in the expert examination *Int. Conf. and Exhibition of Criminal Investigation Budapest, 1992*

³ Hornyák, I., Székelyhidi, L.: Spectrofluorimetric Method for Determining Trace Quantities of Nitrite Ion *Mikrochimica Acta (Wien) II., 355-359, 1983*

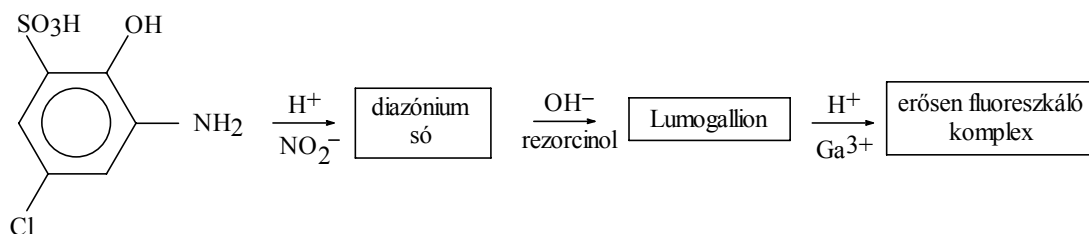
⁴ Feigl, F.: Spot tests in organic analysis *Elsevier Publishing Co., 1966*

— Mérés alapjául szolgáló kémiai reakciók

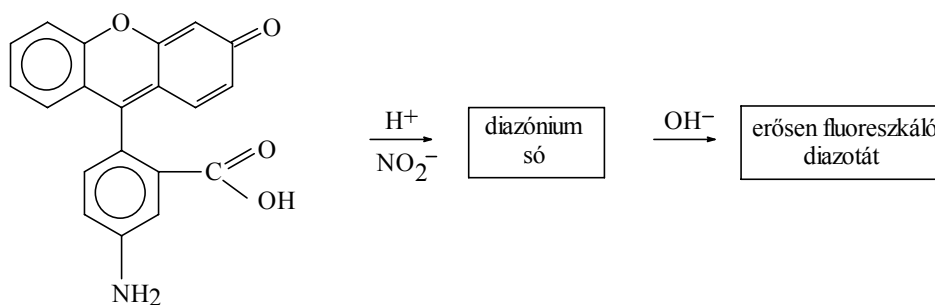
- Nitrit-ion keletkezése hexogénből



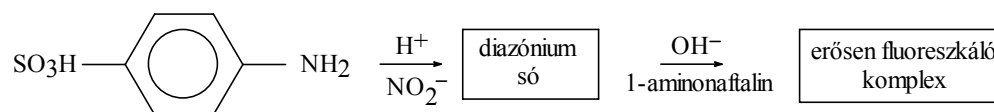
- Lumogallion – Ga^{3+} fluoreszkáló komplex vegyület keletkezésén alapuló módszer (1. fluorimetriás módszer)



- 4-aminofluoreszcein – nitrit rendszer (2. fluorimetriás módszer)



- Griess reakción alapuló fotometriás módszer



— Mérési eljárások körülmények

- Készülékek: Hitachi 650/60 spektrofluorimeter
Philips PU 8700 UV/ látható spektrofotometer
- Minta elkészítése
4,5x10⁻⁴ M koncentrációjú 5 ml mennyiségű hexogén törzsoldatot készítettem etanol – víz (1:1) oldószerben, amelyből hígítási sorozatot készítettem. Az oldatokból kivett 5 ml térfogathoz 1 ml 1N NaOH oldatot adtam, amelyet 60 °C-on temperáltam 1 óráig. Az oldatokat leszűrtem, majd etanollal az eredeti térfogatra egészítettem ki.
Mindhárom mérési módszerhez az oldatokból azonos mennyiséget kivéve, a reagens oldatok elkészítése és hozzáadása, a reakció körülmények beállítása után azonos végtérfogatra egészítettem ki a mintákat.

— Mérési eredmények, értékelés

A mérésre előkészített oldatokról a fluorimetriás módszerek esetében felvettem a fluoreszcencia gerjesztési és emissziós spektrumokat (20. és 21. ábrák), a fotometriás módszer esetében az abszorpciós spektrumot (22. ábra).

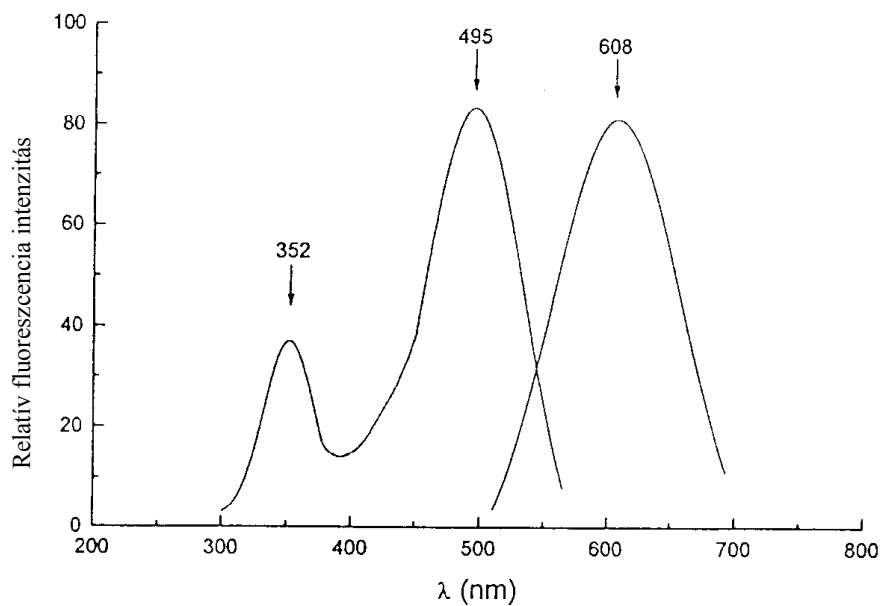
A hígított oldatok fluoreszcencia intenzitását, illetve abszorbanciáját a spektrumokból leolvasható maximum értékeknél mértem meg.

Az 1. fluorimetriás módszernél a gerjesztési hullámhossz-maximum (λ_{ex}) 495nm, az emissziós hullámhossz-maximum (λ_{em}) 608nm, míg a 2. fluorimetriás módszer esetén λ_{ex} :482nm, λ_{em} :516nm maximumokat mutatnak. A fotometriás technika alkalmazásakor az oldat maximális elnyelése 525nm-nél jelentkezik.

A fluoreszcencia intenzitás, illetve az abszorbancia értékeket a mért oldatok hexogén koncentrációjának függvényében ábrázolva, azt állapítottam meg, hogy a kalibrációs görbék az alábbi koncentráció tartományokban lineárisak; és egyben alkalmasak mennyiségi meghatározásra is.

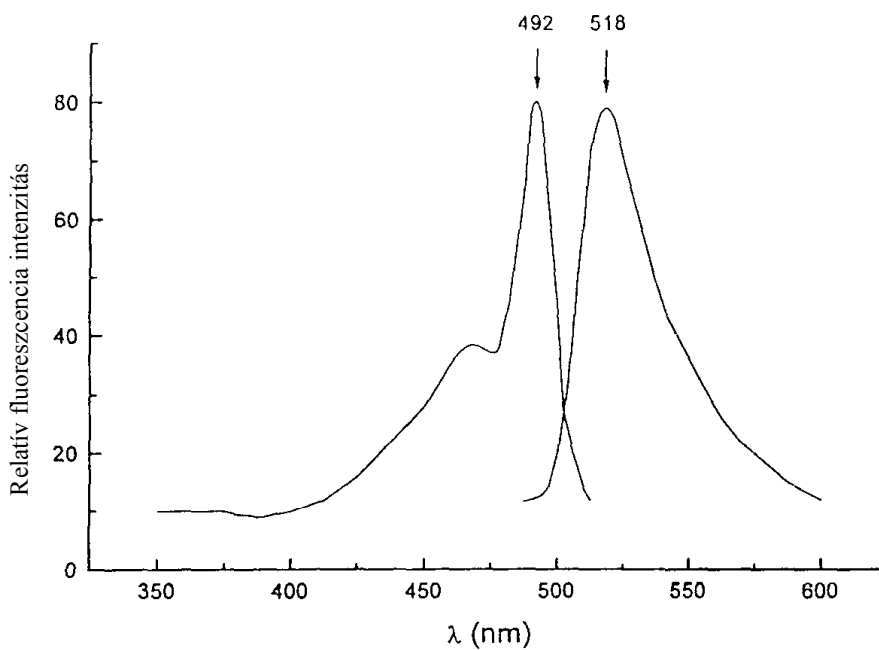
1. Fluorimetriás módszer: 10⁻⁸ – 3,3x10⁻⁶ g/ml hexogén
2. Fluorimetriás módszer: 5x10⁻⁹ – 3,3x10⁻⁶ g/ml hexogén
- Fotometriás módszer: 5x10⁻⁷ – 6,7x10⁻⁶ g/ml hexogén

Az eredmények azt mutatják, hogy a fluorimetriás módszerek érzékenyebbek hexogén kimutatására, valamint a linearitás tartománya is jóval szélesebb a fotometriás módszer esetében mértnél.



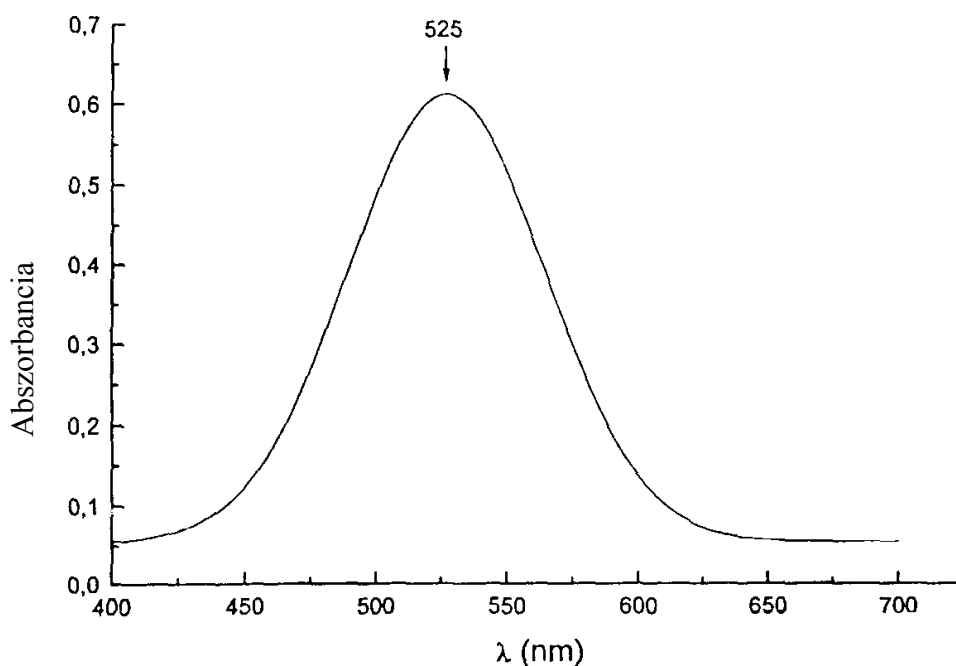
20. ábra

Az 1. fluorimetriás módszerrel nyert oldat gerjesztési és emissziós spektruma



21. ábra

Az 2. fluorimetriás módszerrel nyert oldat gerjesztési és emissziós spektruma



22. ábra
A fotometriás módszerrel nyert oldat elnyelési spektruma

4.3.4. Gázkromatográfia-tömegspektrometria (GC-MS) módszer alkalmazása

A szerves vegyületek analitikájában rendkívüli előrelépést jelentett a gázkromatográfia (GC), valamint a tömegspektrometria kombinációjával létrejött új mérés technika

(GC-MS), amely egyesíteni képes az előbbi elválasztási hatékonyságát, utóbbi kémiai szerkezet azonosító képességével [34]¹.

A szakirodalmi adatok szerint [35]² és korábbi kísérleti tapasztalataim alapján megállapítható, hogy a különböző tömegspektrometriás technikák közül az ún. negatív kémiai ionizációs (NCI) módszer a legelőnyösebb a robbanóanyag nyomok analízisében. Jelen kísérletsorozatban a gázkromatográfias elválasztástechnikával ezt az ionizációs technikát megvalósító tömegspektrometriás detektálást kombinálva vizsgáltam egyes

¹ Zitrin, S.: Post explosion analysis of explosives by mass spectrometric methods
Journal of Energetic Materials, 4 199-294, 1986

² Yinon, J.: Analysis by negative-ion chemical ionization mass spectrometry
J. Forensic Sciences, 25, 401-407, 1980

robbanóanyagok azonosítási lehetőségeit különös tekintettel a kimutatási határok megállapítására.

Célom az volt, hogy a vizsgálati rendszerbe állított CLND detektálású, érzékeny és szelektív gázkromatográfiás mérési technikával elért kimutatási koncentráció határokat összehasonlítsam a kémiai szerkezet azonosítására alkalmas GC-MS (NCI) módszerrel.

— Mérési eljárások, körülmények

- Gázkromatográfiás paraméterek

Készülék: HP-5890A

Oszlop: CP-Sil-8CB (Chrompack) 8m x 0,25mm ID, filmvastagság 0,25 µm

Fűtés: 100 °C (1 perc) → 10 °C/perc → 230 °C (10 perc)

Injektív: 170 °C

MS-interface hőmérséklet: 190 °C

- Tömegspektrometer detektor paraméterei

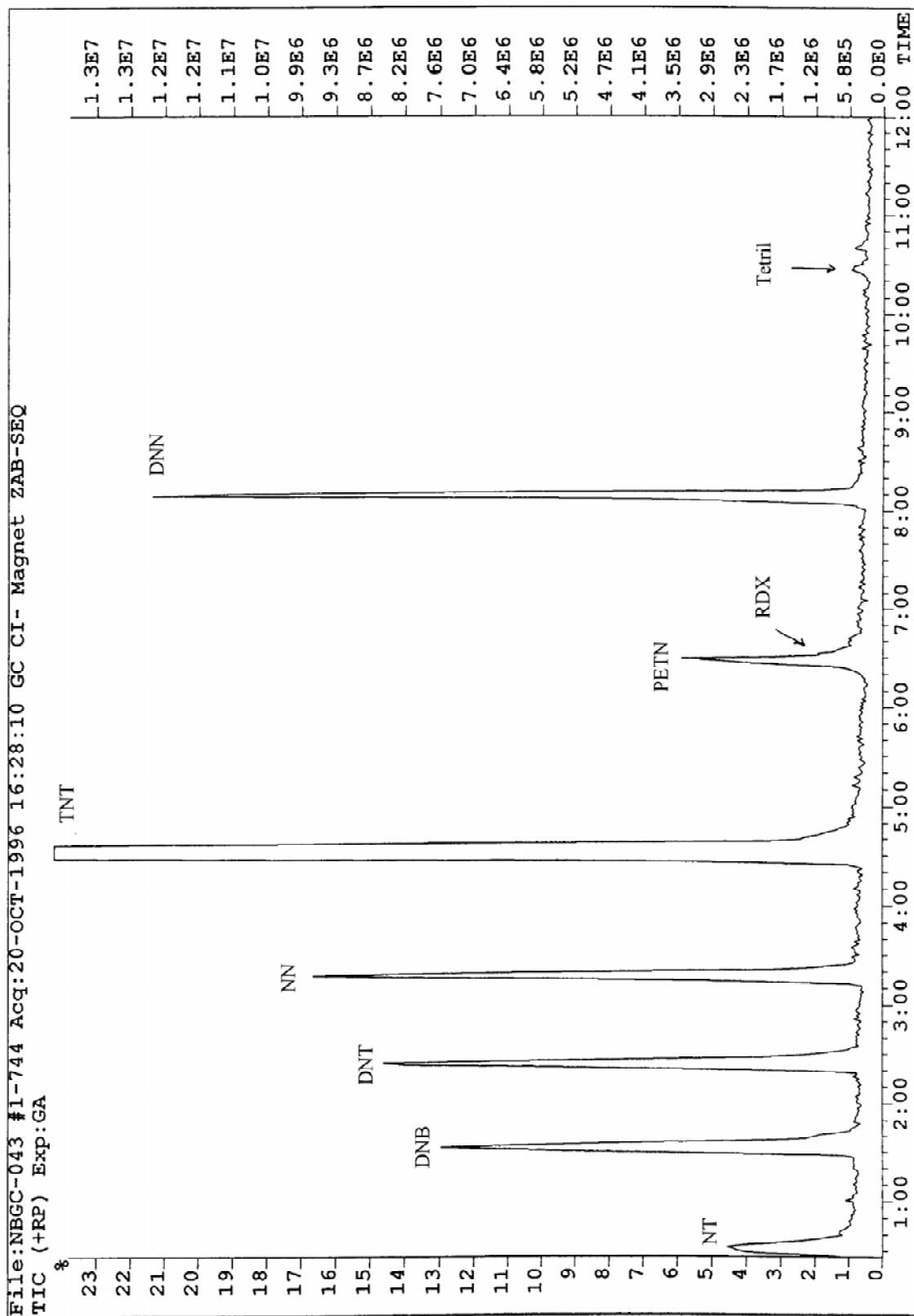
Készülék: VG ZAB-2SEQ

Ionizáció: NCI

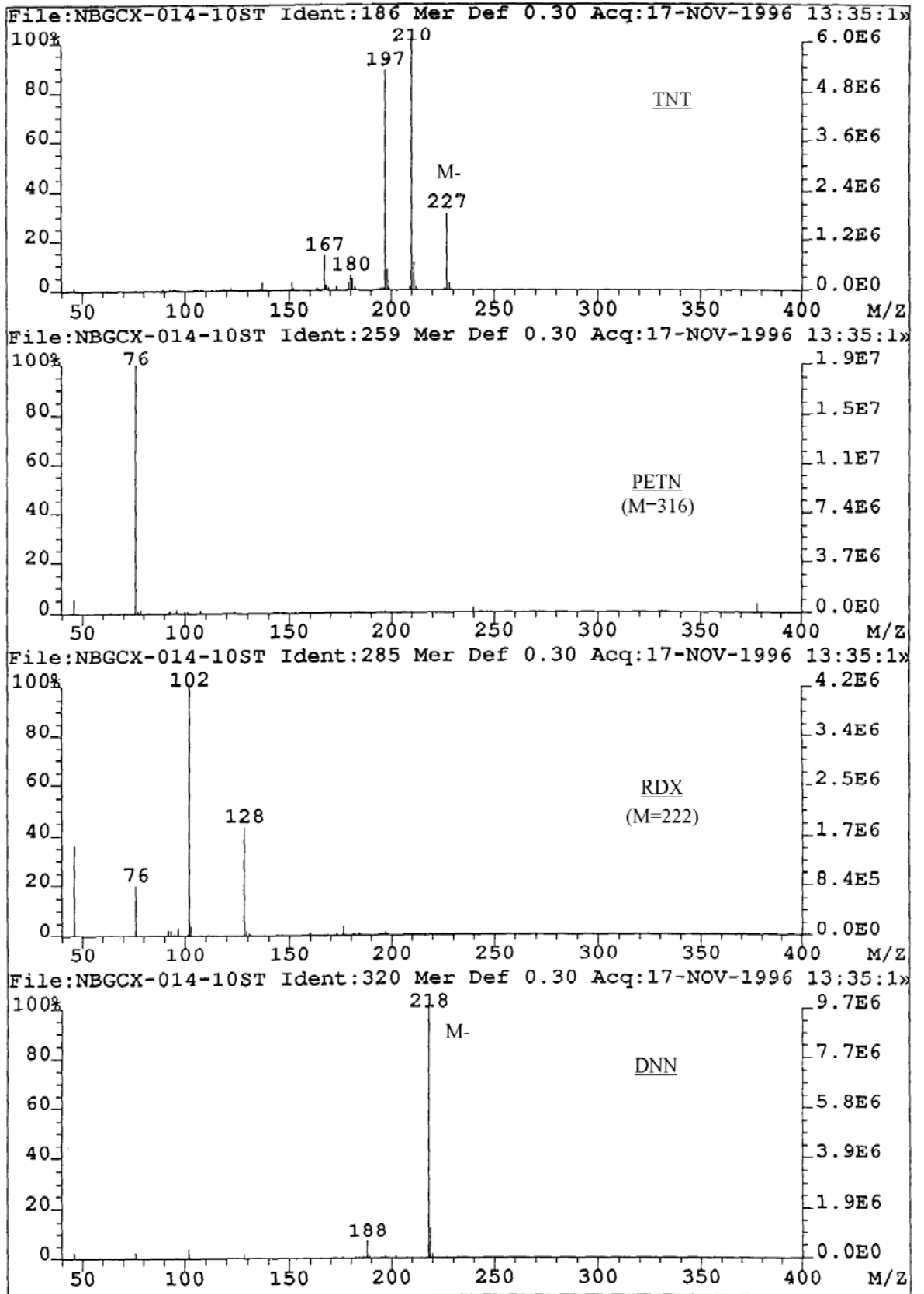
Reagensgáz: metán

A kísérletsorozatban 9 nitro csoportot tartalmazó vegyületet (3. táblázat) vizsgáltam, amelyek között szerepelt a GC-CLND mérésekben vizsgált 4 kiemelt robbanóanyag is (2,4,6 TNT; 2,4 DNT; PETN; hexogén{RDX}). A robbanóanyag mintákból azonos mennyiséget tartalmazó elegyeket állítottam össze: 50 µg/ml, 10 µg/ml és 1 µg/ml töménységben, aceton oldószerben feloldva, amelyekből 1 µl került injektálásra.

