

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR



**A V-1 és V-2 megtorlófegyverek és ezek hatásai a későbbi
hadiipari fejlesztésekre**

Deák Tamás honvéd tisztjelölt

Konzulens: Dr. Szilvássy László alezredes

TARTALOM

BEVEZETÉS	3
1. VERGELTUNGSWAFFE-1	5
1.1 A „szárnyas bomba” rövid története	5
1.2 V-1 elleni védekezés	7
1.3 A Fieseler Fi-103 felépítése	9
1.3.1 Irányítási rendszere	10
1.3.2 Megsemmisülése	11
1.3.3 Lükettő sugárhajtómű (Argus As 109-114)	12
1.4 Reichenberg, a „német kamikaze”	15
1.5 Későbbi fejlesztések	16
1.5.1 Egyesült Államok	16
1.5.1.1 Az amerikai V-1, a JB-2	16
1.5.1.2 A háborútól napjainkig	18
1.5.2 Szovjetunió	22
1.5.2.1 A „H” program	22
1.5.2.2 Földi indítású cirkáló rakéták	25
1.5.3 Franciaország	27
2. VERGELTUNGSWAFFE-2	29
2.1 A kettesszámú megtorlófegyver története	29
2.1.1 Az „A” projekt	30
2.1.2 A '40-es évek	31
2.2 A V-2 felépítése	33
2.2.1 Robbanó fej működése	35
2.2.2 A hajtómű rendszer	36
2.2.3 Rakéta irányítási rendszer	37

2.2.4 A V-2 indítási műveletei	38
2.2.5 A V-2 statisztikai adatai	41
2.3 Későbbi fejlesztések	41
2.3.1 Egyesült Királyság	41
2.3.2 Egyesült Államok.....	42
2.3.2.1 A Hermes projekt és a többlépcsős rakéták megjelenése.....	43
2.3.2.2 Aerobee fejlesztések	50
2.3.2.3 Nike projekt és a hozzá kapcsolódó fejlesztések.....	53
2.3.2.4 Modern rakétatechnika	57
2.3.3 Szovjetunió.....	59
ÖSSZEGZÉS.....	65
IRODALOMJEGYZÉK, HIVATKOZÁSOK.....	67
FÜGGELÉKEK.....	Error! Bookmark not defined.

BEVEZETÉS

A második világháború mindenidők egyik legkegyetlenebb konfliktusa volt, ahol emberek milliói veszítették életüket. Az előretörő náci Németország világmeghódításra való törekvései, eszmerendszere rettegésben tartotta a világot. A kezdetekben a Wehrmacht¹ valóban megállíthatatlannak tűnt. Korszerű fegyverek, mind földön mind levegőben, jó harcászati érzék, minden mellettük szólt. Azonban ezek a technikai eszközök semmit sem érnek megfelelő képzettségű és létszámú csapatok nélkül. 1941. június 22-én kezdődött a Barbarossa-terv, ami a Szovjetunió eltörlését tűzte ki célul. A több fronton való küzdelem, valamint a Kelet-Európai síkság hatalmas, mocsaras területén való lassú haladás meggyengítette a németeket, valamint időt adott a szovjetek felkészülésére az ellencsapáshoz. A háború menetében az 1942-es év volt a fordulópont. Ettől az évtől kezdve a németek folyamatos vereségeket szenvedtek és csak a hátrálás maradt nekik, vissza egészen Berlinig. A mentális erő, elszántság azonban megmaradt, a megadás kevés esetben következett be, egészen 1945-ig reménykedtek egy esetleges feltámadásban. Bízta tudósaikban, hogy sikerül olyan fegyvert kifejleszteniük, ami segít elkerülni a bukást. A német tudósok mindig is nagy tiszteletnek örvendtek, gondoljunk csak Daniel Gabriel Fahrenheitre², Carl Friedrich Gaussra³, Heinrich Hertzre⁴, Max Planckra⁵, Heinrich Lenzre⁶ vagy Albert Einsteinre⁷. Ez esetben is próbáltak maradandót alkotni, megelőzve a többi nagyhatalmat, és sikerrel jártak. Mindenkinek ismerősen hangzik, ha látja, olvassa vagy hallja valahol, hogy V-1⁸ („Fau-1”) vagy V-2 („Fau-2”) német titkos fegyver. A népnyelv tudja, hogy kegyetlen és embertelen eszközökről van szó, de pontosan azt, hogy mit takar ez a két jelzés, csak nagyon kevesen. Mindkettő egy pilóta nélküli repülő szerkezet volt, a V-1 egy légitorpedó, a V-2 pedig a világ első ballisztikus rakétája. Ezért is választottam ezt a témát, hogy betekintést nyerjek és engedjek ezeknek a fegyvereknek a világába, amelyek egy nagyon nagy előrelépést jelentettek a haditechnikában. A rakétafejlesztések (cirkáló és ballisztikus rakéták), valamint az

¹ A Harmadik Birodalom fegyveres erejének megnevezése (1935–1945)

² Német fizikus, az első összehasonlítható hőmérők, a Fahrenheit skála megalkotója.

³ Német matematikus, természettudós, csillagász. A „matematika fejedelme” elnevezéssel illették, ugyanis nagyban hozzájárult annak fejlődéséhez (számelmélet, analízis, differenciálgeometria).

⁴ Német fizikus, az elektromágneses hullámok felfedezője. Ma a frekvencia mértékegysége az ő nevét viseli (Hz).

⁵ Nobel-díjas német fizikus, a kvantummechanika megalapítója. Einstein mellett ő rakta le a modern fizika alapjait. A Planck-állandó viseli a nevét.

⁶ Elektromágneses jelenségekkel foglalkozó német fizikus, aki először mondta ki, hogy az indukált áram iránya mindig olyan, hogy mágneses hatásával akadályozza az indukáló folyamatot (Lenz törvénye).

⁷ Nobel-díjas német fizikus, ő tette le a modern fizikai alapjait, a relativitáselmélet megalkotója.

⁸ A német Vergeltungswaffe (magyarul: megtorlófegyver) szó kezdőbetűje.

UAV⁹-k rohamos fejlődése is ezekhez a német technikákhoz vezethetőek vissza. A hidegháborúban kialakult fegyverkezési és űrmeghódítási versenyfutás az Egyesült Államok és a Szovjetunió között is a V-2-vel kezdődött, a rakétával, ami először jutott ki az űrbe. Aktualitása a témának, hogy a működőképes, aktív státuszban lévő interkontinentális ballisztikus rakéták, nukleáris fejjel rendelkező cirkáló rakéták, pilóta nélküli repülő eszközök, illetve a Földet elhagyó űreszközök világát éljük. Éppen ezért fontosnak tartottam a visszatekintést az úttörő technikákra, melyek nélkül ez az egész elérhetetlen lenne.

⁹ UAV: Unmanned Aerial Vehicle (pilóta nélküli repülőeszköz)

VERGELTUNGSWAFFE¹⁰-1

1.1 A „szárnyas bomba” rövid története

A sugárhajtómű fejlesztések a háború alatt felgyorsultak, egyfajta versenyt létrehozva az országok között. A lüktető sugárhajtóművet is ebben az időben hozták létre, és bár maga a hajtómű nem számított fegyvernek, egy német tudós, névlegesen Schmidt professzor felvetette az ötletet, hogy akár robbanótöltetek célba juttatására is alkalmazhatnák. 1938-ban a Reichsluftministerium (Légügyi Minisztérium) átgondolta a felvetést, majd hosszabb megfigyelések, fontolgatások valamint a háború során egyre növekvő német veszteségek hatására végül 1942-ben megadták az engedélyt egy 250–300 km-es hatótávolságú viszonylag olcsó „repülő bombának” – légi torpedónak – a fejlesztésére.

Hogy a terveket elrejtse az esetleges szövetséges erők kémeitől, az eszközt Flak Ziel Gerät 76-nak nevezték el, amely egy „szimpla” légvédelmi eszközre utalt. Ezen tervek megszerzésére, mivel nem volt szokatlan az ilyen eszköz a világháborúban, nem áldoztak a szövetségesek kémei akkora energiát [1].

A fegyver tervezése Robert Lusser, Fritz Gossiau és Paul Schmidt német mérnökök nevéhez köthető. A hajtómű az egyszerű, szivar alakú, rövid, zömök, a közepén elhelyezett szárnyakkal ellátott repülőgéptörzs tetejére volt ráerősítve. A sugárhajtómű működését a későbbiekben részletezem [2].

A rakéta fejlesztése Peenemündében¹¹ történt, ahol a V-2 es rakétát is tesztelték. Az első „próbareptetéseket” 1942 karácsony estéjén végezték és ezeket a teszteket, különböző fejlesztésekkel egészen 1943 tavaszáig folytatták, amikor is május 26-án náci vezetők döntöttek a tömeggyártásáról. A Fieseler Fi-103 nevet kapta, de a köznyelvben V-1, azaz Vergeltungswaffe néven terjedt el. A jóváhagyás után Peenemündében felgyorsult a munka, műveleti egységeket vezényeltek oda a kilövőhelyek és katapultok telepítésére. A fegyver besorolása igen nehéznek bizonyult. Nem volt nevezhető rakétának, mivel a repüléséhez szükséges tolóerőt nem a környezetétől függetlenül állította elő. Repülőgép sem, mert nem ült benne pilóta (a kezdeti fejlesztésekben). A legpontosabb leírása: szárnyas, pilóta nélküli, üzemanyag-meghajtású repülő bomba [2][4].

Kezdetben, levegő-föld rakétaként alkalmazták, a német repülőgépekre telepítve, de később előnyösebbnek látták, ha föld-föld rakétaként hasznosítják, mivel így nem igényel embert a célba juttatáshoz. A Walter céget bízták meg azzal a feladattal, hogy megtalálja a módját,

¹⁰ Német szó, magyar jelentése: Megtorlófegyver

¹¹ Peenemünde: Egy ÉK németországi település a Balti-tenger egyik szigetén

miként lehet a szerkezetet a levegőbe juttatni, ahol a hajtómű már biztosíthatja az utazósebességet. Rámpákat kezdtek telepíteni, különböző kilövő állványokat, amelyek gőz vagy kémiai folyamatok segítségével a levegőbe tudták juttatni a V-1-est. Ezeket a katapultokat a németek Franciaország északi részén telepítették, mert a fő cél Anglia volt. A szövetségesek többségét harcképtelenné tették ezeknek a katapultoknak, azonban a németek újakat telepítettek, jobban ügyelve azok rejtettségére [15].



1. ábra V-1 a kilövő rámpával¹²



2. ábra V-1 légitorpedó¹³

Az első feljegyzett V-1-es támadás 1944. június 13-ra tehető, amikor is körülbelül 10 szerkezetet lőttek ki Londonra, azon belül is a Towert jelölve ki célpontként. Az igen intenzív bombázások azonban két napra rá kezdődtek. A hajtómű hangja miatt, az angliai lakosság „Buzz Bomb” névvel illette, ami nem mást jelent, mint „zümmögő bomba”. Ha ezt a hangot észlelték, már tudatosult bennük, hogy egy V-1 es van a közelben. Nagyobb volt a félelem, amikor ez a hang hirtelen megszűnt, ugyanis az azt jelentette, hogy a hajtómű leállt, tehát a bomba megkezdte a süllyedését és hamarosan valahova be fog csapódni. Ezen tények miatt egyfajta pszichikai fegyverténye is volt, mivel a lakosság kiszolgáltatottnak érezte magát az addig ismeretlen fegyver ellen. A hang félelemkeltő hatását növelte, hogy a V-1-es nagyon pontatlan volt, ezért London területén bárhol földet érhetett, lehetett az stratégiai pont, vagy egy védtelen családi ház.

Kezdetben a szövetségesek nem igen találtak megoldást az új fegyver elhárítására, ugyanis a járőröző vadászgépek között nem volt olyan repülő, amely képes lett volna a légitorpedó megsemmisítésére, annak utazó magasságában 2000–3000 láb (600–900 m) magasan. A légvédelmi ágyúk is tehetetlenek voltak. A könnyű lövegeknek túl nagy volt a cél repülési magassága, a nehéz lövegeknek pedig túl alacsony. Az utóbbinak a cél lekövetésének sebessége is

¹² Forrás: <https://www.flickr.com/photos/megashorts/5577785852/in/photostream/> (2015.12.20.)

¹³ Forrás: https://www.pinterest.com/pin/502432902153772062/?from_navigate=true (2015.12.20.)

problémát okozott. Feltételezhető, hogy pontosan ezért erre a kritikus magasságra állították be a németek a V-1-es szerkezeteket [6][11][12].

1.2 V-1 elleni védekezés

Később azonban a V-1 „vesztét” a megbízható és egyszerű irányítási rendszer okozta. Rájöttek ugyanis, hogy állandó sebességgel és állandó irányba repül, mert a beépített egyszerű vezérlővel lehetetlen volt bonyolultabb manőverek végrehajtása. Ezt kihasználva alkottak különböző megoldásokat:

Egyik módszer, amely nem tűnt haszontalannak, hogy több mint 2000 záróléggömböt (angol: barrage balloon) telepítettek a partok mentén, amelyeket fém kábelekkel rögzítettek a földhöz. Ezek a léghajók egyfajta akadályt képeztek a V-1 es pályáján és ha nem is tudták azt megsemmisíteni, a röppályáját kellő mértékben meg tudták változtatni, így az elkerülte Londont. Ezzel az intézkedéssel párhuzamosan a légvédelmi ágyúk átcsoportosítására is sor került egész délkelet Angliában [5][6][7].



3. ábra „Záróléggömb”¹⁴



4. ábra Hawker Tempest¹⁵

A viszonylag gyors reagálásnak köszönhetően sikerült kifejleszteni olyan repülőgépeket, amelyek képesek voltak védelmi feladatok ellátására. Ilyen volt a limitált példányszámban legyártott Hawker Tempest, majd ezt követte a módosított P-51 Mustang¹⁶ és a Spitfire Mark XIV¹⁷. Éjszakai bevetésekre, védelmi feladatokra a De Havilland Mosquito-t éjszakai vadász változatát használták. A repülőgép szárny-szárny kontaktussal billentette ki a röppályájáról a szárnyas bombát, így irányának megváltozása miatt, jóval a célterület előtt ért földet és semmisült meg.

¹⁴Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Barrage_balloon#/media/File:Barrage_balloon_fsac_1a35100.jpg (2015.12.20.)

¹⁵ Forrás: https://sk.wikipedia.org/wiki/Hawker_Tempest (2015.12.20.)

¹⁶ Az első változat, a P-51A, Allison V-1710-81 motorral üzemelt, ami nagyon gyenge teljesítményt nyújtott. A későbbi változatok (1944-től) a sokkal nagyobb teljesítményű brit Rolls-Royce Merlin motorral lettek felszerelve, ezáltal képessé váltak a V-1-esek elleni védelmi feladatok ellátására.

¹⁷ Az egyfokozatú kompresszoros Griffon motort kétfokozatúra cserélték a Rolls-Royce mérnökei, ezáltal érve el nagy teljesítménynövekedést.

Mialatt a szövetségesek a légi elfogás technikáját tökéletesítették, történtek ígéretes fejlesztések a légvédelmi ágyúk tekintetében is. Kialakították az első hatásos repülőgép-elhárító fegyverrendszert (SCR-584), ahol a radart összekapcsolták a célkövető berendezéssel és a légvédelmi ágyúval. Gyorsabb célok követésére is alkalmasak voltak, valamint a közelségi gyújtó megjelenése a lövedékekben, nagyban hozzájárult, hogy ezek az ágyúk legyenek a V-1-esek legnagyobb ellenségei. Ezekből a légvédelmi ágyúkból közel 800 darabot telepítettek a partok közelébe. 1944. augusztus végére a légitorpedók 70%-át már a partok közelében megsemmisítették, azonban a teljes fenyegetettség csak akkor ért véget, amikor a szövetségesek elfoglalták az összes indítóállomást Franciaországban és a Németalföldön. A kilövőállomások elvesztése után a németek nem földről, hanem levegőből folytatták Britannia bombázását. Ezt a tervüket Heinkel He-111-esekkel vitték végbe, amelyekkel az Északi-tenger felől támadtak és összesen 1176 V-1-est sikerült indítaniuk 1945 januárjáig, amikor is a Luftwaffe felfüggesztette a támadásokat, a nagy bombázó veszteségek miatt [8][9][10].



5. ábra Heinkel He-111¹⁸

1945 januárja után Anglia bombázásával teljesen felhagytak, a Vergeltungswaffe célpontja ezután az Antwerpen¹⁹ és Liège²⁰, a szövetségesek által már felszabadított terület volt. Antwerpen azért, mivel a szövetségesek számára talán az egyik legfontosabb kikötőváros volt. Itt haladt keresztül a lőszer- és utánpótlás ellátásuknak nagy része. 1944. október 27-én kezdődött és 1945. március 28-án ért véget a város terrorizálása. Ez idő alatt 4883 szárnyas bombát lőttek ki a városra, azonban a találati arány igen rossz volt, 211 darab jutott mindössze a város 13 km-es körzetén belülre. A Liège-re indítottak sem mutattak nagyobb hatékonyságot, 97%-ukat sikerült megsemmisíteniük a légvédelmi ütegekkel.

¹⁸ Forrás: <http://www.warbirdalley.com/he111.htm> (2015.12.20.)

¹⁹ Belgium egyik kikötővárosa, amelyen keresztül a második világháborúban a szövetségesek a haderejük hadianyag ellátását biztosították.

²⁰ Belgium egyik nagyvárosa

A pusztításukról szinte minden forrás másképp számol be, rengeteg eltérő adatot közölve, ezért a következő adatok nagy részét csak körülbelüli értékeként tudom meghatározni. A háború alatt mintegy 30 000 db V-1-est gyártottak le, amiből 10 492 db került ténylegesen Londonra indítva és ebből 2419 érte el a várost vagy annak külterületét. További 8000-et lőttek ki egyéb területekre, főleg Antwerpenre és Lüttichre (ma Liége). A bomba mindent egybevetve közel 12 000 halálos áldozatot és körülbelül 18 000 sérültet követelt. A katonai áldozatok száma a civilekéhez képest elenyésző volt, mindösszesen 1200 fő. A legtöbb áldozatot természetesen Londonban, illetve Antwerpenben szedte, de ezen kívül a bukásra ítélt Németország indított rakétákat Európán belül egyéb célokra is. Nem csak emberek, hanem egyéb értékek is áldozatául estek a terrornak, példaként felhozva 23 000 épület vált teljesen lakhatatlanná, vagy semmisült meg. Bár a találati pontosságuk mindössze alig 25% volt, mégis sokkal gazdaságosabbnak bizonyult, mint a Luftwaffe 1940–41-es angliai bombázása. Kimondható, hogy a Fieseler Fi-103 mindent egybevéve, inkább nevezhető terrorfegyvernek, ugyanis a háború végkiemenetelére semmilyen hatást nem gyakorolt [6][11].

1.3 A Fieseler Fi-103 felépítése

Fieseler Fi-103	
Típus	föld-levegő/ föld-föld légitorpedó
Gyári típusjelzés	Fieseler Fi 103
Hossz	8,001 m (26 ft 3 in)
Fesztávolság	5,715 m (18 ft 9 in)
Test átmérő	0,838 m (33 in)
Szárnyfelület	5,1 m ²
Töltött tömeg	2250 kg (4960 lb)
Hajtómű	Argus As 109 v. 114 lüktető sugárhajtómű
Hatótávolság	250–330 km (155–205 miles)
„Utazósebesség”	134–177 m/s (300–396 mph)
Maximális sebesség	640 km/h (400 mph)
Cél alapú megközelítés sebessége	795 km/h (497 mph)
Robbanótöltet tömege, típusa	848,2 kg (1870 lb) ; Amatol

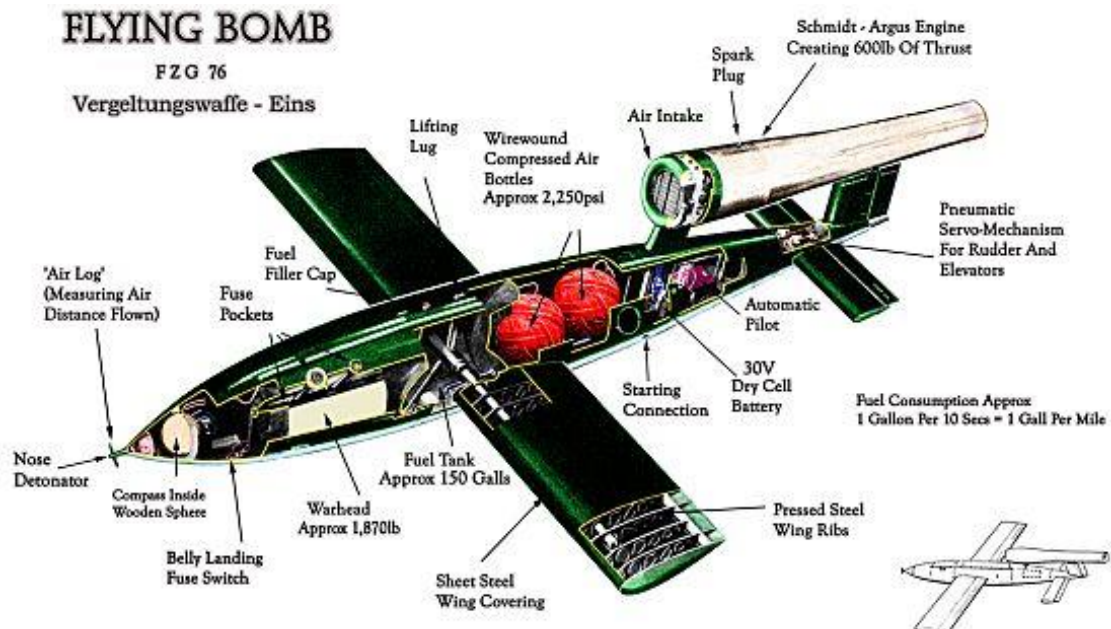
1. táblázat V-1 harcászati-technikai adatai [1][2][4]

Egyetlen V-1-es megépítéséhez 900 munkaóra volt szükséges, amely 37–38 napot jelentett. Következtetni lehet tehát, hogy rengeteg gépet szereltek össze egyszerre, ha olyan nagy számban sikerült őket a célok felé indítani. Az összes óraszámából 550-et az összeszerelők dolgoztak, a maradék időben pedig az egyéb munkákat végezték az eszközön.

A repülőgépváz Lussar által tervezett, teljes egészében hegesztett acéllemezekből tevődött össze. A szárnyak megépítéséhez olykor furnérlemezt is felhasználtak, a későbbi változatok szárnyai pedig fából készültek. A farok részen két rúgózott támasztóállványra erősítették a hajtóművet, alatta a normál vezérsíkokkal.

A bomba belsejének szerkezeti felépítése előlről hátrafelé haladva:

- szélkerék meghajtású fedélzeti mérőszerkezet (számláló), amely a távolságot mérte;
- 3 különböző gyújtóval ellátott harci rész;
- tüzelőanyag tartály (682 liter 75-ös oktánszámú benzin);
- kettő darab, 500 mm átmérőjű, levegő gömbtartály 15,2 MPa nyomással, melyek a tüzelőanyag-rendszer nyomásának és az oldal- és magassági kormányokat vezérlő szervók működéséhez biztosították a levegőt;
- 42 cellás akkumulátor (30 V);
- robotpilóta;
- szervóberendezések [11][14].



6. ábra A V-1 szerkezeti felépítése²¹

1.3.1 Irányítási rendszere

A rakéta célba juttatásához egyszerű irányítási rendszert használtak: giroszkópot a rakéta stabilitásának megőrzéséhez, mágneses iránytűt az irány megtartásához, valamint egy barometrikus magasságmérőt a magasság kontrollálásához. Előkészítésnél a tüzelőanyag illetve sűrített levegő tartályokat feltöltötték, behelyezték az akkumulátort, ami után az egész szerkezetet egy olyan helyre szállították, ahol a Föld mágneses terén kívül semmilyen mágneses erő

²¹ Forrás: <http://greyfalcon.us/restored/The%20V.htm> (2016.01.12.)

nem hatott az eszközre. Ezen a helyen felfüggesztették, ellenőrizték az iránytűt, majd beállították a megfelelő irányt, amely ez esetben London, vagy a későbbiekben főként Antwerpen.

