13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 71

A kollektív kutatás prototípusa: a Manhattan-projekt 2

Esettanulmány

Palló Gábor

Manhattan-projekt (MP) volt a fedőneve az atombomba előállítását célzó kutatásnak. Végeredménye, egész működése óriási lelkiismeret-furdalást okozott a résztvevőkben és a széles társadalomban, ám mégiscsak a kutatás új mintájának bizonyult, melyet Nagy Tudománynak szokás nevezni. Ez utóbbi sok kutatót foglalkoztató, rendkívül nagy összeget felemésztő, hatalmas hardverigényű kutatási tevékenység, melyben erőteljesen jelentkezik a tudomány kollektív jellege és vele újfajta kommunikációja mind a széles társadalom, mind a tudósközösség irányában.

A Manhattan-projekt tehát tipikus példája a tudomány egy bizonyos fajtájának. A tudományfilozófusok mondanivalójuk illusztrálására szívesen használnak tudománytörténeti eseteket, főként Kepler, Kopernikusz, Galilei, Newton és Einstein munkásságát, melyek a filozófiai értelmezések számára kifogyhatatlan forrást jelentettek és jelentenek. Ámde a híres példák között ritkán szerepel az MP, gyaníthatóan azért, mert nem illik bele az eddig sikert aratott tudományfilozófiai megközelítések világképébe. Elemzésemmel azt szeretném kimutatni, hogy az MP éppenséggel prototípusa a megváltozott tudománynak, története éppen ezért filozófiai relevanciával is bír.

Ha a tudományfilozófusok ritkábban emlegetik is, az MP történetét feldolgozó történeti szakirodalom könyvtárnyi. Historiográfiája maga is izgalmas történet már csak a titkosság fonadéka és a résztvevők, illetve feldolgozók, sőt az olvasóközönség morális és politikai érdeklődése és érdekeltsége következtében is. Az 1940-es években megjelent a híres

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 72

Smyth-report,[1] majd Samuel A. Goudsmit könyve folytatta a sort,[2] melyeket a máig legvitatottabb feldolgozás követett, Robert Jungk munkája, azzal a mondanivalóval, hogy a német atombomba-erőfeszítések valójában antifasiszta szabotázsakcióknak tekinthetők.[3] Ez elvezetett a Harmadik Birodalom tudományának tanulmányozásához, mely ma is nagy tudománytörténeti téma.[4] A feldolgozások lassanként eljutottak az egyes tudósok erkölcsi megítélésének kínos ügyeihez, köztük Oppenheimeréhez[5] vagy Heisenbergéhez. Ezek a széles közönséget is gondolkodásra késztették, a hatvanas években Friedrich Dürrenmatt *A fizikusok*,[6] mostanában Michael Frayn *Koppenhága* című színdarabja[7] révén, melyek vitákat, sőt kutatásokat provokálnak.[8] Az 1960-as évektől kezdve sorra jelentek meg az ideologikus elemeket sem nélkülöző, regényes feldolgozások,[9] a lényeges kérdéseket is érintő hosszabb történeti

1 *A General Account of the Development of Methods of Using Atomic Energy for Military Purposes under the Auspices of the United States Government, 1940–1945* (Washington DC. August 1945). Ezt követte a könyv: Smyth, Henry DeWolf (1945): *Atomic Energy for Military Purposes: The Official Report of the Atomic Bomb under the auspices of the United States Government, 1940–1945*. Princeton: Princeton University Press.

2 Goudsmit, Samuel A. (1983): *Alsos, The History of Modern Physics, 1800–1950.* Los Angeles–San Francisco: Tomash Publishers. (Első kiadás: 1947.)

3 Jungk, Robert (1958): *Brighter than a Thousand Suns: A Personal History of the Atomic Scientist.* New York–London: A Harvest/HBJ Book. (Német eredeti: 1956.)

4 Kiemelhető könyvek: Irving, David (1967): *The Virus House: Germany's Atomic Research and Allied Counter-measures.* London: William Kimber és Walker, Mark (1989): *German National Socialism and the Quest for Nuclear Power, 1939–1949*. Cambridge–New York: Cambridge University Press.

5 A McCarthy-bizottság vizsgálatainak dokumentumai megjelentek: *In the Matter of J. Robert Oppenheimer: Transcript of Hearing before Personnel Security Board and Texts of Principal Documents and Letters*. Cambridge, Mass.–London: The MIT Press, 1971. (Először már 1954-ben megjelent.)

6 Dürrenmatt, Friedrich (2001): A fizikusok. (Ungvári Tamás fordítása.) In: *A fizikusok. Öt modern dráma.* Budapest: Európa.