Az 50 µg/ml-es teszt minta össziónáram kromatogramját (TIC) az 23. ábrán tüntettem fel, míg az egyes komponensek NCI tömegspektrumai a 24. és 25. ábrákról olvashatók le. A tömegspektrumokban a PETN és az RDX kivételével intenzív molekulaionok (M^+) jelennek meg.

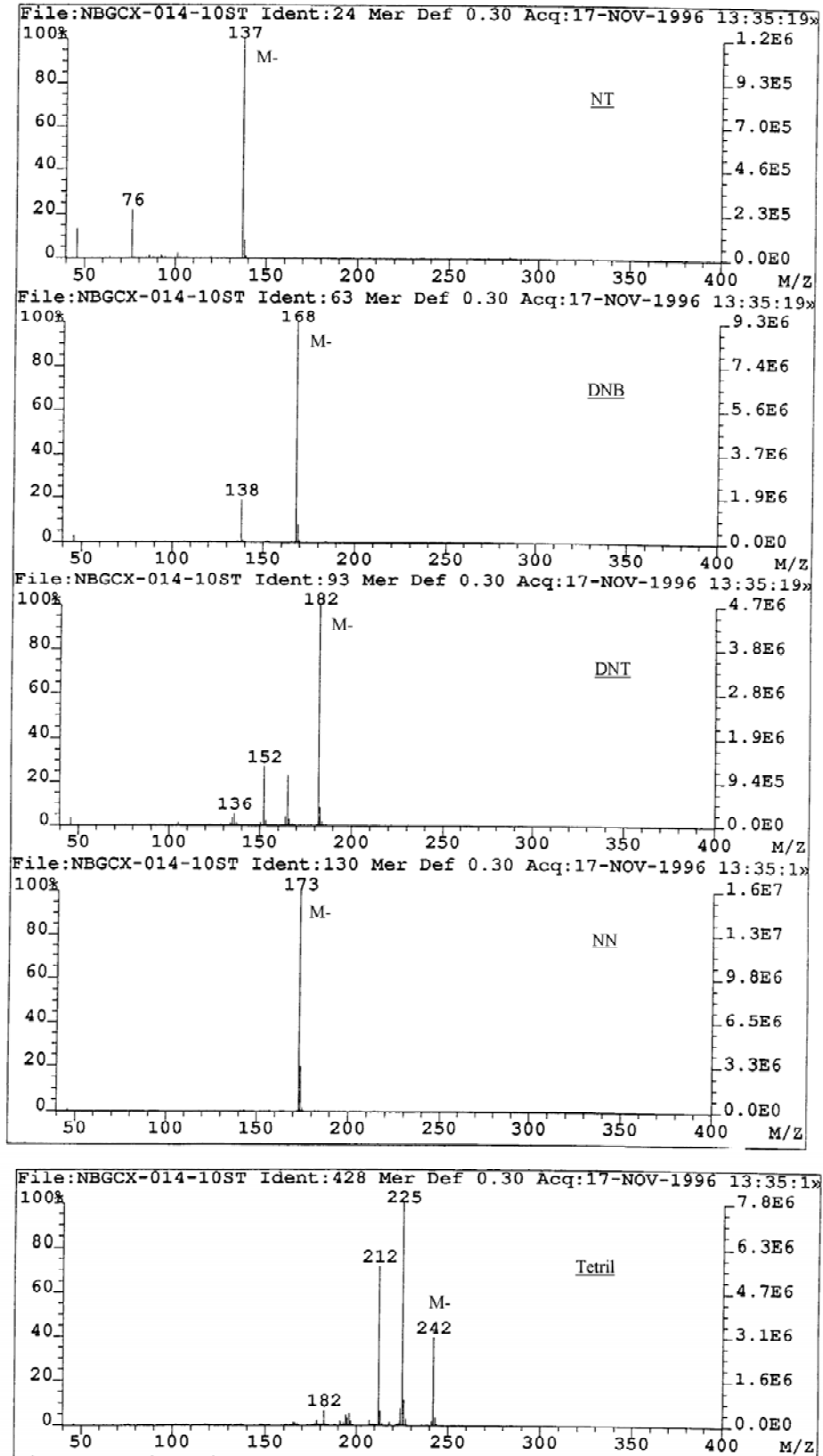


23. ábra
50 µg/ml-es tesztkeverék összionáram kromatogramja



24. ábra

A TNT, PETN, RDX és DNN anyagok NCI tömegspektrumai



25. ábra

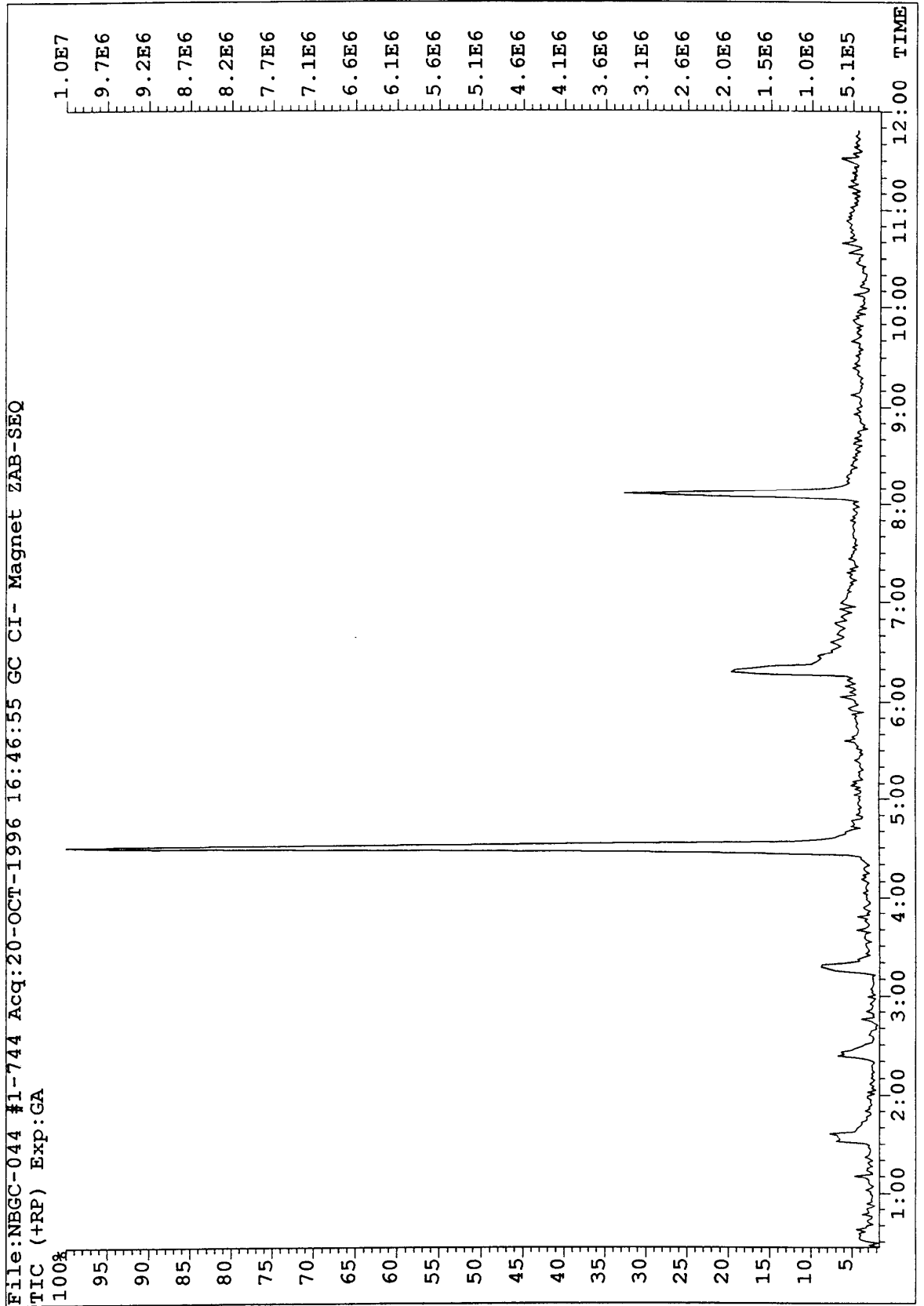
A NT, DNB, DNT, NN és tetryl anyagok NCI tömegspektrumai

A 10 µg/ml-es minta össziónáram kromatogramja az 26. ábrán látható. Kisebb töménységű mintáknál (elsősorban az 1 µg/ml-es tesztminta esetében) az egyes komponensek GC csúcsai már nem emelkednek ki jól érzékelhetően az alapvonalától. Ezért – a kisebb koncentrációk esetében feltétlenül – de egyébként is célszerű alkalmazni az ún. szelektív ion figyelési (Selected Ion Monitoring, SIM) detektálási módszert. Ez esetben a vizsgálandó anyag tömegspektrumából kiválasztott jellemző ion ún. tömegfragmentogramját vesszük fel, majd összegezzük a tesztkeverékben előforduló összes robbanóanyag esetében. Ezeket az összegzett tömegfragmentumokat mutatja be a 27., 28. és 29. ábra az 50 µg/ml, 10 µg/ml, valamint az 1 µg/ml-es tesztminták esetében. Az egyes robbanóanyagok NCI-ben jellemző ionjait a retenciós idők sorrendjében, valamint a becsült kimutatási koncentráció határokat az 3. táblázat tartalmazza.

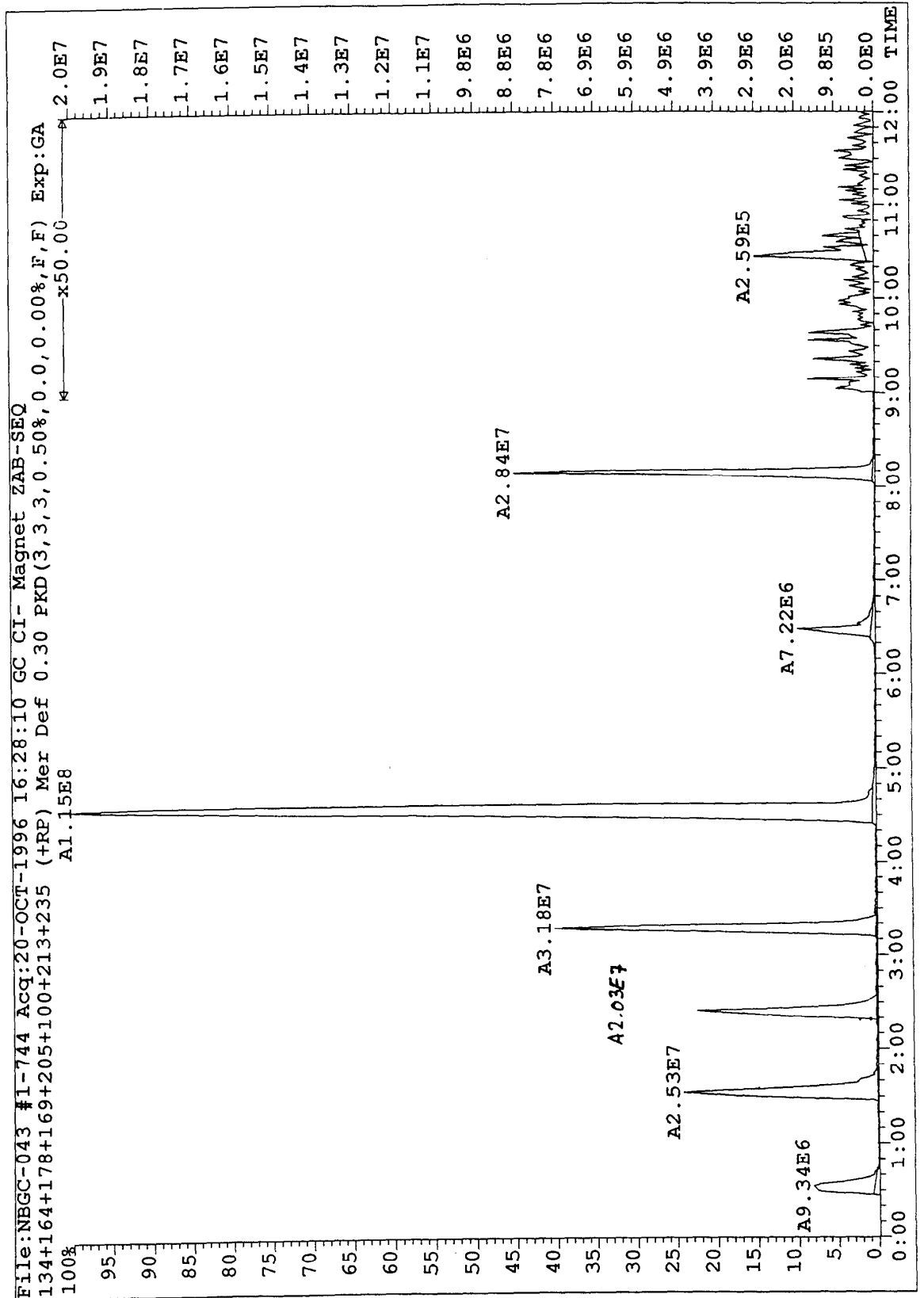
	Robbanóanyag	Móláris tömeg (g/mol)	Jellemző ion NCI-ben	Becsült kimutatási határ
1	NT	137	137	300 pg
2	DNB	168	168	300 pg
3	DNT	182	182	300 pg
4	NN	173	173	50 pg
5	TNT	227	210	50 pg
6	PETN	316	76	300 pg
7	RDX	222	102	300 pg
8	DNN	218	218	50 pg
9	Tetril	242	225	5 ng

3. táblázat
A robbanóanyagok NCI-ben jellemző ionjai

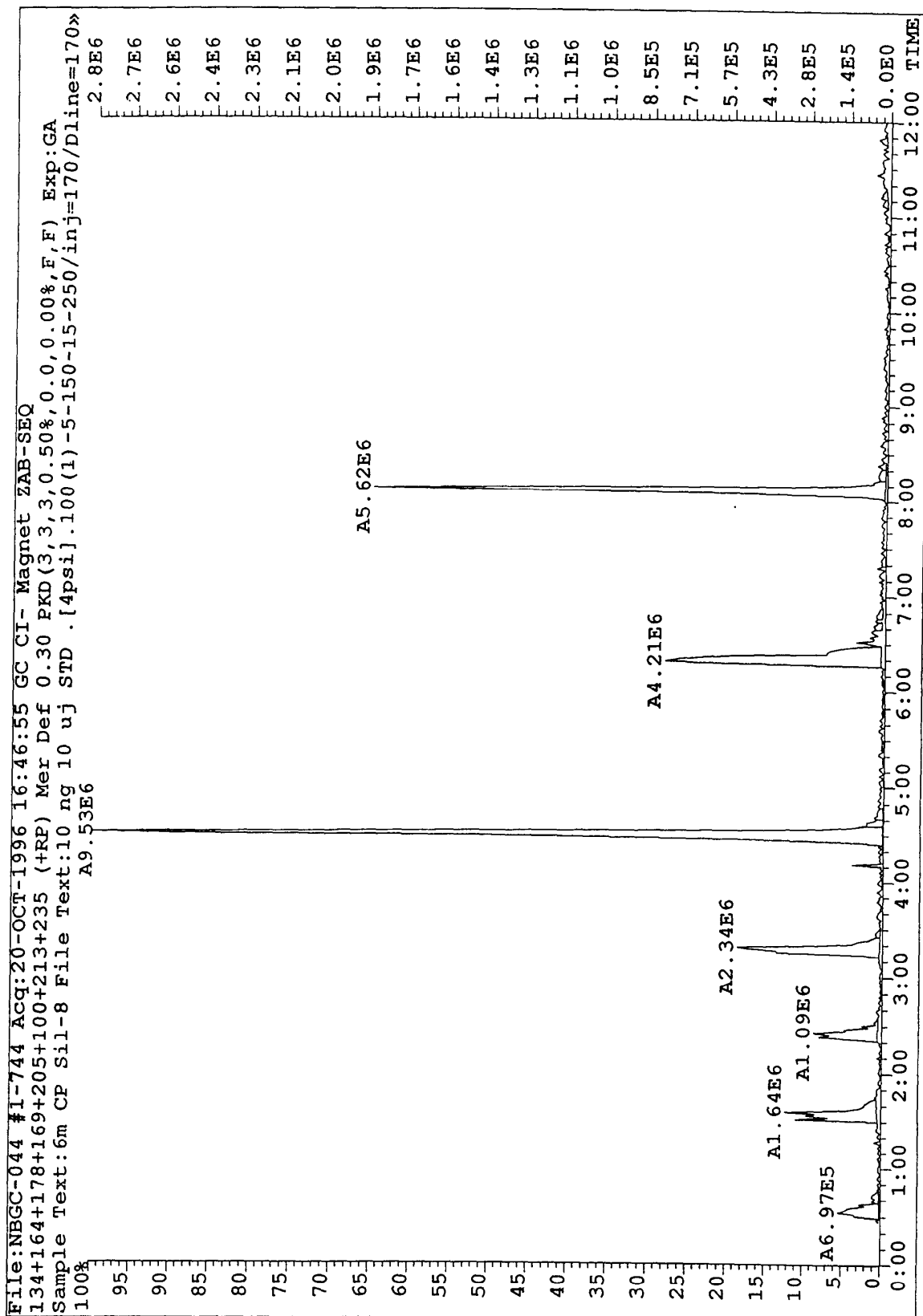
A vizsgálatokból azt a következtetést vontam le, hogy a fentiekben leírt GC-MS (NCI) technika, ún. szelektív ion figyelés módszerrel érzékenységben képes produkálni a GC-CLND érzékenységét. Ez azt jelenti, hogy az előzetesen GC-CLND kromatográfias eljárással azonosított robbanóanyagok kémiai szerkezete meghatározható a GC-MS módszerrel.