A giromágneses iránytű adott visszacsatolást minden fajta mozgásról, amit a szerkezet a levegőben végzett (pl. a légáramlatok miatti dülöngélés). Mindenfajta eltérést a horizontális síkhoz képest mért, tehát a mozgási szabadságfokok két dolog kölcsönhatásából adódtak: a giroszkóp vezérlése a mágneses tér által, valamint a súlyozott inga által, ami a helyzetmérést végezte. Amennyiben a robotpilóta eltérést érzékelt a beállított irányszög és a haladási irány között, a rendszer sűrített levegőt engedett az oldalkormányokat vezérlő szervomotorokhoz, melyek korrigálták az eltérést.

A barométer, a légnyomás mértékéből határozta meg a lövedék magasságát. A rámpa elhagyása után körülbelül 152 m/min volt az emelkedési sebessége, a beállított érték, utazómagasság pedig durván 900 m köré esett. Ezekből az adatokból könnyedén kiszámolható, hogy ezt a magasságot körülbelül 6 perc alatt sikerült elérnie. Mikor ez megtörtént, a barométer mért értékének hatására a robotpilóta egy parancsjelet dolgozott ki, ami működésbe hozta a magassági kormány vezérlőit, amelyek vízszintes pályára állították a szárnyas bombát.

Ez a rendszer tulajdonképpen a legegyszerűbb robotpilótának felel meg. Az orron egy anemométert helyeztek el, ami valójában egy szélkerékkel működtetett számláló volt (30 fordulat után, számlált vissza 1-et), amelynek az volt a feladata, hogy meghatározza, hogy a szerkezet mikor ér a célterület fölé. Indításkor, figyelembe véve az uralkodó szélirányt és szélerősséget, egy olyan értéket állítottak be a számlálón, amely a célterület fölé érve éri el a nulla értéket. A robbanófej körülbelül 38 mérföld, azaz 60 km után élesedett. Ez volt az oka annak, hogy nem pontos célok megsemmisítésére tervezték, hanem területbombázásra. A nullára pörgetés után egy mágnesestekercs, rácsatlakozva egy kis guillotinera²² aktiválódott, amelynek következtében elvágta a hátsó kormánylap rásegítőjének légtömlőjét. Ekkor egy rugó felszabadult és teljesen lenyomta a kormánylapot, ami a V-1-es süllyedését okozta [1][2][4].

1.3.2 Megsemmisülése

Tervezetten a becsapódásnak erőteljesnek kellett volna lennie, azonban a süllyedés következtében az üzemanyag-áramlás megszűnt, a hajtómű leállt, tehát a becsapódás erejét csak a gravitációs erő szabta meg (ha több üzemanyag maradt, meredekebb volt a zuhanás íve). A későbbiekben ezt módosították, a süllyedés során egy szalag-ernyő stabilizálta a bomba zuhanását, hogy az minél nagyobb szögben csapódjon a célterületre, ezáltal minél nagyobb pusztító hatást elérve.

²² Guillotine: nyaktiló, lefejezőgép, itt: éles pengével ellátott szerkezet

A földet éréskor, vagy egyéb szilárd tárgynak történő ütközéskor történt a robbanófej működésbe lépése, ami három darab gyújtót tartalmazott:

- Elektromos csapódógyújtó (EIAZ 106)

Körülbelül 60–65 km után a mérőműszerek által meghatározott paraméterek hatására, a robotpilóta által kiadott vezérjelre élesedett. Három szimpla áramköri kapcsolóval rendelkezett, amelyek egy adott áramkör zárásával működtették a gyújtót. Egyik a hason volt található a lapos ívben történő becsapódáshoz; a másik az orrban a meredeken történő becsapódáshoz; a harmadik pedig egy tehetetlenségi kapcsoló volt, amely a hirtelen sebességcsökkenés hatására lépett működésbe. Maga a gyújtó a 30 V-os akkumulátorral működött. Előfordult, hogy az akkumulátor vezetéke sérült becsapódáskor, de a németek erre is gondolva egy ellenállás-kondenzátort is feltöltettek az akkumulátorral, ami így elegendő energiát tárolt a gyújtódetonátorok működtetéséhez.

- Időzítető késleltetővel ellátott gyújtó (ZZ 17B)

Ezt a gyújtót a nevéből is kivehetően egy meghatározott időtartamra lehetett beállítani, hogy azután robbantsa a harcirészt fel. Ez az időtartam akár 2 óra is lehetett, persze a kilövéstől számítottan. Ha a bomba egyben ért földet, tehát minden más gyújtó csődöt mondott, akkor az idő lejártá után ez a gyújtó volt, amely beindította a robbanófejet, kifejtve ezzel annak pusztító hatását.

- Mechanikai gyújtó (AZ 80A)

Egyszerű rezgőnyelves megszakító eszköz időzítőszerkezettel ellátva, amely a kilövés után körülbelül 10 perccel élesedett és a becsapódás irányától függetlenül fel tudta robbantani a bombát.

Ez a többszörösen biztosított gyújtórendszer nagyon nagy hatékonysággal bírt, ugyanis az első 2700 becsapódott V-1-esből mindösszesen 4 darab nem robbant fel [2][11][13].

1.3.3 Lükettő sugárhajtómű (Argus As 109-114)

A sugárhajtóművek azon fajtája, ahol az égés szabályos időközönként megszakításokkal történik. A Fieseler prototípusokban, az eredeti Schmidt konstrukciónál még a hajtómű a törzs belsejébe volt beépítve, azonban ezt nem állították „rendszerbe” kis találati pontossága és drága előállítási költsége miatt. A későbbiekben a hajtómű a törzs és a harci rész felett kapott elhelyezést, amelyet már a Német Légügyi Minisztérium is elfogadott.

Az Argus Motoren gyár kezdett a hajtóművek gyártásába, majd később több német gyár is becsatlakozott, mint a Siemens vagy az Askania. Az első hajtóműves repülés 1942. december 10-én zajlott Peenemündében. Nagy sikert aratott, ezért megkezdték ennek az egyszerű elven

működő, de hatásos és olcsó szerkezetnek a tömeggyártását, amelyet bármilyen nyersolajfajta-val képesek voltak működtetni, de főképp 75-ös oktánszámú benzint használtak. A fogyasztása pedig körülbelül 2,84 l/km volt [3].

A hajtóművet több fő részre lehetett felosztani, amelyek előlről hátrafelé haladva a következők:

- bővülő diffúzor, végén a belépőrácscsal, amelyen keresztül a levegő, valamint a rácscs elején található 9 porlasztón át az üzemanyag az égőtérbe kerül;
- égési kamra;
- a cső kúp alakú része;
- hengeres fúvócső.

A hajtómű teljes hossza 3,44 m volt.



7. ábra A V-1 hajtóműve²³

Kisebbr hátrányai közé tartozott, hogy a tolóereje nem volt elegendő a V-1-es felszállásához. Mivel nem volt futóműve, ezért indításnál egy meredek, 45 m hosszú rámpára helyezett indító kocsi-ra tették a szerkezetet, amelynek egy dugattyús gőzkatapult adta meg a kezdő lökést. Az indító kocsi természetesen a rámpa elhagyása után levált ugyanúgy, mint ahogy a dugattyú egyszerűen kirepülve a rámpa csővéből levált az indító kocsi-ról. A gőzt a kilövéshez kalcium-permanganát (Z-Stoff) és hidrogén-peroxid (T-Stoff) heves kémiai reakciója fejlesztette (kezelési utasításban a Z és T Stoff néven szerepeltek az anyagok), amely 200 mph (322 km/h) kezdősebességet hozott létre. Az indítás után a hajtómű 3300 N tolóerőt biztosított, amely mindaddig hatott, amíg a szerkezet a célterület fölé nem ért, vagy ki nem fogyott az üzemanyag. A tévhit ellenében, amely szerint hajtómű csak egy bizonyos sebességet elérve tud megfelelően működni (240 km/h), álló helyben is tökéletesen működött. Mi sem bizonyítja ezt jobban,

²³ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Pulsejet#/media/File:Argus_As14_RAFM.jpg (2016.01.24.)

mint a régi amatőr videó felvételek, melyeken jól látszik, hogy a katapult rendszer működése előtt már látszódnak a hajtóművet elhagyó lángcsóvák[4][13].

Egy másik gond, ami felmerült a repülés során, hogy a kulcsfontosságú csapószelepek, vagy zárólapok élettartama a magas hőmérséklet miatt nem volt több körülbelül 40 percnél. Ez lekorlátozta az indítási távolságot, mert a sebesség változtatására sem volt lehetőség a V-1 repülése közben. Érdekes tény, mivel az üzemanyag fogyásával csökkent a repülési tömeg, ezáltal nőnie kellett volna a sebességnek. Vizsgálatok azonban bizonyítják, hogy a csapószelepek mechanikai elhasználódása jelentősen rontott a hajtómű hatásfokán, ezért nem következett be sebesség növekedés.

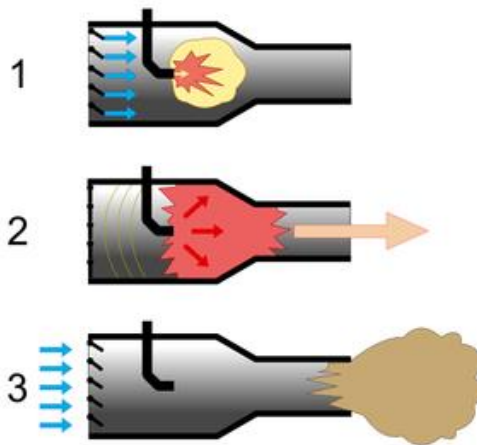
A fúvócsövet úgy alakították ki, hogy a hossz/átmérő arány $8,7/1$ legyen, ezáltal rezonanciát generálva a nyomáslengések és a gerjesztő égés-impulzusok között, amely stabil 42–45 Hz frekvenciájú pulzálást eredményezett. Indításnál a gyújtást egy önműködő gyújtógyertyával oldották meg. Ez a gyújtógyertya csak az indításnál működött, később mindig a robbanás kiáramló égéstermékeinek a vége gyújtotta be az újabb adag elegyet. A szelepcsoport, amelyen keresztül a sűrített levegő, valamint a gyújtóelegy az égőtérbe került, csappantyúkból állt (a sűrített levegő hozta létre a kezdeti légáramlatot). A keverék belobbanása után a szelepek lezártak a keletkező körülbelül 300–400 kPa nyomás hatására, megakadályozva a keletkező gázok visszaáramlását. Miután a belső nyomás a kritikus pont alá csökkent a szelepek újból kinyíltak, ezáltal újra megtöltődött az égéstér és a folyamat kezdődött előlről. Az indításhoz acetilént használtak [13].

A hajtómű egyenletesen működött, nem lehetett szabályozni a benne lejátszódó folyamatokat, így az utaztató sebessége állandó, 305 km/h volt. A repülési magasság is korlátozva volt, ugyanis 2100 m felett a hajtómű működéséhez nem volt elég sűrű a levegő, ezért leállhatott.

Megjegyzés: Ezt a fajta erőforrást a mai technikáknál már nem használják.

A működése tehát röviden:

1. légbeszívás (vagy keverékbeszívás);
2. kismértékű kompresszió;
3. tüzelőanyag befecskendezés;
4. gyújtás;
5. égés;
6. kiáramlás [3][13].



8. ábra A lüktető sugárhajtómű működési vázlat²⁴

1.4 Reichenberg, a „német kamikaze”

Említést kell még tenni, hogy a háború végéhez közeledve, kétségbeesésükben a németek kialakítottak egy pilótakabinnal rendelkező, kézi vezérlésű V-1-est, amely a Fieseler Fi-103 Reichenberg (Fi-103R) típusjelzést kapta.



9. ábra Fieseler Fi-103 Reichenberg²⁵

A kifejlesztéséről különböző álláspontok láttak napvilágot: van, aki szerint öngyilkos pilótajelöltekkel szeretnék volna célba juttatni a bombát és volt, aki szerint csak a pilóták beszámolóí alapján szeretnék volna tökéletesíteni annak repülési tulajdonságait. Később napvilágot láttak olyan feltételezések, miszerint vadászgépként szeretnék volna hadrendbe állítani, mivel olcsó volt a legyártása és egy plusz pilótakabin, ami közvetlen a hajtómű előtt foglal helyet, nem jelent nagy többletkiadást. Az utóbbi feltételezést alátámasztotta, hogy találtak olyan eszközöket, melyekből kiemelték a harci részt és a helyére 30 mm-es gépágyút, vagy nemirányítható 55 mm-es rakétát építettek be. Azonban mint azt korábban említettem, a hajtómű élettartama alig volt több 40 percnél, tehát a rövid támadás után siklórepüléssel kellett visszatérnie a pilótának a támaszpontra, majd ejtőernyővel elhagynia az egyszer használatos „vadászgépet”.

²⁴ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Pulsejet#/media/File:Pulse_Jet_Engine.PNG (2016.01.24.)

²⁵ Forrás: <http://wp.scn.ru/en/ww2/s/1624/2/0> (2016.01.25.)

A felszállást légi vontatással vagy rámpáról oldották meg. A Fi-103R bevetése azonban kudarcba fulladt, ugyanis nehezen irányítható, úgymond pilótaidegen gépekről volt szó, amelyek első tesztjeinél már két berepülőpilóta is életét vesztette [6][11][11].

1.5 Későbbi fejlesztések

A háború alatt és után az Egyesült Államok, a Szovjetunió és Franciaország is zsákmányolt V-1-eseket. Ezeket tanulmányozták és kisebb módosításokat eszközölve rajtuk, saját céljaiknak megfelelően használták fel. Főként a cirkáló rakéták és a célrepülőgépeket imitáló drónok irányába történtek fejlesztések.

1.5.1 Egyesült Államok

1.5.1.1 Az amerikai V-1, a JB-2

Az amerikaiak 1944 júniusában, Anglia területéről szerezték be az első V-1-est (természetesen egy fel nem robbant darabját). Az ennek a mintájára kialakított robotrepülőgép a JB-2 (Doodle Bug) nevet kapta. A JB rövidítés a Jet Bomb, azaz sugárhajtású bombából ered. A Jet Bomb programban (JB-1-től a JB-10-ig) ez a típus volt a legjövődmezőbb, tehát ez a típus lett Amerika első tömeggyártásra szánt „szárnyas bombája”. Szeptember 8-ig már 13 prototípust gyártott le a Republic Aviation Vállalat. Használatát a Japán elleni invázióra szánták (Operation Downfall). Olyan tervezések is előkerültek, melyekben a harcírészben atomtöltet alkalmaztak volna, végül azonban ezt elvetették. A terv elvetéséhez nagyban hozzájárult a Hirosimára és Nagaszakira ledobott két atombomba, melyek után szükségtelennek vélték a JB-2 harci alkalmazását.



10. ábra JB-2 Loon²⁶

²⁶ Forrás: <http://modelingmadness.com/scott/korean/jb2.htm> (2016.01.28.)

A JB-2 főbb technikai adatai	
Tömeg	2300 kg (5023 lb)
Hosszúság	8,26 m (27 ft 1 in)
Test átmérő	0,86 m (34 in)
Robbanó töltet	Nagy hatóerejű robbanóanyag
Töltet tömege	910 kg (2000 lb)
Fesztávolság	5,38 m (17 ft 8 in)
Szárnyfelület	5,64 m ²
Hajtómű; tolóerő	Ford PJ31 lüktető sugárhajtómű; 2,9 kN
Hatótávolság	240 km (150 miles)
Maximális sebesség	190 m/s (425 mph)
Repülési magasság	610–1220 m (2000–4000 ft)

2. táblázat JB-2 harcászati-technikai adatai [16][17]

Az adatok közel azonosak a V-1-es adataihoz, mind a tömeget, mind a szerkezet méreteit tekintve. Nagyobb eltérés a szárnyfelületekben, valamint a hatótávolságban fedezhető fel. A JB-2 nagyobb szárnyfelülettel rendelkezett, amellyel talán a valamivel nagyobb tömeget próbálták ellensúlyozni. Ami még látható különbség volt közöttük, az a hajtóművet tartó elülső pilon, amely a V-1-nél kissé hátranyilazott volt és közel azonos szögben volt döntve az elülső és hátulsó éle is. A JB-2-nél az elülső él teljesen függőleges volt, a hátsó pedig éles szögben csatlakozott a törzshöz.

Az irányítási rendszeren a kezdetekben nem változtattak, tehát teljesen megegyezett a német kialakítással. Változás akkor következett be, amikor az Amerikai Haditengerészetnél 1944 végén megjelent a „Bat” azaz denevér hajó elleni rakéta, amely orr részében már aktív önirányítású rádió rendszert alkalmaztak, rávezetve a rakétát a tengeri célokra. Ez a rendszer sokkal kifinomultabb volt, bár ezzel együtt bonyolultabb is, mint a V-1 irányítási rendszere.

Az első JB-2 kilövésre 1944. október 12-én került sor, a floridai, Eglin Katonai Repülő Bázison. Ezt követően több sikeres indítás következett, mind tesztelés céljából persze. Megkezdődhetett a tömeggyártás. A törzs gyártását a Republic Vállalatra bízták volna, azonban a vállalat nem tudta teljesíteni a kérést, mert a P-47 Thunderbolt amerikai vadászrepülőgép gyártásával volt leterhelve. Végül egy alvállalkozás, a Willis-Overland nyerte meg a gyártás jogát. A hajtóművet a Ford Motor Company-re bízták. Kezdetekben a hajtómű IJ-15-1 néven futott, később átnevezték PJ31-re, ami tulajdonképpen teljesen az Argus-Schmidt sugárhajtómű kopintása volt. Az irányítási- és repülés szabályozó rendszerek gyártásáért a Jack and Heintz Company volt a felelős.

75 000 darab legyártását tervezték először, később azonban ez a szám egyre csökkent, mivel az európai hadszíntér is egyre kisebbé vált. A hadseregpáncsnokok Európában elvetették a fegyver alkalmazását. Amikor a háború véget ért Európában, felvetődött a Csendes-óceáni hadszíntéren való bevetése, ez azonban szintén elmaradt a korábban is említett atombombák

bevetése miatt. A haditengerészetnél használt verziója a KGW-1, amelyet partraszálló-, vagy kísérő hajókról indítottak volna Japán ellen [16].

1.5.1.2 A háborútól napjainkig

A háború után sem álltak le a fejlesztések. Az MX-544 projekt keretein belül két verzió alakult ki, amelyeket az irányítási rendszer alapján különböztettek meg. Az egyik a koraihoz hasonló előre megadott koordináták alapján, egyszerű giroszkópos rendszerrel repült, a másik pedig radarirányítással. Az indítást rámpákról, vagy a későbbiekben repülőgépek szárnyai alól (Boeing B-17G, Boeing B-29 bombázók) végezték. Ez a megoldás nem volt újkeletű, a németek is alkalmazták a háború ideje alatt, a korábban említett Heinkel-111 repülőgépekkel.



11. ábra Boeing B-17²⁷



12. ábra Boeing B-29²⁸

A haditengerészetnél használt KGW-1 típust újból átnevezték és az LTZ-N-2 nevet kapta. Hajók után, tengeralattjárókról való indításokkal kísérleteztek. Az első amelyre telepítették, a USS Cusk (SS-337) volt, ahonnan 1947. február 12-én sikeres kilövést hajtottak végre. Merüléskor a hátsó fedélzeten, vízhatlan konténerekben tárolták az eszközöket.



13. ábra USS Cusk tengeralattjáró²⁹

²⁷ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_B-17_Flying_Fortress (2016.01.28.)

²⁸ Forrás: <http://www.warbirddepot.com/dbimages/242/242-b-1280.jpg> (2016.01.28.)

²⁹ Forrás: <http://www.britmodeller.com/forums/index.php?topic/234984719-uss-cusk-ssg-348-in-1350-scale/> (2016.01.28.)

1948 áprilisában a JB-2-t rakétavezérlő-irányító és kereső rendszerek fejlesztésére, valamint optikai- és távmérő nyomkövető rendszerek tesztelésére használták fel. A cél egy új, légvédelmi vagy légiharc rakéta megalkotása volt. Ironikusan, pont egy olyan fegyver megalkotására törekedtek, amely a V-1 fedőneve volt a program elején, hogy a szövetségesek ne szerezzenek tudomást a titkos fegyverről. A tervezés és a tesztek Hollomanban folytak. Két indító rámpát használtak, amelyből az egyik 120 m, a másik 12 m hosszú volt. A fejlesztések során a hosszabb rámpát egyre inkább hanyagolták, mivel sokkal több helyet foglalt és a megépítése is hosszadalmasabb volt. A program Hollomanban 1949. január 10-én ért véget, miután sikeresen kifejlesztették a rádióvezérlésű rendszert úgy, hogy az mind földről, mind levegőből irányítani tudta a szerkezetet, sőt futóművek híján, a hasán csúszva leszállítani is le tudta a JB-2-est.

1949 végén, az 1950-es évek elején a B-36 „Peacemaker” nevű repülőről indítva végezték sorra a teszteket az eglini repülő bázison és ugyanitt tesztelték a kísérleti infravörös irányzékot is légi célok ellen. A célrepülő, amelyekre a folyamat során csapást mértek, a JB-2-esek voltak. Az ezt követő években, mint fegyvert, már nem fejlesztették, eltávolították a robbanótöltetet és egyszerű pilóta nélküli repülővé alakították, amelyek célként szolgáltak a légvédelmi lövegeknek és a vadászpilótáknak. Később teljesen megszüntették, de nem tűnt el nyomtalanul. A JB-2 fontos szerepet játszott abban, hogy az amerikaiak kifejlesszék a sokkal fejlettebb Martin MGM-1 Matador-t, az első harci föld-föld, cirkáló rakétát [16].

Az MGM-1 Matador főbb technikai adatai	
Tömeg	5400 kg (11 900 lb)
Hosszúság	12,1 m (39 ft 6 in)
Test átmérő	1,4 m (4 ft 6 in)
Fesztávolság	8,7 m (28 ft 7 in)
Hatótávolság	1126 km (700 miles)
Legnagyobb repülési magasság	10 670 m (35 000 ft)
Hajtómű	cirkáló: Allison J33-A-37 (20 kN) gyorsító: Aerojet General szilárd hajtóanyagú rakéta (240 kN) – 2 sec égés
Maximális sebesség	kb. 290 m/s (648 mph)
Töltet	W-5 hasadásos nukleáris töltet (40 kt ³⁰ robbanóerejű)

3. táblázat MGM-1 Matador harcászati-technikai adatai[20][21]

A Matador kialakításra, kinézetre nagyon sok hasonlóságot mutatott a német V-1-eshez, viszont a kornak megfelelően sokkal fejlettebb volt. Színe cink-kromát zöld volt, a farok rész és a szárnyak pedig természetes alumínium. Rádióirányítású volt, tehát lehetővé vált a repülés köz-

³⁰ Összehasonlításképpen a Nagaszakira ledobott „Fat Man” nevű atombomba robbanóereje 21 kt volt (1 kt = 1000 tonna trotil robbanóereje) [18][19].

beni irányítása. A rádió jeleket egy földi adóról (AN/MSQ-1) továbbították, amelynek a hatótávolsága körülbelül 400 km volt. Ha ezt a távolságot a rakéta meghaladta, nem irányítható rakétaként működött tovább, de pontossága így is 1000 km-en, maximum 1,6 km eltérést mutatott. Ennek köszönhetően kitűnően alkalmazható lett volna nagy csapatösszevonások, illetve páncélozott hadosztályok ellen. 1954-ben az YTM-61C-re, a Matador egy kísérleti típusára egy rövid hatótávolságú navigációs szerkezetet (SHANICLE³¹) szereltek, amelyet a földről, nagy frekvenciájú rádióhullámok (mikrohullámok) segítségével vezéreltek. A mikrohullám sugárzók hiperbolikus rácsokat generáltak és ez által a rakéta információt kapott a cél távolságáról és irányáról. A rakéta irányíthatósága így a teljes hatótávolságán fennállt. A rendszer azonban nem volt hosszú élettartamú, mivel az 1950-es évek végén minden ilyen rendszert az MSQ-1, szintén földi vezérlésű, irányítási rendszer váltott fel. Hátránya, hogy minden rádióirányítású eszköz ebben az időben, a zavarvédelem kezdetlegessége miatt, az ellenséges erők által könnyedén zavarható volt.