7 Frayn, Michael (1998): *Copenhagen.* London: Methuen Drama.

8 Utóbbi színdarab Heisenberg családját arra késztette, hogy engedélyezze Heisenberg Niels Bohrral folytatott levelezésének közzétételét. A Bohr-archívum a leveleket az interneten is publikálta. Ezt megelőzően elektronikus körlevélben értesítette az érdekelt történészeket a közlés várható napjáról. Lásd: <http://www.nbi.dk/NBA/papers/introduction.htm>.

9 Lásd például Braunbek, Werner (1964): *Az atommagkutatás regénye.* Budapest: Gondolat, vagy Stulz, Percy (1976): *A szörnyeteg. Az atommagkutatás történetéből.* Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 73

visszaemlékezések,[10] köztük az MP vezetője, Leslie Groves tábornok könyve,[11] majd később másoké is.[12] Hamarosan elkészültek az első tudományos igényű művek,[13] nyomukban lehetővé vált, hogy a szerzők a projekt egyik-másik oldalával foglalkozzanak, ne csak az egésszel.[14] A nyolcvanas évek közepén megszületett az MP történetének bestseller-változata is, Richard Rhodes monumentális és letehetetlenül izgalmas könyve, melyet a hidrogénbomba-történet követett.[15] Ma már az internet is hatalmas anyagot ad az MP iránt érdeklődőknek.[16]

Ebben a tanulmányban az MP történetét abból a szempontból fogom átgondolni, hogyan szülte meg a Nagy Tudomány némely definitív tu-

10 Például: Strauss, Lewis L. (1963): *Men and Decisions*. London: Macmillan and Co. Fermi, Laura (1966): *Atom a családban.* Budapest: Gondolat; vagy később: Libby, Leona Marshall (1979): *The Uranium People.* New York: Scribner's; York, Herbert F. (1976): *The Advisors: Oppenheimer, Teller and the Superbomb.* San Francisco: W. H. Freeman and Co.

11 Groves, Leslie R. (1962): *Now it can be told: The Story of the Manhattan Project*. New and Evanston: Harper and Row Publishers.

12 Lásd például Segré, Emilio (1970): *Enrico Fermi, Physicist*. Chicago: University of Chicago Press; Blumberg, Stanley A.–Owens, Gwinn (1976): *Energy and Conflict: The Life and Times of Edward Teller.* New York: G. P. Putnam's Sons; Bethe, Hans Albrecht (1991): *The Road from Los Alamos.* New York: Woodbury, NY: AIP Press; Lanouette, William–Silard, Bela (1992): *Genius in the Shadows. A Biography of Leo Szilard, the Man Behind the Bomb*. New York NY: Charles Scribner's Sons.

13 Hawkins, David–Truslow, Edith C.–Smith, Ralph Carlisle (1961): *Manhattan District History: Project Y, the Los Alamos Project*. Los Alamos, N. M.: Los Alamos Scientific Laboratory, University of California, és Hewlett, Richard G.–Anderson Jr., Oscar E. (1962): *The New World: A History of the United States Atomic Energy Commission, Volume I., 1939/1946.* University Park, PA.: Pennsylvania State University Press. Második rész: Hewlett, Richard G.–Duncan, Francis (1969): *Atomic Shield, 1947–1952. The History of the United States Atomic Energy Commission. Vol. II.* University Park: Pennsylvania State University Press.

14 Lásd Hacker, Barton C. (1987): *Dragon's Tail: Radiation Safety in the Manhattan Project, 1942–1946.* Berkeley, CA: University of California Press, vagy Badash, Lawrence (1995): *Scientists and the Development of Nuclear Weapons: From Fission to the Limited Test Ban Treaty 1939–1963.* Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press.

15 Rhodes, Richard (1986): *The Making of the Atomic Bomb.* New York: Simon and Schuster; Rhodes, Richard (1995): *Dark Sun: The Making of the Hydrogen Bomb*. New York, London, etc.: Simon and Schuster.

16 Ajánlható kiindulási pont lehet például a *Special Collections Research Center/Manhattan Project and Atomic Scientists Collections* <http://www.lib.uchicago.edu/e/spcl/manhat.html> vagy a *The Manhattan Project – the atomic bomb project* <http://www.sciborg.uwaterloo.ca/~cchieh/cact/nuctek/fissionmanhattan.html>. Múzeumok találhatók még a *The Atomic Bomb* című helyen: <http://history.acusd.edu/gen/WW2Timeline/Pacific07.html>.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 74

lajdonságát, illetve, általánosabban, milyen társadalmi, tudományos mechanizmus hívta életre a Nagy Tudományt. Az archetípus vizsgálatától remélhető, hogy rávilágít a nagy közösségben folyó tudományos kutatás némely új sajátosságára.