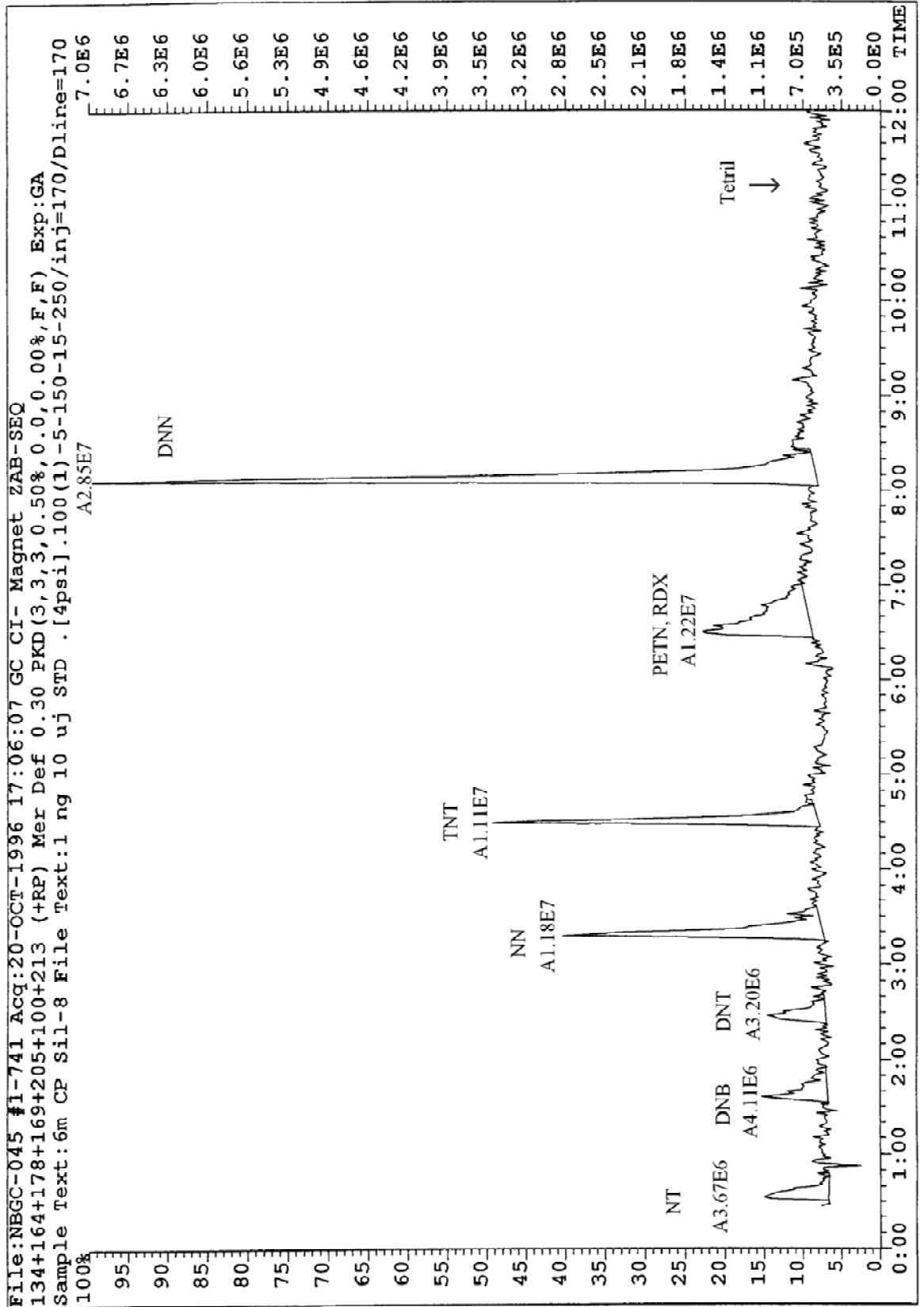
26. ábra
 10 µg/ml-es tesztkeverék össziónáram kromatogramja



27. ábra
 50 µg/ml-es tesztkeverék tömegfagmentogramja



28. ábra
 10 µg/ml-es tesztkeverék tömegfagmentogramja



29. ábra
 1 µg/ml-es tesztkeverék tömegfagmentogramja

4.4. Robbanóanyag nyomok felületen való megkötődésének kísérleti igazolása

A robbantásos bűncselekmények kapcsán vizsgálatra kerülő minták általában valamilyen hordozó felületen (fém, fa, műanyag, textil stb.) lévő robbanóanyag nyomokból, illetve vélhetően azokat tartalmazó anyagokból, anyagmaradványokból állnak.

Ebből kiindulva bizonyítottam, hogy a robbantásos események után a robbanás centrumához közel eső felületeken valóban található kimutatható mennyiségű, el nem robbant, szóródott, felkenődött robbanóanyag maradvány. Továbbá kísérleteket végeztem annak igazolására, hogy robbanóanyag szállítás, tárolás, a vele való bármilyen tevékenység során bizonyos körülmények között a robbanóanyaggal érintkezett egyéb anyagokon azonosítható mennyiségű nyomok kötődhetnek meg.

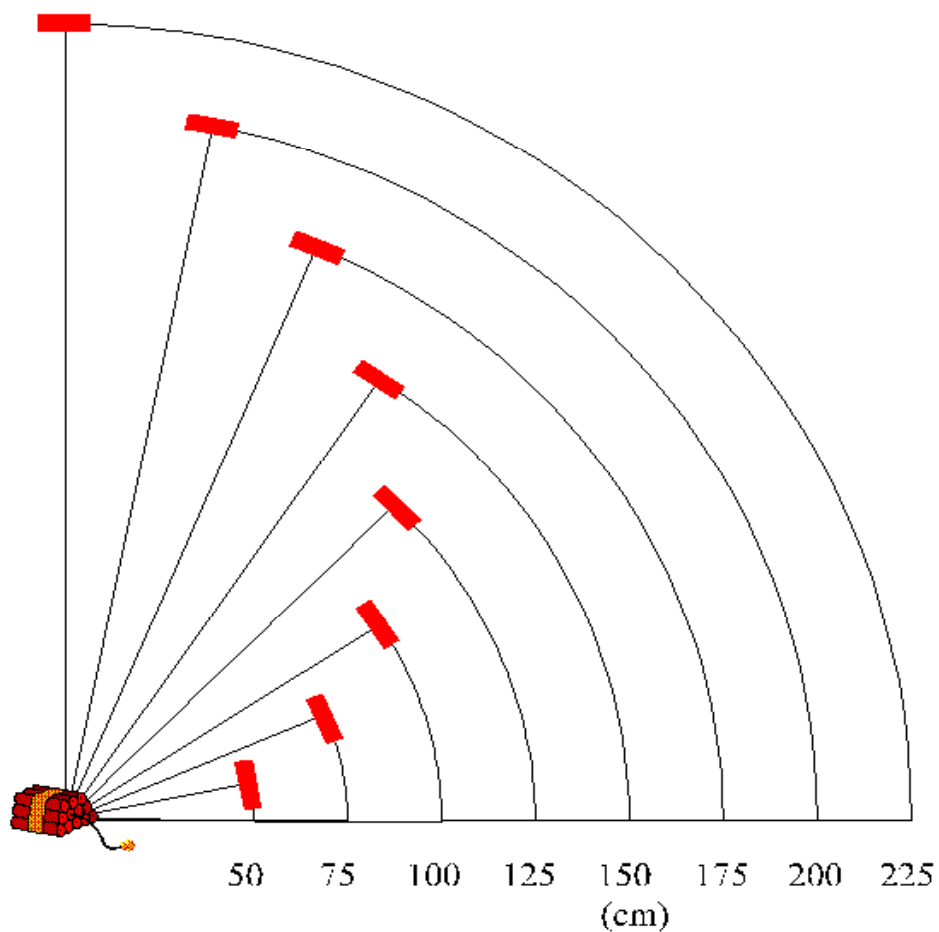
4.4.1. Robbantás közvetlen környezetében lévő felületek vizsgálata

A kísérletben 25 g tömegű, préselt, hengeres alakú TNT préstestet robbantottunk fel. A robbantási kísérletet a 30. ábrán látható elrendezésben valósítottuk meg. Minden egyes távolságban előzőleg acetonnal lemosott 3 db 10 x 10 cm-es alumínium lemezt erősítettünk fa állványra, biztosítva így a mérésekhez három párhuzamos mintát.

— Mérési eljárások, körülmények

A robbantási kísérletek elvégzése után az alumínium lapokat alkoholos vattával tamponáltam, amit 10 ml alkoholt tartalmazó főzőpohárba helyeztem. A tamponról való beoldódást ultrahangos rezegtetéssel gyorsítottam (10 perc). Az oldatokat szűréssel készítettem elő a gázkromatográfiás méréshez.

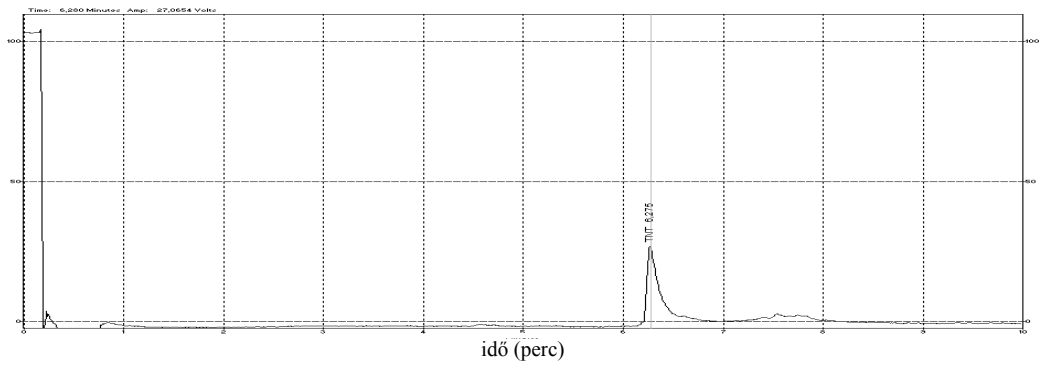
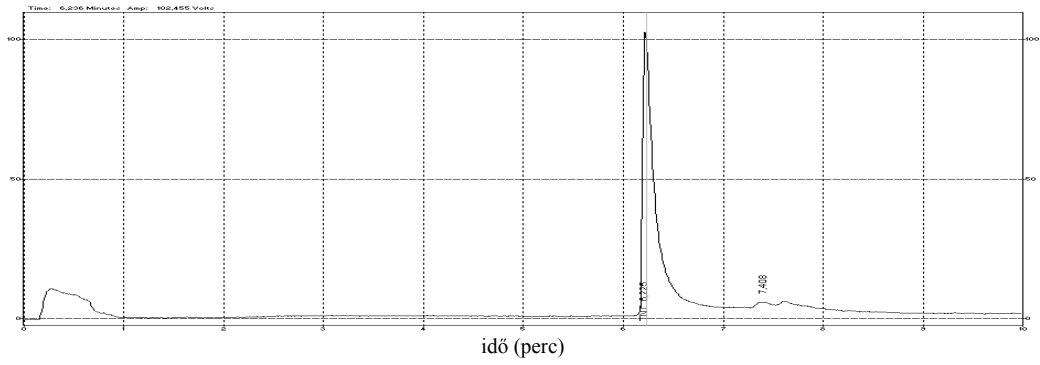
- Gázkromatográfiás paraméterek
 Készülék: Finnigan 901
 Detektor: Antek 705D
 Oszlop: SPB-1 (Supelco) 15m x 0,25mm ID, filmvastagság 0,25 µm
 Fűtés: 40 °C (1 /perc) → 20 °C/perc (2 perc)
 Vívőgáz: He
 Pirolízis hőmérséklet: 1000 °C



30. ábra
A robbantásos kísérlet geometriai elrendezésének vázlatja

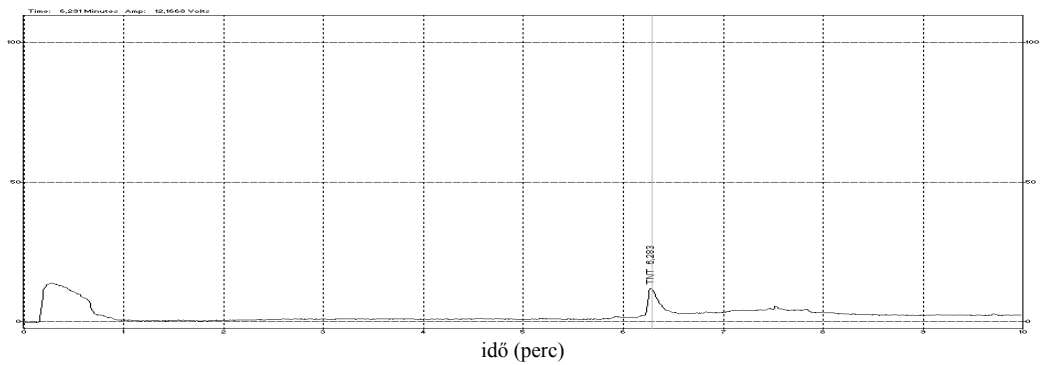
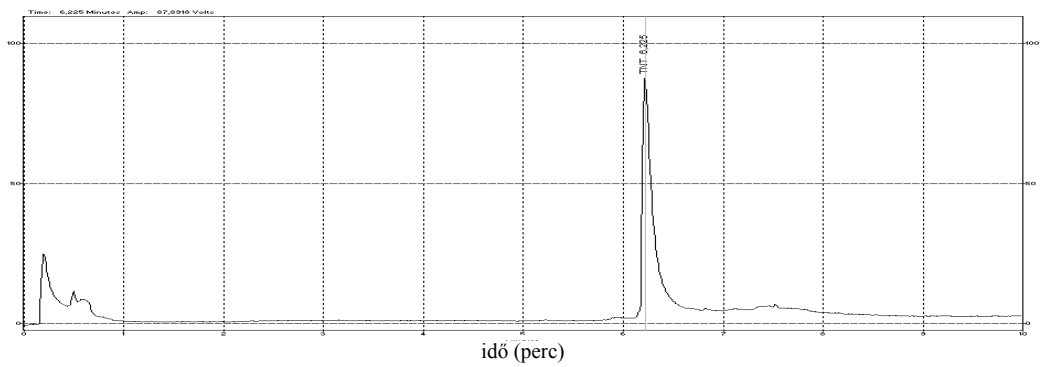
— Mérési eredmények, értékelés

A gázkromatográfiás mérések eredményeiből megállapítható, hogy az 50, 75, 100, 125 cm távolságokban lévő alumínium lemezekben egyértelműen kimutatható a TNT jelenléte (31., 32. ábrák) és a mennyiség csökkenése is megfigyelhető. A távolabbi lemezekben már nem lehetett kimutatni robbanóanyag nyomokat.



31. ábra

*Az 50 és 75 cm-es távolságban elhelyezett lapokról visszanyert TNT kromatogramjai
[5-szörös hígítás után, azonos (25-ös) érzékenységgel]*



32. ábra

*A 100 és 125 cm-es távolságban elhelyezett lapokról visszanyert TNT kromatogramjai
[töményítés nélkül, azonos (25-ös) érzékenységgel]*

Ebből azt a következtetést vontam le, hogy a robbantás centrumának közvetlen közelében lévő felületek (valamint a kráter, ha keletkezett) hordozzák a legnagyobb mennyiségben a szóródott, el nem robbant robbanóanyagot. A mintavételezés során ezen felületek kezelése, róluk az anyagmaradványok eltávolítása különös gondosságot igényel, akár még a helyszínen, akár a laboratóriumba való szállítás után.

A szóródott összes robbanóanyag mennyiség közelítő meghatározására a detonációs hullámuk gömbszimmetrikus terjedési modelljét feltételezve, a különböző felületeken a robbanóanyag nyomok kvalitatív azonosításán túl, azok mennyiségi meghatározása is lehetséges.

A kísérlet, valamint további, a robbanóanyag mennyiségének változtatásával végrehajtott kísérletek a későbbiekben lehetőséget adnak a robbanás centrumától mért távolság és a szóródott robbanóanyag mennyiség közti összefüggés felállítására.

4.4.2. Robbanóanyaggal közvetlenül érintkező felületek vizsgálata

A robbantásos bűncselekményekben alkalmazott robbanóanyagokat a felhasználók a beszerzés, szállítás során különböző minőségű anyagokba csomagolhatják, ezáltal közvetlen kontaktus van a robbanóanyag és az adott csomagolóanyag között. Okunk van feltételezni, hogy ezeken az anyagokon robbanóanyag részecskék kötődnek meg analitikai módszereinkkel kimutatható mennyiségben.

Hasonló a helyzet, mikor robbanószerkezet összeszerelésén dolgoznak a leendő elkövetők. Elkerülhetetlen, hogy ruházatuk, felszerelésük ne érintkezzen robbanóanyaggal, ami magába hordozza azt a lehetőséget, hogy rajtuk mérhető mennyiségű robbanóanyag kötődik meg.

A gyakorlatban számos eset fordul elő, amikor a nyomozóhatóság különböző gyanús tárgyakat, anyagdarabokat ad át vizsgálatra, annak a megállapítására, hogy található-e az adott felületen robbanóanyag.

Céлом az volt, hogy bizonyos körülmények között néhány hétköznapi anyaggal (papír, műbőr, textil) érintkezésbe került robbanóanyagot azonosítsak a felületeken és lehetőség szerint a megkötődött mennyiséget is meghatározzam.

— Mérési eljárások, körülmények

A kísérletben két fajta robbanóanyagot, a 2,4,6-trinitro-toluolt (TNT), valamint Semtex-H-t használtam papír, műbőr, textil felületen való megkötődésük vizsgálatára.

Az említett anyagokból kivágott 2x2 cm méretű négyzetre helyeztem el a 200 g tömegű robbanóanyagokat, amelyekre még 1 kg tömegű nehezéket tettem. 24 óra elteltével a felületekről 3–3 ml alkohollal leoldottam a feltételezetten megkötődött robbanóanyagot. A leoldást ultrahangos (5 perc) kezeléssel segítettem.

A robbanóanyagok azonosítását, majd mennyiségi meghatározását gázkromatográfiás módszerrel végeztem.