A lüktető sugárhajtóművet felváltotta a sokkal hatásosabb gázturbinás sugárhajtómű, ami magyarázat a nagy hatótávolságra. Egyetlen repülő század³² volt felszerelve ezzel a rakétával, melyet 6 perces indítási készenlében tároltak. 1952-től 1957-ig volt rendszerben. Ez idő alatt rengeteg meghatározása volt: SSM-A-1; B-61 (Bombázókról indított változat); TM-61 (Tactical Missile) és végül mikor az Amerikai Védelmi Minisztérium bevezette a légi jármű meghatározó rendszert (1962) kapta meg az MGM-1 jelölést [20][21].



14. ábra MGM-1 Matador³³



15. ábra MGM-13 Mace³⁴

A Matador továbbfejlesztett utódja volt az MGM-13 Mace és a CGM-13 (1963-ig mindkettő a TM-76 jelölést viselte). A két rakéta csak az indítási módjukban különbözött. Az MGM-ben az első „M” a mobil-indításra (mobile-launched), míg a CGM-ben a „C” a konténerre (container-launched) utalt. Ez a típus sem volt hosszú élettartamú, az Egyesült Államokban hamar felváltotta

³¹ Shanicle: SHort rAnge Navigation VehICLE (rövid hatótávolságú navigációs szerkezet)

³² 1st Pilotless Bomber Squadron – Első Pilótánélküli Bombázó Század

³³ Forrás: <http://marvellouswings.com/Aircraft/Bomber/B-61/Pic/XB-61%20Albuquerque.JPG> (2016.02.03.)

³⁴ Forrás: <http://marvellouswings.com/Aircraft/Bomber/B-76/Pic/MGM-13%20Albuquerque.JPG> (2016.02.03.)

az MGM-31 Pershing, amely már egy ballisztikus rakéta volt, majd a még megmaradt MGM-13-asokat Nyugat-Németországban a BGM-109G Gryphon váltotta föl az 1980-as években. Az utóbbi egy alacsony költségvetésű, megbízható, pontos nukleáris töltettel ellátott, földi indítású cirkáló rakéta volt, 2400 km-es hatótávval és 223 m/s-os „utazó” sebességgel. Az Európába való telepítésére a hidegháborús helyzet miatt volt szükség, erőfitogtatás miatt [23].

MGM-13 Mace	
Hosszúság	13,6 m (44 ft 6 in)
Test átmérő	1,4 m (4 ft 6 in)
Indítási tömeg	8200 kg (18 000 lb)
Hajtómű	Felszállás biztosítása: szilárd hajtóanyagú leváló segédindító rakéta (Thiokol Chemical Corporation által gyártva) 445 kN tolóerővel Utazó sebesség biztosítása: Allison J33-A-41 sugárhajtómű (23 kN)
Sebesség	280 m/s (650 mph)
Repülési magasság	12 000 m (40 000 ft)
Hatótávolság	2300 km (1400 miles)
Töltet	hagyományos robbanóanyag vagy nukleáris

4. táblázat MGM-13 Mace harcászati-technikai adatai[23]

A cirkáló rakéták fejlesztése nem állt le, folyamatos fejlesztéseken mentek keresztül, mind az irányítási rendszer, mind a hatótávolság és ezek által a hatásosságuk is rohamosan növekedett. Az 1982-től a mai napig rendszerben lévő AGM-86-os szubszonikus cirkáló rakéta kiváló példa erre. Inerciális és TERCOM³⁵ navigációs rendszerrel van ellátva. Az utóbbi rendszer egy előre betáplált szintvonalas térképet használ, aminek az adatait hasonlítja össze a beépített rádió-magasságmérő által mért értékekkel repülés közben. Ez alapján jobban megközelíthető a cél, nagyobb a pontosság, valamint lehetővé teszi a föld közeli repülést és így nehezebben érzékelhető a földi telepítésű ellenséges radarok számára. Az AGM-86C változat már többcsatornás fedélzeti GPS-sel rendelkezik [24].

Az amerikaiakat szinte megigézte a V-1 tervezése, műszaki adatai, viszonylag nagy hatótávolsága. Fantáziát láttak a pilóta nélküli repülésben, amely ha nem is olcsó, hosszútávon mindenképp kifizetődő és emberéleteket „spórol meg”. Az USA-ban az előzőekben tárgyalt fejlesztéseken kívül, a hidegháború és az azt követő időszakban rengeteg pilóta nélküli repülőgép (UAV) fejlesztés látott napvilágot. Szakdolgozatomban, csak néhány, robbanótöltettel el-

³⁵ TERCOM: TERrain COntour Matching navigation system (szintvonal összeegyeztető rendszer)

látott típust részleteztem, de kijelenthető, hogy a felderítésre, elektronikai hadviselésre, mintagyűjtésre és az újonnan légi csapásra (Reaper; Predator) tervezett drónok fejlesztésére is nagy hatást gyakorolt a német Fieseler-103 (V-1).



16. ábra Predator³⁶

1.5.2 Szovjetunió

1.5.2.1 A „H” program³⁷

A szovjetek először 1944 végén értesültek a „csodafegyverről”. Mikor a fegyver kiismerhetővé kezdett válni és egyre többet lőttek le London felett, Sztálin kérésére egy hatástalanított V-1 maradványait Moszkvába szállították tanulmányozásra. Később, a németek visszaszorításával nyert területeken is zsákmányoltak V-1-eseket. A vezetők láttak potenciált a fegyverben, ezért felkérték Vlagyimir Nyikolajevics Cselomej, avionikust és rakétatervező mérnököt, hogy készítsen róla másolatot. Ezt követően az OKB-52 kísérleti tervezőiroda, rakéta és rakétahajtómű részlegének vezetője lett. 1944 végére teljesítette a kérést, majd személyesen utazott az elfoglalt területekre (például Blizna, ahol a németek tesztindításokat végeztek), hogy még több információt gyűjtsön a fegyverről. A túrának is köszönhetően, 1945 elejére sikeresen megalkotta a szovjetek V-1-esét, a H-10-est, fedőnevén az Izgyelije-10-est. Ez a változat egy darab lüktető sugárhajtóművel (Cselomej D-3) rendelkezett, amely 3 924 kN tolóerőt biztosított a cirkáló rakétának, hajtóanyaga benzin volt. Ennek a típusnak csak légi indítása volt kivitelezhető, Petlyakov Pe-8 nehéz- és Tupolev Tu-4 stratégiai bombázó gépekről. A szárazföldről indított és a haditengerészetben alkalmazott változatok a H-10N és a H-10M voltak. A H-10N felszállítása rakéta segédhajtóművel, rámpáról történt [26][27][29].

³⁶ Forrás: <http://science.howstuffworks.com/predator.htm> (2016.02.03.)

³⁷ Az angol forrásokban az orosz „H” típusok Kh jelzéssel szerepelnek (pl. H-10=10Kh)



17. ábra Szovjet H-16-os³⁸



18. ábra Tupolev Tu-4 stratégiai bombázó³⁹

Az 1950-es években a „H” rakéta programot tovább folytatták. A megjelent új típusok (H-14; H-15; H-16; H-17; H-18) nem sokban különböztek elődjüktől. A 15 és 17-es hajóról indítható változat volt. A 14-es csak a hajtóműben tért el (Cselomej D-5). A 16-ost először egyetlen D-6-os hajtómű hajtotta, majd ezt felváltotta két darab, a törzs hátsó részén „V” alakú tartón elhelyezett D-3-as ikerhajtómű. A vízszintes vezérsíkját meghosszabbították és a végeire, arra merőleges négyzetű áramlásjavítókat szereltek, kormánylapátokkal ellátva. A H-16-nak egy hajtómű nélküli változatát is megtervezték, amelyet csak bombázó repülőgépekről lehetett bevetni, mint siklóbomba⁴⁰. Tömeggyártásra egyik típus sem került. A legnagyobb probléma mindegyik változatnál az irányítási rendszer pontatlansága volt, ami nagyban megrendítette a programba vetett hitet, így azt leállították.

A „H” program mellett a V-1 Reichenberg mintájára egy olcsó, szintén lüktető sugárhajtóműves, ember vezette vadászgép megalkotását is célul tűzték ki. Az ötlet eredetileg német volt, viszont a háború egy nagyon kései szakaszában készült, így a németeknek nem volt ideje kivitelezni. Az oroszok elkészítették a gép prototípusát, és a terveknek megfelelően a Junkers EF 126 típusjelzést kapta. Az első tesztrepülésnél lezuhant és az azt vezető pilóta életét veszítette. Ezután készültek még prototípusok (EF 126V-1; EF 126V-2 egészen az EFV-5-ig), de harci alkalmazásra és tömeggyártásra ezek sem kerültek [30].

³⁸ Forrás: <http://craymond.no-ip.info/awk/twcruz6.html> (2016.02.24.)

³⁹ Forrás: http://www.militaryfactory.com/imageviewer/ac/pic-detail.asp?aircraft_id=701&sCurrentPic=pic1 (2016.02.24.)

⁴⁰ Szárnyfelületekkel és némely esetben kormányfelületekkel ellátott, hajtómű nélküli bomba.



19. ábra Junkers EF 126 prototípus⁴¹

Az 1960-as években a cirkáló rakéta program újra éledt és elég szép fejlődést mutatott az elődjeikhez képest. A H-22 típusok (NATO⁴²: AS-4 Kitchen) légi indítású típusok voltak. Alkalmazni lehetett nukleáris töltettel ellátott támadó rakétaként, amelyet a védekező fél vonalai mögé, nagy mélységbe tudtak indítani. A H-22 típusai közül a H-22PSZ inerciális navigációs rendszerrel, a H-22P passzív rádió pelengátorral, a H-22M pedig aktív radar rávezető rendszerrel rendelkezett. Az M változatot főként víz felszíni célok, a PSZ-t pedig lokátor berendezések ellen alkalmazták, mivel érzékelték az ellenséges lokátorok által kibocsátott rádióhullámokat és azok forrására repült rá. A TU-22M3 bombázó elsődleges fegyverzete volt [31].

H-22M Burya/AS-4 Kitchen	
Hosszúság	11,65 m (38,2 ft)
Test átmérő	92 cm (36 in)
Fesztávolság	3 m (120 in)
Tömeg	5820 kg (12 800 lb)
Hajtómű	Folyékony hajtóanyagú rakétahajtómű maximális tolóerő 83 kN
Hatótávolság	600 km
Maximális sebesség	4,6 Mach 24 km magasságban (80 000 ft)
Robbanó töltet	1000 kg RDX (Hexagén) vagy nukleáris töltet (350–1000 kt)

5. táblázat H-22M Burya harcászati-technikai adatai[25][31][32]

A H-22 után megjelent, szintén légi indítású cirkáló rakéták voltak még a KSR-2 (AS-5 Kelt), KSR-5 (AS-6 Kingfish) valamint a H-55 (AS-15 Kent). A KSR elnevezésű típusokat víz felszíni célok ellen tervezték. A H-55-öt 1983-ban állították rendszerbe és a mai napig nem

⁴¹ Forrás: <http://www.luft46models.com/manufacturers/ju/juef126/juef126a.jpg> (2016.02.24.)

⁴² NATO: North Atlantic Treaty Organisation (Észak-atlanti Szerződés Szervezete)

került kivonásra. Robbanó töltete hagyományos, vagy termonukleáris (fúziós) töltet. Az inerciális vezérlő Doppler⁴³-radart és az amerikai AGM-86-hoz hasonlóan, TERCOM rendszert használ. Az újabb típusokat vagy TC/IIR irányítási rendszerrel, amely a TERCOM mellett infravörös rávezető rendszert használ (IIR) látták el (pl. H-SD), vagy aktív radar rávezetésű rendszerrel (pl. H-15; NATO név: AS-16 Kickback) [25][32].



20. ábra H-22 (AS-4 Kitchen)⁴⁴



21. ábra H-55 (AS-15 Kent)⁴⁵

1.5.2.2 Földi indítású cirkáló rakéták

A légi indítású cirkáló rakétákkal párhuzamosan a szovjetek a földi, illetve földalatti indítással is kísérleteztek. Ezek a rakéták a „P⁴⁶” típusjelzést kapták a számuk elé. Az első ezek közül, amelyik említést érdemel a P-5-ös volt. A 4300 kg-os, 500 km-es hatótávolságú rakétát 1959-ben mutatták be. Maximális sebessége 347 m/s, és 1000 kg robbanótöltet hordozására volt alkalmas. Említést érdemel a korai alkalmazásokban szereplő SS-N-3 Shaddock (P-35). Viszonylag kis magasságokban (400 m) repült, ezáltal a hatótávolsága sem ért fel a többi korabeli cirkáló rakétákhoz (100 km), de ezek az adatok is elegendőek voltak, hiszen parti védelmi feladatokra szánták. Radar rávezetés esetén képes volt mindösszesen 90–100 m-es magasságon repülni.

A 20. század második felében, a P-5-öt véve alapul folytatódtak a fejlesztések. Így született például a P-5D, amelyet a P-5-tel együtt a szovjet haditengerészet sajátított ki magának. A tengeralattjárók fedélzetére a P-6-ot tervezték 1962-ben. 1959-ben kezdődött a P-70 Ametist (Starbright) fejlesztése, az első olyan cirkáló rakétaé, amely képes volt tengerfelszín alatt lévő tengeralattjárók megsemmisítésére is. Szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel, 80 km-es hatótávolsággal rendelkezett. Ezt követte a nagyobb hatótávolsággal rendelkező P-120 Malakhit (Siren) 1972-ben. Hasonlóképpen elődjéhez szintén szilárd hajtóanyaggal rendelkezett. Hajókra és tengeralattjárókra egyaránt telepíthető volt és bevethető volt mind szárazföldi, mind víz alatti

⁴³ Doppler-effektus: a hullám frekvenciájában, ezzel együtt a hullámhosszában bekövetkező változás, amely akkor alakul ki, ha a megfigyelő és a hullámforrás egymáshoz képest mozog.

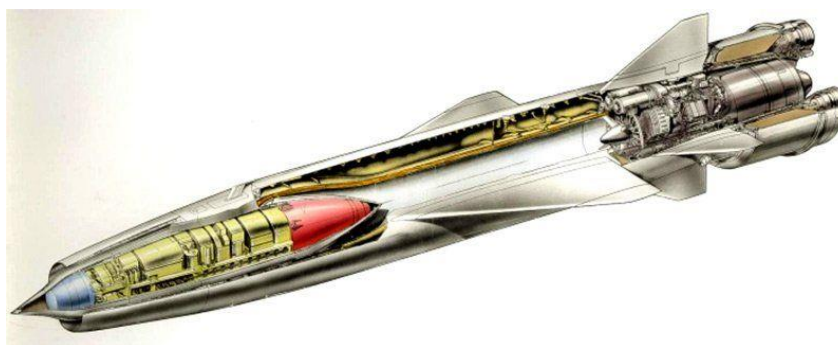
⁴⁴ Forrás: <http://www.fantastic-plastic.com/AS-4Kitchen.htm> (2016.03.10.)

⁴⁵ Forrás: <http://www.modellfutar.hu/spd/AMO72127/Amodel-KH-55-KH-55M-039AS-15-Kent039> (2016.03.10.)

⁴⁶ Az eredeti cirill jelölésben a „II” betű szerepel

célok ellen. A P-800 Yakhont (Stallion) már torlósugar hajtóművel ellátott típus volt, 2500 kg induló tömeggel, amiből 200 kg volt a harci rész. Felszínről és levegőből egyaránt indítható volt. Földi indításnál egy szilárd hajtóanyagú gyorsító fokozattal látták el, amivel rövid idő alatt elérte a 750 m/s-os sebességet. A hatótávolsága függött az indítás módjától, 120–300 km-es tartományon belülre esett.

A felsorolt cirkáló rakétákon kívül még sok másik típus került fejlesztésre: P-500 Bazalt (Sandbox); P-1000 Vulkan (Sandbox); P-700 Granit (Shipwreck); P-270 Moskit (Sunburn); P-900 Kalibr (Sizzler). A felsorolásból a P-700 Granitot emelem ki, amely az egyik legjobb szovjet fejlesztések közé tartozik [32].



22. ábra P-700 Granit⁴⁷

P-700 Granit (Shipwreck SS-N-19)	
Típus	nagy hatótávú, vízi célok elleni cirkáló rakéta
Szolgálatban	1983 óta
Hosszúság	10 m (33 ft)
Test átmérő	0,85 m (33 in)
Tömeg	7000 kg (15 400 lb)
Robbanó töltet	750 kg nagy hatóerejű robbanóanyag (RDX) v. nukleáris töltet (fúziós ⁴⁸ 500 kt)
Hajtómű	torlósugaras
Hatótávolság	625 km (388 miles)
Sebesség	kis magasság – 544 m/s (1,6 Mach) nagy magasság – 850 m/s vagy ennél több
Irányítási rendszer	inerciális vezérlés, aktív radar rávezető rendszer home-on-jam ⁴⁹ technikával kiegészülve

6. táblázat P-700 Granit harcászati-technikai adatai [25][32][33]

⁴⁷ Forrás: <http://survincity.com/2010/09/demons-3-elements-zabugornye-analogs-p-700-granit/> (2016.03.10.)

⁴⁸ A fúziós atombomba egy kétfokozatú szerkezet, amely tartalmaz egy hasadási nukleáris bombát azért, hogy beindítsa a fúziós folyamatokat a másik fokozatban, ugyanis annak a beindítása csak így lehetséges. Ebből következik sokkal pusztítóbb hatásra képes. Termonukleáris- és hidrogénbombának is nevezik[35].

⁴⁹ home-on-jam – ha a célpont képes zavaró jeleket kibocsátani, ezáltal zavarva az aktív rávezetés rádiójeleit, a rakéta lokátorromboló funkcióra vált és a cél által kibocsátott zavaró jel forrását veszi célba [33][34].

1.5.3 Franciaország

Franciaországban, a zsákmányolt V-1-esek továbbfejlesztése sokkal kisebb méreteket öltött, mint a korábban említett Egyesült Államokban és a Szovjetunióban. A források összesen két darab drónról tesznek említést, amelyeket a franciák légi gyakorlatok ideje alatt célrepülők imitálására használtak.

Az első a CT-10-es vagy Ars 5501-es volt, kinézete majdnem megegyezett a második világháborús V-1 légitorpedóval. Rádió irányítással működött és egy sokkal hatékonyabb lüktető sugárhajtóművel volt felszerelve, amelynek a kezdeti gyorsító erejét egy szilárd hajtóanyagú rakéta hajtóművel növelték. Ez a megnövekedett gyorsító erő lehetővé tette az eddigi 45 m hosszú kilövőrampa jelentős rövidítését. A fejlesztéseket a franciák, mintegy 150 német tudós segítségével vitték végbe, akik a háború ideje alatt a V-1 fejlesztésén is dolgoztak. A CT-10-es egy adott gyakorlat után, amennyiben nem szenvedett „végzetes” sérüléseket egy ejtőernyővel ért földet, lehetővé téve újbóli felhasználását, így csökkentve a gyártási költségeket. 600 kg tömeggel és 420 km/h (116 m/s) maximális sebességgel rendelkezett. 4000 m magasságig volt képes emelkedni és egy repülés alatt körülbelül 1 órát töltött a levegőben. 1949-ben repült először, majd 1952-ben rendszerbe állították. Összesen 413 került a Francia Légierő tulajdonába és további 75-öt szállítottak Angliába.

Mivel a CT-10-es teljesítménye korlátozott volt ahhoz, hogy elfogó rakétákat teszteljenek vele, létrehozták a CT-20-ast (Ars 5510), egy teljesen új modellt. Ennek a fejlesztése 1953-ban kezdődött. Az eddigi lüktető sugárhajtóműveket felváltották a Marboré sugárhajtóművek, amelyek később a CM-170 Fouga-Magister hajtóműveként is funkcionáltak. Ez a meghajtás 270 m/s-os sebességet tett lehetővé és 15 000 m-es magasság elérését. A felszálló tömege 660 kg volt. A levegőben egyszerre 50 percig volt képes tartózkodni. A felszállítása egy rámpán elhelyezett „kiskocsiról” történt, amelyre szilárd hajtóanyagú rakétahajtóműveket szereltek. Az első repülése 1955-ben volt, üzembe állítása pedig 1958-ban. Összesen 1569 darabot szállítottak öt különböző országba. A NATO-ban a Hawk rakétákkal végrehajtott gyakorlatok szabványcélja lett és az 1980-as évek végéig használatban volt. A CT-20 harctéri felderítő változata lett az R-20-as, amelyet közvetlenül egy teherautó platójáról lehetett indítani. Svédországban a SAAB gyár is alapul vette a CT-20-ast és létrehozott egy víz felszíni célok ellen alkalmazandó rakétát, az Rb08A-t [2][36].



23. ábra CT-20⁵⁰

A franciák, az előző két országgal (USA, Szovjetunió) ellentétben, nem nyitottak a cirkáló rakéták fejlesztésének irányába. Francia gyártmányú cirkáló rakétákról csak később, 1986 után beszélhetünk (ASMP; Apache; Perseus; Storm Shadow), amelyek így nem állhattak közvetlen kapcsolatban a V-1 megtorlófegyverrel [37].

⁵⁰ Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nord_Aviation_CT-20_\(MAA\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nord_Aviation_CT-20_(MAA).jpg) (2016.03.12.)

VERGELTUNGSWAFFE-2

2.1 A kettesszámú megtorlófegyver története

A V-1-es fegyver kiismerhetősége és az ellene való, idővel könnyűvé vált védekezés miatt, a németek egy új „csodafegyverrel” akartak a szövetségeseknek meglepetést okozni és esetlegesen újra előnybe kerülni velük szemben. Ez az újfajta fegyver, szinte mindenben felülmúlta elődjét. Az atombombát leszámítva, majdhogynem a legrémisztőbb fegyvernek bizonyult a második világháborúban. Hatásossága már felvet bizonyos kételyeket vele kapcsolatban, de a semmiből gyorsan egy új átütő fegyvert alkotni, ami megváltoztatja a háború kimenetelét, nem volt könnyű feladat. A rakéta fejlesztés terén azonban sok kulcsfontosságú újítás történt, amik kihatottak a későbbi rakétafejlesztésekre, egyfajta úttörőnek számítva ezen a területen.