A NAGY TUDOMÁNY

Az MP döbbenetes sikerét jelentette, hogy 1945. augusztus 6-án felrobbant és soha nem látott pusztítást végzett a „Little Boy" nevű uránium-bomba Hirosimában, augusztus 9-én pedig a „Fat Man" nevű plutóniumbomba Nagaszakiban. Ezzel azonban messze nem zárult le a teljes kutatási terület. Létrejött egy új ágazat, a nagyenergiájú fizika, mely sok szempontból az MP folytatásának tekinthető.[17] Az MP-ben és a nagyenergiájú fizikában folytatott merőben új gyakorlatot már az ötvenes években Nagy Tudománynak csúfolták. Alvin Weinberg fizikus, az MP egyik kiemelkedő tudósa 1961-es cikkében pedig jótékonyan nagybani (large-scale) tudománynak nevezte.[18] Erre hivatkozott Derek de Solla Price 1963-as híres könyvében, amelyben a tudományt mérhető tevékenységnek mutatta be, és méréseivel igazolta, hogy némely döntő mutatóban (például ráfordítás, foglalkoztatottak száma, publikációk száma) hihetetlenül gyors növekedés tapasztalható.[19]

Célszerűnek látszik azonban a hatalmas mennyiségi növekedést, mely a tudományt nagybanivá teszi, megkülönböztetni attól a minőségileg is újfajta kutatástól, melyet szoros értelemben vett Nagy Tudománynak nevezhetünk. A szakirodalom a „nagybani tudományt" (large-scale) és a „Nagy Tudományt" (Big Science) szinonimaként használja, amit az indokol, hogy a Nagy Tudományban az említett statisztikai jellegzetességek

17 A Nagy Tudomány történetével főleg olyan tanulmányok foglalkoznak, melyek a jelenség aktuális állapotát jellemzik és visszatekintenek az előzményekre, illetve fogalmi közelítéseket artikulálnak. Lásd például Galison, Peter (1979): *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics.* Chicago: Chicago University Press; Capshew, James H.–Rader, Karen A. (1992): Big Science: Price to the Present. In: *Osiris* 7: 3–25; Westfall, Catherine (2003): Rethinking Big Science: Modest, Mezzo, Grand Science and the Development of the Bevalac. In: *Isis,* 94: 30–56.

18 Weinberg, Alvin M. (1961): Impact of large-scale science on the United States. In: *Science,* 134: 161–165.

19 Price, Derek de Solla (1979): *Kis tudomány – Nagy tudomány.* Budapest: Akadémiai Kiadó. A könyv először 1963-ban jelent meg Amerikában.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 75

ugyancsak kimutathatóak. Az itt használt megkülönböztetés alapja az, hogy a hagyományos, „kis tudományos" projektek száma elvileg annyira megnövekedhetett volna, hogy a meglepő statisztika ennek legyen tulajdonítható, anélkül, hogy az egyes projektek minőségileg más tulajdonságokat mutattak volna, mint a megelőző évtizedekben.

A Nagy Tudomány sokféle tevékenységet takar, pontos „hivatalos" meghatározása nincs. Első megközelítésben elfogadhatónak látszanak egy 1992-ben megjelent tanulmánykötet tanulságaként levont ismérvek. 1. A Nagy Tudomány hatalmas méretű és rendkívül drága műszerekkel dolgozik, amilyen a részecskegyorsító, az űrteleszkóp és hasonlók. 2. Sok laboratóriumot egyesítő intézeteket vagy intézetrendszereket használ, melyekben igen nagy tőke koncentrálódik. 3. Az intézetekben nagyon sok ember dolgozik pontos szervezésben és jól definiált munkamegosztással; elkülönül egymástól egyik oldalon a sokféle diszciplínát képviselő elméleti és kísérleti kutató, illetve mérnök, technikus és a másik oldalon a vezető, tudományos adminisztrátor, menedzser, gazdasági szakember. De tevékenységük összehangolódik az előre meghatározott cél érdekében. 4. A tevékenységük jelentősége melletti érvelés retorikájában megjelennek utalások a tudományon kívüli szférákra: az egészségügyre, környezetvédelemre, katonai és más társadalmi érdekekre.[20]

Kérdésem az, hogy egyetlen konkrét esetben, a Manhattan-projekt esetén, hogyan jött létre és milyen struktúrát alkotott a Nagy Tudomány.