- Gázkromatográfiás paraméterek

Készülék: HP-5720, HI-3392A integrátor

Oszlop: HP-1 (Hewlett-Packard) 25m x 0,53 mm ID, filmvastagság 2,65 μ

Detektor: ECD, 250 °C

Fűtés: 80 °C \longrightarrow 8°C / perc \longrightarrow 280 °C

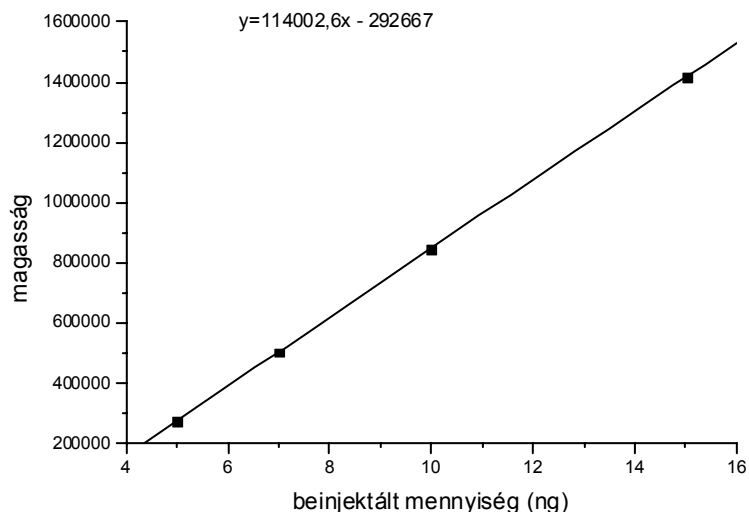
Injektor: 200 °C

Vivőgáz: H₂, 10m³ / perc

Injektált minta: 1 μ l

— Mérési eredmények, értékelés

A mérések alapján megállapítható, hogy a TNT és a Semtex-H a leírt körülmények között a vizsgált felületeken jól kimutathatók. A robbanóanyagok mennyiségét kalibráló sorozat segítségével határoztam meg, amelyre példa a 33. ábrán látható TNT kalibrációs görbe.



33. ábra
TNT kalibrációs egyenes

Az egyes felületeken megkötődött anyagmennyiségeket az alábbi táblázat tartalmazza. (ng/cm²)

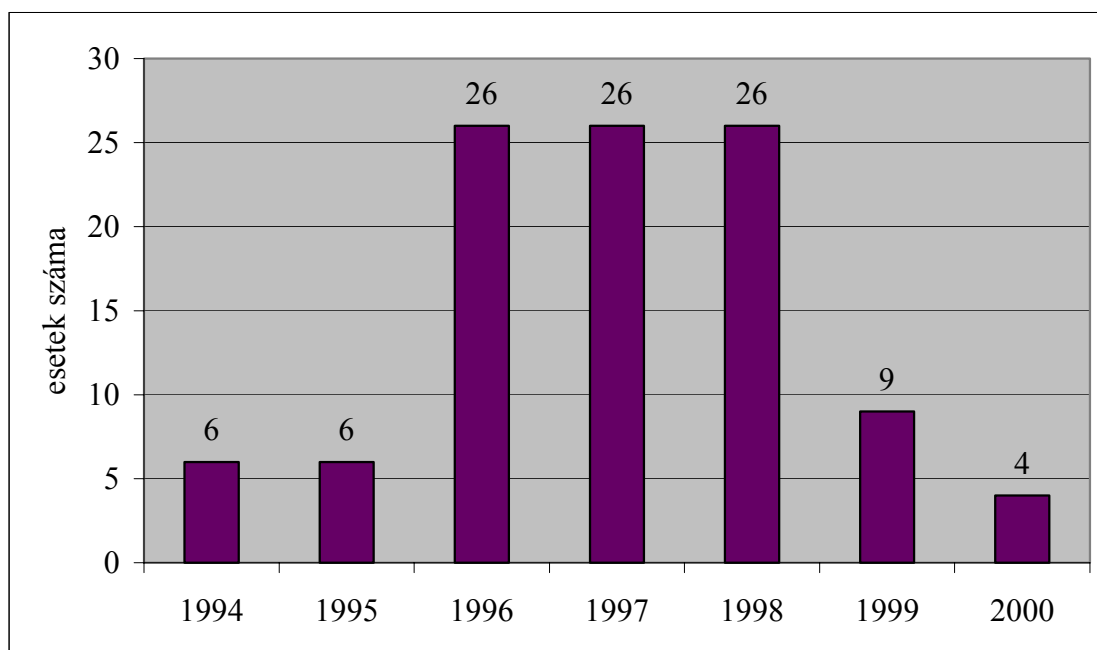
megnevezés	papír	műbőr	textil
TNT	75	120	345
Semtex	49	20	53

4. táblázat
Az egyes felületeken megkötődött robbanóanyagok mennyisége

Korábbi vizsgálataim során meghatároztam egyes robbanóanyagok GC–ECD–vel történő kimutatási határait a fent említett mérési körülmények között, melynek során ez TNT esetében 4 ng–nak, míg Semtex esetében 7 ng–nak adódott. Jelen kísérletben a felületeken megkötődött anyagmennyiségekre jóval nagyobb értékek adódtak. **Ezzel azt akartam érzékelteni, hogy kisebb gyanús anyagdarabokon (~ 1 cm²), amelyek valóban érintkeztek robbanóanyaggal – még ha nem is a modellkísérletben vázolt intenzív mértékben – jól kimutathatók a robbanóanyagok, ebben az esetben a Semtex és a TNT.**

4.5. A kialakított robbanóanyag analitikai rendszer alkalmazása a hazai vegyész-szakértői gyakorlatban (1994-2000), a vizsgálati eredmények további felhasználhatósága

Az 1994-2000 közötti időszakban mindösszesen 103 alkalommal végeztünk robbanóanyag azonosítási feladatokat (34. ábra), amelyen belül a konkrét robbantásos merényletekben alkalmazott, valamint házilagos készítés során bekövetkezett balesetekben előfordult robbanóanyag meghatározási feladatokat 60 esetben láttunk el. (35. ábra)

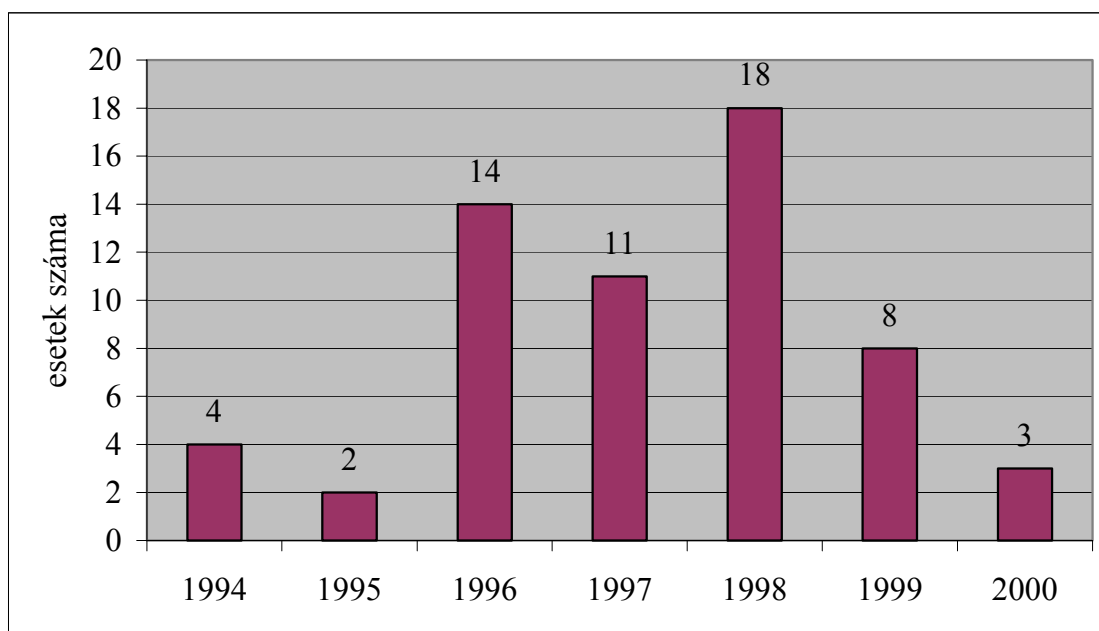


34. ábra

*Robbanóanyag azonosítására irányuló vegyész-szakértői esetek
1994-2000 között az NBSZ Szakértői Intézetében*

Az igazságügyi vegyész-szakértő tevékenysége során feladat a bűncselekményekben felhasznált robbanóanyag vegyületek azonosítása. **A vegyületek kémiai szerkezetének meghatározása után, az analízis eredményei alapján kerül sor a robbanóanyag típusának (pl. katonai, ipari stb.) megadására a tűzszerész szakértő közreműködésével.**

Az említett 103 alkalommal végzett robbanóanyag vizsgálataink során 17 alkalommal robbanóanyagot nem lehetett azonosítani. Ez azt jelenti, hogy vizsgálataink a többi esetben (86db) sikeresnek bizonyultak, ami 83,4 %-os eredményességet mutat. A 17 sikertelen esetből 10 a nyomozati munka során lefoglalt tárgyak vizsgálatát takarta, ami természetesen feltételezi azt is, hogy egyáltalán nem is voltak rajta robbanóanyag nyomok.



35. ábra

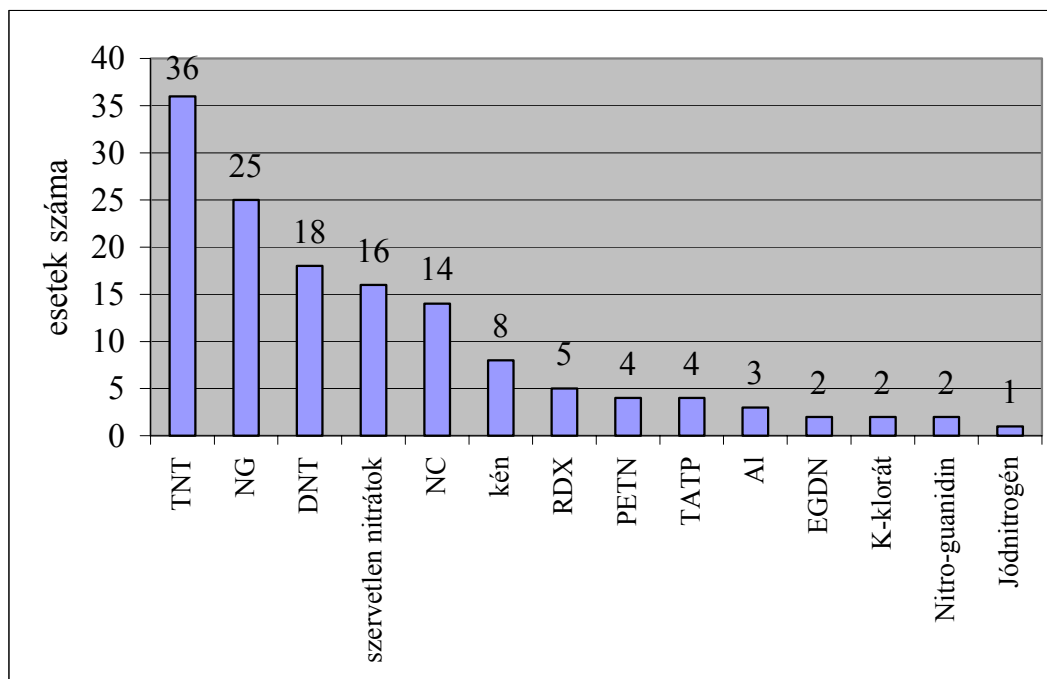
Az NBSZ Szakértői Intézetében elvégzett robbanóanyag azonosítási vegyész-szakértői esetek száma bekövetkezett robbanások vonatkozásában 1994-2000 között

A robbantásos bűncselekmények tekintetében (60db) 7 esetben az anyagmaradványokból nem lehetett robbanóanyagot azonosítani, ami 88,3 % eredményességi mutatót jelent. A negatív eredményeket produkáló vizsgálatok okaiként elsősorban a robbanás helyszínén bekövetkező tüzesetek, az azt követő tűzoltás tehető felelőssé, amelyek a robbanóanyag maradványok megsemmisülését idézhették elő. Másodsorban megemlíthető a mintavételezés hiányossága, mint az analízis eredményeit befolyásoló tényező.

A nem megfelelő helyről, és mennyiségben, az esemény bekövetkeztétől számított hosszú idő múlva vett minta mind azt eredményezheti, hogy nem kerül a laboratóriumba olyan mennyiségű robbanóanyag maradvány, ami az alkalmazott mérőrendszerekkel kimutatható lenne.

Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy szinte mindegyik vegyületcsoportba tartozó robbanóanyag előfordult a vizsgált esetekben.

A 103 eset vizsgálata kapcsán 12 fajta robbanóanyag vegyületet azonosítottunk 129 alkalommal, valamint 2 egyéb robbanóhatást fokozó anyagot (alumínium, kén), amelyek az adott robbanóanyag keverék komponensei (36. ábra).



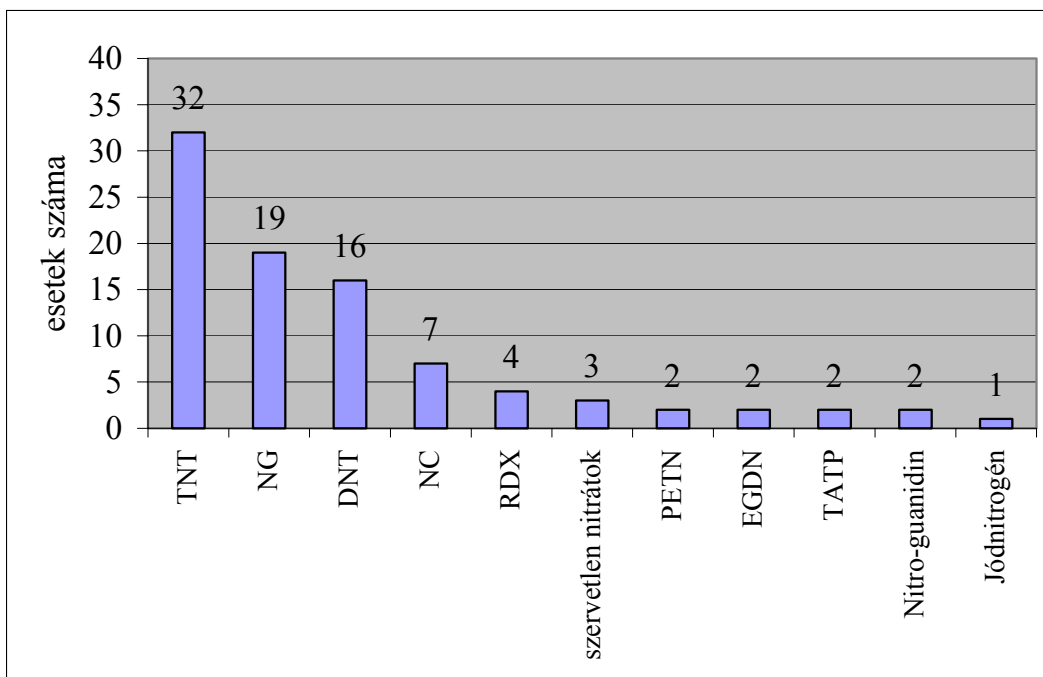
36. ábra

A vegyész-szakértői vizsgálatok során azonosított robbanóanyag vegyületek (ill. nem robbanóanyag komponensek) száma 1994-2000 között

Az adatokból kitűnik, hogy sokszor előfordult összetett, több komponensű robbanóanyag alkalmazása a bűncselekményekben. A bekövetkezett robbantásokban felhasznált robbanóanyagokat figyelembe véve 11 különböző vegyülettel találkoztunk, melyek 90 alkalommal kerültek meghatározásra. (37. ábra).

Az ábrákból egyértelműen kitűnik, hogy a vizsgált időszakban az összes robbanóanyaggal elkövetett (ill. elkövetés gyanújaként felmerült) bűnesetben, valamint ezen belül a bekövetkezett robbantásos merényletekben **a TNT alkalmazása fordult elő legnagyobb számban.** Ezek közül számos esetben fordult elő egyéb robbanóanyagok jelenléte is (pl. DNT, NG, EGDN) ami feltételezi valamilyen keverék robbanóanyag felhasználását az adott bűncselekményben. **Ezen vizsgálati eredmények és a nyomozati munka során felmerült egyéb momentumból, információból valószínűsítették a tűzszerész szakértők a legutóbbi robbantásos merényletek eszközeinek tölteteként a szlovák Danubit ipari robbanóanyag család egyes típusait.** A TNT önmagában való azonosítása pedig utalhat szabvány katonai robbanóanyagként történő alkalmazásra (prétest, kézigránát töltetként).

A legtöbb esetben az NG mellett is lehetett egyéb robbanóanyag vegyületet azonosítani.



37. ábra

Bekövetkezett robbantásos esetekben alkalmazott azonosított robbanóanyag vegyületek száma 1994-2000 között

Leggyakrabban két ill. hárombázisú lőpor alkotóelemeként került meghatározásra NC és nitro-guanidin mellett, **valamint az említett Danubit ipari robbanóanyag család minden típusa tartalmaz NG-t.** Ezen kívül házilag készített robbanószelatin előállításánál alkalmazták, NC-val összekeverve, valamint ennek az esetnek kapcsán néhány vizsgálati mintában önálló vegyületként is kimutatható volt.

A DNT-t egyik alkalommal sem egyedi vegyületként, hanem mindig TNT, NG és/vagy EGDN robbanóanyaggal együtt azonosítottuk, ami nyilvánvalóan keverék robbanóanyag felhasználására utal.

A szervetlen nitrát vegyületeket (KNO_3 , NaNO_3 , NH_4NO_3) főként a lefoglalásra került gyanús anyagokból tudtuk azonosítani. A mellettük nagy mennyiségben jelenlévő szénpor és kimutatható elemi kén változó arányú keveréke egyértelműen fekete lőporra utal. **Ammónium-nitrát a vizsgálatra átadott anyagokból a legtöbb esetben szintén egyéb vegyületek (TNT, DNT, NG) mellett volt kimutatható, tehát keverék robbanóanyag komponenseként szerepelt.**

A NC előfordulása a vizsgálatok során elsősorban **az egybázisú lőporokhoz kötődik**, de a már említett házilag előállított robbanószelatinban is alkalmazást nyert, **valamint komponensei a Danubit család mindegyik típusának.**

Az azonosított robbanóanyag vegyületek sorában az RDX következik.

A vizsgált esetekben egyéb vegyület, ill. robbanóhatást fokozó anyag jelenléte is bizonyítható volt, ami alapján és egyéb ismeretek, információk birtokában a tűzszerész szakértő véleményt formálhat a robbanóanyag típusáról. **A TNT-vel való előfordulása Hexotol, PETN-val Semtex H plastikus robbanóanyaggal, míg fém alumíniummal együtt Hexal nevű puskagránát töltet alkalmazásának lehetőségét vetette fel.** Több alkalommal előfordult egyes mintákban tiszta RDX vegyület, ezek elsősorban illegálisan működő házi laboratóriumokban voltak fellelhetők kész termékként, ill. az üvegedényzet falán nyomokban megtapadva.

Az előzőekben is említett PETN-t a gyanús anyag lefoglalása során azonosítottuk főtömegként, majd az adalékanyagok meghatározása bizonyította, hogy **Semtex 1A típusú csehszlovák plastikus robbanóanyag képezte a vizsgálat tárgyát.** Sor került kézigránátból származó tisztán PETN-t tartalmazó töltet elemzésére is egy alkalommal. Feltehetően

Semtex H típusú robbanóanyagot használtak az elkövetők azokban az esetekben, mikor robbantás utáni anyagmaradványokból a PETN mellett RDX nyomok voltak kimutathatók.

Hárombázisú lőpor alkalmazásával elkövetett robbantás alkalmával lehetett azonosítani nitro-guanidint, NG és NC mellett.

A triaceton-triperoxid (TATP), mely a hétköznapi életben alkalmazott vegyi anyagokból könnyen előállítható, igen veszélyes robbanóanyag, elsősorban a házilag készítés során bekövetkezett balesetek alkalmával került vizsgálatra és azonosításra.