24. ábra V-2 az indítóállvánnyal⁵¹

A fegyver, amit V-2-esnek kereszteltek, nem volt más, mint egy igazi ballisztikus rakéta, ami képes volt a hangsebesség átlépésére. Létrejöttét a varseilles-i békeszerződés után feléledő civil rakétamániának köszönhetette, ugyanis az 1920-as években rengeteg könyv és film foglalkozott ezzel az újonnan létrejövő szerkezettel és nagy reményeket fűztek hozzá: űrrepülés, hangsebességű utazás, rakétahajtású autók és még lehetne sorolni. Kezdetben szilárd hajtóanyagú rakétákkal kísérleteztek. Az oxigén és benzin alkotta folyékony hajtóanyagú rakétákkal 1929–30-ban kezdtek el kísérletezni, amikor Karl Becker egy német tudós rájött, hogy a folyé-

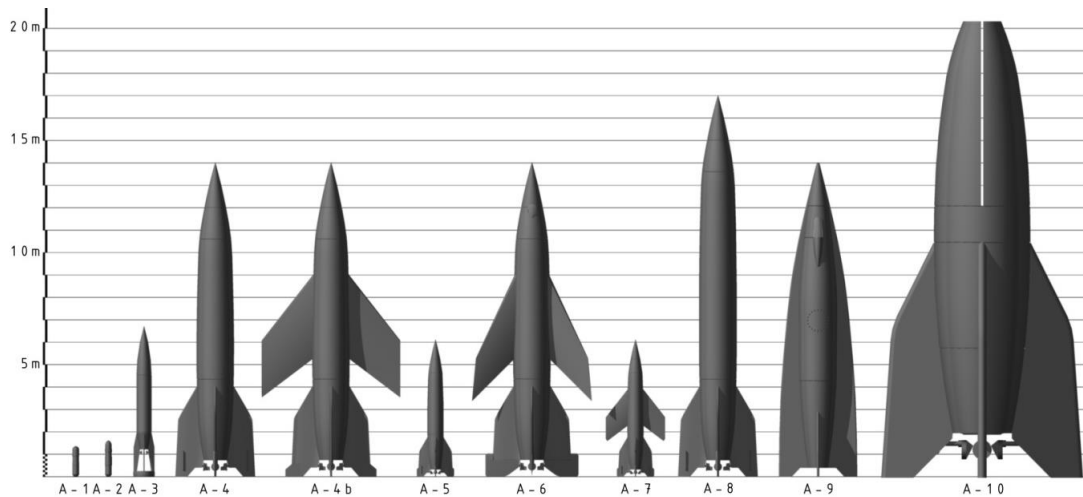
⁵¹Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:V2_-_Vergeltungswaffe_2_\(10569392414\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:V2_-_Vergeltungswaffe_2_(10569392414).jpg) (2016.01.12.)

kony hajtóanyag sokkal költséghatékonyabb, nagyobb hatótávolságú rakétákat lehet vele tervezni, csökken a felszálló tömeg, és az üzemanyag égése is szabályozhatóvá válik. 1931-ben már az első repülésre alkalmas darabot is megalkották. Az 1930-as években a hadsereg is érdeklődni kezdett az új meghajtás iránt, majd egy külön programot is létrehoztak annak tökéletesítésére, amelyet maga Karl Becker vezetett. Célul egy nagy hatótávolságú rakétafegyver kifejlesztését tűzte ki, amely később akár a nehéztüzérséget is helyettesítheti.

A program akkor indult be igazán, amikor Becker felkereste Walter Dornberger századost, aki Kummersdorfbán egy kutatóközpontot hozott létre, amit természetesen a hadsereg működtetett. Később Dornberger meggyőzte Werner von Braunt, aki a civil Űrutazási Társaság (Verein für Raumschiffahrt – VfR) egy tagja volt, hogy segítsen neki a terv fejlesztésében [6][11][13][39].

2.1.1 Az „A” projekt

Megalkották az A-1 (Aggregat-1) prototípusát, az első folyékony hajtóanyaggal működő rakétát. A hajtómű tömege 135 kg volt és 3000 N tolóerőt biztosított, ami bizakodásra adhatott okot és 1934 decemberében az A-1-et továbbfejlesztve megalkották az A-2 rakétát. 1934-ben két darabot is sikeresen 2200 m magasra sikerült eljuttatniuk. Ezt követte az A-3, amely hajtóműve már 15 kN tolóerővel rendelkezett, ezzel bebizonyították, hogy a rakétafegyver-program komoly harcászati értékkel is bírhat, ezáltal jelentős pénzbeli támogatást kaptak. Felkérték őket egy 1 tonnás robbanótöltetű, 260 km-es hatótávolságú rakéta megalkotására, az A-4-esre. Az első olyan rakéta megalkotására az „A” programban, amely már konkrétan fegyvernek tekinthető. 1936-tól a Luftwaffe is részt vállalt a kísérletsorozatban, így azt Kummersdorfból áthelyezték Peenemündébe. Az A-4 első kísérleti indításai kudarcba fulladtak, ugyanis a gyors fejlesztés miatt az alkatrészeket külön-külön nem tesztelték, csak egybeépítve azokat. Az A-5-ös rakétánál kompenzálták a hibákat, valamint rádióirányítással is rendelkezett, amellyel ki lehetett kapcsolni a hajtóanyag ellátó rendszert. Maga az A-5 nem volt más, mint az A-4-es rakéta lekicsinyített mása. Miután ebből 3 darabot is sikerrel indítottak, visszatértek a sorozatgyártásra szánt A-4-hez. A gyors fejlesztés még mindig éreztette a hatását, 1943. január 7-én az indításkor a hajtómű égőterében robbanás történt és a rakéta kilövőállással együtt a helyszínen megsemmisült; 1943 június 30-án az irányítási rendszer mondott csődöt Peenemünde felett és a szomszédos Carlshagen reptérre zuhant. Ez volt a két leghajmeresztőbb példa, a többi meghibásodás nem volt ennyire súlyos. Az idő előrehaladtával és a folyamatos javításokkal azonban csökkentek a hibák. Léteznek olyan források a tervrajzoktól a bevezető fegyverig nem kevesebb, mint 65 000 módosítást hajtottak végre. Ami egy kicsit túlzás, de a mondanivalója az, hogy valóban sok módosítás történt [11][39].



25. ábra Az „A” program fejlesztései⁵²

2.1.2 A '40-es évek

1940-ben Hitler leállította az „A” projektet, ugyanis magabiztos volt abban, hogy Németország rövidesen megnyeri a háborút és nincs szükség gyors fejlesztésekbe ölni a pénzt. 1943-ban, amikor fordult a helyzet és a németek helyzete nem volt éppen a legelőkelőbb, a program újjá éledt, az új vezetője Degenkolb mérnök lett. Hitler látva a videófelvételeket, tetszettek neki az eredmények és (teljesíthetetlen) parancsot adott havi 2000 darab rakéta legyártására. Már ez is nehéz munka elé állította a kutatócsoportot és ezt csak nehezítette, amikor a szövetségesek lebombázták a peenemündei komplexumot, ahol rengeteg mérnök vesztette életét. Az életben maradt Dornberger tábornok mentette, amit lehet és a megmaradt prototípusokat, alkatrészeket Wattenbe, illetve a wizernesi kőfejtőbe szállította, hogy tovább folyjon a gyártás. Azonban ezek az állomások sem működtek sokáig, ugyanis a Királyi Légierő 1944 márciusában megsemmisítő csapást mért rájuk. Dornberger fontosnak tartotta, hogy ne nagy bunkerek építése legyen a cél, hanem minél inkább a mobilitás, hogy egy esetleges bombázás után rövid időn belül újra lehessen folytatni a tervezést és a kilövéseket. A vezetés azonban még bízott egy esetlegesen „felfedhetetlen” nagy bunkerben, ami még egy próbát megért nekik. A programot és a gyártást ezúttal Mittelwerkébe költöztették. Biztonságosan folyhattak a munkálatok és 1944 közepére 3000 darab A-4-es készült el, amelyek egynegyede a gyors, mennyiségre alapozó gyártás miatt műszaki problémákkal küszködött. Az újbóli lelepleződés és a folyamatos légicsapások újfent ellehetetlenítették a munkákat és a szállítást, ezért a vezetés Dornberger tábornoknak igazat adva, tábori (mobil) indítóállomásokat kezdett telepíteni [11][38][40].

A két új támaszpont a Gruppe Nord⁵³ és a Gruppe Süd⁵⁴ lett. Az előző London felé, az utóbbi

⁵² Forrás: [https://de.wikipedia.org/wiki/Aggregat_4#/media/File:Aggregate_\(3D-comparison\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Aggregat_4#/media/File:Aggregate_(3D-comparison).jpg) (2016.01.12.)

⁵³ Gruppe Nord (északi csoport)

⁵⁴ Gruppe Süd (déli csoport)

francia és belga célok felé volt hivatott a rakéták indítására. A hadműveletet, mely az A-4-es rakétákkal történő szövetséges csoportok támadására irányult, Pingvin hadműveletnek keresztelték el. Feltehetően a rakéta színezete miatt kapta a pingvin nevet. Az első cél Párizs volt 1944. szeptember 5-én, azonban a V-2-es nem érte el a célt.



26. ábra Újjáépített V-2 gyár Franciaországban⁵⁵

Szeptember 7-én London támadását is megkezdték, azonban az első rakéta a vártnál kisebb pusztítást végzett, ráadásul 13 km-re a kijelölt céltől, Chiswickben csapódott be. Ha pusztítása nem is volt akkora, mint az elvárt, példátlan pánik ütötte fel a fejét a civilek körében. Winston Churchill 8 héten át titkolta a rakéta létezését a közvélemény elől és gázszivárgást nevezett meg, mint a robbanások kiváltó oka, hogy csökkentse a pánikot. A megfigyelések után a RAF⁵⁶ kijelentette, hogy nem tudják Angliát megvédeni e fegyverek ellen és az egyetlen, amit tehetnek, hogy időben kiürítik azt a területet, amelyre a megfigyelők számításai szerint becsapódik a rakéta. A tehetetlenséget a hangsebesség feletti repülés okozta, ugyanis olyan légvédelmi ágyúk, melyek meg tudták volna a levegőben semmisíteni, nem léteztek és a radar sem tudta észlelni.

A V-2-es sokkal nagyobb fenyegetést jelentettek, mint elődje a V-1-es. Azonban mint minden fegyvernek, ennek is voltak hátrányai, mint például a magas költség és a rengeteg anyagfelhasználás, ami egyáltalán nem tette a rakétát gazdaságossá. Problémát jelentett még a folyékony oxigén (Liquid OXYgen–LOX) beszerzése is. A folyékony oxigén előállítását Németországban és a megszállt területeken 215 tonna volt naponta, ami, ha másra nem használunk el belőle, napi 15 darab A-4-es rakéta indítására elegendő. Ennek a problémának a megoldása is hatalmas költségeket emésztett fel.

A szövetségesek előrenyomulása miatt, a németeknek fel kellett adniuk rengeteg területet, így az indítási területek Londontól való távolsága meghaladta a V-2-esek hatótávolságát. Hitler elkészen próbálta javítani, amúgy már bukott helyzetét, ezért parancsot adott nagyobb hatótávolságú

⁵⁵ Forrás: https://hu.pinterest.com/pin/543176405032733417/?from_navigate=true (2016.01.23.)

⁵⁶ RAF: Royal Air Force (Királyi Légierő)

rakéták fejlesztésére. A rakéta fejlesztése már 1942-ben megkezdődött, de annak érdekében, hogy az A-4-es minél hamarabb tökéletesítve legyen, felhagytak vele. Az A-9-es (Flossengeschoss – uszonyos lövedék) program a szorongatott helyzet hatására indult be ismét. Mint a korábbi A-4-es rakétának az A-5-ös, az A-9-esnek az A-7-es volt a kísérleti, lekicsinyített változata. Ennek a tökéletesítése után tértek csak át a „komolyabb nagytestverre”. Az ipari minisztériumok által nyújtott nagyfokú támogatás megtartása érdekében a rakéta nevét megváltoztatták, és az A-4b nevet kapta. Az első problémát az orsózó nyomaték szabályozása jelentette, ami a nagy szárnyak miatt keletkezett. 1944. december 27-én indították először, amikor szinte azonnal forgásba kezdett és nem sokkal később lezuhant. Az irányítási rendszer egyszerűen nem tudta kezelni a nagy szárnyak okozta változást. Néhány fejlesztést eszközöltek, majd 1945 januárjának végén még egyszer megpróbálkoztak az indításával. Sokkal sikeresebb volt, azonban az atmoszférába való visszatérésekor az egyik szárny letört. További fejlesztések is napvilágra kerültek az „A” program terén (pl. A-10), de ezek csupán a tervek maradtak, gyakorlatban nem valósítottak meg közülük egyet sem [6][13][39].

Összesen 1359 V-2-es vette célba Angliát (Gruppe Nord) és 1535 darab célozta Párizst, Brüsszelt, Antwerpent és Luxemburgot (Gruppe Süd). Az Angliára indított rakétákból 527 csapódott be London és 27 Norwich területén. 2754 ember vesztette életét és további 6500-an sebesültek meg. Az utolsó V-2-es 1945. március 27-én került indításra Hágában. A háború végén elfogott mérnököket az amerikaiak magukkal vitték az Egyesült Államokba, ahol a NASA⁵⁷ keretein belül segédkeztek az űrkutatási programok fejlesztésében [6][40].

2.2 A V-2 felépítése

Aggregat-4	
Típus	föld-föld rakéta
Gyári típusjelzés	Aggregat-4
Magasság	14 m
Legnagyobb szélesség	8,3 m
Felszálló tömeg	12 873 kg
Robbanóanyag tömege	998 v. 728 kg
Hajtóanyag tömege	8947 kg
Tolóerő	271 250 N
Legnagyobb gyorsulás	6,4 g (62,8 m/s ²)
Maximális sebesség	5705 km/h (1585 m/s)
Legnagyobb hatótáv	354 km
Hajtóanyag égési ideje (max.)	70 sec
Legnagyobb repülési magasság	93,3 km
Összes repülési idő	5–5,5 min
Robbanóanyag	öntött amatol (60% ammónium nitrát; 40% TNT ⁵⁸)

7. táblázat V-2 harcászati-technikai adatai [13][39][38]

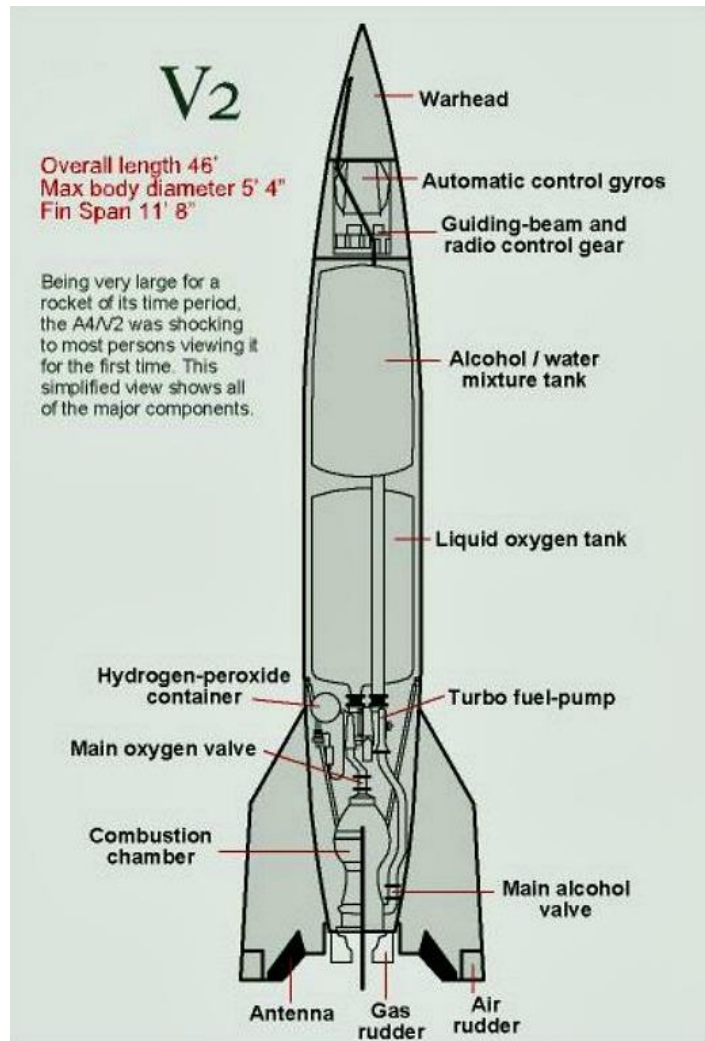
⁵⁷ NASA: National Aeronautics and Space Administration (Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal)

⁵⁸ TNT: TriNitroToluol – halványsárga színű, levegőn lassan barnuló, vízben nem oldódó kristályos vegyület, alacsony ütészékenységű, közepes hatóerejű kémiai robbanóanyag.

A világ első nagy hatótávolságú katonai célokat szolgáló rakétájának tartják számon, de ez a megnevezés csak a korai rakétatechnikák megjelenése idején állta meg a helyét, mivel most az 1000 km-es hatótáv alatti rakéták „csak” a kis hatótávolságú csoportba tartoznak. Ezt a 14 m hosszú 8,3 m legnagyobb szélességű reaktív lövedéket akár 1000 kg robbanótöltettel is meg lehetett tölteni, amely, ha egy elég nagy hatóerejű robbanóanyagról van szó, akár egy kisebb városrész elpusztítására is képes. Az alakját, a német hadseregben rendszeresített 7,92 mm-es lőszerrel mintázták, mivel ballisztikai szempontból a '40-es években ez a lőszer volt a legmegfelelőbb. A rakétatest kereszt- és hosszanti bordákból kialakított törzskeretét, amelyeket acéllemez burkolatokkal fedtek le. A stabilizátorok keresztirányban helyezkedtek el. A keresztbordákat, a nagyobb igénybevételnek kitett helyeken, mint a törzs középső része, csúcs- és fark része, megerősítették. Maximum hatótávolsága 330 km körül mozgott, a becsapódási sebessége 5580 km/h (1550 m/s) – egyéb források közel 1900 m/s-os sebességet is említenek – a repülés közben elért magasság 96 km is lehetett, amelyek elég meggyőző adatoknak bizonyulnak. A hajtómű, 50–60 másodpercig működött, amely idő elég volt ahhoz, hogy a rakétát közel 2900 km/h (805 m/s) gyorsítsa. Az útjának körülbelül 10%-át tette meg ez idő alatt, a következő 50%-át még emelkedve, majd a maradék 40%-ban kezdte meg a zuhanást. Tulajdonképpen egy tüzérségi lövedéként csapódott be a célterületen. Nagy sebessége lehetetlenné tette az ellene való védekezést. Túl gyors volt és a hangsebességnél gyorsabb haladását is bizonyította, hogy a robbanás hangjának elhalása után lehetett csak hallani a rakéta közeledésének hangját [38][11][40].

A rakéta részei a következők voltak:

- orrgyújtóval szerelt hegyes végű harcirész;
- irányító rendszer;
- alkoholtartály;
- LOX (folyékony oxigén) tartály;
- turbina és üzemanyag-szivattyúk;
- kalcium-permanganát és hidrogén-peroxid tartályok (Z-Stoff, T-Stoff);
- égőtér és hőcserélő a turbina meghajtásához;
- Laval-fúvóka és a belső, szénszálas interceptorok a gázdinamikai kormányzáshoz [11].



27. ábra V-2 szerkezeti felépítése⁵⁹

2.2.1 Robbanó fej működése

Méretéhez viszonyítva csekély volt a pusztító ereje, mert a robbanótöltete 728 kg öntött amatol volt, amely az egyik legkisebb hatóerejű robbanóanyagnak számított abban az időben. Valószínűsíthető, hogy azért ezt használták, mert attól féltek, hogy a hangsebesség feletti repülésnél annyira felmelegszik a rakéta borítása, hogy egyéb instabilabb robbanóanyagok a magas hőmérséklet miatt előbb detonálnának. Elővigyázatosságból még ennél, a kevésbé érzékeny robbanóanyagnál is a töltetet külön szigeteléssel látták el. Magának a harcírésznek a közepén egy TNT-szemcséket tartalmazó acélcsövet helyeztek el, azzal a céllal, hogy erősítse az inicializáló töltet hatását.

A gyújtószerkezet rendkívül jól működött, a háború alatt mindössze két olyan rakétát találtak a szövetségi erők, ami nem robbant fel, ezt dupla elektromos gyújtóval biztosították. Az egyiket a kúp alakú acélburkolat elejébe, a másikat a központi gyújtószerkezet hátsó részébe

⁵⁹ Forrás: <http://zurakowskiavroarrow.weebly.com/k-szrajer.html> (2016.01.12.)

helyezték és egy 32 V-os nickel-iron (NiFe) akkumulátorról üzemeltették azokat. Ha a gyújtó elektromos áramot kapott, amely történhetett a gyújtókban lévő tehetetlenségi kapcsolók, vagy a villamos érintkezők záródásakor is, a harcirész felrobbant. Ez nem függött a rakéta becsapódásának szögétől, ami köszönhető volt a rezgőnyelves megszakítók elrendezésének. Ellenállás-kondenzátorokat is alkalmaztak a gyújtóknál, amelyek a repülés közben töltődtek fel. Szerepük az volt, hogy elegendő áramot biztosítsanak a gyújtáshoz, ha a gyújtószerkezetek többi része valamilyen meghibásodás miatt nem működne.

Az indításnál, a rakétát érő elég nagy erők miatt, biztonsági megoldásokat is alkalmaztak, hogy a V-2-es ne robbanjon fel idő előtt. Ezt úgy oldották meg, hogy a gyújtókhoz egy „A” és egy „B” jelzésű kapcsoló jelfogókon vezették az áramot. Az „A” kapcsoló 40 másodperc után egy időzítő által záródott, a „B” pedig a hajtómű leállása után, ami körülbelül az 50. másodpercet követő 10 másodperces időintervallumban történt. Ezekből az adatokból egyértelműen következik, hogy az „A” jelű kapcsolónak normál esetben a „B” előtt kellett záródnia. Hajtómű meghibásodások esetén azonban a sorrend felborulhatott, ami olvadásokat hozott létre az áramkörben. Ez aszinkronizálta a gyújtók közti összeköttetést, ezáltal csökkentve a detonáció hatásfokát.

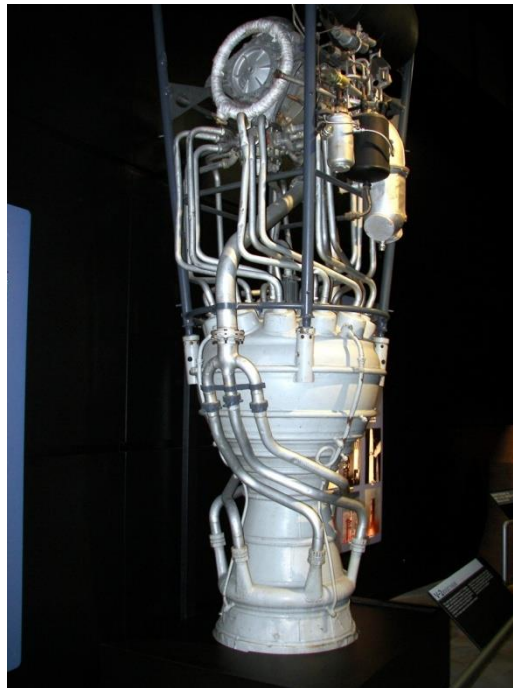
Becsapódási sebessége 1290 m/s volt, ami több mint háromszoros hangsebességnek felel meg. A becsapódáskor 10 m mély és 12–15 m átmérőjű kráterek keletkeztek. Ha épületbe csapódott a pusztítás mérték függött az épület szerkezetétől, de a legtöbb esetben a tetőszerkezeten átjutva, a padlóba fúródás után detonált [11][39].

2.2.2 A hajtómű rendszer

A V-2 folyékony üzemanyag meghajtással rendelkezett. Az irányítást a négy stabilizátor felület végén elhelyezett mozgatható terelőlapok (aerodinamikai kormányok) és az ugyanúgy négy darab szénszálas gázdinamikai kormány közösen végezte. Kettő a vízszintes és kettő a függőleges kormányzást segítette. A vízszintes irányításért felelős lapokat szinkronban lehetett csak mozgatni a külsőkkel együtt, míg a függőleges irányításért felelősöket egymástól függetlenül is. Az irányításban a gázdinamikai kormányoknak volt sokkal nagyobb jelentősége, ugyanis a felszálláskor a sebesség túl kicsi volt ahhoz, hogy a stabilizátorok felett áramló levegő biztosítani tudja a kormányzást. A sebesség mellett a levegő sűrűsége is egy meghatározó tényező, ugyanis minél kisebb a sűrűsége a levegőnek, az aerodinamikai kormánylapok, annál kisebb ellenállásba ütköznek, ami szintén ellehetetleníti a velük való kormányzást. A V-2-esnél ez utóbbi helyzet is fennállt, mivel ballisztikus rakéta lévén kilépett a világűrbe. Az indítását a rakétának függőleges helyzetből végezték, majd nem sokkal a kilövés után a rakéta 41–47 fokban eltért a függőleges síktól, a cél felé. A V-1-hez hasonlóan a találati pontosság itt is hagyott némi kivetnivalót. Például

egy 322 km-re lévő kijelölt céltól való legnagyobb eltérés 16 km volt, ami mai szemmel nagyon nagy eltérés, viszont akkoriban viszonylag pontos szerkezetnek számított.