ELŐZMÉNYEK A KIS TUDOMÁNYBAN: ATOMENERGIA 1940-IG

Valamelyest önkényes, mit tekinthetünk valamely történeti folyamat kezdőpontjának. Rhodes könyve Szilárd Leó ötletével kezdődik, amelyben először sejlik föl a nukleáris láncreakció. Ez azonban már sokadik folyománya Henry Becquerel 1895-ben tett véletlenszerű megfigyelésének, a radioaktivitásnak, amely szerint bizonyos anyagok: uránium, tórium, majd polónium, rádium stb., spontán sugárzást bocsátanak ki magukból. A jelenséget részletesen megvizsgáló Curie házaspár klasszikus, heroikus, pionír kutatást végezett, a Kis Tudományhoz is alig sorolható

20 Vö. Hevly, Bruve (1992): Reflections on Big Science and Big History. In: Galison, Peter–Hevly, Bruce (szerk.) (1992): *Big Science. The Growth of Large-Scale Research.* Stanford: Stanford University Press, 356–357.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 76

periferiális helyzetben. Huzatos fészerben dolgozták föl a hatalmas mennyiségű uránszurokércet mint alapanyagot, szinte segítség nélkül. Szenvedtek a maró savgőzöktől, fáztak, a fiatal diák, Marie Sklodowska Curie-nek cipelnie kellett a vegyszeres üvegeket, nehéz fölszerelést. Előállította a csodagyógyszernek is gondolt rádiumot, de nem volt hajlandó szabadalmaztatni, mert úgy gondolták, a tudomány az igazságot tárja fel, az emberiséget szolgálja, nem önző érdekeket.[21]

A kutatási terület lassanként költözött be a hivatalos akadémiai rendszer intézményeibe. Maga Pierre Curie fizikus professzor volt, de a század első éveiben Franciaország mellett több országban is az egyetemeken kaptak helyet a radioaktivitási kutatások: Németországban, Ausztriában és persze Angliában, ahol Ernest Rutherford körül kialakult a legkreatívabb műhely. Ezekben születtek meg a klasszikus kémia alapfogalmait átértelmező eredmények, köztük, 1911-ben az atommag fogalma (Rutherford) és az első atomszerkezeti modellek. Ezek szerint a radioaktív sugárzás a pozitív töltésű atommagok szétesésének következménye, mely olyan elemeknél következik be, amelyek magja nagy, azaz sok protont tartalmaz, és a sok azonos töltésű részecske szétesik az azonos töltések között taszító erő következtében. Ennek fényében nem könnyen érthető, egyáltalán hogyan létezhet atommag, miért nem repülnek szét a benne egymáshoz préselt azonos töltésű protonok. A válasz olyan erő föltételezésén alapszik, mely egyben tartja a protonokat. Ha azonban az atommag egy bizonyos nagyságot elér, a taszító erő már nagyobb, mint az összetartó erő, és a mag csakugyan szétesik.

Azt, hogy a radioaktív bomlás következtében szakadatlan energiakibocsátás következik be, Pierre Curie már 1903-ban kimutatta, de hogy ezt az energiát szándékosan is föl lehet szabadítani és tetszés szerint hasznosítani, szinte mindenki, köztük Rutherford számára is lehetetlennek tűnt. Szilárd Leó azonban föltételezett egy utat, melyre 1934-ben szabadalmat kért: a láncreakció útját.

Az ötlet azon alapult, hogy 1932-ben James Chadwick kimutatta a neutront, mely szintén a magban található, tömege ugyanakkora, mint a protoné, de nincs töltése, nem hat rá a proton pozitív töltésének taszítása. Szilárd szerint, ha sikerülne neutronnal eltalálni a magot úgy, hogy széthasadjon, és a hasadás következményeként két újabb neutron is ke-

21 Lásd lányuk könyvét: Curie, Eve (1959): *Madame Curie.* Budapest: Gondolat.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 77

letkezzék, melyek két újabb magot hasítanának, amiből már négy elektron származna és ez így folytatódna, akkor hirtelen nagyon sok hasadás jönne létre, amely nagyon sok energiát eredményezne. A hasadássorozatot nevezte nukleáris láncreakciónak. Ennek létrehozásához azonban meg kell találni a megfelelő anyagot.