Az analitikai vizsgálatok eredményeinek információ értéke a nyomozó hatóság munkája szempontjából annál nagyobb, minél több adatot tud szolgáltatni a bűncselekményekben előforduló robbanóanyagról. Ezekből vonhatók le azok a következtetések, amelyek utalhatnak az eredetre, régebbi esetekkel való összefüggésre, amelyek kiindulópontjai, irányadói lehetnek a nyomozati munkának, melynek célja az elkövető személyének felderítése.

A robbantásos események körülményeinek tisztázása során nem csak az alkalmazott robbanóanyag fajtájának meghatározása, hanem annak mennyiségének becslése is fontos a robbanószerkezet rekonstruálása szempontjából, mely alapvetően a tűzszerész szakértők feladata.

Vannak olyan módszerek, amelyek alapján közelítőleg meg lehet határozni a robbanást okozó robbanóanyag mennyiségét. Ezek elsősorban a robbanás centrumától adott távolságban empirikus úton becsült nyomásérték és robbanóanyag mennyiség között,

vagy a kráter (ha keletkezett) nagysága és a robbanóanyag mennyiség között állítanak fel közelítő matematikai összefüggéseket [36]¹, [37]².

Amennyiben lehetőség nyílik rá, alkalmazhatók vizuális eljárások, amelyek azon alapulnak, hogy a robbanás centrumában, ill. közvetlen közelében elhelyezkedő tárgyak deformációját, törését, fragmentálódását próbáljuk robbantási kísérletekkel szimulálni. A kísérletek különböző mennyiségű robbanóanyag felhasználásával történnek, és a bűncselekményben alkalmazott robbanóanyag becsült tömegének azt fogadjuk el, amellyel legjobban sikerült reprodukálni az eredeti helyszínről kiválasztott tárgy, vagy tárgyakban bekövetkezett fizikai elváltozásokat.

A töltet nagyságának becslése nem vegyész–szakértői feladat, de a fent említett kísérletek végrehajtásának előfeltétele az alkalmazott robbanóanyag ismerete, ami az analitikai mérések eredményei alapján határozható meg. Módom volt közreműködni ilyen jellegű robbantási kísérletek tervezésében, végrehajtásában, az eredmények értékelésében, amelyet egy konkrét eset kapcsán mutatok be az alábbiakban.

1994. VI. 01–én Szegeden a Szent Rókus templom előtt lévő autóbusz megállót jelző oszlopon lévő fém szeméttárolóban helyeztek el robbanószerkezetet, amely felrobbant. A robbantás után a megállót jelző alumínium oszlop erősen deformálódott (38. ábra).

— Kísérleti körülmények, eredmények értékelése

Az anyagmaradványok analitikai vizsgálati eredményei alapján előzőleg megállapítottuk, hogy a robbanást TNT robbanóanyag okozta.

A robbantásos esemény modellezésére az eredetivel megegyező méretű, anyagú oszlopot használtunk fel (39. ábra).

A robbantásos cselekmény helyszínén az előzetes becslések a robbanó töltet nagyságára vonatkozólag – figyelembe véve a környezeti romboló hatásokat – max. 1–1,5 kg brizáns robbanóanyag volt.

Ennek megfelelően az oszlopra távtartással 4 db 400 g-os TNT préstestet helyeztünk el (40. ábra), amely felrobbantás után az oszlopot ketté nyírta (41. ábra)

¹ Mainstone, R. J.: Building Research Station Current Paper, 26/71, 1971

² Fraknói Gy.: Robbantásos bűncselekményeknél használt robbanóanyag mennyisége és a keletkezett üvegcárok
Szakdolgozat, JPTE Természettudományi Kar Pécs, 1997

csökkentve a robbanóanyag mennyiségét 2 db 400 g-os préstestre (42. ábra) az előbbihez hasonló eredményre jutottunk (43. ábra). Megfeleztve a TNT préstestek számát, 1 db 400 g-os darabot erősítve az alumínium oszlopra (44. ábra), majd felrobbantva (45. ábra) azt, azt tapasztaltuk, hogy a kísérleti tárgy hasonló elváltozást szenvedett, mint azt a bűncselekmény helyszínén tapasztaltuk (46. ábra).

Ebből azt a következtetést vonhattuk le, hogy az említett robbantásos cselekményben felhasznált robbanóanyag megközelítőleg ekkora tömeget (400 g) képviselt.

Az eset bizonyítja, hogy ha a helyszínen valamely sérülést szenvedett tárgy alkalmas arra, hogy szimulációs robbantási kísérletben reprodukálni tudjuk, valamint ehhez a kísérletsorozathoz szakértői összefogással a feltételeket meg lehet teremteni, akkor a robbanóanyag töltet nagysága tekintetében jó becslést lehet tenni.



38. ábra
*A robbantásos bűncselekmény során
megrongálódott oszlop*



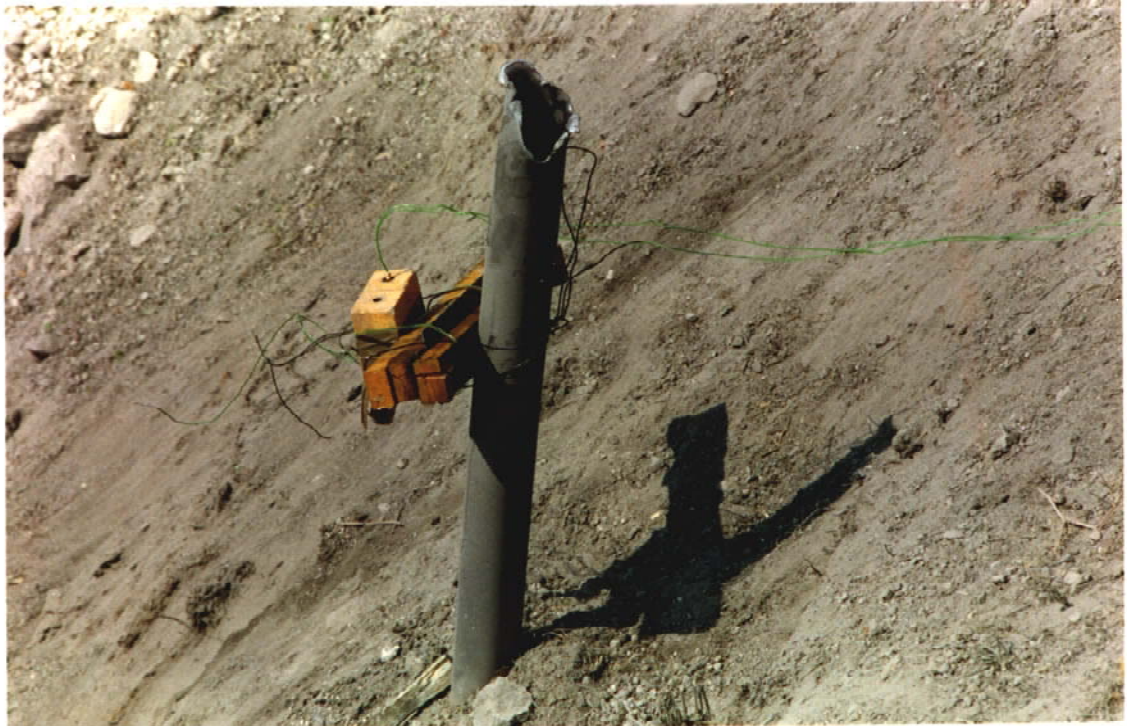
39. ábra
*A robbantási kísérlethez előkészített
oszlop*



*40. ábra
4 db TNT préstest elhelyezése az oszlopon*



*41. ábra
A robbantás eredménye*



*42. ábra
2 db TNT préstest elhelyezése az oszlopon*



*43. ábra
A robbantás eredménye*



*44. ábra
1 db TNT préstest elhelyezése az oszlopon*



*45. ábra
A robbantás eredménye*



*46. ábra
Az 1 db-os prétesttel végrehajtott kísérleti robbantás utáni oszlop (felül)
és az eredeti oszlop (alul) összehasonlítása*

Az analitikai vizsgálatok eredményeinek jellege minőségi és mennyiségi is lehet. Míg előbbinél a kémiai vegyület szerkezetét határozzuk meg utóbbinál annak mennyiségét is. Lefoglalt robbanóanyagok (nagyobb mennyiség) esetében mód nyílik az összetevők (ha keverék robbanóanyagról van szó) azonosításán túl azok mennyiségi meghatározására is.

Általában a hatóanyagok és az egyéb adalékanyagok százalékos összetételének vizsgálatokból származó ismerete, összehasonlítva irodalmi adatokkal, dokumentációkkal, alapját képezi a robbanóanyag típus, mint kereskedelmi termék behatárolásának. A már többször említett Danubit családból pl. kettőnek (Danubit-1, Danubit-3) ugyanazon robbanóanyag vegyületek az összetevői (minőségileg azonosak), de más-más arányban szerepelnek benne.

Egynemű robbanóanyagok esetében nagy szerepe van a hatóanyag tisztaságának. Ha pl. a lefoglalt robbanóanyag főtömegének megállapítása után a további vizsgálatok azt derítik ki, hogy jelen vannak a gyártás során felhasznált kiindulási anyagok, képződött melléktermékek, köztes termékek, és ezek aránya jóval magasabb, mint az általában a gyári termékekre megengednek, feltételezhető, hogy házilig előállított anyagról van szó.

A robbantásos esetek vonatkozásában – a tapasztalat szerint – a rendkívül kis mennyiségű fellelhető robbanóanyag maradványok, valamint a sajátos körülmények miatt mennyiségi meghatározásra nincs mód, illetőleg nincs is értelme. Több komponens azonosítása és ezek mennyiségi meghatározása a mérésre előkészített oldatban nem reprezentálja az eredeti robbanóanyag jellemző összetételét. Ugyanúgy nem mérhető, az amúgy is csak kis mennyiségben (általában 1-2 % a hatóanyagokhoz képest) jelenlévő egyéb adalékanyagok, valamint a gyártás során a termékbe került egyéb, esetleg az adott technológiára jellemző szennyező anyagok mennyisége sem.

Nem újkeletű probléma az ipari vagy katonai célra gyártott robbanóanyagok jelölése (a gyártó által), amely lehetővé teszi robbantás után is az alkalmazott robbanóanyag eredetének megállapítását. Természetesen ehhez olyan anyagok kellenének, amelyek a robbanás körülményei között is megőrzik eredeti kémiai szerkezetüket, összetételüket, az azonosítás alapjául szolgáló fizikai-kémiai tulajdonságaikat és a robbanási tulajdonságokat nem befolyásolja. A számos kísérlet közül egy Svájcban kidolgozott javaslat kecsegtetett legtöbb eredménnyel [38]¹.

¹ Scharer, J.: The tagging of explosives

Proc. 1st Int. Symp. on Analysis and Detection of Explosives, FBI Academy, Quantico, VA. pp. 463-470, 1983

A jelölő anyag egy több rétegű (max. 10) vékony melamin gyanta lapocska, amely maximum 800 µm átmérőjű. Minden egyes réteg más színű, amely normál mikroszkóp alatt tökéletesen látható, élesen elkülönülve.

A rétegek számkóddal vannak ellátva (0-9), így módon egy adott réteg konstrukciónak annyi számjegyű kódja lesz, ahány rétegből áll. Nem nehéz belátni, hogy a variációk száma szinte végtelen, tehát lehetőség van a világ minden egyes robbanóanyag gyártó cégének minden egyes termék fajtájára különböző kódú jelölőanyagot alkalmazni. Sajnos ez, és a hasonló jellegű jelölő anyagok alkalmazása a robbanóanyagokban nem terjedt el általánosan, pedig ez nagy mértékben megkönnyítené a robbantás utáni azonosítást, a robbanóanyag eredetének meghatározását, ezáltal a bűncselekmények felderítését is.

A Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) 1991-es konferenciájának zárodokumentuma nagy jelentőséget tulajdonít elsősorban a plasztikus robbanóanyagok jelölésére (a detektálhatóság megkönnyítése céljából) tett erőfeszítéseknek, ami robbantásos merényletek megelőzése szempontjából fontos. Az erre alkalmas jelölő anyagok (színezékek, illatos, könnyen párolgó anyagok) azonban a bekövetkezett események utáni azonosításra nem alkalmasak, hiszen maguk is megsemmisülnek. Éppen ezért véleményem szerint megfelelő nemzetközi fórumon szorgalmazni kellene a fent említett, vagy hasonló jellegű anyagok alkalmazását a robbanóanyag gyártás során a világ minden részén.

4.6. Részösszegzés

A robbanóanyag analitikában alkalmazott, Intézetünkben rendelkezésünkre álló módszerek, eszközök felhasználásával bemutattam a robbantásos bűncselekményekben keletkezett anyagmaradványok vizsgálatának rendszerét.

A rendszer alkalmazhatóságának bizonyítására kísérleteket terveztem és hajtottam végre felületeken megkötődött, valamint robbantás után szóródott robbanóanyag nyomok kimutatására.

Robbantással előidézett alakváltozás alapján bűncselekményben alkalmazott robbanóanyag mennyiségének becslését végeztem el.

Kísérleteket végeztem mérési módszerek fejlesztésére (mintaelőkészítés, vékonyréteg kromatográfia), új módszer bevezetésére (spektrofluorimetria), érzékeny és szelektív detektálási módok előnyeinek bizonyítására a gázkromatográfia terén (CLND, NCI).

A KUTATÓ MUNKA ÖSSZEGZÉSE

Az értekezés célkitűzéseinek megfelelően a tervezett kutató munkát elvégeztem, melynek révén új, tudományos eredményeket fogalmaztam meg és a téma további kutatására vonatkozó javaslataimat megtettem.

Az elméleti kutatások terén a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmény – fogalom tartalmát értelmeztem a következők szerint:

Robbanóanyaggal elkövetett bűncselekménynek tekintem a „Visszaélés robbanóanyaggal, vagy robbantószerrel” (Btk. 263. §.) büntettét, valamint a robbanóanyag felhasználásával (robbantás, vagy arra irányuló szándék) elkövetett bűncselekményt. Ez utóbbi kategórián belül megkülönböztetek robbantással való fenyegetést, robbantásos merényletet (szándékos, bűnös célú), egyéb indíttatású robbantást (szándékos, nem bűnös célú). Értelmezésemmel rámutattam a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekménnyel megvalósuló egyéb büntettekre és vétségekre, a magyar büntetőjog értelmezési keretei között.

A robbanóanyagok rendszerezése során egységes ábrán mutattam be a különböző szempontok szerinti felosztások összefüggéseit. Bemutattam a robbanóanyagok kutatási témám szempontjából előnyös kémiai szerkezet szerinti csoportosítását, az egynemű robbanóanyagok tudományos kémiai elnevezésének konzekvens használata mellett, és bizonyítottam, hogy csoportosításom a kémiai analitikai munkák során – az egyéb szempontok szerinti rendszerezéshez viszonyítva – hatékonyabban alkalmazható.

Vizsgáltam a hazai összes vegyész-szakértői eset során azonosított alap robbanóanyagok megoszlását, külön elemezve ezek előfordulási arányait a robbantásos bűncselekményekben.

Rámutattam, hogy a robbanóanyag komponensek kémiai szerkezetének meghatározása, a robbanás környezeti hatásainak elemzése, a konkrét esetekkel kapcsolatos egyéb nyomozati információk alapján lehet következtetéseket levonni az alkalmazott töltet típusát (egynemű, vagy összetett, továbbá ipari, vagy katonai robbanóanyag) illetően.

Vizsgáltam a robbantásos bűncselekményekben felhasznált robbanóanyag eredet megállapításának problémáját. Megoldási lehetőségként rámutattam speciális, jól mérhető

fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkező jelölőanyagok alkalmazásának jelentőségére a robbanóanyag gyártás során, melyet nemzetközi módszereknek kell szorgalmazni.

A gyakorlati kutató munka során a hazai robbantásos bűncselekmények, valamint a külföldi tanulmányutak tapasztalatai alapján elemeztem a vegyész-szakértő szerepét és feladatait a közvetlen robbantás utáni helyszíni tevékenységben.

Ezen belül kiemeltem a tűzszerész és robbantás-technikai szakértőkkel történő szakmai konzultációba való részvétel jelentőségét a robbanás körülményeit érintő elsődleges vélemény kialakítása érdekében, a robbanóanyag típusának behatárolásában, a laboratóriumi vizsgálatokra szánt anyagmaradványok összegyűjtésében. Kutatásaim eredményeként blokk-diagram segítségével mutattam be a robbantásos bűncselekmények során keletkezett anyagmaradványok vizsgálatának megtervezett rendszerét, melynek célja a maradványokból történő fel nem robbant robbanóanyag nyomok kinyerése, és azonosítása.

Bizonyítottam a fenti rendszer reprodukálható alkalmasságát.

A vegyész-szakértői gyakorlatban előforduló szituációk modellezésére:

- Részt vettem robbantási kísérletek végrehajtásában, amelynek célja annak bizonyítása volt, hogy az el nem robbant, szóródott robbanóanyag részek a robbanás bizonyos környezetében lévő felületeken megkötődnek, amely feltétele az alkalmazott robbanóanyag azonosításának.

A robbantási kísérletek eredményeként az adott távolságra elhelyezett felületeken robbanóanyag nyomokat lehetett azonosítani az általam alkalmazott analitikai módszerekkel, ami igazolta a modellezhetőségre irányuló feltevésemet.

- Konkrét robbantásos merényletben alkalmazott töltet mennyiségének becslésére irányuló robbantási kísérlet végrehajtásában működtem közre, melynek során a próbarobbantások különböző mennyiségű robbanóanyag (TNT) felhasználásával történtek.

A robbantásos merényletben deformált alumínium oszlophoz hasonló elváltozást előidézett kísérleti robbantásban felhasznált tömegű robbanóanyagot tekintettem a becsült mennyiségnek.

- Vizsgáltam robbanóanyagok különböző anyagokkal (papír, műbőr, textil) történő érintkezésekor a felületeken megtapadt részek kimutathatóságát. Vizsgálati eredményeim reprodukálhatóan pozitív eredményre vezettek.

A mérési módszerek fejlesztése és új módszerek bevezetése terén:

- A mintaelőkészítéssel kapcsolatos kutató munka során bizonyítottam a vizes folyadékextrakció előnyeit a szerves oldószeres extrakcióval szemben, valamint a szilárdfázisú mikroextrakció (SPME) lehetséges előnyeit a szilárdfázisú extrakcióval szemben (SPE).
- A kromatográfiai mérés technikán belül a vékonyréteg kromatográfiai módszereket fejlesztettem tovább, és vezettem be a vegyész-szakértői gyakorlatba. A gázkromatográfia területén a kemilumineszcenciás nitrogénszelektív (CLND) detektor előnyeit bizonyító vizsgálatokat végeztem.
Bizonyítottam, hogy az ezen módszerrel azonosított robbanóanyagok kémiai szerkezetének meghatározására a negatív kémiai ionizációs (NCI) technikát megvalósító tömegspektrometriás detektálású gázkromatográfia (GC-MS) alkalmas. A módszer alkalmazásával 9 robbanóanyag - vegyületből spektrum gyűjteményt készítettem.
- Reprodukálható spektrofotometriás módszereket dolgoztam ki nitramin típusú robbanóanyag (RDX) meghatározására.

AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. Kidolgoztam a robbanóanyag maradványok laboratóriumi azonosításának a kémia analitika hazai gyakorlatban alkalmazott rendszerét, különös tekintettel a szerves vegyület alapú robbanóanyagokra.
2. Kísérlettel igazoltam azt, hogy mind a robbanás távolhatási környezetébe kiszóródott, a robbanási középponttól méter nagyságrendű távolságokra elhelyezett, felületeken megkötődött, mind a robbanóanyagok különböző anyagokkal történő érintkezéskor, az azok felületein megtapadt robbanóanyag nyomok a rendszerben alkalmazott mérőműszerekkel kimutathatók.
3. Robbanás utáni anyagmaradványok mintaelőkészítési eljárásainak tovább fejlesztésén belül bizonyítottam a vizes extrakció előnyeit a szerves folyadékextrakció zavaró hatásainak kiküszöbölésére, valamint összehasonlító vizsgálatokkal igazoltam, hogy a szilárdfázisú mikroextrakció (SPME) előnyösebb a szilárdfázisú extrakciós (SPE) eljárásoknál.
4. Két vékonyréteg kromatográfiás (TLC) módszert fejlesztettem tovább, és igazoltam a kemilumencenciás nitrogénszelektív detektor (CLND), valamint a negatív kémiai ionizációs (NCI) technika reprodukálható alkalmazhatóságát a gázkromatográfiában, illetve a tömegspektrometriás detektálású gázkromatográfiában (GC-MS).
5. Két új spektrofluorimetriás módszert dolgoztam ki RDX meghatározására, és összehasonlító vizsgálatokkal bizonyítottam ezek nagyobb érzékenységét a spektrofotometriás módszerrel szemben.

KITEKINTÉS, JAVASLATOK TOVÁBBI KUTATÁSI TÉMÁKRA, A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK FELHASZNÁLÁSÁRA

Az értekezés célkitűzéseivel összefüggésben fontosnak tartom az egyes analitikai módszerek állandó fejlesztését, amelyek irányait a napi szakértői gyakorlatban felmerülő problémák határozzák meg.

Kiemelem a mintaelőkészítéssel kapcsolatos kísérletek jelentőségét, elsősorban a szilárdfázisú mikroextrakció (SPME) **optimális alkalmazási körülményeinek (extrakciós idő, hőmérséklet) jövőbeli vizsgálatai vonatkozásában**. A mintaelőkészítési eljárások tökéletesítésének fontosságát azzal is indokolom, hogy a kísérletek nem igényelnek nagy anyagi ráfordításokat, mégis jelentős eredmények érhetők el a méréseket zavaró hatások kiküszöbölésével.

A kidolgozott fluorimetriás módszerek alkalmazásának kiterjesztését szükségesnek tartom a nitraminokon túlmenően a **nitrát-észter vegyület** csoport tagjaira is. A lumineszcencia spektroszkópián belül alkalmazott speciális mérés technikák (szinkrongerjesztés, mélyhőmérséklet) alkalmazásának lehetőségére irányuló vizsgálatok megkezdését a jövőben indokoltnak tartom.

Az analitikai nagyműszerekhez (GC, GC-MS) kapcsolódó módszerek fejlesztése főként a korszerűbb berendezések beszerzésével érhető el. Távlati fejlesztési javaslatom a **szervetlen robbanóanyag vegyületek** vizsgálatára alkalmas műszerpark megfelelő színvonalra történő emelése, elsősorban a kromatográfia területén.

A mérőműszerek, mérési technikák fejlesztése során szükségesnek tartom azok alkalmazhatóságának kiterjesztését a **robbanóanyag vegyületek minél szélesebb körére**, jelen értekezés kereteit meghaladóan.

A jövőben továbbra is szükségesnek tartom célirányos robbantási **kísérletek tervezését és végrehajtását**, amelyek módot nyújtanak arra, hogy a robbantásos bűncselekmények kivizsgálásában feladatot ellátó szakértői gárda (vegyész, tűzszerész stb.) a valós eseteket megközelítő szituációkat tanulmányozhassa. Ezzel egyben biztosítható szakembereinek folyamatos továbbképzése a nemzetközi és hazai esettanulmányok elemzésén túlmenően is.

Az Európai Unióhoz való csatlakozásunkkal összefüggésben kiemelt feladata a különböző **vizsgáló laboratóriumok minőségbiztosítási rendszerének kialakítása, az akkreditált státuszok megszerzése**. A szakértői intézetek mérési módszereinek akkreditálása (a Nemzeti Akkreditáló Testület által) biztosítja a szakértői véleményekben foglaltak hitelességét, amelynek elsősorban a bírói eljárásokban, esetleges szakmai vitákban lehet nagy jelentősége. Szükségnek tartom az értekezésemben szereplő robbanóanyag analitikai eljárások akkreditálását, melynek előkészítésére munkacsoportot hoztam létre.

A robbanóanyag felhasználásával elkövetett bűncselekmények hatósági nyomozati munkán alapuló felderítése (amelyet elősegítenek a különféle szakértői tevékenységek) elvezethet a tervezett események megelőzéséhez és megghiúsításához.

A megelőzés másik – nyomozati munkától független – eszköze általában a robbanóanyag tárolásának, szállításának, felhasználásának szabályozott keretek közötti megvalósítása, részben adminisztratív és műszaki-technikai módszerekkel. A robbanóanyagok illegális forgalmán belül, gyárakból, bányákból, katonai létesítmények raktáraiból való kijutását, ezek külföldről történő becsempészését országunkba, továbbá ezek különböző épületekbe való bejutását **szigorú ellenőrzési, biztonsági rendszerek kialakításával kell megakadályozni**.

A rendszerek folyamatos korszerűsítése érdekében mind az adminisztratív, mind pedig a műszaki-technikai területekkel kapcsolatos tudományos igényű elemzéseknek, speciális kutatási-fejlesztési tevékenységnek, az eredmények gyakorlatban való alkalmazását megvalósítani igyekvő szakmai elképzeléseknek rendkívül nagy jelentőséget tulajdonítok a jövőben.

Indokoltnak tartom az értekezés tudományos eredményeit felhasználni:

- A Nemzetbiztonsági Szakszolgálat Szakértői Intézete által a napi szakértői gyakorlatban alkalmazott vizsgálati rendszerének kiegészítésére, bővítésére.
- Az EN 17025 európai szabvány alapján az alkalmazott robbanóanyag analitikai eljárások akkreditálásához szükséges Minőségügyi Kézikönyvben történő rögzítésre.
- Az NBSZ, a BM, a HM szakmai, oktatási anyagainak kidolgozásához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. **Magyar Köztársaság Rendőrsége**
Bombaadat Központ kiadványa 1996-2000
2. **Mueller Othmár:** Bombariadó
Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991
3. **Persson, Per-Anders; Holmberg, Roger; Lee, Jaimin:** Rock Blasting and Explosives Engineering
CRC Press Inc., 1994
4. **Dr. Bohus Géza, Horváth László, Papp József:** Ipari robbantástechnika
Műszaki Könyvkiadó, 1983
5. **Lukács László, Mueller Othmár:** Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek
Jegyzet, ORFK Oktatási és Kiképző Központ Budapest, 1994
6. **Yinon, J.; Zitrin, S.:** Modern Methods and Applications in Analysis of Explosives
John Wiley and Sons, Ltd. Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 14D, England, 1993
7. US. Congress, Office of Technology Assessment: Technology Against Terrorism: The Federal Effort
OTA-ISC-481/Washington DC. US Government Printing Office, 1991
8. **Beveridge, Alexander (editor):** Forensic Investigation of Explosions, p. 101-126,
Taylor and Francis Ltd., 1998
9. **Deak, J.S.; Clark, H.; Dagenais, C.; Jones, S.; McLure, D. and Richardson, B.W:** Post-blast residue analysis in the RCMP Laboratories: Some practical observations
Proceedings Third Symposium on Analysis and Detection of Explosives, p. 18-1-18-19, Mannheim, 1989
10. **Beveridge, A.:** Explosive residue analysis in the mid-1980's an expanding and challenging role for the forensic scientist
J. of Energ. M., 4, 29-76, 1986
11. **Beveridge, A.; et. al.:** Systematic Analysis of Explosives Residue
J. Forensic Sci, 20, 1975
12. **Thompson, R. Q.; Fetterolf, D.D.; Miller, M. L.; Mothershead, R.F.:** Aqueous Recovery from Cotton Swabs of Organic Explosives Residue by Solid Phase Extraction
J. Forensic Sciences, 44(4), 795-804, 1999

13. **Lloyd; J.B.F.:** Adsorption characteristics of organic explosives compounds on adsorbents typically used in clean-up and related trace analysis techniques
J. Chromatography, **328**, 145-154, 1985
14. **Kolla, P.:** Trace analysis of explosives form complex mixtures with sample pretreatment and selective detection
J. Forensic Sciences, **36** 1342-1359, 1991
15. **Douse, J.M.F.:** Trace analysis of explosives in handswab extracts using Amberlite XAD-7 porous polimer beads, silica capillary column gas chromatography with electron capture detection and thin layer chromatography
J. Chromatography, **234**, 415-425, 1982
16. **Touchstone, J.C.; Dobbins, M.F.:** Practice of Thin Layer Chromatography
John Wiley and Sons, Inc. 1983
17. **Yinon, J.; Zitrin, S.:** The Analysis of Explosives
Pergamon Press, Oxford, 1981
18. **Parker, R.G.; Mc Owen, J.M; Cherolis, J.A.:** Analysis of explosives residues, Part 2.: Thin layer chromatography
J. Forensic Sciences, **20**, 254-256, 1975
19. **Vámos E.:** Kromatográfia
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1959
20. **Peak, S.A.:** A thin layer chromatographic procedure for confirming the presence and identity of smokeless powder flakes
J. Forensic Sciences, **25**, 675-681, 1980
21. **Balla József:** A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997
22. **Grant, S.W.:** Capillary gas chromatography
John Wiley and Sons, 1995
23. **Torkos K., Borossay J., Lebics F., Molnár L.:** Robbanóanyag maradványok meghatározása talajból
6. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1995.
Konferencia kiadvány
24. **Kolla, P.:** Gas chromatography, liquid chromatography and ion chromatography adopted to the trace analysis of explosives
J. Chromatography, **674**, 309-318, 1994
25. **Zlatkis, A.; Poole, F. C.:** **Electron capture:** Theory and practice in chromatography
Elsevier, 1981

26. **Douse, J.M.F.:** Trace analysis of explosives at the low picogram level by silica capillary column gas-liquid chromatography with ECD
J. Chromatography, **208**, 83-88, 1981
27. **Krull, I.S.; et. al.:** Trace analysis for organic nitro compounds by gas chromatography-electron capture/photo ionization detection methods
J. Chromatography, **260**, 347-362, 1983
28. **Fine, D.H.; Rueh, F.; Lieb, D.; Rouenbehler, D.P.:** Description of the thermal energy analyser (TEA) for trace determination of volatile and non-volatile N-nitroso compounds
Anal. Chem., **47**, 1188-1191, 1975
29. **Lafleur, A.L.; Mills, K.M.:** Trace level determination of selected nitro aromatic compounds by gas chromatography with pyrolysis/chemiluminescent detection
Anal. Chem., **53**, 1202-1205, 1981
30. **Lapat, A.; Székelyhidi, L.; Hornyák, I.:** Spectrofluorimetric Determination of 1,3,5-Trinitro-1,3,5-triazacyclohexane (Hexogen, RDX) as a Nitramine Type Explosive
Biomedical Chromatography, Vol. 11, 102-104, (1997)
31. **Hornyák, I., Székelyhidi, L., Lapat, A.:** Application of the luminescence in the expert examination
Int. Conf. and Exhibition of Criminal Investigation Budapest, 1992
32. **Hornyák, I., Székelyhidi, L.:** Spectrofluorimetric Method for Determining Trace Quantities of Nitrite Ion
Mikrochimica Acta (Wien) II., 355-359, 1983
33. **Feigl, F.:** Spot tests in organic analysis
Elsevier Publishing Co., 1966
34. **Zitrin, S.:** Post explosion analysis of explosives by mass spectrometric methods
Journal of Energetic Materials, **4** 199-294, 1986
35. **Yinon, J.:** Analysis by negative-ion chemical ionization mass spectrometry
J. Forensic Sciences, **25**, 401-407, 1980
36. **Mainstone, R. J.:** *Building Research Station Current Paper*, 26/71, 1971
37. **Fraknói Gy.:** Robbantásos bűncselekményeknél használt robbanóanyag mennyisége és a keletkezett üvegkárók
Szakedolgozat, JPTE Természettudományi Kar Pécs, 1997
38. **Scharer, J.:** The tagging of explosives
Proc. 1st Int. Symp. on Analysis and Detection of Explosives, FBI Academy, Quantico, VA. pp. 463-470, 1983

AZ ÉRTEKEZÉS SZERZŐJÉNEK A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

1. **Hornyák István, Lapat Attila:**
Aromás savhidrazonok előállítása és alkalmazása Sc^{3+} fluorimetriás meghatározására
VIII. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1985.
Konferencia kiadvány
2. **Péczely Gábor, Szűcs Imre, Marek Nándor, Lapat Attila, Székelyhidi Lajos, Hornyák István:**
Aromás Schiff-bázisok előállítása és lumineszcencia tulajdonságaik vizsgálata I.
IX. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1986.
Konferencia kiadvány
3. **Lapat Attila, Székelyhidi Lajos, Hornyák István, Péczely Gábor, Szűcs Imre, Marek Nándor:**
Aromás Schiff-bázisok előállítása és lumineszcencia tulajdonságai vizsgálata II.
IX. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1986.
Konferencia kiadvány
4. **Székelyhidi Lajos, Lapat Attila:**
Barbitursav spektrofluorimetriás meghatározása
X. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1987.
Konferencia kiadvány
5. **Lapat Attila, Székelyhidi Lajos:**
Katalitikus fluoreszcens reakció Mn^{2+} meghatározására, 2,2-dipiridilketon-nikotinsav-hidrazon reagenssel
X. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1987.
Konferencia kiadvány
6. **Lapat Attila, Székelyhidi Lajos:**
Kinetikus fluoreszcens reakció alkalmazása fémionok meghatározására 2,2-dikinolilketon-nikotinsavhidrazon reagenssel
Vegyész Konferencia, Pécs, 1988.
Konferencia kiadvány
7. **Székelyhidi Lajos, Lapat Attila, Pais Károly:**
2-fenilkinolil-4-karbonsav szobahőmérsékletű foszforeszcencia (RTP) tulajdonságainak tanulmányozása
Vegyész Konferencia, Pécs 1988.
Konferencia kiadvány

8. **Székelyhidi Lajos, Lapat Attila, Hornyák István:**
Spectrofluorimetric determination of 2-amino-5-chlorobenzophenone impurity in chlordiazepoxide hydrochloride
Analytica Chimica Acta, 227(1989), 309-310

9. **Lapat Attila, Hornyák István, Tóvári István, Székelyhidi Lajos:**
2-(α -piridil)-tiokinaldinamid előállítása és alkalmazása ipari kén Se(IV) tartalmának foszforimetriás meghatározására
XIV. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1991.
Konferencia kiadvány

10. **Szabó Klára, Lapat Attila, Kunsági Sándor, Marek Nándor:**
Application of 2,2-bipyridil-ketone nicotinoylhydrazone for detection of Mn(II)ions
2nd Conference on Methods and Applications of Fluorescence Spectroscopy, Graz, 1991.
Abstracts

11. **Hornyák István, Székelyhidi Lajos, Lapat Attila:**
Lumineszcencia jelenségének alkalmazása a szakértői munkában
Kriminalexpo, Budapest, 1992.

12. **Lapat Attila:**
Aromás savhidrazonok előállítása és fotokémia oxidációjuk vizsgálata
XV. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs-Komló, 1992.
Konferencia kiadvány

13. **Lapat Attila, Székelyhidi Lajos, Imre Géza:**
Robbanóanyagok lumineszcenciás vizsgálati lehetőségei I.
XVI. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs, 1993.
Konferencia kiadvány

14. **Lapat Attila, Imre Géza, Székelyhidi Lajos:**
Robbanóanyagok lumineszcenciás vizsgálati lehetőségei II.
XVII. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs, 1994.
Konferencia kiadvány

15. **Lapat Attila, Tóvári István, Szőkéné Tóth Ágnes, Mrena Tímea:**
Fluoreszcenciás módszerek alkalmazása a bankjegyhamisításokkal kapcsolatos szakértői feladatokban
XVIII. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs, 1995.
Konferencia kiadvány

16. **Hornyák István, Kozma László, Lapat Attila, Tóvári István:**
Szelén foszforimetriás meghatározása 2-(2-piridil)-tiokinaldin-amid reagenssel
XI. Magyar Molekulaspektroszkópiai Konferencia, Paks, 1995.
Konferencia kiadvány

17. **Lapat Attila:**
Műszeres analitikai módszerek alkalmazása robbanóanyagok azonosítására, detektálására I.
Műszerügyi és Méréstechnikai Közlemények 31. évf., 56, Budapest, 1995.
18. **Lapat Attila:**
Műszeres analitikai módszerek alkalmazása robbanóanyagok azonosítására, detektálására II.
Műszerügyi és Méréstechnikai Közlemények 31. évf., 57, Budapest, 1995.
19. **Lapat Attila:**
Robbantás utáni anyagmaradványok vizsgálata a hazai robbantásos események tükrében
Kriminalexpo, Budapest, 1995.
20. **Lapat Attila:**
Robbanóanyagok azonosításának módszerei, eszközei
ORFK Oktatási és Kiképző Központ, Budapest 1995.
Jegyzet
21. **Lapat Attila, Lebics Ferenc, Torkos Kornél, Borossay József:**
TNT maradványok gázkromatográfiás meghatározása műanyag, textil és papírfelületeken
6. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1995.
Konferencia kiadvány
22. **Lapat Attila, Imre Géza:**
Rejtett robbanóanyagok helyszíni detektálásának módszerei
6. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1995.
Konferencia kiadvány
23. **Imre Géza, Kóródi Péter, Lapat Attila:**
Mintaelőkészítési lehetőségek a robbantási maradékok kémiai analitikai vizsgálatában
6. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1995.
Konferencia kiadvány
24. **Lapat Attila:**
Robbanóanyag keresésre kiképzett kutyák alkalmazása, szerepe a robbantással fenyegetett helyszínek átkutatásában
Nemzetközi Kriminalkynológiai Konferencia, Budapest, 1996.
Konferencia kiadvány
25. **Lapat Attila, Székelyhidi Lajos, Hornyák István:**
Spectrofluorimetric Determination of 1,3,5-Trinitro-1,3,5-triazacyclohexane (Hexogen, RDX) as a Nitramine Type Explosive
Biomedical Chromatography, VOL. 11, 102-104, 1997.
(VIIth International Symposium on Luminescence Spectrometry in Biomedical Analysis, Nice, 1997.)