A 2-es számú megtorlófegyver üzemanyag táplálása szabályozható volt, ezért több forrás más és más értékeket közöl a hajtómű működési idejével kapcsolatban. Az 1944 őszén indított rakétáknál a hajtómű táplálását földi rádiójelekkel oldották meg. A vevő egység az üzemanyag-szabályozó rendszerben volt megtalálható. Az újabb fejlesztéseknél a már korábban említett integrált gyorsulásmérő volt a kulcs, amely egy bizonyos sebesség elérése után állította le a táplálást. A hajtómű leállásakor elért magasság 30–31 km körül volt, a tényleges magasság viszont, amit elérhetett 93,3 km, mielőtt ballisztikus pályán megkezdte a repülését a Föld felé. Ez volt tehát az első olyan rakéta, amely kijutott az űrbe. Az összes repülési idő a kilövéstől a becsapódásig körülbelül öt és fél perc volt [38][39][40].



28. ábra V-2 hajtómű rendszer⁶⁰

2.2.3 Rakéta irányítási rendszer

A rakétát irányító inerciális navigációs rendszer nagy áttörést jelentett. Két fő szerkezeti egysége volt: egy giroszkópikus magasság szabályozó szerkezet egy órajel vezérelt bólintási szög programozóval (a bukdácsolás megakadályozására), valamint egy integrált gyorsulásmérő, amely a tolóerő tengelye mentén lévő gyorsulását mérte. Meghatározta a sebességet és mikor a rakéta elérte annak egy előre beállított értékét, a rendszer leállította az üzemanyag

⁶⁰ Forrás: http://historicspacecraft.com/Photos/V2_Engine_Dayton_2007_RK_3.jpg (2016.02.12.)

utánpótlást. A függőleges és vízszintes irányszögeket szabályozó giroszkópok elektrohidraulikus szervomotorokhoz voltak csatlakoztatva, amelyek a vezérsíkok beállítását végezték. A függőleges irányszöget vezérlő giroszkóp állandó sebességű motorral meghajtott vezérlőt és precessziós⁶¹ tekercset tartalmazott. A kilövés után ez a szerkezet felelt a giroszkóp tengelyének megdöntéséért, ezáltal a rakéta függőleges irányszögének beállításáért. A tengely pár fokkal történő elmozdítása egy előre meghatározott sebességgel történt, méghozzá a vezérlő forgása által működtetett elektromos kapcsolók segítségével.

A rakéták negyedében, amelyeket legutoljára gyártottak egy rádióvevő készülék volt elhelyezve a robotpilóta rendszerhez kapcsolva. Egy földi rádióállomás pontos irányított jeleket bocsátott ki, amelyeket a rakéta stabilizátorán elhelyezett antenna fogott fel. Az antenna továbbította a jelet a repülés irányító rendszernek az emelkedési, felszállási periódusban, ezáltal is korrigálva, pontosítva a rakéta irányát, becsapódási helyét. A fejlesztés az 1945 januárja után gyártott V-2-eseket érintette [38][39].

2.2.4 A V-2 indítási műveletei

A rakéta indításához nagyon nagy odafigyelés és pontosság szükségeltetett. Különböző egységeket, alegységeket hoztak létre erre a feladatra, amelyek mindegyike öt különböző részből tevődött össze, amelyeknek más-más volt a feladata:

- parancsnokság – a másik négy részleg összehangolt működésének irányítása, ellenőrzése;
- indításért felelős részleg – az indítás lefolyásának ellenőrzése, keletkező hibák azonnali javítása, tűz keletkezése esetén tűzoltás;
- rádiós részleg – részlegek közötti kommunikációs összeköttetés biztosítása volt a feladata;
- technikai részleg – a rakétának a vasúti ellátó helyről a kilövő állványra való szállítása és előkészítése;
- üzemanyag részleg – a folyékony oxigén, alkohol és a kálium permanganát betáplálása (Z-Stoff) volt a feladata.

Az indítási folyamat a rakéta vonattal, az indítási helyre való szállításával kezdődött. A szállító eszközről daruval emelték le. Minden egyes mozdítási feladatnál figyelmeztették a személyzetet, hogy óvatosan bánjanak a fegyverrel, ugyanis az üzemanyag vezetékek mindenféle ütődésre, deformításra nagyon érzékenyek voltak. A harci részt mindig külön szállították és

⁶¹ precesszió: merev test forgástengelyének forgatónyomaték hatására bekövetkező elmozdulása

csak az előkészítési területen szerelték össze a rakéta testtel. Miután a szükséges ellenőrzéseket elvégezték, újból a daru segítségével a rakétát egy szállító-emelő (Meillerwagen) pótkocsira helyezték. Ez a jármű egy olyan helyre vontatta, ami viszonylag jó rejtettséget biztosított, általában erdős területre. Az indító állványt egy másik jármű szállította a Meillerwagen mögé, arra kiváltképpen figyelve, hogy az indítóasztal szilárd és teljesen vízszintes helyen legyen telepítve. Az asztal maga egy terelővel ellátott acéllap volt [39].

A következő lépésben az erőforrásokat, generátorokat hordozó teherautók segítségével, a megfelelő energia biztosítása után, 12 percet vett igénybe a rakéta felállítása az állványra. Az emelő kocsin emelő karjaira létrákat építettek, hogy még egyszer tüzetesebben meg tudják vizsgálni, hogy a fegyver valóban működőképes-e és nincs rajta sérülés. A rakéta felső részében található irányítási rendszer ellenőrzése is ekkor történt. Ez annyiból állt, hogy elektromos kábeleket csatlakoztattak a rendszerhez és ezen keresztül különböző parancsokkal látták el azt. A földi elektromos táplálással elvégeztek még pár indítás előtti tesztet, az üzemanyagtartályok szivárgását és csak ez után történt meg a szénszálas terelőlapokról a védőburkolat levétele. Az üzemanyaggal való feltöltés következett, ahol először a metil-alkoholt juttatták a tartályba, majd amilyen későn csak lehetett a folyékony oxigént, ugyanis ez oxigén nagyon gyorsan párolog. A turbószivattyú, ami az oxigént és az alkoholt az égőtérbe juttatta, külön üzemanyag ellátó rendszerrel bírt, kálium-permanganátot (Z-Stoff) és hidrogén-peroxidot (T-Stoff) tartalmazva. A feltöltés után behelyezték az elektromos gyújtót a rakéta hajtóművébe, az égőtér alá.



29. ábra V-2 felállítása az indítóállványra⁶²

A folyamat befejezése után az emelő karokat leengedték és a kisegítő kocsik biztonságos távolságba húzódtak. Az indító platformon, ugyanúgy, mint a hagyományos tüzérségi ágyúkon lehetőség volt a kilövési szög állítására, persze bizonyos mértékig. Utolsó lépésként ezt állították

⁶² Forrás: <http://malikt.uw.hu/v-2.html> (2016.01.12.)

be, hogy biztosan a megfelelő irányba orientálódjon a szerkezet az indítás után. A parancsnok ezt követően bement a hangosbemondóba, hogy „X-10”, azaz tíz perc a kilövésig.

Összességében az előkészületek 4–6 órát és 32 különböző járművet vettek igénybe. A beállítás és az üzemanyag feltöltés ebből körülbelül másfél órát. Nem minden felállított és üzemanyaggal feltöltött rakéta került azonban indításra. Közel 15 százalékuknál ugyanis üzemzavart, vagy a folyékony oxigén által előidézett jegesedést fedeztek fel. Minden indításnál készenlétben állt egy tűzoltó csoport, mert (főleg a korai) A-4-es indításoknál előfordult a rakéta idő előtti felrobbanása, vagy az indítóállványról való ledőlése [11][39][40].

Mikor a visszaszámlálás befejeződött, az indítókapcsoló segítségével megnyíltak a szelepek, üzemanyagot juttatva a gőzfejlesztőhöz. A turbina a gőzgenerátor által előállított gőz- és gázkeverékkel működött. A turbina nyitotta meg a fő hajtóanyag-ellátó szelepeket és megkezdtek a folyékony oxigén és metil-alkohol bejuttatását az égőtérbe, ahol az elektromos gyújtó belobbantotta a keveréket. A hajtómű három fő része tehát az égőtér, a turbószivattyúk, valamint az 500 kW-os teljesítményű gázgenerátor.

A rendszer, amely a turbinát működtette tartalmazta a hidrogén-peroxidos tartályt, a kalcium-permanganát tartályt, a légeztető rendszert és a vezérlőszelepeket. A légeztető rendszer nyolc darab, egyenként hét literes oxigéntartályból tevődött össze. Innen áramlott át az oxigén a peroxidos és permanganátos tartályokba, nyomáscsökkentő és biztonsági szelepeken át. A peroxid befecskendezése után a permanganát közvetlen sugárban került a reakciótérbe, ahol a két anyag keveredése során túlhevített gőz és oxigén keletkezett. A keletkezett égéstermékek elvezetése a fúvóka mögött elhelyezett két légnyláson át történt.

A következő szakaszban megtörtént a folyékony oxigén, 18 szivattyúrózsán keresztül, az elosztó berendezésén át, a két porlasztóhoz való eljuttatása, amelyek az égési kamra fejrészében voltak elhelyezve. A $-182,8$ °C hőmérsékletű oxigén gyors párolgása miatt a szivattyúknak nagyon magas teljesítményen kellett üzemelniük. Az égőtérnek és a fúvókának is kettős fala volt. Az alkoholt a betáplálás előtt hajlított csövekkel a fúvóka üreges falába vezették, ahol keringtették annak érdekében, hogy az felmelegedjen, valamint hűtse a égőteret és a fúvókát. Az elektromos gyújtás után a fúvócsőből kiáramló gázok sebessége elérte a 2000 m/s sebességet, ami biztosította a maximális reakzív erőt (250 kN), tehát a rakéta megkezdte a felszállást. Az üzemanyag fogyasztásával a tartályokban lévő nyomás csökkent, ami kedvezőtlen hatást gyakorolt a kiáramló gázsugár sebességére. Az állandó nyomás megtartására lettek telepítve a sűrített nitrogén palackok, amelyek mind az alkohol-, mind a gázgenerátor működéséhez szük-

séges tartályokkal összeköttetésben álltak, így biztosítva a felszálláshoz szükséges állandó tolóerőt. A hajtómű körülbelül 55 másodpercig működött. A levegőben való irányítást a korábban említett módon az aerodinamikai- és gázdinamikai kormányokkal oldották meg [39][40].

2.2.5 A V-2 statisztikai adatai

A meggyőző adatok ellenére egy rengeteg problémával küszködő fegyver volt. Például nem volt ritka a fedélzeti tűz, a rakéta szétesése a zuhanási szakaszban és egyéb meghibásodások. Közel 4 százalékanak a rakétáknak leállt a hajtóműve a kilövési szakaszban. Volt eset, hogy az emelkedés sem sikerült az állványról és csak ledőlt arról, vagy pár tíz méter után visszazuhant a kilövő helyre, vagy attól nem nagy távolságra. 6%-a az indított V-2-eseknek a levegőben robbant fel. Ennek oka a gyújtó idő előtti működése volt (elektromos zárlat), vagy az üzemanyagtartályok nem megfelelő szigetelése miatt túlhevült hajtóanyag. A hőmérséklet a rakéta légkörbe való visszatérésekor a sűrűlódás hatására gyorsan nőtt, ami nem csak a robbanást, hanem a rakéta szétesését is okozhatta. Hozzá kell tenni, ha a V-2 szerkezetileg tökéletes volt, a hőmérséklet nem okozott szétesési problémákat. Széthulláshoz vezetett még, ha a lövedék, zuhanás közben tengely irányú kilengést végzett, ezáltal meggyengítve önmagát. Statisztikai adat: 1152 darabot indítottak Londonra, amelyből 517 csapódott be a városban, vagy annak környékén. Alig több mint 45 százaléka. Ez a példa is bizonyítja, hogy a rakéta program gyakorpőben járt és az akkoriban legyártott darabok nem nagy határfokkal „üzemeltek” [6][39].

2.3 Későbbi fejlesztések

A V-2 is, a V-1-hez hasonlóan, a saját területén nagy technikai áttörést jelentett. Mivel a szövetségesek is nagy potenciált láttak a fegyverben, ezért a háború után, esetlegesen a háború közben zsákmányoltak belőle kellő mennyiségben, hogy a hidegháború idején minél többet ki tudjanak hozni a technikából. A 2-es számú megtorlófegyver így vált a ballisztikus rakéták elődjévé. Az Egyesült Államok, valamint a Szovjetunió volt az a két nagyhatalom, amely a legjobban erőltette a fejlesztést, azonban nem csak ők, de az Egyesült Királyság is szerzett magának a fegyverből.

2.3.1 Egyesült Királyság

A németek kapitulációja után a szövetséges erők megszállták Németországot és különböző ellenőrzési területeket hoztak létre. A britek által megszállt területen talált legyártott, de nem indított V-2-eseket (ezen a területen találták a legtöbbet) az Operation Backfire kódnév alatt kezdték tanulmányozni. Az volt a cél, hogy megismerjék azt a fegyvert, amely a háború idején őket sújtotta és rettegésben tartotta szinte az egész londoni lakosságot.

Mivel a brit tudósoknak viszonylag új keletű volt a technika, ezért a kísérletekhez az „A” programon dolgozó német tudósok segítségét vették igénybe és a vezetésével a Wernher von Braunt bízták meg (az „A” program vezetője is ő volt.). A tesztindításokra Cuxhavenben, egy Németország északi részén, az Elba torkolatánál fekvő városban került sor. Eredetileg nyolc darabot terveztek, de végül csak három darab került a levegőbe.

A rakétákból eltávolították a robbanóanyagot, és a helyére, hogy a tömege ne változzon homokot tettek. A festésén a hitelesség kedvéért nem változtattak, maradt a német mintázat, a fekete-fehér pingvin színezet. 1945. augusztus közepére meghatározták a művelet két fő feladatát:

- a komplett rakéta előállításának ismerete, valamint minden technikai és összeszerelési részlet és esetleges hibák lejegyzése, amely napvilágra kerül;
- a rakéta előkészítése, indítóállványra helyezése és az indítás utáni viselkedésének, repülésének megfigyelése ameddig és amennyire csak lehetséges.

Miután minden feladat tisztázásra került, 1945. szeptember 27-ére tűzték ki az első indítás időpontját, azonban a rossz időjárási körülmények közbeszóltak. Öt nappal később viszont minden egyezett, így kezdetét vehette a kísérletsorozat. Mindhárom indítás adatait táblázatba foglaltam:

Operation Backfire				
	Dátum	Elért magasság	Hatótávolság	Eredmény
1. indítás	1945. okt. 2.	69,4 km	249,4 km	Sikeres
2. indítás	1945. okt. 4.	17,4 km	24 km	Hajtómű meghibásodás röviddel az indítás után
3. indítás	1945. okt. 15.	64 km	233 km	Sikeres

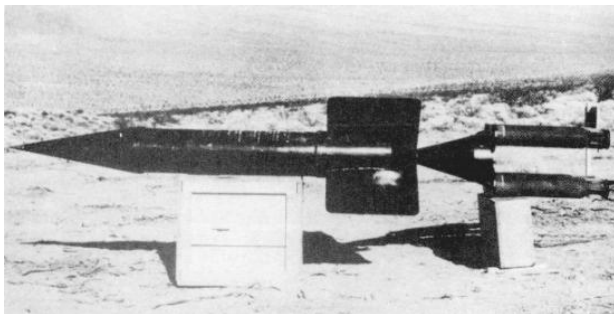
8. táblázat Operation Backfire [41]

A cél mindegyik esetben az Északi-tengeren egy meghatározott koordináta volt. A harmadik indítást úgy is emlegetik, hogy Operation Clitterhouse. Ezen az eseményen voltak jelen a legtöbben, sőt az Egyesült Államok, a Szovjetunió és Franciaország is küldött megfigyelőket. Mivel minden a terv szerint ment és a rakéta a célhoz elég közel csapódott be, ami abban az időben bőven a hibahatáron belülre esett, ezért a fegyver minden jelenlétét meggyőzően a működőképességéről. Ez lehetett az a mérőöldkő, amikor mind az USA, mind a Szovjetunió belátták, hogy a rakétafejlesztésnek van jövője és a V-2 egy kiváló alap lehet a saját programjuk megkezdéséhez [41][42][40].

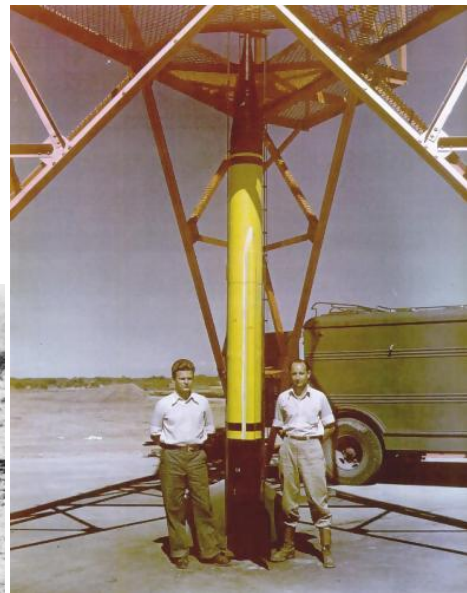
2.3.2 Egyesült Államok

A második világháború ideje alatt, Németországhoz hasonlóan, Amerikában is folytak rakéta kísérletek. Az első sikert az 1944-ben a Kaliforniai Technológiai Intézet (CIT) érte el a „Private A” megalkotásával. Ez nem volt más, mint egy kisméretű, szilárd hajtóanyagú rakéta, amellyel aerodinamikai tulajdonságokat és indítási alapelveket teszteltek. 1944 decemberében

24 darabot indítottak és vizsgáltak meg. A cél egy folyékony hajtóanyagú, föld-föld rakéta megalkotása volt, amely típusok a „Corporal” nevet kapták. Az első kutató rakéta a WAC Corporal (1947-től RTV-G-1) volt, amelyet 11 kg hasznos teherrel, tehát ennek megfelelő tömegű különböző műszerekkel tudtak ellátni. A repülési magassága 30 km volt. Az indító állvány elhagyása után nemirányítható rakétaként viselkedett, ugyanis a törzsre stabilizátorokon kívül mást nem szereltek fel. A repülés végén az orrkúp levált, amely alól egy ejtőernyő nyílt ki, biztosítva a műszerek biztonságos földet érését. Főként meteorológiai műszerekkel (rádiószondákkal) szerelték fel őket, azonban a kilövéseket 1946 közepén megszüntették, mivel ha a repülés sikeres is volt, a visszaérkezés a földre szinte mindig kudarcba fulladt. Voltak még kísérletek egy kisebb tömegű, átalakított típussal (WAC B), azonban ez sem vált jövedelmezővé. Pozitívum, hogy bár a program leállt, sok tapasztalatot sikerült gyűjteniük és a V-2-esek megjelenése, tanulmányozása után egy új irányba tudtak vele nyitni [43][44].



30. ábra Private A⁶³



31. ábra RTV-G-1 (WAC Corporal)⁶⁴

2.3.2.1 A Hermes projekt és a többlépcsős rakéták megjelenése

A Hermes projekt hivatalosan 1944-ben kezdődött, amikor a General Electric-et megbízták egy „család” új, hatásos harci, irányítható rakéta fejlesztésével. A fő ok nem volt más, mint a németek V-2-es csodafegyveréről való értesülés. A háború után mikor ezekből sikerült közel 100 darabot zsákmányolni, a következő típusok fejlesztése kezdődött meg, amelyek tervezése időben nagyrészt párhuzamosan futott.

⁶³ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/private.html> (2016.03.21.)

⁶⁴ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/rtv-g-1.html> (2016.03.21.)

Az első a Hermes A-1 típus (1948-tól CTV-G-5 majd RV-A-5), amely egy német terv, a Wasserfall (vízesés) befejezése volt. Ez nem lett volna más, mint a V-2-esnek egy légvédelmi rakéta változata, kisebb robbanófejjel (100 kg) és hosszal (7,45 m), hogy a tömeget csökkentsek. A stabilizátorokon kívül még a törzsön négy szárnyat is elhelyeztek. 1946-ban azonban, a Nike típusú rakéták (később részletezem) tervezése is megkezdődött, így a Hermes A-1-et csak különböző irányítási és vezérlő rendszerek tesztelésére használták. 1947–48-ban különböző alkotóelemeit a megszerzett V-2-es segítségével tesztelték, de hajtómű meghibásodások miatt az első sikeres indítására csak 1951. február 2-án került sor. A tesztek során kijelenthető, hogy a rádió-irányítási rendszer, az aerodinamikai karakterisztika és a folyékony üzemanyagú meghajtás is kielégítően működött. Kiseb fejlesztések után, főként a hajtóművön, 1951 közepétől az SSM-A-15 jelzéssel illették, és mint föld-föld rakéta tesztelték, de ennél tovább ez a változat sem jutott. 1951 októberében leállították ennek a típusnak a fejlesztését [59].

A Hermes A-2 nem volt más, mint az A-1-nek egy szárny nélküli föld-föld típusú változata. A teszt fázisban 1947-ben leállították, de 1948-ban újjáéledt, ahol célként egy alacsony költségvetésű, körülbelül 120 km-es kis hatótávolságú (SRBM⁶⁵) és szilárd hajtóanyagú rakéta fejlesztését tűzték ki célul. A nagyméretű ilyen típusú hajtóművek még gyerekcipőben jártak abban az időben, így erre fektették a nagyobb hangsúlyt. A meghajtás tesztelésére alakították ki az RV-A-10-est. Az 1950-ben kezdődött számos teszt után az első kilövés 1953-ban történt, amit még három másik sikeres indítás kísért, majd a program befejeződött. Az RV-A-10-es egy nemirányítható rakéta volt, de nagyon nagy áttörést jelentett a szilárd hajtóanyagú hajtóművek területén a nagyobb méretű rakéták számára, mivel sokkal megbízhatóbbá és biztonságosabbá tette azokat. Ilyen volt például az MGM-29 Sergeant. A szilárd hajtóanyag egyetlen hátránya közé sorolható, hogy nem lehet az égését szabályozni [63].

A Hermes A-3 fejlesztés 1947 végén vette kezdetét. Egy folyékony üzemanyagú föld-föld rakéta tervezetét foglalta magába, amely 450 kg-os robbanófejet képes szállítani, a pontossága pedig 240 km-es hatótáv esetében 60 m (szórási kör sugara). A folyamatos követelményváltozások miatt a megépítés lassan haladt és csak 1951-ben indult be, amikor a fejlesztést felosztották két részre: a Hermes A-3A (RV-A-8) ideiglenes tesztrakétára és a Hermes A-3B (SSM-A-16) harci rakétára, ami W-5-ös hasadáson nukleáris töltettel (47 kt) rendelkezett. Az A-3A-ból 1954 januárjáig hét darabot indítottak, de mindössze kétfő teszt járt teljes sikerrel. Mindezek ellenére a nagy teljesítményű, megbízható folyékony üzemanyagú hajtóműve és az inerciális navigációs rendszere a korszak legfejlettebb ballisztikus rakéta tervezetévé tette. Az

⁶⁵ SRBM: Short-Range Ballistic Missile (kis hatótávolságú ballisztikus rakéta) hatótávolságuk 1000 km alatti [93]

XSSM-A-16 ból, ami a Hermes A-3B prototípusa (kicsivel nagyobb méretekkkel rendelkezett), 1954 májusától novemberéig hat darabot indítottak, de közülük csak egy működött úgy, ahogy azt előre elvárták. Az A-3B volt az utolsó egyed a Hermes A programban, ami 1954-ben fejlődött be és ha nem is született egyetlen olyan fejlesztés sem, amelyet szolgálatba helyeztek volna a hadseregben, a későbbi rakéták szerkezeti megtervezésénél rengeteget merítettek ebből a programból (PGM-11 Redstone; MGM-29 Sergeant) [63].