Szilárd nem dolgozott az akadémiai szférában, projektekből és találmányokból élve, a vállalkozó (entrepreneur) kutató korai képviselői közé tartozott, és mint ilyennek nem is sikerült elég kutatási pénzt összegyűjtenie, hogy kidolgozza találmányát. Nem találta meg a megfelelő anyagot. Otto Hahn és Fritz Strassmann 1938-ban Berlinben a Szilárdétól teljesen eltérő gondolati úton jutott olyan kísérleti eredményhez, amelyet Stockholmba menekült fizikus munkatársuk, Lise Meitner és a Koppenhágában dolgozó Otto Frischsel úgy értelmezett, hogy: az uránium magja kétfelé hasadt, majd később kiderült, hogy a folyamat során több, mint egy neutron is keletkezik.

Az eredmény nem egyetemen, hanem az időközben kibővült hivatalos tudományos rendszer új létesítményében, tudományos kutatóintézetben (Kaiser Wilhelm Institut für Chemie) született, mely nem oktatott, csak kutatott. Az itt folyó kutatás keretei azonban általában nem haladták meg a Kis Tudomány szokásos kereteit. Az intézetek eredeti célja az volt, hogy az iparban vagy az élet más területén felmerülő kutatásigényt kielégítsék, azaz a tudományon kívüli szféra által kitűzött, jól definiált feladatokat oldjanak meg. Hahn és Strassmann kísérlete azonban a tiszta tudomány körébe tartozott, bizonyítva, hogy az alapkutatás kényelmesen megfér egy fedél alatt a célra orientált alkalmazásokkal.

A nukleáris energia kiaknázásával kapcsolatos alapismeretek ezzel rendelkezésre álltak. Kiderült, hogy láncreakciót kell létrehozni, mely lassan vezetve folyamatos, kontrollált energiatermelést eredményez, egyébként hatalmas erejű robbanás jöhet létre.

MEGVALÓSÍTHATÓSÁGI TANULMÁNYOK: ALKALMAZOTT KIS TUDOMÁNY

1938 utolsó napjaiban arra a következtetésre jutottak, hogy a nukleáris energia elegendően nagy, sőt igen nagy lehet, érdemes próbálkozni felhasználásával. Fönnmaradt azonban a kérdés: gyakorlatilag is kivitelezhető-e a kiaknázás.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 78

A láncreakció megindításához szükség van legalább akkora tömegű hasadóanyagra, amely elegendő neutront termel ahhoz, hogy a neutronveszteség ellenére ne álljon le a láncreakció. Ezt a mennyiséget nevezik kritikus tömegnek. Ámde Bohr J. A. Wheelerrel már 1939-ben kimutatta, hogy az uránium izotópjai közül nem a 238-as, hanem a 235-ös hasítható nagyobb valószínűséggel, mert ez kisebb energiájú, úgynevezett lassú neutronokkal ütközve hasad, míg a 238-as izotóp befogja a neutronokat, amivel akadályozza a láncreakció fennmaradását. A természetes uránium viszont csak 0,7% 235-ös izotópot tartalmaz. Az izotópok kémiai szempontból azonosak és fizikai különbségeik is igen kicsinyek, nagyon nehéz elválasztani őket egymástól, ezért alapvető jelentősége van annak, hogy mekkora a kritikus tömeg, mennyi 235-ös izotópban dús uránra van szükség.

A kutatás szervezeti mintájának átalakulása csaknem automatikusan következett a politikai helyzetből. Először a kutatás súlypontja áttevődött a nácik által fenyegetett és az üldözött tudósok által vágyott Angliába. Az egyik menekült, Rudolph Peierls 1939 őszén végzett számítása szerint a kritikus tömeg nem több néhány kilogrammnál. 1940 februárjában az ugyancsak Angliába költözött Otto Frischsel írt háromoldalas dolgozata szerint az atombomba igenis elkészíthető: elég 5 kg dúsított urán. A memorandum módszert javasolt ennek előállítására, sőt a robbantási technikára is. A tanulmány, melyet a hadsereg kutatási bizottságához juttattak el, mivel más hasonló állami szerv nem létezett, az atombomba gyártásának szinte minden fontos elemét tartalmazta már.

Hatására öttagú irányító testületet hoztak létre, a MAUD Bizottságot, azzal a feladattal, hogy irányítsa a további kutatást. A MAUD kiváló tudósokból állt, de nem lehetett köztük bevándorló idegen, még Peierls és Frisch sem. A kutatásban azonban továbbra is mindketten alapvető szerepet játszottak. Az első és második MAUD Report (1940. december és 1941. július) tartalmazta az Angliában végzett munka legfontosabb eredményeit:[22] 1. az uránium-235 gázdiffúziós módszerrel kellő mennyiségben előállítható, 2. egy másik anyag, a 94-es rendszámú, még ismeretlen elem is alkalmas a célra (ez az elem kapta később a plutónium nevet), 3. a robbanás ereje óriási, 10 kg körüli hasadóanyag esetén körülbelül 1800 tonna TNT erejével egyenértékű, 4. megfontolandó a hasadóanyaggyár felállítása. Konklúzió: az atombomba gyakorlatilag is megépíthető.