26. **Hornyák István, Kozma László, Lapat Attila, Tóvári István:**
Spectrofluorimetric determination of diethazine and promethazine in pharmaceutical preparations
Biomedical Chromatography, VOL. 11, 99-101, 1997.
(VIIth International Symposium on Luminescence Spectrometry in Biomedical Analysis, Nice, 1997.)
27. **Hornyák István, Lapat Attila, Tóvári István:**
Spectrofluorimetric determination of histamine in hungarian red wines
Analysis Scientia, Bordeaux, 1997.
Abstracts
28. **Lapat Attila, Filep Zoltán, Torkos Kornél, Borossay József:**
Identification of explosive residues by headspace solid phase microextraction (HS-SPME)
First European Meeting of Forensic Science, Lausanne, 1997.
Abstracts
29. **Lebics Ferenc, Lapat Attila:**
GC-CLND technika alkalmazása a robbanóanyagok detektálására
7. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1997.
Konferencia kiadvány
30. **Torkos Kornél, Lapat Attila, Lebics Ferenc:**
Brizáns robbanóanyagok analitikai módszerei
Elválasztástudományi Vándorgyűlés, Lillafüred, 1998.
Konferencia kiadvány
31. **Lebics Ferenc, Lapat Attila:**
Robbantás utáni anyagmaradványok összegyűjtésének hatékonyságnövelési lehetőségei I.
8. Nemzetközi Robbantástechnikai Kollokvium, Budapest, 1999.
Konferencia kiadvány
32. **Hornyák István, Lapat Attila:**
Kinolin-karbonsav származékok szintézise és Eu-komplex vegyületeinek spektrofluorimetriás vizsgálata
XXII. Országos Lumineszcencia Spektroszkópia Iskola, Pécs, 1999.
Konferencia kiadvány
33. **Gömöry Ágnes, Lapat Attila, Vékey Károly:**
Identification of explosives by GC/MS
Belső kiadvány
34. **Lapat Attila:**
Igazságügyi vegyész-szakértői szerepek a robbantásos bűncselekmények kivizsgálásában
Műszaki Katonai Közlöny, 2001/4.

35. Lapat Attila:

Robbanóanyagok világa

I. Robbanóanyagok történelme, fejlődése

*Természet Világa, 132. évf. 6.***36. Lapat Attila:**

Robbanóanyagok világa

II. Robbanóanyagok felosztása, rendszerezése kémiai szerkezetük és összetételük szerint

*Természet Világa, 132. évf. 7.***37. Lapat Attila:**

Robbanóanyagok világa

III. Robbanóanyagok analitikai vizsgálati módszerei, eszközei

Természet világa. 132. évf. 8.

AZ ÉRTEKEZÉSBEN TALÁLHATÓ RÖVIDÍTÉSEK

API	atmoszférikus ionizáció
BATF	Alkohol, Dohány és Lőfegyver Ellenőrző Hivatal (Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms)
CLND	kemilumineszcens nitrogén detektor
CT	komputer tomográf
DERA	Védelmi Elemző és Kutató Ügynökség (Defence Evaluation and Research Agency)
DNB	dinitro-benzol
DNN	dinitro-naftalin
DNT	2,4-dinitro-toluol
ECD	elektronbefogásos detektor
EGDN	etilénglikol-dinitrát
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szövetsége
FBI	Szövetségi Nyomozó Iroda (Federal Bureau of Investigation)
FID	lángionizációs detektor
FTIR	Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia
GC	gázkromatográfia
HMX	oktogén (Her Majesty's Explosive)
HPLC	nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia
IC	ion-kromatográfia
ICAO	Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (International Civil Aviation Organization)
IMS	ion mobilitás spektrometria
IR	infravörös spektroszkópia
IRA	Ír Köztársasági Hadsereg (Irish Republican Army)
IUPAC	Elméleti és Alkalmazott Kémia Nemzetközi Egyesülete (International Union of Pure and Applied Chemistry)

MS	tömegspektrometria
NATO	Észak-atlanti Szerződés Szervezete (North Atlantic Treaty Organization)
NBSZ	Nemzetbiztonsági Szakszolgálat
NC	nirtocellulóz
NCI	negatív kémiai ionizáció
NG	glicerin-trinitrát (nitroglicerin)
NMR	mágneses magrezonancia spektrometria
NN	nitro-naftalin
NT	mononitro-toluol
ORFK	Országos Rendőr-főkapitányság
PETN	pentaeritrit-tetranitrát
PVC	polivinil-klorid
RDX	hexogén (Royal Demolition Explosive)
SFE	szilárdfázisú extrakció
SIM	szelektív ion figyelés
SPME	szilárdfázisú mikroextrakció
TATP	triaceton-triperoxid
TEA	termikus energia analizátor
TIC	összionáram kromatogramját
TLC	vékonyréteg-kromatográfia
TNT	2,4,6-trinitro-toluol
UV	ultraibolya spektroszkópia
VIS	látható spektroszkópia

MELLÉKLETEK

1. SZÁMÚ MELLÉKLET

Robbantásos terrorista merényletek, visszaszorításukra tett nemzetközi erőfeszítések. Történeti áttekintés

A robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények (pl.: robbantásos merényletek) és a robbanásos balesetek körülményeinek kivizsgálására irányuló vegyész-szakértői tevékenység fokozatos bevonása a nyomozati munkába a XIX. század második felében kezdődött el. Ennek szükségességét elsőként feltételezhetően 1800-ban, III. György király ellen Angliában elkövetett gyilkossági kísérlet kapcsán ismerték fel [1]¹. Ekkor ugyanis York hercege megállapította, hogy a közelben lévő kőoszlop vakolatából eltávolított puskagolyó származhatott a merényleti fegyveréből, mivel érződött rajta még a puskaapor, illetőleg égéstermékeinek szaga. A XIX. század következő évtizedeiben kifejlesztett korszerű robbanóanyagok felhasználása a fejlődő szénbányászatban számos balesetnek volt okozója.

Ezen robbanásos esetek körülményeinek kivizsgálásában nagy szerepet játszottak akkoriban Sir Frederick Abel robbanóanyagokkal kapcsolatos tudományos kísérleteinek eredményei.

A szisztematikus, tudományos igényű megközelítés feltehetően egy 1871-es angliai esemény során merült fel. Ebben az évben Stowmarket-ben a Patent Gun Cotton Company egyik gyárában robbanásos baleset történt. A nyomozást V. D. Majendie kapitány (később: Colonel Sir V. Majendie királyi tanácsos) vezette, aki szükségesnek vélte egy kvalifikált vegyész, Dr. A. Dupre (a Királyi Tudományos Akadémia tagja) szakmai véleményének felhasználását az ügy kivizsgálásában. Dr. Dupre különböző fizikai, kémiai vizsgálatokat végzett el a robbanást előidéző okokra vonatkozólag, és szakvéleményt adott törvényszéki felhasználásra.

A tudomány képviselőjének és a nyomozati hatóságnak az együttműködése tovább folytatódott, és 1873-ban Dr. Dupre az Egyesült Királyság Belügyminisztériuma Robbanóanyag Ügyosztályának vegyészeti tanácsadója lett, ahol számos hasonló esetben tevékenykedett szakértőként. Szakmai ismereteit, tapasztalatait kriminalisztikai területen is tovább kamatoztatta, nagy segítséget nyújtva a rendőrségnek az ír forradalmárok által az

¹ Yallop, H.J.: Explosion investigation
Published by The Forensic Science Society and Scottish Academic Press, Preface, 1980

1880-as évek elején elkövetett robbantásos és egyéb merényletek idején. 1907-ben bekövetkezett halála után fiai folytatták tanácsadói munkáját, mely 1923-tól rövid ideig egy privát cég keretein belül valósult meg. Ugyan ezen év áprilisától a Hadügyminisztérium Kutatási Ügyosztályának újjászervezett belügyi részlegéhez került a robbanóanyagokkal kapcsolatos szakértői terület, melyet Mr. F. H. Dupre vezetett, és irányította „Őfelsége robbanóanyag felügyelőinek” munkáját, értékes tudományos szolgáltatásokat nyújtva a nyomozó hatóságoknak. A későbbiekben a kormányzat minisztériumainak átszervezése folytán a Királyi Fegyverzeti Kutató és Fejlesztési Intézet önálló egységként fejlődött tovább, a tudomány és a vegyi analitikai mérés technika fejlődésének eredményeit széleskörűen alkalmazó tudósok által művelt szakterület. Ez a rövid története a világ legrégebbi, jelenleg az egyik legjobban felszerelt, leghatékonyabban működő, legnagyobb tekintéllyel bíró törvényszéki robbanóanyag analitikai vizsgáló laboratóriumának, amely az Egyesült Királyság Védelmi Elemző, Kutató Ügynökségének (DERA) szervezeti keretei között működik napjainkban [2]¹. A világ más tájain később létrehozott hasonló jellegű, szintén híres laboratóriumok (pl. az USA-beli FBI, BATF, Izraeli Rendőrség, Bundeskriminalamt, stb.) rendszerükben, alkalmazott mérési módszereiben és eszközeiben az Egyesült Királyság fent említett intézményét tekintették példaként.

Az egyes országok nyomozóhatóságai rendkívül nagy igényt támasztottak a robbanóanyagok kémiai szerkezetének azonosítására képes vegyi laboratóriumok felé, mivel a robbanóanyagok gyártását, ipari felhasználását kísérő gyakori robbanásos balesetek mellett egyre sűrűbben fordultak elő az úgynevezett bűnös célú felhasználásból eredő robbantásos bűncselekmények, merényletek. Ennek tömeges elterjedése a világ számos régiójában a XX. század második felében, a 60-as 70-es években következett be a különböző terrorista csoportok aktív tevékenységei által. Természetesen robbantásos merényletekről, illetve ezekre irányuló kísérletekről a régebbi korok történelme is tanúskodik. D. Horber amerikai szerző kutatásai szerint Mária skót királynő eltervezte férje, Lord Darnley robbanóanyaggal történő meggyilkolását, amiért halálra ítélték és a Towerben kivégezték.

Több tanulmány és szakkikk szerint azonban az első robbantásos merénylet kísérlet 1605. november 5-én Londonban a Parlament épületében történt. Guy Fawkes és társai a

¹ The Forensic Explosives Laboratory
Crown Copyright DERA, 1995 Fort Halstead Sevenoaks, Kent TN14 7BP

pincében elhelyezett nagy mennyiségű puska robbantásával kísérelték meg megölni I. Jakab királyt, ami meghiúsult. A gyilkossági kísérlet oka a kormány vallási politikájával való egyet nem értés volt, amiért sokan tartják az első terrorista csoportnak Guy Fawkest és társait, akik robbantással próbáltak érvényt szerezni nézeteiknek.

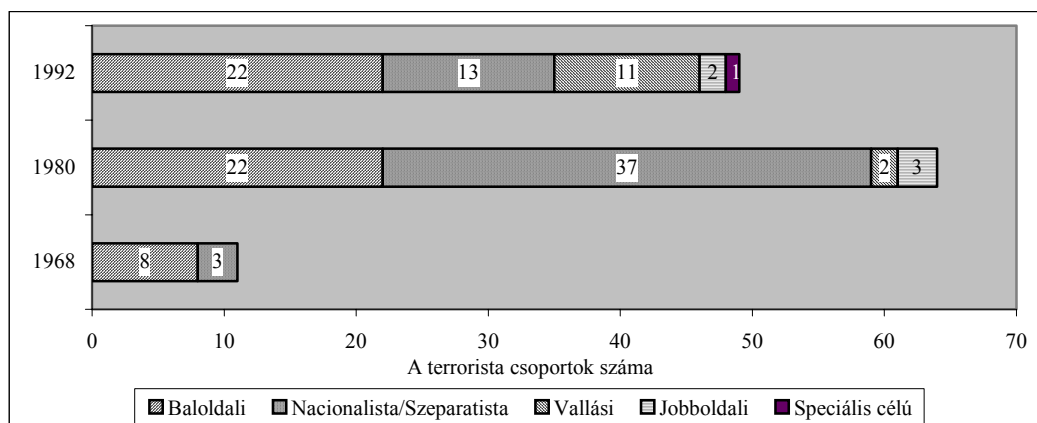
Az Ír Republikánus Testvériség tagjai már 1881-ben követték el robbantásos merényletet Manchesterben, ami az IRA későbbi tevékenységének történelmi gyökereként tekinthető.

Érdemes megemlíteni Hitler likvidálására irányuló két esetet 1939-ben és 1944-ben, amelyeknek több halálos áldozata is volt, Hitler azonban túlélte a merényletet.

Magyarországi vonatkozásban, széles körben ismeretes Matuska Szilveszter tevékenysége, aki 1931-ben felrobbantotta a biatorbágyi hídon áthaladó vonatot.

Már közvetlenül a II. Világháború utáni években a világ számos pontján kialakult gyarmati, függetlenségi, egyéb harcok és konfliktusok, a robbantásos merényletek sorozatát indították el különböző célpontok ellen. 1946-ban a Közel-Keleten több mint egy évszázada tartó palesztin-zsidó ellentét talaján fejlődött cionista mozgalom aktivistái Jeruzsálemben felrobbantották a King David szállodát.

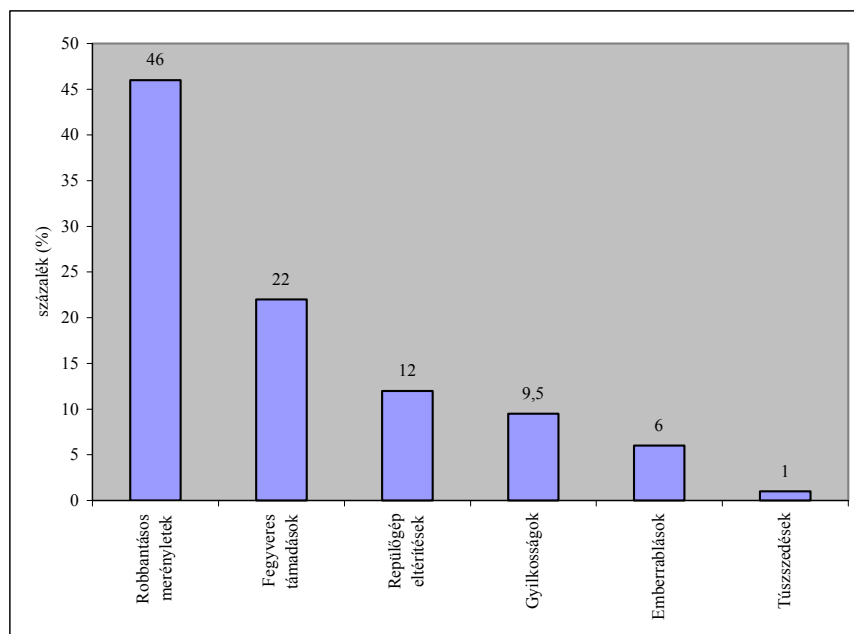
A robbantásos merényletekkel, illetőleg azok elkövetőinek, az alkalmazott eszközöknek, módszereknek bármilyen aspektusbeli tudományos vizsgálata, elemzése során szinte elkerülhetetlen, hogy a terrorizmus, mint jelenség, a terroristaként számon tartott csoportok tevékenységével kapcsolatos néhány gondolat, tényszerű megállapítás el ne hangozzék. A terrorizmus fogalmának meghatározására tett kísérlet, eredetének, ideológiájának, lélektanának elemzése az értekezés kereteit meghaladja, azonban néhány statisztikai adat felvillantásával rámutatok a világ robbantásos eseményeinek végrehajtásában játszott szerepére.



1. ábra
Az egyes terrorista csoportok számának megoszlása jellegük szerint

Számos szakíró szerint a modern terrorizmus kialakulásának kezdete a II. Világháborút lezáró békekötések utáni időszakra tehető [3]¹. Létrejöttének meghatározó okai a közel-keleti konfliktusokban, a bal és jobboldali ideológiai csatározásokban, az etnikai, nacionalista, vallási alapon kialakult válsághelyzetekben keresendők. Ez tükröződik a világ különböző jellegű terror-szervezeteinek számarányait bemutató diagramból a modern terrorizmus korának három kiemelt évére vonatkozóan (1. ábra)².

A robbanóanyag gyártás, az elektrotechnika fejlődésének eredményeit sajnos az egyes terrorista csoportok műszakilag képzett tagjai is felhasználták, ami azután azt eredményezte, hogy a robbantásos merényletek céljaik megvalósításainak elsődleges eszközei lettek (2., 3. ábra)³.



2. ábra

Terrorista csoportok tevékenységeinek megoszlása a bűncselekmény típusa szerint (1968-1993)

Ezen cselekmények célpontjainak kiválasztásánál igyekeznek az adott helyzetben követelésük elérésében leginkább közbenjárni tudó területeket befolyásolni (4. ábra)⁴.

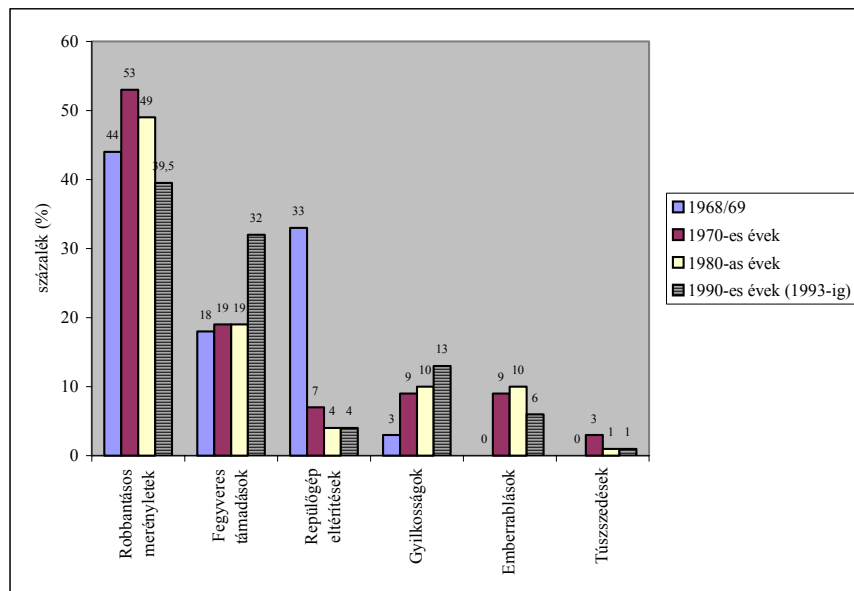
Semmi kétség a felől, hogy a terrorizmus jelenkori életünk egyik legaggasztóbb jelenségévé vált, és amellyel immár a XXI. század legelején a továbbiakban is szembe kell néznünk. Számos nemzetközi feszültség-góc okozója, ezek békés úton való rendezésének

¹ Bedő Csaba: Nemzetközi terrorizmus: honnan, hová tart a világ?

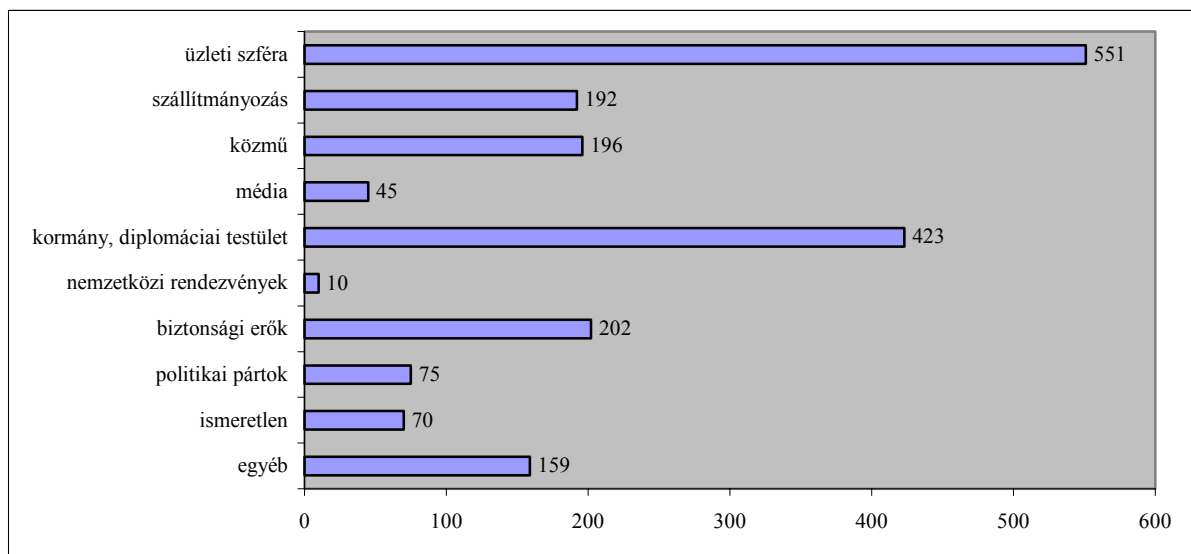
Belügyi Szemle 1995/11

^{2, 3, 4} Forrás: The RAND Chronology of International Terrorism

akadály, országok rendezett diplomáciai kapcsolatainak gátja, és nem utolsó sorban ártatlan emberi életek kioltója. Nyilvánvalóvá vált, hogy csak nemzeti törvényekkel, intézkedésekkel a terrorizmus elleni harc nem elég hatékony. Visszaszorítására nemzetközi összefogásra van szükség, csak így lehet kezelni ezt a globális biztonságot fenyegető problémát.