32. ábra CTV-G-5⁶⁶



33. ábra RV-A-10⁶⁷



34. ábra RV-A-8⁶⁸

	CTV-G-5 (HermesA-1)	RV-A-10 (HermesA-2)	RV-A-8 (HermesA-3A)	XSSM-A-16 (HermesA-3B)
Hosszúság	7,77 m (25ft 6in)	6,17 m (20ft 3in)	8,74 m (28ft 8in)	10,16 m (33ft 4in)
Fesztáv	2,49 m (8ft 2in)	2,41 m (7ft 11in)	2,29 m (7ft 6in)	2,54 m (8ft 4in)
Átmérő	86 cm (34in)	79 cm (31in)	1,02 m (3ft 4in)	1,19 m (3ft 11in)
Tömeg	3025 kg	3530 kg	3780 kg	5370 kg
Sebesség	805 m/s	1110 m/s	1055 m/s	
Elért max. magasság	25 km	58 km	37 km	
Hatótáv	>65 km	109 km	105 km	
Meghajtás	Folyékony hajtóanyag (71 kN)	Szilárd hajtóanyag (142 kN)	Folyékony hajtóanyag (80 kN)	Folyékony hajtóanyag (100 kN)
Robbanófej	Nem volt			W-5 (47 kt)

9. táblázat Hermes programban készült főbb típusok harcászati-technikai adatai [63]

Az előzőekben csak egylépcsős rakétákról esett szó, azonban, hogy a minél nagyobb hatékonyságot elérjék ezen a területen, szükségszerű volt a többlépcsős rakéták megjelenése. A rakéta lépcső az, ami a röppálya egy meghatározott részén, tolóerőt előállítva működik, majd ezt követően leválik. Működésük gazdaságosabb, ugyanis a hajtóanyagot tartalmazó lépcsőt mivel leválik, nem

⁶⁶ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/ssm-a-16.html> (2016.03.22.)

⁶⁷ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/ssm-a-16.html> (2016.03.22.)

⁶⁸ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/ssm-a-16.html> (2016.03.22.)

kell tovább gyorsítani. Az első lépcső az, amit először gyűjtanak be és rendszerint az utolsó tartalmazza a hasznos terhet. A további fejlesztésekben már meg fog jelenni a többlépcsős kifejezés, ezért volt érdemes most tisztázni. A fogalom 1946 februárjában jelent meg először. Egy V-2 első- és egy WAC Corporal második lépcsőből álló kétlépcsős rakéta volt a cél. A Bumper (RTV-G-4) projekt elnevezést kapta és a Hermes programon dolgozók feleltek érte. A V-2 alig szenvedett változtatásokat, a WAC annál inkább, ezért kapta meg a Bumper WAC nevet. Az eredetileg három kisebb stabilizátor helyett négy nagyobb stabilizátorral szerelték fel, a leválás utáni nagyobb stabilitás érdekében. Indításkor a V-2 orrkúpjába voltak becsatlakoztatva. A második lépcső két kis méretű szilárd hajtóanyagú hajtóművel rendelkezett, amelyek giroszkóp-stabilizáló forgást hoztak létre a külső légkörben való repüléshez. A szétválási mechanizmus úgy zajlott, hogy a V-2 hajtóműve egy előre beállított sebességnél csökkentette a tolóerőt (gyorsulásmérő segítségével). Ezt követően a Bumper WAC egy parancsjelet kapott, ami begyűjtötte a szilárd hajtóanyagot. A V-2 lassulása és a második lépcső gyorsulása okozta, hogy a stabilizátorai kicsúszanak az orrkúpból és megkezdje önálló repülését. 1948. szeptember 30-án repült először, de kudarc övezte, mivel a szétválás közben hajtóműrobbanás következett be. Az első sikeres indítása 1949. február 24-én történt, amikor rekordot jelentő 393 km-es magasságot értek el. 1950-ben a leválást úgy időzítették, hogy akkor történjen mikor a szerkezet az ívelt röppálya tetején, szinte vízszintesen van. Ekkor a WAC közel 1461 m/s-os sebességet ért el (több mint négyszeres hangsebesség). A programot 1951 közepén átnevezték RV-A-4-re és inaktívvá tették [61][67][91].



35. ábra RTV-G-4 Bumper⁶⁹



36. ábra MGM-29 Sergeant⁷⁰

⁶⁹ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/rtv-g-4.html> (2016.03.22.)

⁷⁰ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-29.html> (2016.03.22.)

A Corporal program nem állt le és további fejlesztésekkel állt elő, de elsődleges célja nem a harci alkalmazás (az a Hermes projekt célja), hanem a kutatás volt, bár akadtak kivételek és meglepő módon ebben a programban szereltek fel először nukleáris robbanófejjel rakétát. A Corporal programot az MGM-29 Sergeant 1962-es megjelenése után kezdték leépíteni, és 1964-ben szűnt meg. Talán a legnagyobb úttörők ebben a programban az M2 és az M2A1 voltak, amelyek később az MGM-5A és MGM-5B nevet kapták. Harci alkalmazású rakéták voltak nukleáris robbanótöltettel, valamint új radar illetve rádió rendszerekkel látták el őket, az akkoriban új Doppler egységet is beleértve, ami magától értetődően a Doppler-effektus elvét használta fel [60][68].

	RV-A-4 Bumper	MGM-29 Sergeant	MGM-5A/5B
Hosszúság	17,25 m	10,5 m	13,8 m
Fesztávolság	V-2: 3,56 m WAC: 1,22 m	1,5 m	2,1 m
Átmérő	V-2: 1,65 m WAC: 30,5 cm	0,78 m	0,76 m
Tömeg	12800 kg	4570 kg	5000 kg
Sebesség	1460 m/s	szuperszonikus	972 m/s
Max. magasság	393 km	nincs pontos adat	40 km
Hatótávolság	-	46-140 km	48-130 km
Meghajtás	V-2: Folyékony h.a. (267 kN) kb. 70 sec WAC: Folyékony h.a. rakétahajtómű (6,7 kN)	Thiokol XM100 Szilárd h.a. (200 kN) 34 sec	JPL Folyékony h.a. 89 kN 64 sec
Robbanótöltet	-	W-52 fúziós (200 kt)	W-7 hasadásos (20 kt)

10. táblázat Az első fontosabb többlépcsős rakéták az Egyesült Államokban [60][67][68]

A Hermes B program 1946-ban indult. Célja egy torlósugár hajtóművel felszerelt föld-föld rakéta megtervezése volt, amely 450 kg-os robbanófejjel, 1600 km-es hatótávval és közel négyszeres hangsebességgel rendelkezik. Később emelkedtek az elvárások és a 450 kg helyett 2260 kg, az 1600 km helyett pedig 2400 km lett az elvárás. A 4 M-os terv bőven az akkori technika felett járt, így annak az elérése igényelte a legtöbb munkát. A kutatás így kettéágazott, a Hermes B-1 a torlósugár hajtóművel, a Hermes B-2 pedig a harci rakétatest megalkotásával foglalkozott. 1946-ban az Egyesült Államok létrehozta a német tudósok által vezetett Hermes II projektet, amelynek a feladata a Hermes B program támogatása. A projekt létrehozása kedvezően hatott, megalkottak egy rakétát (RTV-G-3; 1951 közepétől RV-A-3), amely egy V-2-es első- és egy torlósugár hajtóművel ellátott második lépcsőből állt („Ram” vagy „Organ” elnevezéssel illeték). A Ram egy kis szerkezet volt félig besüllyesztve az első lépcsőbe és nagy ék alakú szárnyakkal ellátva. A V-2-t megnövelt stabilizátorokkal látták el a nagyobb stabilitás érdekében. Az egész rakétát egy ívelt pályán tervezték indítani és miután a V-2 hajtóanyaga kiég, a különböző légellenállási tényezők miatt a Ram leválik róla. Mikor a második lépcső

érzékeli, hogy nem emelkedik tovább, működésbe lép a hajtómű, ami 1000 m/s-ra gyorsítja és egy speciális, újonnan kifejlesztett giroszkópos-inerciális stabilizációs és vezérlő rendszer tartja a pályáján. Ez elméletben tökéletesen hangzott, azonban az első tesztrepülés kudarcba fulladt. Ennek ellenére arra tökéletes volt, hogy hasznos információkat gyűjtöttek a többlépcsős rakétatervezésről. 1950-ig további három típust indítottak, valószínűleg azonban egyik sem hordozott „éles” torlósugar hajtóművet (a leválás után a Ram szabadon repült tovább), mivel a Hermes II projekt prioritása jelentősen lecsökkent. A Hermes B programban fellelhető más fejlesztésekről megbízható adatok nem állnak rendelkezésre [63].



37. ábra RTV-G-3⁷¹

RTV-G-3 (Hermes II)	
Hosszúság	V-2: 10,26 m; Ram: 5,44 m
Fesztávolság	V-2: 5,41 m; Ram: 4,65 m
Átmérő	V-2: 1,65 m; Ram: 1,29 m
Tömeg	V-2: 11 200 kg; Ram: 3200 kg
Sebesség	V-2: 1611 m/s; Ram: 1000 m/s
Max. magasság	V-2: 18 300 m; Ram: 20 000 m
Hatótávolság	>385 km
Meghajtás	V-2: Folyékony hajtóanyag (267 kN) Ram: torlósugaras hajtómű

11. táblázat Hermes II harcászati-technikai adatai [63]

A harmadik irány a föld-föld irányítható rakéták tanulmányozását és a hatótávolságuk növelését tűzte ki célul, ez volt a Hermes C projekt, ami 1946 júliusában vette kezdetét. Egy

⁷¹ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/ssm-a-16.html> (2016.03.26.)

háromlépcsős típust terveztek, ami két folyékony üzemanyagú hajtómű lépcsőből és egy vitorlázó részből állt, az össztömege pedig 110 000 kg lett volna. Az első lépcsőn hat hajtóművet helyeztek el, amelyek összes tolóereje 2670 kN, a második lépcső egy szimpla hajtómű volt 444 kN tolóerővel. Mindkettő 60 másodperces működésre tervezve. A harmadik lépcső szállította volna a 450 kg tömegű robbanófejet 3200 km-es távolságra. A vitorlázó részre olyan részeket terveztek, amelyek az aerodinamikai felhajtóerőt biztosították volna a légkör felső rétegeiben. Ez az egész tervezet csak papírra lett vetve, nem építették meg, mivel akkoriban nem álltak rendelkezésre ehhez megfelelő technikai megoldások. 1950-ben ezen terveket is felhasználva alkották meg a PGM-11 Redstone-t, az USA első harci alkalmazású, kis hatótávolságú ballisztikus rakétáját, ami nagy hatással volt a későbbi amerikai űrprogramra. A főbb fejlesztései 1952-ben történtek és ugyanezen év októberében lett befejezve. Az első indítása 1953-ban történt. Az alapját képezte a Juno I-nek, amivel az első amerikai műholdat juttatták az űrbe és nagy szerepet vállalt a Mercury-Redstone szuborbitális repülés programban, ami az emberek űrrepüléséhez vezető technikához, a Mercury-Atlas rakétákhoz vezetett. Az előállított Redstone-okból sokat átalakítottak Jupiter A és Jupiter C tesztrakétákká, hogy elősegítsék a PGM-19 Jupiter közepes hatótávolságú ballisztikus rakéta (MRBM⁷²) fejlesztését. A PGM-11 1964-ben lett kivonva a szolgálatból, és a sokkal egyszerűbben kezelhető szilárd hajtóanyagú, szintén kis hatótávú ballisztikus rakéta, az MGM-31 Pershing váltotta fel [62][63][64][65][66].



38. ábra PGM-11 Redstone⁷³



39. ábra PGM-19 Jupiter⁷⁴



40. ábra MGM-31 Pershing⁷⁵

⁷² MRBM: Medium-Range Ballistic Missile (közepes hatótávolságú ballisztikus rakéta) hatótávolságuk 1000-3000 km közé esik [93]

⁷³ Forrás: <http://www.panoramio.com/photo/118112924> (2016.04.10.)

⁷⁴ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/PGM-19_Jupiter#/media/File:Juno_II_rocket.jpg (2016.04.10.)

⁷⁵ Forrás: http://www.b14643.de/Spacerockets/Diverse/Pershing_MRBM/index.htm (2016.04.10.)

	PGM-11 Redstone	PGM-19 Jupiter	MGM-31 Pershing
Hosszúság	21,1 m (69ft 4in)	18,3 m (60ft)	10,5 m (34ft 7in)
Fesztáv	3,66 m (12ft)	nincs adat	nincs adat
Átmérő	1,78 m (70in)	2,67 m (8ft 9in)	1,02 m (40in)
Tömeg	27 800 kg	49 800 kg	4655 kg
Max. magasság	92 km	610 km	nincs adat
Sebesség	1872 m/s (5,5 Mach)	4470 m/s (13 Mach)	2722 m/s (8 Mach)
Hatótáv	325 km	2980 km	740 km
Meghajtás	Folyékony h.a. (347 kN)	Rocketdyne LR79 Folyékony h.a. (666 kN)	1. lépcső: szilárd h.a.; Thiokol TX-115 115 kN; 38,3 sec 2. lépcső: szilárd h.a.; Thiokol TX-175 85 kN; 39 sec
Robbanó töltet	W-39 fúziós (4 Mt)	W-49 fúziós (1,45 Mt)	W-50 fúziós (400 kt)

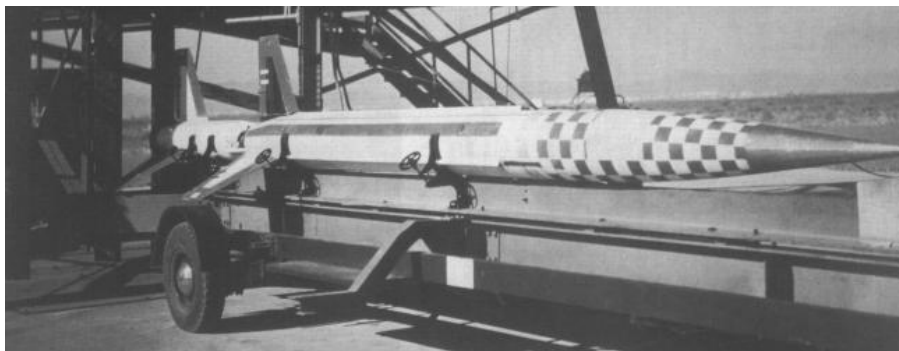
12. táblázat Redstone, Jupiter, Pershing harcászati-technikai adatai [64][65][66]

2.3.2.2 Aerobee fejlesztések

A megszerzett V-2-eseket nem csak általános rakétafejlesztési kísérletekre használták, hanem nagy magasságú tudományos kutatásokra is. A korábban említett típus, a WAC Corporal elé kitűzött célt próbálták elérni, habár az A-4-es nem éppen egy alacsony költségvetésű rakétának felelt meg. A programot az Amerikai Haditengerészet Fegyverzeti Hivatala (U.S. Navy Bureau of Ordnance – BuOrd) finanszírozta, és az első kifejlesztett típust, az RTV-8 (később RTV-N-8) Aerobee-t 1946 májusában be is mutatták. Nem volt más, mint egy kétlépcsős, folyékony hajtóanyagú, forgással stabilizált rakéta, amely felszállását egy szilárd hajtóanyagú gyorsító rakéta biztosította. Egy magas indító toronyra is szükség volt, hogy egészen addig „irányítsa” a rakétát, amíg a sebesség elég nagy lesz ahhoz, hogy a stabilizátorok működésbe lépjenek. A gyorsítót két és fél másodperces kiégése után a rakéta, könnyítésül elhagyta. 120 km-es magasságig jutott, 68 kg hasznos teherrel, ami nagy előrelépés a Corporalhoz képest és plusz előnye, hogy a repülés után az orrban elhelyezett tudományos műszerek és a telemetrikus adó a repülés után sértetlenül földet ért egy ejtőernyő segítségével. 1947 novemberében volt az első „nem teszt” indítása és egészen 1950-ig széles körben használták a katonai kutatási ügynökségek.

Az Aerobee-nak a későbbiekben számos változata látott napvilágot, a megnevezésük pedig függött attól, hogy hol voltak használatban. Az „N” jelzés a haditengerészetet (Navy), az „A” jelzés a légierőt (Air force) jelzi. Az RTV-N-8-at (Aerojet: XASR-1) szinte azonnal követte a RTV-N-10 (Aerojet: XASR-2; Légierő: RTV-A-1). Abban különbözött elődjétől, hogy az üzemanyagtartályban lévő nyomást nem levegővel, hanem héliummal tartották fent. Ezt követte az RTV-A-1a/RTV-N-10a, ami 18 kN tolóerővel rendelkezett, bár rövid ideig tudta fenntartani (használt gyorsítót, de a leírt tolóerőt a folyékony hajtóanyagú hajtómű biztosította), az RTV-A-1b ahol egyfajta kémiai anyagot használtak levegő és hélium helyett, majd az RTV-A-

1c az első, ami nem használt gyorsító rakétát. A sort az RTV-A-1d zárja, amely az előzőek kombinációjaként értelmezhető, mivel 18 kN tolóerővel rendelkezett, kémiai anyagot használt a nyomás fenntartására és nem volt szüksége gyorsítóra. A haditengerészetben is megjelentek fejlesztések (RTV-N-10b; RTV-N10c), de ezek kimagasló eredményt nem értek el.



41. ábra RTV-A-1⁷⁶

Az ezután következő jelentősebb fejlesztés az Aerobee-Hi, ami 1955-ben repült először. Hosszabb hajtóanyag tartállyal rendelkezett, mint elődei és a hajtóműve is sokkal hatékonyabbnak bizonyult. Nagyobb stabilizátorokkal rendelkezett, hogy a repülés közbeni stabilitását növeljék. A hasznos teher nem változott, maradt 68 kg, viszont az elérhető magasság igen. A légierőnél fejlesztett típus (nem kapott különösebb elnevezést) 240 km-es magasságig, a haditengerészetnél (RV-N-13) pedig, ami egy kicsivel hosszabb volt, 270 km-ig jutott. Mint a korábbi típusoknál, itt is megjelent az „a” és „b” változat, de érdemlegesen többre nem voltak képesek. 1959-ben a NASA, hogy „szabványosítsa” a rakétát, az Aerobee 150 nevet adta neki, amely csak kisebb módosításokkal tért el a légierős változattól. Az utolsó változata az Aerobee 150A volt. Két változtatásban tért el elődjétől: a hajtóanyag tartály belső elrendezésében és három-három helyett, négy-négy stabilizátorral rendelkezett, mind a gyorsító rakétán, mind a rakétatörzsön [45].

Aerobee 150	
Hosszúság	7,2 m (23 ft 7,6 in) – gyorsító nélkül 9,06 m (29 ft 8,6 in) – gyorsítóval
Átmérő	38 cm (15 in)
Fél-fesztávolság (középvonalhoz viszonyítva)	79 cm (31 in)
Tömeg (gyorsító nélkül)	590 kg (1300 lb)
Gyorsító rakéta tömege	260 kg (575 lb)
Sebesség	1902 m/s (4260 mph)
Maximum magasság	240 km (150 miles)
Hajtómű – folyékony hajtóanyag	Aerojet AJ11-6 ; 18 kN 42 mp-ig
Gyorsító rakéta – szilárd hajtóanyag	Aerojet X103C10 ; 80 kN 2,5 mp-ig

13. táblázat Aerobee 150 harcászati-technikai adatai [45]

⁷⁶ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/n-2.html> (2016.04.13.)

Több mint 800 rakétát indítottak az Aerobee típusokból 1947. és 1985. között. Kijelenthető, hogy ezek voltak az első általános rendeltetésű, nagy magasságokba eljutó kutató rakéták. Egyik nagy hátránya a folyékony hajtóanyag volt, ami veszélyessé és drágává tette, valamint ennek köszönhetően hajóról sem lehetett indítani. A másik hátrány a nagy indítóállvány szükségessége volt. Ezek kiküszöbölésére jelentek meg később a szilárd hajtóanyagú kutató rakéták, amelyeknek jeles képviselői az Aerobee 170, 300 és 350.

Az Aerobee 300-as (Spaerobee vagy Sparrowbee) nem volt más, mint egy 150-es (gyorsítóval együtt) és egy hozzá csatlakoztatott szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű. Ugyanaz a hajtómű, amit az AIM-7 Sparrow közepes hatótávolságú⁷⁷ légiharc rakéta is használt. A rakéta áramvonalas orra, amely maga a hasznos terhet szállította, kisebb átmérővel rendelkezett (165 mm), mint a törzs (380 mm). A törzsvéget is módosították úgy, hogy egy kúpban végződjön, ezáltal kettős feladatot tudjon ellátni: egy köztes adapter szerepét a lépcsők között; és nagy magasságokban a fúvóka funkcióját. A hasznos teher 45 kg volt és 300 km-es magasság fölé tudta repíteni (415 km volt a rekord). Összesen 38 darab került indításra 1965-ig a NASA, haditengerészet és a légierő által, ebből hét darab Aerobee 300A, amely mindössze annyiban különbözött a 300-astól, hogy az első lépcső a négy stabilizátorral rendelkező Aerobee 150A volt [46].



42. ábra Aerobee 300A⁷⁸



43. ábra Aerobee 170⁷⁹

Amit még meg kell említeni az Aerobee 170 és a 170A. Ezeket a típusokat Nike Aerobee-nek is nevezték, mivel a második lépcsőben lévő 150A gyorsító rakétáját Nike típusú

⁷⁷ A légiharc rakéták felosztása hatótávolságuk szerint teljesen más adatok szerint történik, amire szakdolgozatomban nem térek ki.

⁷⁸ Forrás: <http://www.turbosquid.com/3d-models/3d-model-sounding-rocket-aerobee-300a/889012> (2016.04.16.)

⁷⁹ Forrás: <http://www.turbosquid.com/3d-models/sounding-rocket-aerobee-170-3d-model/845166> (2016.04.16.)

gyorsítóra cserélték (a Nike típusokat később részletezem). A magasság, amelyet átlagban elértek 200 km volt, a legmagasabb érték pedig 270 km. 1983-ig 138 darabot indítottak, elsődlegesen a NASA, de katonai kutató csoportok is használták [47].

2.3.2.3 Nike projekt és a hozzá kapcsolódó fejlesztések

A folyékony hajtóanyagú rakéták leváltására azonban nem csak az Aerobee későbbi típusai szolgáltak. 1945-ben Amerikában elkezdtek egy új típusú szilárd hajtóanyagú meghajtást tesztelni. A hajtómű csöves töltettel rendelkezett, amely egy kör keresztmetszetű csatornával ellátott hengeres test volt. Az égés belülről kifelé haladt, ezáltal csökkentve a törzs burkolatának hőterhelését, lehetővé téve annak könnyítését, vékonyítását. Az első rakéta, ami ezzel a meghajtással repült a Deacon volt 1947-ben. Főként szuperszonikus rakéták és repülők makettjeinek az aerodinamikai tesztelésére használták, de voltak olyanok, amelyeket léggömbök segítségével juttattak a levegőbe és nagy magasságú kutatásokat végeztek vele. A léggömbös megoldás nem volt hosszú távú, mivel kiszámíthatatlan volt és nagyon nagy magasságokba képtelen volt feljuttatni a műszereket. Ekkor jött képbe a Nike típusú gyorsító rakéta (1954), amely sokkal jobb megoldás volt a problémára. A Nike egy olyan szilárd hajtóanyagú gyorsító rakéta, amely mind kutató, mind pedig légvédelmi rakétákon nagyon elterjedt és nem csak az Egyesült Államok területén belül, hanem szerte a világban, köszönhetően a megbízható működésének. Ez jelentősen felülszárnyalta a léggömbös megoldást, megalkották a Nike-Deacon-t, egy kétlépcsős, szilárd hajtóanyagú kutató rakétát. A gyors fejlesztésnek köszönhetően ebből a típusból mindösszesen 20 darabot indítottak, amikkel az UV és röntgen-sugárzásokat mérték a magas légrétegekben [48][49].

A következő nagy áttörés, a Deacon továbbfejlesztett változata a Nike-Cajun (TE-82-es rakéta Nike gyorsítóval) volt. A törzs végén négy szimmetrikusan elhelyezett stabilizátor volt a Nike-, és a Cajun lépcsőn egyaránt. Első indítása 1956-ban történt. Attól függően, hogy milyen magasságokba szerették volna eljuttatni 4,5 kg és 45 kg között változtatták a hasznos tömeg nagyságát. Széles skálája a különböző műszereknek szerepelt hasznos teherként, ezáltal használták általános magas légköri kutatásokra, mágneses tér vizsgálatra, időjárási viszonyok elemzésére, ionoszféra és csillagászati megfigyelésekre. 1963-ban PWN-3A-ra keresztelték ezt egy nagyon sokoldalú és sikeres rakétát, amelynek az utolsó indítása 1976-ban történt a NASA által [50].