22 Lásd: <http://www.nuclearfiles.org/redocuments/1941/41-maud.html>.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 79

A rendkívül eredményes munka tipikus Kis Tudomány volt: kevés ember végezte, de több egyetemen: Birminghamben, Bristolban, Cambridge-ben, Liverpoolban és Oxfordban. A finanszírozást is az egyetemek biztosították, egy ipari cég, az ICI (Imperial Chemical Industries) támogatásával. Peierls és Frisch saját maga döntött úgy, hogy nem publikálja munkáját, azaz a titkosság nem a lényeget alig értő állam valamely tiltó beavatkozásából származott, hanem a tudósok belátásából: maguk akarták titkolni az eredményeket, nem a bürokraták. Minden esetre Churchill miniszterelnök némi vonakodás után elismerte a bombafejlesztés sürgősségét.

AZ ÁLLAM BELÉP A KUTATÁSBA

A világpolitika aktuális állapota terelte az atomenergia ügyét az állam irányába. A Hahn–Strassmann-kísérlet gyakorlati implikációit megértő szűk nukleáris szakma, melynek jelentős részét tette ki a Németországból áttelepült tudósok köre, azonnal átlátta a tudományos helyzet politikai jelentőségét. Az Amerikába vándorolt Szilárd Leó 1939 augusztusában Einsteinnel aláíratta a Roosevelt elnöknek szóló levelet, mely felhívta a kormányzat figyelmét az ügyre.[23] Ezután az amerikai állam (szövetségi kormányzat) a kutatás aktív szereplőjévé vált.

Az amerikai állam belépését a kutatók sürgették. A bürokratikus állam inkább vonakodott bevonulni a számára idegen területre, hiszen nem állt rendelkezésére amerikai szervezeti minta arra, hogyan lehet a kutatást beilleszteni az államigazgatásba. Az új minta kínos lassúsággal, több lépésben alakult ki.

1. Ad hoc támogatás az elnöki diszkrecionális alapból

Nehéz volt már az is, hogy az Einstein-levelet eljuttassák az elnöki íróasztalra. Szilárd Leó kiskapukat, mellékösvényeket talált. Mégis csak 1939 októberére érte el, hogy az elnök fölállítsa az Uránium Bizottságot, melynek vezetésével Lyman J. Briggset, a National Bureau of Standards igazgatóját bízta meg. A bizottság az elnök diszkrecionális alapjából ka-

23 Az Einstein-levél megtalálható az interneten: <http://history.acusd.edu/gen/WW2Timeline/text01.html>.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 80

pott hatezer dollárt a kutatásra, mivel a költségvetésben ilyesmire nem volt pénz. Csak 1940 tavaszán utalták ki az összeget előzetes kísérletezésre, nem a cél gyors elérésére, mert ez drága volt.

2. A nukleáris ügyek bekerülnek a hadi kutatás keretei közé

Új helyet kapott a nukleáris energia ügye a kormányzati adminisztrációban, azzal, hogy 1940. nyarán az MIT-n dolgozó mérnök, Vannevar Bush vezetésével létrehozták a Nemzetvédelmi Kutatások Bizottságát (NDRC), mely átvette az urániumkutatás irányítását. Csak 40 ezer dollárt utaltak ki a munkára, főként Fermi és Szilárd számára, hogy készítsék el a reaktort, tehát még nem a bombát. Magából a bizottságból itt is kizárták a bevándorlókat (Szilárd, Teller és Wigner). A Bizottságot a Háborús Ügyek Minisztériuma alá rendelték az egész háborús kutatás és fejlesztés feladatával. Ebben elfért a kevesek által komolyan vett urániumprojekt is, mely így megtalálta helyét a bürokratikus gépezetben. Miközben Bush fontosnak tartotta a háborús technológiai fejlesztéseket (radar, orvosi, vegyi fejlesztések), az atombomba ügyét elfektette. Először 1941 áprilisában foglalkozott vele, amikor engednie kellett a különféle irányokból érkező nyomásnak. Fölkérte a Tudományos Akadémiát, hozzon létre szakértő bizottságot a bombaprojekt kivizsgálására. Ennek eredményét a Nobel-díjas fizikus, Arthur Compton foglalta össze májusban. Úgy vélte, a projektnek van bizonyos haszna, de a bomba megépítésének kevés esélyt adott. 350 ezer dollár támogatást javasolt a kutatásnak. Alaposabb vizsgálat után a kibővített bizottság álláspontja szerint többéves munka után bizonyára tényleg lehet bombát készíteni, de ez belekerül 135 millió dollárba.