3.ábra
Terrorista csoportok tevékenységeinek megoszlása a bűncselekmény típusa szerint évtizedenkénti bontásban



4.ábra
A bűncselekmények célpontjai és az ellenük irányult támadások száma

A múlt század közepe óta napjainkig számos intézkedés, nemzetközi egyezmény született a terrorizmus elleni küzdelem hatékonyabbá tétele érdekében, először a Népszövetség, majd 1945 után az ENSZ égisze alatt működő szervezetek munkája, valamint az európai államok regionális együttműködése eredményeként. Az értekezés témájához leginkább kapcsolódóak közül érdemes néhányat külön is megemlíteni.

1973-ban az Európa Tanács Büntetőjogi Kérdésekkel Foglalkozó Európai Bizottsága határozati tervezetet dolgozott ki a nemzetközi terrorizmus ellen, a büntetőjogi intézkedések irányelveinek megfogalmazására, amelyet az Európa Tanács tagállamai 1977-ben elfogadtak. 1977 januárjában a tagállamok Strasbourgban aláírták az „Európai Egyezmény a terrorizmus visszaszorítására” konvenciót.

Az ENSZ egyik szakosított szervezete, a Nemzetközi Polgári Repülésügyi Szervezet (ICAO, International Civil Aviation Organization) védnöksége alatt 1991-ben, Montrealban tartott Nemzetközi Légi Törvény Konferencia (Conference on Air Law) egyezményt fogadott el a plasztikus robbanóanyagok detektálását megkönnyítő jelölésről (Convention on the Marking of Plastic Explosives). Ennek alapján a konferencia felhívja a robbanóanyagok gyártásközi, egyéni jelölésére azon államok figyelmét, ahol plasztikus robbanóanyagok gyártása folyik. Sürgeti a nemzetközi közösségeket, hogy nyújtsanak anyagi, technikai segítséget az egyezményhez csatlakozó országoknak, a speciális jelölő anyagok kifejlesztéséhez és alkalmazásához kapcsolódó kísérleteikhez.

1996. július 30-án a világ hét legfejlettebb állama és Oroszország magas rangú tisztviselői Párizsban a terrorizmus elleni harcot szolgáló 25 intézkedést előírányzó záróközleményt fogadtak el. Ennek egyik pontja többek közt kimondja, hogy: „Fel kell gyorsítani a kutatásokat, és fejleszteni kell a felderítési módszereket a robbanóanyagok és más olyan veszélyes anyagok terén, amelyek halált vagy sebesüléseket okozhatnak, konzultációkat kell kezdeni a robbanóanyagok megjelölését lehetővé tevő szabványok fejlesztéséről, hogy eredetük azonosítható legyen a robbantásokat követő nyomozás során, és ha szükséges, elő kell mozdítani az együttműködést.”

1997 decemberében fogadták el az ENSZ tagországai azt a nemzetközi egyezményt, amelyet egész konkrétan a terrorista bombatámadások, robbantásos merényletek visszaszorítása érdekében alkottak meg. A 2. Cikkely 1. bekezdése szerint: „Az Egyezmény értelmében bűncselekményt követ el, minden olyan személy, aki törvénytelenül és szándékosan kézbesít, helyez el, indít útnak vagy robbant fel robbanékony vagy halálos eszközt nyilvános használatú hely, állami vagy kormányservi

létesítmény, tömegközlekedési eszköz vagy infrastrukturális létesítmény területén, illetve azok ellen,..."

A 15. Cikkely kimondja: „ A tagállamok együttműködnek a 2. Cikkelyben részletezett bűncselekmények megelőzésében, főként...

(c.) lehetőség szerint részt vesznek halált vagy testi sérülést okozó robbanóanyagok és más ártalmas szerek kiszűrésének lehetőségeit vizsgáló kutatásban és fejlesztésben, egyeztetnek a robbanószerkezetek jelölésére használt szabványok kialakításában a célból, hogy robbantásos merényletet követően azonosíthatóak a robbanóanyag eredetét, információt cserélnek a megelőzés, együttműködés, technológia, berendezések és ide kapcsolódó anyagok átvétele terén.”

Ezen konvenciókban megfogalmazott gondolatokból is kitűnik, amit a korábban bemutatott statisztikai adatok is igazolnak, hogy a terrorizmus elleni nemzetközi küzdelemben fontos szerep kell, hogy jusson a robbantásos merényletek, mint bűncselekmények felderítése, megelőzése érdekében tett erőfeszítéseknek.

A közelmúlt bűnügyi krónikáinak tanúsága szerint azonban semmi kétség a felől, hogy a régebben tipikusan terrorista szervezetek tevékenységéhez kötött robbantásos merényleteket más körbe tartozó bűnöző csoportok is egyre gyakrabban alkalmazzák céljaik eléréséhez. Ezzel hozható összefüggésbe az EU tagállamainak, La Gomera-ban 1995-ben közzétett nyilatkozata, mely nemzetközi fórumon dokumentált keretek között, elsőként jelentette ki, hogy a nemzetközi terrorizmus és a nemzetközi szervezett bűnözés bűnelkövetési módszereiben, strukturális elemeiben hasonlóságok fedezhetők fel. Hiba volna azonban a két jelenséget együtt kezelni csupán azért, mert az elkövetési eszközök, módszerek, valamint a félelemkeltés szándéka (ami a terrorizmus egyik alapvető jellemzője) bizonyos esetekben megegyezik. A szervezett bűnözés elsődleges célja a nyereszkerés, a haszonszerzés, amelynek érdekében nem válogat a legkegyetlenebb eszközökben sem. A terrorizmus ennél jóval nehezebben megfogható jelenség, de az tény, hogy a terrorista csoportok tevékenysége mögött mindig meghúzódik valamilyen politikai, ideológiai, etnikai motívum, ami a jelenség legfontosabb jellemzője. Amiben vitathatatlanul közösek: egyaránt veszélyesek a társadalomra, a demokratikus értékekre, ezért globális biztonságot fenyegető tényezőként kell velük számolni [4]¹.

Ez a gondolat is megfogalmazódik az 1991 novemberében Rómában elfogadott NATO stratégiai koncepciójában, mely elemzi az 1989 óta Közép- és Kelet-Európában

¹ Bedő Csaba: A terrorizmus ellen Magyarországon és az Európai Unióban
Belügyi Szemle, 1999/2

lezajlott politikai és társadalmi változásokat és új biztonsági kihívásokról, és kockázatokról tesz említést. E szerint a Közép- és Kelet-Európában, illetve közvetlen határain túl kialakult gazdasági, társadalmi, politikai nehézségekről, etnikai-nemzetiségi ellentétekről, területi vitákból adódó instabilitás okozta új veszélyek és kockázatok mellett, fokozott figyelmet kell fordítani az Euro-atlanti térség biztonságát mindenképpen fenyegető terrorista és szabotázs akciókra is [5]¹.

Az 1991-ben, Rómában elfogadott NATO dokumentumban foglalt értékelés után a világ biztonságpolitikával foglalkozó szakemberei –különösen az Egyesült Államokban-tovább folytatták értékelő-elemző kutató munkájukat, a korunkat érintő új veszélyek feltárására. Ennek folyományaként 1995-ben született meg az Amerikai Egyesült Államok új nemzetbiztonsági stratégiája és az új nemzeti katonai stratégiája. Ez utóbbi kimondja, hogy a nemzetközi kábítószerek kereskedelem, a terrorizmus az ország globális érdekeit érintő veszélyforrásnak tekintendők, a tömegpusztító fegyverek elterjedése, valamint a világ egyes részein kialakult regionális instabilitás mellett [6]².

Ez tükröződik a NATO fennállásának 50. évfordulójára kiadott folyóiratban K. Naumann tábornok tollából, mikor is a NATO fegyveres erői számára megoldandó feladatokat jelentő XXI. századbeli kockázatokat elemezte. A tanulmányban felsorolt kockázatok egyike a nemzetközi bűnözés és terrorizmus, amely nemzetközi határokat figyelmen kívül hagyva képes, a tudomány és technika vívmányait is alkalmazó speciális eszközeivel egyes országok stabilitására hatást gyakorolni.

A robbantásos bűncselekmények hazai viszonyait tekintve a rendszerváltás utáni időszakot érdemes figyelembe venni, mivel azt megelőzően ezek száma elenyésző volt. Ezen belül is az 1994-2000-es intervallum a különösen érdekes, mikor is ezen sajnálatos események zöme zajlott. A magyar társadalom értetlenül és megdöbbenve fogadta ezeket az erőszakos cselekményeket, amelyek az adott időszak ugrásszerűen megnövekedett bűnözési hullámának, ezen belül a szervezett jellegű bűnözés, a szervezett bűnözés, valamint a nemzetközi szervezett bűnözés megjelenésével hozható elsősorban összefüggésbe. Az 1991-ben, az Oroszországból kivándorló zsidók busza ellen, a Ferihegyre vezető úton elkövetett bombamerénylet azonban a terrorizmus egyértelmű megnyilvánulása. Az ehhez hasonló vagy egyéb konfliktusok erőszakos rendezése

¹ NATO kézikönyv
Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, NATO Információs és Sajtóiroda, 1999

² Kőszegvári Tibor: A nemzeti biztonságot fenyegető új kihívások és kockázatok
ZMNE jegyzet, 1998

határainkon belül, a szakírókat mindenképpen arra a megállapításra készíti, hogy Magyarország terrorfenyegetettsége fennáll [7]¹, [8]². Ezzel összhangban a Magyar Köztársaság Biztonság- és Védelempolitikájának Alapelvei –melyet az Országgyűlés 1998. december 28-án fogadott el- az ország biztonságát érintő kockázatként emlegeti a terrorizmust, a szervezett bűnözést. A Magyar Köztársaság Katonai Stratégiája című tervezetben ez szintén megfogalmazódik.

Mind a terrorizmus és a szervezett bűnözés visszaszorításáról kötött nemzetközi egyezmények, mind a különböző biztonságpolitikai dokumentumok, arra kell, hogy inspirálják a törvényhozó testületeket, hogy nemzeti szinten (így Magyarországon is) minél hatékonyabb rendszerek alakuljanak ki az említett két, társadalomra igen veszélyes jelenség felszámolására. Ennek nyilvánvaló részét képezi a terrorista csoportok, bűnöző csoportok tevékenységét gyakran kísérő robbantásos bűncselekmények felderítése, illetőleg megelőzése.

A robbantásos bűncselekmények felderítésében, a nyomozati munka első lépése az esemény rekonstruálása, amelynek lényeges eleme a robbanószerkezet felépítésének meghatározása, a felhasznált robbanóanyag azonosítása. Az ilyen jellegű cselekmények megelőzésében többek között nagy szerepe van a már korábban bekövetkezett esemény rekonstruálásából származó információknak, melyeket a nyomozati szervek felhasználnak elemző-értékelő munkájukban.

¹ Szövényi György: A terrorizmus jellegzetességei az ezredfordulón
Európai Tükör 1999. június

² Jónás Endre: Terrorizmus, Magyarország
Belügyi Szemle, 1999/12

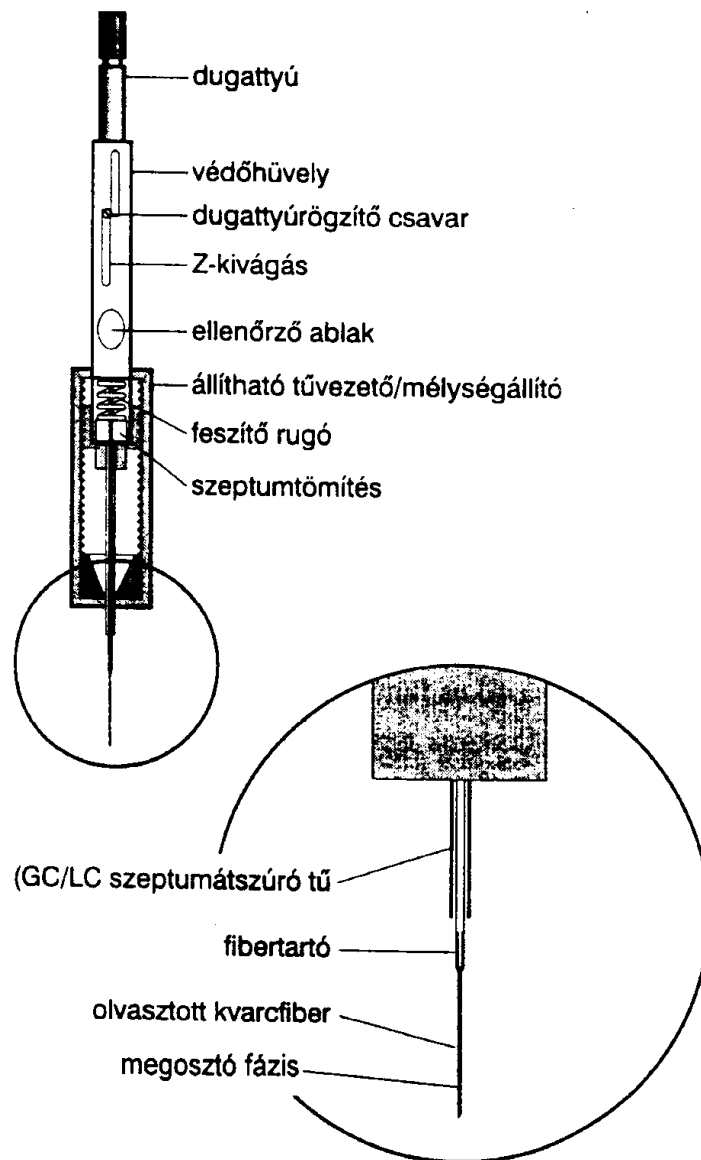
A mellékletben felhasznált irodalom:

- [1.] **Yallop, H.J.:** Explosion investigation
Published by The Forensic Science Society and Scottish Academic Press, Preface, 1980
- [2] The Forensic Explosives Laboratory
Crown Copyright DERA, 1995
Fort Halstead Sevenoaks, Kent TN14 7BP
- [3] **Bedő Csaba:** Nemzetközi terrorizmus: honnan, hová tart a világ?
Belügyi Szemle 1995/11
- [4] **Bedő Csaba:** A terrorizmus ellen Magyarországon és az Európai Unióban
Belügyi Szemle, 1999/2
- [5] NATO kézikönyv
Stratégiai és Védelmi Kutatóintézet, NATO Információs és Sajtóiroda, 1999
- [6] **Kőszegvári Tibor:** A nemzeti biztonságot fenyegető új kihívások és kockázatok
ZMNE jegyzet, 1998
- [7] **Szövényi György:** A terrorizmus jellegzetességei az ezredfordulón
Európai Tükör 1999. június
- [8] **Jónás Endre:** Terrorizmus, Magyarország
Belügyi Szemle, 1999/12

2. SZÁMÚ MELLÉKLET

Az SPME működési elve

A szilárdfázisú mikroextrakció kifejlesztését, J. Pawliszyn végezte [1]¹, és találmányként a SUPELCO cég szabadalmaztatta [2]², majd az eszközt kereskedelmi forgalomba hozta. Az eszköz felépítését a következő ábra szemlélteti:



SPME berendezés

¹ Arthur, C.; Pawliszyn, J.: Solid Phase Microextraction with Thermal Desorption Using Fused Silica Optical Fiber

Anal. Chem. 62, 2145-2150, 1990

² A unique sample preparation technique, SPME (US Patent 5,691,206)

A módszer lényege az, hogy nagy felületű adszorbenst alakítanak ki üvegszárra felvitt, vagy hozzá kémiaiilag kötött polimer segítségével (fiber). A polimer lehet apoláris (pl. poli-(dimetil-sziloxán), vagy poláris (pl. poli-metakrilát). A fibert meghatározott időtartamra a minta zárt gőzterébe, vagy a mérendő anyagot tartalmazó vizes oldatba behelyezik. Ekkor a felvitt adszorbensen, mint megkötő fázison dúsulnak a meghatározandó komponensek. Az extrakció után a fibert a gázkromatográf injektorába helyezve, az extrahált anyagok termikusan deszorbeálhatók.

A berendezés és alkalmazása rendkívül gyorsan elterjedt, az egyszerűség és a hatékonyság miatt. Előnye az egyéb extrakciós módszerekkel szemben az, hogy időigénye kicsi, adott esetben nem igényel oldószert (gőztér analízis), kis mennyiségű minták esetében is hatékony. Sikeres mintaelőkészítési módszerként vált be a környezet-, élelmiszer-analitikában, a gyógyszeriparban és a toxikológiában. Az igazságügyi vegyészszakértői gyakorlatban elsősorban kábítószer nyomok testnedvekből való kimutatása során, valamint tüzesetek kivizsgálása kapcsán gyúlékony anyagok meghatározásakor alkalmazták.

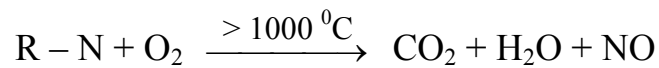
A mellékletben felhasznált irodalom:

- [1] **Arthur, C.; Pawliszyn, J.:** Solid Phase Microextraction with Thermal Desorption Using Fused Silica Optical Fiber
Anal. Chem. **62**, 2145-2150, 1990
- [2] A unique sample preparation technique, SPME (US Patent 5,691,206)

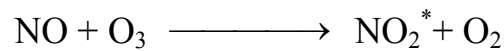
3. SZÁMÚ MELLÉKLET

A CLND (Chemiluminescent Nitrogen Specific Detector) készülék működési elve

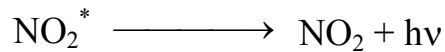
A gázkromatográfiás elválasztás után a nitrogén tartalmú vegyületek (robbanóanyagok) egy pirolizátor kamrába kerülnek, ahol a kémiaiilag kötött nitrogén nitrogén-oxiddá alakul:



A gázok szárítás után egy reakciókamrába kerülnek, ahol az NO ózon hatására oxidálódik és gerjesztett állapotba kerül:



A gerjesztett nitrogén-dioxid kvantumemisszióval kerül alapállapotba és a kibocsátott fényt fotomultiplier érzékeli.



A fotomultiplierből kijövő jeleket erősíti a készülék és elektronikus feldolgozás után végső kimenet kromatogramként jelennek meg.