44. ábra PWN-3A/Nike-Cajun⁸⁰

PWN-3A/Nike-Cajun	
Hosszúság	7,7 m (25 ft 3 in)
Átmérő	1. lépcső: 41,9 cm (16,5 in) 2. lépcső: 16,5 cm (6,5 in)
Stabilizátor fesztávolság	1. lépcső: 1,51 m (59,5 in) 2. lépcső: 0,63 m (25 in)
Tömeg	700 kg (1550 lb)
Sebesség	1877 m/s (4200 mph)
Repülési magasság	>160 km (100 miles)
Meghajtás	1. lépcső: szilárd hajtóanyag; 246 kN; 3 mp 2. lépcső: szilárd hajtóanyag; 37 kN; 2,8 mp

14. táblázat Nike-Cajun harcászati-technikai adatai [50]

Mint az előzőekben említettem, a Nike típus nem csak kutató, hanem légvédelmi rakétának is egy fontos részét képezte, sőt eredetileg egy olyan katonai projekt volt, amelyben légvédelmi rakétákat terveztek a látómezőn belüli ellenséges repülőgépek megsemmisítésére. Az első próbálkozás egy nemirányítható rakéta volt a program keretein belül 1946-ban, amely még folyékony hajtóanyaggal rendelkezett. 1951-ben egy QB-17-es, célként szolgáló drónon hajtották végre az első elfogást. Változtatásokat, fejlesztéseket eszközölve megjelent a SAM-A-7-es, amely a világ első harci alkalmazású, légvédelmi irányítható rakétája volt. A háború után 1953-ban kezdődött meg a fejlesztése, mikor realizálásra került az a tény, hogy a jövőbeli gyors, nagy magasságokban repülő bombázók, vadászrepülőgépek elleni védelem csak ilyen típusú rakétákkal lehetséges a földről. A hadsereg által később M1-re lett átnevezve, majd 1956-ban kapta

⁸⁰ Forrás: <http://www.designation-systems.net/dusrm/n-3.html> (2016.04.16.)

meg a Nike Ajax nevet. Parancsirányítású rendszert használt. Célfelderítő radarral (LOPAR⁸¹) volt felszerelve, amely információkat gyűjtött a lehetséges nagy távolságú célokról, majd ezeket az információkat továbbította a célkövető radarnak (TTR⁸²). Ezek mellett egy másik radar (MTR⁸³) maga a rakéta repülési pályájáról küldött információkat egy számítógépnek, amely összevetve ezt a TTR által küldött információkkal kiszámította az elfogáshoz szükséges pályagörbét, majd ezt követően megfelelő pályamódosítási parancsokat küldött vissza a rakétának. A három, nagy hatóerejű robbanóanyagot tartalmazó, repeszekkel ellátott harci rész (orr, középrész, hátsórész) földi parancsra detonált, mikor a cél és a rakéta pályája találkozott. Hátránya volt a rendszernek, hogy egyszerre csak egy cél befogására volt alkalmas. Egyéb nem jövedelmező tulajdonsága a folyékony üzemanyag meghajtású hajtómű volt a benne a rendkívül mérgező hajtóanyaggal, valamint a komponenseinek a nagy mérete lehetetlenné tette a mobilitást, így egy fixen rögzített légvédelmi rendszer volt. 1963-ban volt az utolsó indítása, ezután hamar felváltotta a sokkal fejlettebb MIM-14/Nike Hercules és a LIM-49/Nike Zeus [51].

A Nike Hercules (egyéb nevei: SAM-A-25/Nike B; M6; MIM-14A/B/C) volt az egyetlen nukleáris töltettel (2–40 kt hatóerejű) rendelkező légvédelmi rakéta az amerikai hadseregben. 1952-ben kezdődött a fejlesztése és a fő cél az volt, hogy sokkal nagyobb teljesítménnyel bírjon mint az Ajax, de ugyanúgy használhatóak legyenek hozzá a földi berendezések. Maga a struktúrája úgy épült fel, mintha négy Ajax rakétát szereltek volna össze, ugyanis annak a négy darab gyorsítójával és az eredeti tervezésben, ugyanennyi második lépcsőben alkalmazott folyékony üzemanyagú hajtóműjével volt felszerelve. Az első sikeres drón elfogása 1956-ban történt. 1955-ben benyújtottak egy tervezetet, miszerint a második lépcsőben lévő hajtóműveket veszélyessége miatt szilárd hajtóanyagúra cseréljék és ennek köszönhetően 1957-ben már azzal repült a Hercules. Parancsirányítási rendszere teljesen megegyezett az elődjével. 145 darabot állítottak rendszerbe, azonban 1964-től fokozatosan elkezdték kivonni őket a nukleáris robbanófeje miatt, az utolsót 1974-ben [52].

Alig érkezett meg a Hercules, a fejlesztők rögtön a továbbfejlesztésén gondolkodtak, egy olyan rakétán, amely képes hiperszonikus vadászgépek és ballisztikus rakéták elfogására. A projekt neve Nike II volt eredetileg, de 1956-ban megkapta a Nike Zeus jelzést. A légkörön belüli elfogásokra volt tervezve, a légkörön kívül nem tudott volna sikeres bevetést végrehajtani. A „Zeus A” egy fejlettebb változat volt, aminek a hatótávolságát növelték, azonban még mindig csak a légkörön belül volt bevethető. Ugyanazzal az irányítási rendszerrel rendelkezett,

⁸¹ LOPAR: LOw Power Acquisition Radar (alacsony energiájú célfelderítő radar)

⁸² TTR: Target Tracking Radar (célkövető radar)

⁸³ MTR: Missile Tracking Radar (rakéta repülési pályát elemző radar)

mint a Hercules és képes lett volna ez is 20 kt erejű nukleáris töltet hordozására. 1957-ben feloldották a rakéták hatótávolságának korlátozását (a Sputnik kilövése után) és a fejlesztés erőteljesen a légkörön kívüli ballisztikus rakéták elleni védelemre összpontosult (Nike Zeus B).

A Zeus B (később: XLIM-49A) egy teljesen új rakéta volt, csak az irányítási rendszerben és az első lépcsős gyorsítóban egyezett meg a Zeus A-val. Mivel az űrben való elfogásokra tervezték, nagy manőverező aerodinamikai kormányokra nem volt szüksége, ezért speciálisan a harmadik lépcsőt kicsi fúvókákkal látták el, amelyek lehetővé tették az űrben való manőverezést. 1961-ben volt az első kilövés, ami sikeresnek bizonyult, ugyanúgy, mint az 1963-tól a légkörbe visszatérő szerkezeteknek (általában kutató rakéta fejrészeknek) a megsemmisítése a levegőben. 1963 májusában egy szovjet műholdat semmisített meg, amely után 1966 májusáig mindig készülségben volt egy nukleáris töltettel ellátott rakéta, egy esetleges újabb szovjet műhold megsemmisítésére. A Zeus-ból alakult még ki a Nike X, amelyet konkrétan tengeralattjárókról indítható ballisztikus rakéták ellen terveztek és ami az utolsó Nike fejlesztés volt, ugyanis e típusok hatékonysága jelentősen lecsökkent az interkontinentális ballisztikus rakéták megjelenésekor [53][54].



45. ábra Nike Zeus A⁸⁴



46. ábra Nike Zeus B⁸⁵

⁸⁴ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/LIM-49_Nike_Zeus#/media/File:Nike_Zeus_A_test_launch.jpg (2016.04.18.)

⁸⁵ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/LIM-49_Nike_Zeus (2016.04.18.)

	Nike Zeus A	Nike Zeus B
Hosszúság	13,5 m (44 ft 3 in)	14,7 m (48 ft 4 in)
Legnagyobb fesztávolság	2,98 m (117,6 in)	2,44 m (96 in)
Átmérő	0,91 m (36 in)	
Tömeg	4980 kg (11 000 lb)	10 300 kg (22 800 lb)
Sebesség	>4 Mach	
Maximális magasság	nincs pontos adat	280 km (174 miles)
Hatótávolság	320 km (200 miles)	400 km (250 miles)
Meghajtás	2 szilárd hajtóanyagú rakéta lépcső 1. lépcső: 1800 kN tolóerő	3 szilárd hajtóanyagú rakéta lépcső 1. lépcső: 2000 kN tolóerő
Robbanó töltet	W-31 – hasadásos (20 kt)	W-50 – fúziós (400 kt)

15. táblázat Nike ZeusA/B harcászati-technikai adatai [54]

2.3.2.4 Modern rakétatechnika

Az idő előrehaladtával a tervezés nem állt meg. A zavaró jelekre való érzékenység csökkentése, valamint az egyszerre több célt is befogni képes rendszerek fejlesztése egyre tökéletesebb rakétákat szült. Megjelentek az interkontinentális ballisztikus rakéták (ICBM⁸⁶), amelyek már több mint 5500 km-es hatótávolsággal rendelkeztek és a nagy részük nukleáris robbanófejjel volt/van ellátva. Az első ilyen rakéta az SM-65-ös volt, ami az amerikai Atlas programban készült 1959-ben, először a műholdak ürbe juttatására használták, később, mint harci rakéta. Néhány forrásban másfél lépcsős szerkezetnek számítják, mivel indításnál mindkét lépcsőben lévő hajtóanyagot begyűjtik, csak a gyorsító mikor kiégett leválik a törzsről. Szakmailag egy kétlépcsős rakétáról van szó, mivel a másfél nem értelmezhető. 1964-ig volt szolgálatban [55][58].

SM-65 Atlas (harci alkalmazásban)	
Magasság	25,15 m (82,5 ft)
Szélesség	4,9 m (16 ft)
Átmérő	3 m (10 ft)
Tömeg	117 900 kg (267 000 lb)
Gyorsító rakéta	Max. tolóerő: 1600 kN Hajtóanyag: Folyékony (RP-1/LOX)
Első lépcső	Tolóerő: 270 kN (RP-1/LOX)
Robbanó töltet	W-49 (1,44 Mt)

16. táblázat SM-65 Atlas harcászati-technikai adatai [55][56]

A hidegháború szülte fegyverkezési és kutatási versenyfutásnak köszönhetően a Szovjetunió és USA között, nagyon gyors ütemben fejlődtek az interkontinentális ballisztikus rakéták. Az Atlas program, a Titan I, II, a Minuteman I, II az Egyesült Államokban mind erről árulkodik. Ezeket a típusokat már kivonták, inaktív státuszba kerültek. A jelenleg még aktív, bármikor kilőhető ICBM az ország területén a Minuteman III és az UGM-133/Trident II. Az utóbbi egy tengeralattjáróról indítható típus, aminek a hatótávolsága 8000 km. A Minuteman III az első olyan

⁸⁶ ICBM: InterContinental Ballistic Missile (interkontinentális ballisztikus rakéta) hatótávolságuk 5500 km-nél nagyobb [93]

rakéta, amit MIRV⁸⁷ rendszerrel láttak el, amely azt jelenti, hogy a ballisztikus rakéta több robbanófejet hordoz és egy helyett több célra képes ezeket indítani. A Minuteman III három robbanófejet képes szállítani, amelyek egyenként 170 kt robbanóerővel rendelkeznek. A Trident II-es 14 darab szállítására is képes, egyenkénti robbanóerejük 475 kt körül mozog [75][80].

A fejlesztések sikerességét nem csak a harci alkalmazások, hanem az űrkutatási eredmények is igazolják. Például az űrsiklók, amelyek űrbe juttatásához szintén elengedhetetlen a rakéatechnológia. Az első amerikai űrhajós Alan Shepard volt 1961. május 5-én a Mercury program keretein belül. Később az Apollo program (Apollo-11, Neil Armstrong–Holdra szállás, 1969. júl. 21.) 1972-ig, majd a Space Shuttle űrrepülőgép program. Itt jelent meg először az orbiter, vagy űrsikló, amely rakéta módjára, függőleges állásban szállt fel és siklórepülő módjára szállt le [57].



47. ábra SM-65 Atlas⁸⁸



48. ábra Space Shuttle Atlantis⁸⁹

⁸⁷ MIRV: Multiple Independently targetable Reentry Vehicle (önállóan célra irányítható robbanófej)

⁸⁸ Forrás: <http://www.britmodeller.com/forums/index.php?/topic/77279-convair-sm-65-atlas-icbm/> (2016.04.23.)

⁸⁹ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Atlantis#/media/File:STS122_Atlantis.jpg (2016.04.23.)

2.3.3 Szovjetunió

Az egész űrutazás elmélete az első világháború előtről Konsztantyin Ciolkovszkij-től ered, aki műveiben már tett megjegyzéseket többlépcsős rakétákról. 1931-ben megalakult a GIRD⁹⁰, amely csoport a reaktív erő által létrehozott mozgást, tehát tulajdonképpen a rakétamozgást tanulmányozta. Ők indították az első szovjet folyékony hajtóanyagú rakétát, a GIRD-09-est 1933. augusztus 17-én, ami 400 m-re emelkedett. Ezután megalkották a GIRD-X-et, amiben sikeresen megoldották a rakéta égőterének hűtését azzal, hogy a folyékony oxigént a befecskendezés előtt annak a falának belsejében keringették. A V-2-esnél is ezt a technikát használták. A GIRD-X 2,2 m hosszú, 30 kg tömegű volt és 2 kg hasznos teher 5,5 km magasságra való juttatására volt képes. Ezek után jelentős fejlesztés nem történt egészen a V-2 megjelenéséig [70].

A háború vége után, 1945 közepén kerültek aláírásra a különböző megegyezések, szerződések a szövetséges hatalmak között az elfoglalt területeken lévő javak elosztásáról. Az Operation Osoaviakhim „hadművelet” alatt 1946-ban a szovjetek több mint 2000 német tudóst toboroztak, hogy most már az ő munkájukat, eszközeiket fejlesszék. Az emberek mellett a német technikákból is sokat zsákmányoltak, így került a kezükbe többek között a második számú megtorlófegyver, a V-2-es rakéta terve is. A fejlesztések azonnal megkezdődtek, ugyanis nem akartak lemaradni az Egyesült Államoktól semmilyen területen a hidegháború ideje alatt [69].

Az első orosz ballisztikus rakéták egytől-egyig a német technika felhasználásával készültek. Az elnevezéseik logikusak, nagyon jól nyomon követhető a fejlődésük. A program az „R” jelzést kapta⁹¹, azonban ezeket az elnevezéseket nyugaton nem használják, mert ott teljesen más névvel illették a szovjet típusokat. A szovjet rakétagyártás és fejlesztés vezető mérnöke, tervezője Sergei Korolev volt egészen 1966-os haláláig.

Az első az R-1-es (NATO név: SS-1 Scunner) volt, ami a legjobban hasonlított a V-2-esre. A meghajtás teljesen ugyanaz volt, kis különbség mindössze a rakéta alakjában volt. 30 tesztindítást követően 1950-ben állították rendszerbe. Jó mobilitással rendelkező fegyver volt, amit már a németek is kihasználtak. Összesen 785 kg hagyományos robbanóanyag szállítására volt alkalmas 270 km-es hatótávval, a szórási körének a sugara 5 km volt, ami elég nagy-nak mondható. A Szovjetunió Tudományos Akadémia Fizikai Intézetében lévő tudósok felismerve a lehetőséget a fegyverben, lehetőséget kaptak különböző műszereknek a magasba juttatására, hogy ez által kutatásokat végezzenek. Ezeket a vizsgálatokat az R-1A-szérián belül teheték meg, amelyet eredetileg különböző robbanófejek tesztelésére használtak. Összesen hat

⁹⁰ GIRD: Gruppy Izucsenyija Reaktyivnovo Dvizsenyija - a rakéták és rakétahajtoművek kifejlesztésére és tanulmányozására létrehozott, több csoportból álló tudományos és kísérleti szervezet.

⁹¹ Az orosz „pokera” szóból ered, ahol a cirill „P” az „R” betűnek felel meg.

darabot indítottak, amelyből az utolsó kettő végzett magas légköri kutatásokat. A műszereket a rakéta farok részén egy konténerben helyezték el. Amikor a rakéta elérte magasságának csúcspontját (kb. 100 km) a hajtómű leállt, a konténer levált és ejtőernyővel ért földet. Ennek mintájára később számos kutató rakéta épült (R-1B; R-1V; R-1D; R-1E), amelyeket a kozmikus sugárzásnak, a Nap UV spektrumának, a magas légköri szeleknek és egyéb légköri jelenségeknek a megfigyelésére, mérésére használtak. Különböző élőlényeknek a magasba juttatásával is kísérleteztek már ebben az időben, előkészítve a terepet az emberi űrutazásra [39][71].

A következő a sorban az R-2 (NATO név: SS-2 Sibling). Méreteiben nagyobb volt elődjénél és több mint kétszerese volt a hatótávolsága (600 km), de még mindig kis hatótávolságú ballisztikus rakétának számított. Rádióirányítási rendszerrel szerelték fel, aminek hatására ugyanazt a pontosságot érték el, mint az R-1-nél, azonban kétszer akkora távolságból. Az irányítási rendszer modulát áthelyezték a hajtóanyagtartály elől a folyékony oxigén tartály mögé, közvetlenül a hajtómű elé. Ezzel megkönnyítették a kilövés előtti előkészületeket és hogy védjék a rezgésektől, a farokkúp borítását alumíniumról, acélra cserélték. A robbanófej levált a légkörbe való visszatérés fázisa előtt, megoldva ezzel a borítás erősségének problémáját. A probléma abból fakadt, hogy kellő erősségű borítás kellett, azaz kellően vastag, hogy megelőzzék a túlmelegedés hatására a rakéta idő előtti robbanását. Mivel a robbanófej levált, elég volt az orr-részt megvastagítani, a rakéta törzse könnyíthető lett, csökkentve ez által az egész tömeget, ami rakétáknál mindig elsődleges szempont. 1953-ban nagy számban állították rendszerbe. Ennél a típusnál tesztelték a radioaktív folyadékkal szennyezett robbanófejet, ami nem becsapódáskor, hanem egy bizonyos magasságon detonált, radioaktív esőt, szennyezést okozva a területen („piszkos bomba”). Érdekességként meg kell említeni, hogy a hajtóanyagot etanolról metanolra cserélték, mivel előfordult, hogy a személyzet megitta azt. Mint elődjének, az R-2-nek is volt kutató rakéta változata (R-2A), amelyet már 200 km-es magasságokra juttattak. A konténeres verzió nem változtattak, a műszerek ugyanúgy a farok-résznél voltak elhelyezve, majd ejtőernyővel értek földet, valamint folytatódottak az élőlények utaztatásai nagy magasságokba. 1957-ben a Szovjetunió egy megállapodást írt alá Kínával, amely engedélyezte az R-2 gyártását abban az országban is. Kína rakéta programjáról ettől az évtől beszélhetünk [39][72].

Az R-3-ast egy nagy-hatótávolságú rakétának tervezték és 3 tonnás atomtöltetet hordozhatott volna több mint 3000 km távolságra. Csak tervezet maradt, gyakorlati megvalósítására nem került sor, ennek ellenére nagy befolyással volt a későbbi fejlesztésekre, és inspirálta a kutatókat és a vezetőket a rakétaipar kiterjesztésére. A tervet, mint egy 3000 km hatótávolságú rakéta az R-5 és az R-11 típusokkal valósították meg.

Az R-7 típus (NATO név: SS-6 Sapwood) lett a legelterjedtebb és ezt használták a legzéleskörűbben is. Az R-7 Semjorka volt a világ első számú interkontinentális ballisztikus rakétája. Mind harci alkalmazásra, mind kutatásra tökéletes volt. A Sputnyik, Vostok, Molnija és a Sojuz változatnál, mint hordozó rakéta látta el a szerepét és segítségével sikerült 1957. október 4-én a világ első műholdját, a Sputnyik-1-et Föld körüli pályára állítani. A Vostok rakéta már egy sokkal nagyobb eseményről híres, ugyanis ezzel a típussal (pontosabban a Vostok-1-gyel) sikerült az első embert, Jurij Gagarint az űrbe juttatni 1961. április 12-én. Magától értetődő, hogy ebben az időben már többlépcsős rakétákat használtak, mivel azok nélkül lehetetlen lett volna olyan magasságok és távolságok elérése [73][74].

R-7 Semjorka	
Szolgálatban	1959-1968
Hosszúság	34 m
Átmérő (gyorsítókkal)	10,3–11,2 m
Átmérő (gyorsítók nélkül)	3,02 m
Töltött tömeg	280 tonna
Hajtómű	1. lépcső: 4 darab leváló 4 kamrás RD-107 gyorsító, mindegyik 2-2 darab finombeállító rakétahajtóművel, plusz egy központi 4 kamrás RD-108 hajtómű 4 darab finombeállító rakétahajtóművel. 2. lépcső: 1 darab 4 kamrás RD-108 központi hajtómű, 4 finombeállító rakétahajtóművel RD-107: 4-szer 907,4 kN (3629,6 kN) RD-108: 1-szer 907,4 kN Finombeállító: 12-ször 38,259 kN (459 kN)
Meghajtás	Kerozin + Folyékony oxigén (oxidáló)
Irányítási rendszer	Inerciális navigációs rendszer a finombeállító hajtóművek rádióvezérlésével kiegészítve
Kormányzó rendszer	A finombeállítók mozgatásával oldották meg amelyek a gyorsítók és a központi hajtóművek körül helyezkedtek el
Pontosság	12 000 km-en a szórási kör sugara 2,5–5 km (maximális 10 km)
Robbanótöltet	Fúziós, 3–5 Mt (5300–5500 kg)

17. táblázat R-7 Semjorka harcászati-technikai adatai [76][77]

Az „R” típuscsaládban fontosabb állomás volt még az R-12 (SS-4 Sandal) közepes hatótávolságú-, az R-14 (SS-5 Slean) megnövelt közepes hatótávolságú- (IRBM⁹²), valamint a már 12 000 km-es hatótávolsággal rendelkező R-36 (SS-9 Scarp) ballisztikus rakéta. Az előbbieik közül az R-12 volt az, amit a szovjetek Kubába szállítottak és „részt vett” a hidegháború legkritikusabb eseményén, a kubai rakétaválságon 1962 októberében. Az R-36 az űrkilövő eszközök Ciklon „családjának” képezte az alapját [73].

⁹² IRBM: Intermediate-Range Ballistic Missile (magnövelt közepes hatótávolságú ballisztikus rakéta) hatótávolságuk 3000-5000 km közé esik [93]



49. ábra R-7 Semyorka⁹³

50. ábra R-7 szerkezeti felépítése⁹⁴

A Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok közötti versenyfutás a hidegháború alatt azt eredményezte, hogy fejlődésben egyik sem maradt el a másiktól. A főbb irányvonalak teljesen megegyeztek és ez igaz volt a rakéta-programra is. A V-2 mindkét országnak nagy lendületet adott ebben. A fejlesztés a V-2 másolásától mindkét oldalon egészen az interkontinentális, többlépcsős ballisztikus rakétákig terjedt, amelyek már megatonnás nagyságrendű nukleáris töltet hordozására alkalmasak. Az űrkutatás is kéz a kézben folyt, ugyanis hol a szovjetek „nyertek”, első ember az űrben, hol az amerikaiak, első ember a Holdon. Az USA fejlesztéseit sokkal jobban részleteztem, mivel sokkal több forrás tesz róluk említést, valamint az orosz fejlesztés is hasonló állomásokat járt végig. A Szovjetunióban is kifejlesztésre került az űrsikló (Space Buran) az 1980-as években, azonban a próbarepülésén (1988) kívül nem repült, mivel a fenntartása költséges volt és a politikai helyzet nem a legmegfelelőbb volt a rendszerváltás miatt. 2002-ben a hangár, amelyben tárolták összedőlt, a technika megsemmisült és a mai nap csak pár rekonstruált darab a múzeumok látványossága. Legalábbis ezt hittük, azonban 2014 nyarán nyilvánosságra kerültek információk egy Kazahsztáni hangárról, amelyben két darab ép, 1988 óta magára hagyott Burant találtak [78][79][92].