Bush meggyorsította a folyamatot. Kialakított három, titokban dolgozó kutatócentrumot: a Columbia Egyetemen, a Chicagói Egyetemen és a Berkeley Egyetemen. Merőben új szervezeti rendszert hozott létre, amelyben az állam szerződéses viszonyba lép az akadémiai szférában dolgozó kutatókkal és privát ipari vállalatokkal.

3. Közvetlenül az elnök rendelkezése alá rendelt bizottság

Az állam bevonulásának újabb lépése ezután következett. Az NDRC kutatási szervezet volt, anélkül, hogy hatalmában állt volna fejlesztések és kivitelezések elrendelése, ezért Bush kezdeményezésére Roosevelt el-

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 81

nök 1941. június 28-án nagyobb szervezetet állított fel, a Tudományos Kutatási és Fejlesztési Hivatalt (OSRD), mely a háborús kutatás és fejlesztés egészéért volt felelős. Ennek vezetője Bush lett, a hivatal hatáskörébe sorolt NDRC vezetője pedig Bush eddigi társa, James Conant, a Harvard Egyetem elnöke. A korábbi Uránium Bizottság közvetlenül az OSRD része lett. A bombakutatás irányítására decemberben fölállítottak egy külön szervezetet S–1 szekció kódnévvel. Mivel az OSRD közvetlenül a Fehér Ház alá tartozott, a nukleáris ügyek nagyot léptek fölfelé a fontossági hierarchiában. Az OSRD mellett az elnök létrehozta az Általános Irányítási Csoportot benne olyan politikusokkal, mint Henry A. Wallace, korábbi alelnök és Henry Stimson, a háborús ügyek minisztere, George C. Marshall tábornok és persze Bush és Conant. Ez a csoport ajánlotta 1942 júniusában a munka méretének alapos megnövelését és besorolását a háborús ügyosztályhoz.

Az előrelépés döntő tudományos oka az volt, hogy időközben az amerikaiak is megismerték a MAUD Bizottság eredményeit, melyeket az amerikai eredmények minden lényeges ponton megerősítettek. Lassanként létrejött az angol–amerikai–kanadai együttműködés. Ennek keretében vezető tudósok, mint Peierls és Frisch, de mások is Amerikában folytatták bombakutatásaikat. A döntő politikai ok persze Pearl Harbor japán bombázása volt 1941. december 7-én: az S–1 18-án jött létre.

4. A katonai adminisztráció átveszi a bombafejlesztést: a Manhattan-projekt megszületése

Az S–1 létrejöttével megindult a teljes hivatali támogatással rendelkező nukleáris kutatás és fejlesztés. Ennek első lépéseként Fermi és Szilárd szakmai vezetésével Compton megszervezte a chicagói centrumot (Metallurgical Laboratory, MET) a reaktor létrehozására. Márciusban Compton azt javasolta, próbálják ki a hasadóanyag előállításának minden módszerét: a gázdiffúziós, a centrifugálásos, az elektromágneses elválasztást és a plutóniumgyártást atomreaktorral, mégpedig nehézvizes és grafitmoderátorossal egyaránt (tenyésztőreaktor). Mindezek a munkálatok csakugyan meg is indultak. Közben Chicagóban gyülekeztek a terület szakemberei, köztük Robert Oppenheimer, fizikus professzor. Ekkor már 85 millió dollárt fordíthattak a kutatásra.

Bush lassan belátta, hogy ez a munka igen nagy összeget fog felemészteni. Olyan nagyot, hogy ez már komoly költségvetési tétel, mi-

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 82

közben a költségvetésben nem jelenhet meg, mert a projekt azonnal elvesztené szigorú titkosságát. Ezért az egész ügyet átköltöztette a hadsereg kebelébe, mivel ennek háborús költségvetése már igen magas volt, és nem kellett részletezni. A bomba ügye amúgy is mindig a hadsereghez tartozott, ha nem is irányítási, szervezési és finanszírozási szempontból, inkább tartalmilag. 1942 júliusában azonban James Marshall ezredes arra kapott parancsot, szervezzen külön mérnöki alakulatot, mely minden katonai építkezésért, műszaki fejlesztésért felelős. A körzetekre (districts) osztott szervezet átvette az ügyet, és igazi komoly irányítást adott a nukleáris kutatásnak és fejlesztésnek.