Amiről még mindenképpen szót kell ejteni, az a mai modern rakéta-program, pontosabban a mai napig Oroszországban rendszerben lévő ballisztikus rakéták. Az Egyesült Államokkal ellentétben sokkal több rakétát tartanak rendszerben. Ezek táblázatba foglalva a következők [80]:

⁹³ Forrás: <http://forum.kerbalspaceprogram.com/index.php?/topic/85583-r-7-semyorka-i-just-learned-that-russian-r-7-rocket-family-is-the-oldest/> (2016.04.10.)

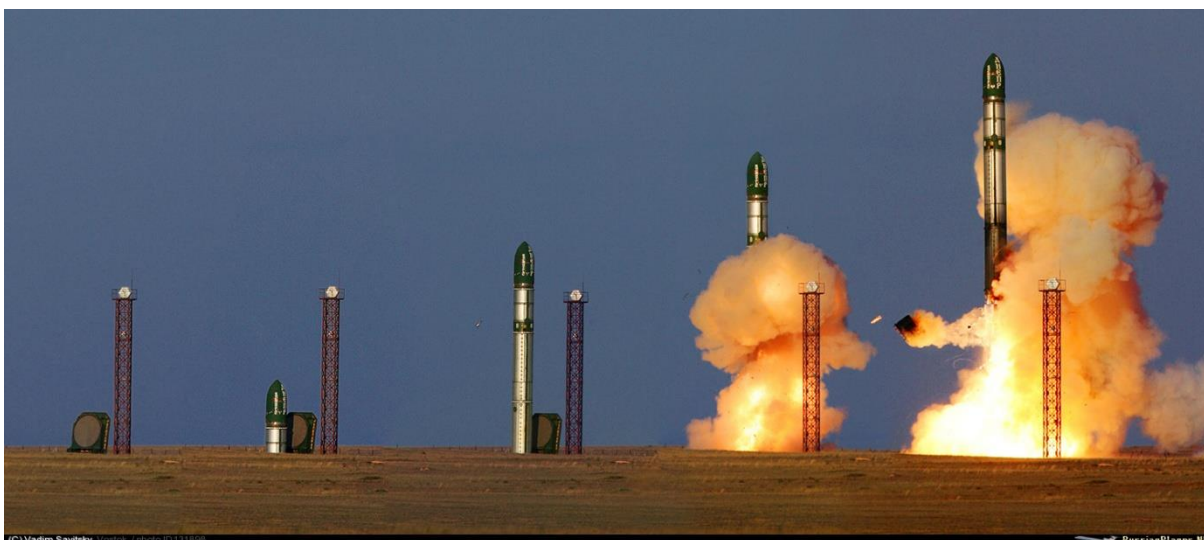
⁹⁴ Forrás: <http://www.russianspaceweb.com/r7.html> (2016.04.10.)

Név	NATO elnevezés	Rendszerben	Indítás	MIRV	Össz. robbanási energia
R-36M2 Voevoda	SS-18 Satan	1988-	Rakétasiló	10	10 Mt
UR-100N	SS-19 Stiletto	1975-	Rakétasiló	>6	5 Mt
RT-2PM Topol	SS-25 Sickle	1985-	Hordozójármű	1	550 kt
RT-2PM2 Topol-M	SS-27	1997-	Hordozójármű	1	800 kt
RS-24 Yars	SS-27 Mod2	2010-	Hordozójármű	4	1 Mt
R-29R (RSM-50)	SS-N-18 Stingray Mod 1	1976-	Tengeralattjáró	3	600 kt
R-29RK	SS-N-18 Stingray Mod 2	1979-	Tengeralattjáró	1	450 kt
R-29RL	SS-N-18 Stingray Mod 3	1979-	Tengeralattjáró	7	1,4 Mt
R-29RM Shtil	SS-N-23 Skiff	1985-	Tengeralattjáró	7	1,05 Mt
R-29RMU Sineva	SS-N-23A Skiff	2007-	Tengeralattjáró	4 v.8	n.a. ¹
R-29RMU2 Layner	SS-N-23 Liner	2014-	Tengeralattjáró	12	n.a.
RSM-56 Bulava	SS-NX-30	2013-	Tengeralattjáró	10 ²	1,5 Mt

¹: nincs adat

²: Ez a maximális szám, átlagosan 6 darabbal szerelik fel. Az össz. robbanóerőt 10 darabra adtam meg.

18. táblázat Aktív orosz IBR-k adatai [80][81][82][83][85][86][87][88][89][90]



51. ábra SS-18 Satan indítása⁹⁵

A 18. táblázatból kielemezhető, hogy a fejlesztések a tengeralattjáróról való indítást preferálják. Ennek stratégiai szempontjai vannak, mivel így nincs egy rögzített, állandó helyzetben a rakéta és sokkal nehezebb megsemmisíteni, valamint ellene védekezni. Kisebb ok lehet a földterületekkel való „spórolás” az által, hogy nem kell hatalmas rakétasilókat a föld alá építeni. A szórási körök sugara alig pár száz méterre csökkent, a hatótávolságuk pedig a 10 000 km-t is meghaladhatja (legnagyobb hatótávolságú SS-18 Satan: 16 000 km). Két illetve három lépcsőből tevődnek össze, amelyek meghajtása folyékony hajtóanyaggal történik, valószínűleg a szabályozhatósága miatt. Kivételt képez ez alól a három hordozójárműről indítható típus, amelyek

⁹⁵ Forrás: <http://russianplanes.net/images/to132000/131898.jpg> (2016.04.10.)

szilárd hajtóanyaggal rendelkeznek. Sebességük már több mint húszszorosa a hangsebességnek, azaz több mint 6800 m/s [83][84][85][86].



52. ábra RT-2PM2-Topol-M(SS-27) a hordozójárművön⁹⁶



53. ábra R-29RM Shtil⁹⁷

⁹⁶ Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/RT-2PM2_Topol-M (2016.04.10.)

⁹⁷ Forrás: http://space.skyrocket.de/doc_lau/shtil_volna.htm (2016.04.10.)

ÖSSZEGZÉS

A dolgozatomban törekedtem a lehető legjobb áttekinthetőségre és igyekeztem minden fontos információ összegyűjtésére, ami a V-1 és V-2 fegyvereket jellemzi. A történeti áttekin-
téseket is fontosnak tartottam, hogy egyfajta segítségként szolgáljanak a fegyverek tér és időbeli
elhelyezésére. A kilátástalan helyzetben lévő Németország utolsó reményként vetette be meg-
torlófegyvereit a szövetséges erők megfélemlítése céljából. Tervezetten sokkal nagyobb hatást
vártak tőlük, de abban az időben ennél többet nem lehetett kihozni az akkori technikából. Az
egyetlen pusztító fegyver, ami technikailag meghaladta e két eszközt, az amerikaiak atombom-
bája volt. A V-1 és a V-2 háborúban betöltött szerepe sok kérdést vet fel. Tekintve a tényt, hogy
a háború végkimenetelére semmilyen, vagy csak nagyon kicsi hatással voltak, inkább tekinthe-
tők „csak” terrorfegyvereknek. Ezt alátámasztja, hogy pszichikai hatásuk sokkal nagyobb volt,
mint a pusztító erő, amivel ténylegesen rendelkeztek. Működésük, amelyeket részletesen jelle-
meztem mindkét típusnál, egyszerű elveken alapult, ezért is vált a háború után első számú cél-
ponttá a szövetségesek számára, hogy minél többet szerezzenek be belőlük tanulmányozásra.
A V-1, mivel egy légitorpedó (vagy „szárnyas bomba”) volt, tehát egyfajta UAV, használható
alapot adott a pilóta nélküli repülés fejlesztéséhez. Célként szolgáló drónok szerepét is betöl-
tötték légvédelmi gyakorlatokon mind a földi légvédelmi ágyúk, mind a vadászgépek számára,
valamint a későbbi cirkáló rakéták korai elődjének is tekinthető. Legnagyobb fejlesztőik az
Egyesült Államok, Franciaország és a Szovjetunió volt. A V-2, mint a világ első ballisztikus
rakétája sokkal nagyobb technikai áttörést jelentett. Az első eszköz volt, amely elhagyta a Föld
légműködését. Az USA és a Szovjetunió volt, aki elegendő kerettel rendelkezett eme nagy költség-
vetésű technika fejlesztéséhez. Az 1950-es évektől lehetővé vált műszerek kijuttatása a világ-
űrbe, a kozmosz tanulmányozása. Megjelentek a Föld körül keringő műholdak, majd a követ-
kező évtizedben már az első ember is kijutott a világűrbe. Újabb tíz év után pedig már a Holdra
szállás is megtörtént, ami mint tudjuk: „Kis lépés egy embernek, de hatalmas ugrás az emberi-
ségnek.”⁹⁸ A mai nap jelenleg legtávolabb lévő űrszonda, a Voyager-1-es pedig több mint
117 milliárd! km-re jár a Földtől, ami már bőven elhagyta Naprendszerünk utolsó ismert kis-
bolygóját is, a Plútót. A hidegháborúban kialakult heves ellentét miatt a két nagyhatalom között,
a V-2 egy nagyon jó alapot adott olyan fegyverekhez, amelyekkel félelemben lehet tartani az
ellenséget. Mindkét fél gyors fejlesztésekbe kezdett, amelyeknek a kezdő löketét a világháború
után elfogott német tudósok adták meg. Az először csak kopírozott rakéták után megjelentek a
többlépcsős rakéták, amelyeket először „csak” pár száz kilométerre lehetett indítani, majd az

⁹⁸ Neil Armstrong híres mondata a Holdra lépése pillanatában.

évek múlásával, az interkontinentális ballisztikus rakéták megjelenésekor már 16 000 km sem jelentett akadályt. A pusztító erő is rohamosan növekedett és a hagyományos robbanóanyagokat felváltotta a nukleáris töltet. Először pár kilotonnás robbanóerő jellemezte, de a XXI. században már a 20 megatonnát is meghaladhatják. A rendszerváltás, a bipoláris világ megszűnése sem vetett véget ezeknek a fejlesztéseknek. A mai napig vannak aktív rakéták rendszerben, reméljük csak erőfitogtatás céljából. A dolgozatomban összegyűjtöttem a rakétafejlesztés főbb állomásait, részleteztem és a legfontosabb típusok adatait táblázatba is foglaltam. Bizonyítottam feltevésemet, hogy bár nagyrészt feledésbe merültek a második világháborúban használatos német megtorlófegyverek, fejlettségük az 1940-es években mégis akkora volt, hogy a mai modern világban használatos rakéták, UAV-k és az űrkutatás méltó őseinek tekinthetők.

IRODALOMJEGYZÉK, HIVATKOZÁSOK

- [1] About education: World War II: V-1 Flying Bomb, (e-dok.), url: <http://militaryhistory.about.com/od/artillerysiegeweapons/p/v1.htm> (2015.12.17.)
- [2] Wikipedia: V-1 flying bomb, (e-dok.), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/V-1> (2015.12.17)
- [3] Wikipedia: Pulsejet, (e-dok.), url: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pulsejet> (2015.12.20.)
- [4] Luftwaffe Resource Center: Fi-103/V-1 „Buzz Bomb” (e-dok.), url: <http://www.warbirdsresourcegroup.org/LRG/v1.html> (2015.12.20.)
- [5] The history learning site: The V1, (e-dok.), url: <http://www.historylearningsite.co.uk/world-war-two/world-war-two-in-western-europe/the-v-revenge-weapons/the-v1/> (2016.01.10.)
- [6] Kurt Rieder: Hitler titkos fegyverei, Budapest 2001. Vagabund kiadó pp. 75-80, 80-90
- [7] Home Sandiego: V1 rocket, (e-dok.), url: <http://home.sandiego.edu/~ksievert-07/v1rocket.html> (2016.01.10)
- [8] Military Factory: Hawker Tempest, (e-dok.), url: http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=565 (2016.01.10.)
- [9] Wikipedia: Spitfire, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Supermarine_Spitfire (2016.01.10.)
- [10] Allpar: Chrysler and radar: the SCR584 radar-mounted anti-aircraft guns, (e-dok.), url: <http://www.allpar.com/history/military/radar.html> (2016.01.12.)
- [11] Ian V. Hogg: A második világháború német titkos fegyverei, Debrecen 1999. Hajja & Fiai Könyvkiadó Kft pp. 16-18, 21-22, 29-30, 38-49
- [12] Battlefieldsww2: Home–France–V1 launch site Bois Carre, (e-dok.), url: http://www.battlefieldsww2.com/V1_launch_site_Bois_Carre.html (2016.01.13.)
- [13] Hallgatói Közlemények–A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Tudományos Lapja, VII. évfolyam 3. szám pp. 86-88, 89-90
- [14] Guttman, Jon: Military History, Jun/jul 2009. vol. 26 Issue 2, p. 23.
- [15] Walter J. Boyne: Air Warfare, An international encyclopedia, Santa Barbara, California 2002. ABC CLIO Inc pp. 489, 654, 667-668
- [16] Wikipedia: Republic-Ford JB-2, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Republic-Ford_JB-2 (2016.03.25.)
- [17] Fiddlers Green paper models: The WWII V-1Doodle Bug Flying Bomb, (e-dok.), url: <http://www.fiddlersgreen.net/models/aircraft/V1.html> (2016.03.25.)
- [18] Világlexikon: Kiloton, (e-dok.), url: <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Kiloton.html> (2016.03.27.)
- [19] Wikipedia: Fat Man, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Fat_Man (2016.03.27.)
- [20] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MGM-1, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-1.html> (2016.03.27.)
- [21] Wikipedia: MGM-1 Matador, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/MGM-1_Matador (2016.03.27.)
- [22] National Museum of the US Air Force: General Dynamics/McDonnell Douglas BGM-109G Gryphon, (e-dok.), url: <http://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/MuseumExhibits/FactSheets/Display/tabid/509/Article/196000/general-dynamicsmcdonnell-douglas-bgm-109g-gryphon.aspx> (2016.03.30.)
- [23] Wikipedia: MGM-13 Mace, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/MGM-13_Mace (2016.03.30.)
- [24] Enciklopedia Britannica: Tercom, (e-dok.), url: <http://www.britannica.com/technology/Tercom> (2016.04.10.)
- [25] Russianspaceweb: Rockets: Cruise missiles, (e-dok.), url: http://www.russianspaceweb.com/rockets_cruise.html (2016.03.29.)
- [26] Russianspaceweb: People: Chelomei, (e-dok.), url: <http://www.russianspaceweb.com/chelomei.html> (2016.03.29.)
- [27] Encyclopedia Astronautica: Kh10, (e-dok.), url: <http://www.astronautix.com/fam/10kh.htm> (2016.03.30.)
- [28] Wikipedia: OKB, (e-dok.), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/OKB> (2016.04.15.)
- [29] Wikipedia: 10Kh, (e-dok.), url: <https://en.wikipedia.org/wiki/10Kh> (2016.03.30.)
- [30] Jets45Histories: Junkers Ef-126 „Lilli” (e-dok.), url: <http://tanks45.tripod.com/Jets45/Histories/JuEF126/EF126.htm> (2016.04.04.)
- [31] УГОЛОК НЕБА: X-22 Буря (e-dok.), url: <http://airwar.ru/weapon/kr/x22.html> (2016.04.06.)
- [32] Air Power Australia: Soviet/Russian Cruise Missiles, (e-dok.), url: <http://www.ausairpower.net/APA-Rus-Cruise-Missiles.html#mozTocId478484> (2016.03.30.)

- [33] Wikipedia: P-700 Granit, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/P-700_Granit (2016.04.04.)
- [34] Everything2: Home-on-jam, (e-dok.), url: <http://everything2.com/title/Home-on-jam> (2016.04.06.)
- [35] Livescience: Hydrogen Bomb vs. Atomic Bomb: What's the Difference? (e-dok.), url: <http://www.livescience.com/53280-hydrogen-bomb-vs-atomic-bomb.html> (2016.04.06.)
- [36] Payo: CT-10 and CT-20 Target Drones, Franciaország, Cuers-Pierrefeu, 2008.10.01. (e-dok.), url: <https://productforums.google.com/forum/#!topic/gec-military-moderated/RWSJGF1pxk8> (2016.04.15.)
- [37] Wikipedia: Category: Cruise missiles of France, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Cruise_missiles_of_France (2016.04.15.)
- [38] George M. Siouris: Missile Guidance and Control Systems, Springer-Verlag New York Inc. 2010 pp. 2-3
- [39] Steven J Zaloga: V-2 Ballistic Missile 1942-52, Osprey Publishing 2003. pp 3-9, 16-24, 34-38, 40-42
- [40] Wikipedia: V-2 rocket, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/V-2_rocket (2016.04.14.)
- [41] V2ROCKET.COM: Operation Backfire Tests at Altenwalde/Cuxhaven, (e-dok.), url: <http://www.v2rocket.com/start/chapters/backfire.html> (2016. 04.17.)
- [42] Inventing Europe: V” Rocket on launch pad, Operation Backfire, Cuxhaven, Germany, 1945, (e-dok.), url: <http://www.inventingeurope.eu/knowledge/the-german-space-program-takes-off-around-the-world&object> (2016.04.17.)
- [43] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 1: Early Missiles and Drones: RTV-G-1, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/rtv-g-1.html> (2016.04.18.)
- [44] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 4: Undesignated Vehicles: Private, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/private.html> (2016.04.18.)
- [45] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: PWN-2, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/n-2.html> (2016.04.18.)
- [46] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: AIM/RIM-7, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-7.html> (2016.04.18.)
- [47] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 4: Undesignated Vehicles: Aerobee, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/aerobee.html> (2016.04.18.)
- [48] Wikipedia: Nike (rocket stage), (e-dok.), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nike_\(rocket_stage\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Nike_(rocket_stage)) (2016.04.15.)
- [49] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 4: Undesignated Vehicles: Nike Deacon, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/nike-deacon.html> (2016.04.15.)
- [50] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: PWN-3, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/n-3.html> (2016.04.15.)
- [51] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MIM-3, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-3.html> (2016.04.15.)
- [52] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MIM-14, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-14.html> (2016.04.15.)
- [53] Wikipedia: Project Nike, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Project_Nike (2016.04.15.)
- [54] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: LIM-49, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-49.html> (2016.04.16.)
- [55] Wikipedia: SM-65 Atlas, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/SM-65_Atlas#Warhead (2016.04.16.)
- [56] Warren ICBM and Heritage Museum: Atlas (SM-65), (e-dok.), url: <http://www.warrenmuseum.com/missiles/atlas-sm-65/> (2016.04.16.)
- [57] Wikipedia: Space Shuttle, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle (2016.04.18.)
- [58] Wikipedia: Intrecontinental Ballistic Missile, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Intercontinental_ballistic_missile (2016.04.18.)
- [59] Luft46: EMW C2 Wasserfall, (e-dok.), url: <http://www.luft46.com/missile/wasserfl.html> (2016.04.12.)
- [60] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MGM-29, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-29.html> (2016.04.12.)
- [61] Wikipedia: Fokozat, (e-dok.), url: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Fokozat> (2016.04.13.)
- [62] Wikipedia: Intermediate-range ballistic missile, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Intermediate-range_ballistic_missile (2016.04.13.)
- [63] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 1: Early Missiles and Drones: SSM-A-16, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/ssm-a-16.html> (2016.04.13.)

- [64] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: PGM-11, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-11.html> (2016.04.13.)
- [65] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: PGM-19, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-19.html> (2016.04.13.)
- [66] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MGM-31, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-31.html> (2016.04.13.)
- [67] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: Appendix 1: Early Missiles and Drones: RTV-G-4, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app1/rtv-g-4.html> (2016.04.14.)
- [68] Directory of U.S. Military Rockets and Missiles: MGM-5, (e-dok.), url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-5.html> (2016.04.14.)
- [69] Russianspaceweb: Operation Osoaviakhim, (e-dok.) url: http://www.russianspaceweb.com/a4_team_moscow.html#osoaviakhim (2016.04.19.)
- [70] Assif A. Siddiqi: *The Red Rockets Glare*, Cambridge University Press, 2010. pp. 143-154
- [71] Wikipedia: R-1 (missile), (e-dok.), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/R-1_\(missile\)#Operators](https://en.wikipedia.org/wiki/R-1_(missile)#Operators) (2016.04.19.)
- [72] Wikipedia: SS-2 Sibling, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/SS-2_Sibling (2016.04.19.)
- [73] The worlds of David Darling: Encyclopedia of science: „R” series of Russian missiles, (e-dok.), url: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/R/R_series.html (2016.04.19.)
- [74] Wikipedia: R-7 (rocket family), (e-dok.), url: [https://en.wikipedia.org/wiki/R-7_\(rocket_family\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R-7_(rocket_family)) (2016.04.20.)
- [75] Wikipedia: Multiple independently targetable reentry vehicle, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple_independently_targetable_reentry_vehicle (2016.04.20.)
- [76] Russianspaceweb: R-7 ballistic missile, (e-dok.), url: <http://www.russianspaceweb.com/r7.html> (2016.04.20.)
- [77] Wikipedia: R-7 Semyorka, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/R-7_Semyorka (2016.04.20.)
- [78] Royal Air Force Museum, National Cold War Exhibition: The Soviet Space Program, (e-dok.), url: <http://www.nationalcoldwarexhibition.org/schools-colleges/national-curriculum/space-race/soviet-space-program.aspx> (2016.04.20.)
- [79] Space.com: Buran: The Soviet Space Shuttle, (e-dok.), url: <http://www.space.com/29159-buran-soviet-shuttle.html> (2016.04.20.)
- [80] Wikipedia: List of ICBMs, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ICBMs#Active_2 (2016.04.20.)
- [81] Military today: R-36 (SS-18 Satan), (e-dok.), url: http://www.military-today.com/missiles/ss18_satan.htm (2016.04.23.)
- [82] FAS, Weapons of mass destruction: UR-100N/ SS-19 Stiletto, (e-dok.), url: <http://fas.org/nuke/guide/russia/icbm/ur-100n.htm> (2016.04.23.)
- [83] Federation of American Scientists, Weapons of mass destruction: RT-2PM/SS-25 Sickle, (e-dok.), url: <http://fas.org/nuke/guide/russia/icbm/rt-2pm.htm> (2016.04.23.)
- [84] armytechnology.com: The 10 longest range Intercontinental Ballistic Missiles (ICBM), (e-dok.), url: <http://www.army-technology.com/features/feature-the-10-longest-range-intercontinental-ballistic-missiles-icbm/> (2016.04.23.)
- [85] Wikipedia: RT-2PM2 Topol-M, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/RT-2PM2_Topol-M (2016.04.23.)
- [86] Wikipedia: RS-24 Yars, (e-dok.), url: https://en.wikipedia.org/wiki/RS-24_Yars (2016.04.23.)
- [87] Christopher Chant: *A Compendium of Armaments and Military Hardware*, Routledge Revivals 2013. pp. 493-494
- [88] Everything explained today: R-29 RMU Sineva explained, (e-dok.), url: http://everything.explained.today/R-29RMU_Sineva/ (2016.04.23.)
- [89] Everything explained today: R-29 RMU2 Layner explained, (e-dok.), url: http://everything.explained.today/R-29RMU2_Layner/ (2016.04.23.)
- [90] Youtube: Bulava, 10 WARHEADS 9,000 Km! Russia's CUTTING-EDGE Intercontinental Ballistic MISSILES, (e-dok./video), url: <https://www.youtube.com/watch?v=VZ-3FHF3TXg> (2016.04.24.)
- [91] Kakula János: *Rakéták szerkezetana*, Magyar Néphadsereg Kilián György Repülő Műszaki Főiskola 1989. p. 71
- [92] Urban Ghosts: The Abandoned Buran Space Shuttles of Kazakhstan's Baikonur Cosmodrome, (e-dok.), url: <http://www.urbanghostsmedia.com/2015/12/abandoned-buran-space-shuttles-kazakhstan-baikonur-cosmodrome/> (2016.04.26.)
- [93] Federation of American Scientists: Ballistic Missile Basics, (e-dok.), url: <http://fas.org/nuke/intro/missile/basics.htm> (2016.04.26.)