Ezen az új fejlesztési testületen belül alakította ki Marshall 1942 augusztusában azt a szervezetet, mely végül is csakugyan elkészítette a bombát. Fedőneve: Manhattan Engineering District (MED). Ez az, amit röviden Manhattan-projektnek szokás nevezni. Ettől kezdve szinte minden sikerült, kivált a vezető kiválasztása, ami mindenkit meglepett. Berendeltek egy alig ismert tisztet, Leslie Richard Groves ezredest (hamarosan kinevezték tábornokká), aki korábban építkezések lebonyolításában vett részt az itteninél lényegesen kisebb nagyságrendben, most viszont korlátlan anyagi támogatást ígértek munkájához. A tudományosan szinte teljesen képzetlen, jelentéktelennek tűnő katona optimálisan látta el feladatát, ha a tudósok többsége között nem is tett szert népszerűségre. Viszont kinevezte maga mellé szakmai vezetőnek Oppenheimert, akivel különös, de kiválóan hatékony kettőst alkotott.

5. Állam és bomba

Az amerikai állam tehát nem vetette rá magát a mindent legyőző fegyver lehetőségére. Nem is volt alkalmas szervezete és eljárása a jelentős új kutatási, fejlesztési munka ellátására. A sok lépésben kialakuló tényleges szervezetet mégsem a tudomány kényszerítette ki, hanem az állam. A tudósok minden aktivitása ellenére, a háborús helyzet, a katonai erő növelésének szükséglete, a feladat technikai sajátosságai és a politika saját belső logikája alakította ki az MP-t mint a bombafejlesztés adekvát szervezetét, azaz magát a Nagy Tudományt. Ebben az esetben lényegében pénzügyi korlát nélkül.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 83

AZ IPAR BELÉP A KUTATÁSBA: A MANHATTAN-PROJEKT SZERVEZETE

1. Az MP strukturális alapelemei

Az MP szervezetének kiépítésekor Groves részben a feladat logikáját, részben pedig a katonai szervezési logikát követte. A bombakészítés technológiai alapvonalai már világosak voltak: szükség van legalább a kritikus tömegnyi hasadóanyagra, ezt a tömeget a bombán belül kell egységes (tehát nem több részből álló) anyaggá tenni, és a bomba magától felrobban. A bombát speciális egységnek el kell juttatnia a célpontra. Az MP struktúráját tehát három főelem alkotta: 1. hasadóanyag-termelés, 2. a fegyver előállítása, 3. célba juttató egység. Csakhogy egyik elem tényleges megvalósítására sem léteztek kész mérnöki tervek, nem álltak rendelkezésre biztos számok, pontos méretek, még azt sem próbálta ki senki, tényleg lehet-e nukleáris láncreakciót létrehozni. Ráadásul a lehető leggyorsabban és persze titokban kellett minden apró elemet elkészíteni és helyre illeszteni.

Ezért bizonyult nagyon alkalmasnak a katonai logika: nem vitatkozunk, nem gyártunk csillogó elméleteket a folyamatok lényegéről, nem is végzünk szellemes kísérleteket a lehetőségek tanulmányozására, nem döntjük el előre, melyik a jobb, hanem szinte minden kicsit is reális ötletet komolyan veszünk, és azonnal teljes megvalósításához látunk. Az eljárás figyelembe veszi, hogy előre nem tudni, az ötletek közül némelyik nem reked-e meg a megvalósításban, ám ha igen, még mindig célba érhet a másik. Ez nem ökonomikus, de célravezető módszer. Egy hadműveletnél mindig van veszteség; úgy kell kalkulálni, hogy a veszteség ellenére a műveleti célt elérjék.

2. Az alapstruktúra létesítményei

Groves a kinevezését követő napon leadta az urániumérc vásárlására szóló óriási megrendelését Belga Kongóban. Teljes sebességre kapcsolta Chicagóban, a MET-ben folyó reaktorkísérletet, melynek részint a kritikus tömeg ellenőrzése, a folyamat pontos áttekintése, de részben hasadó izotóp gyártása is volt a célja. Ez már 1942 decemberében eredményre vezetett: grafitmoderátoros reaktorban létrejött az első nukleáris láncreakció.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 84

Minthogy két hasadóanyag jött szóba, és nem döntöttek, melyik alkalmasabb, mindkettőt elő akarták állítani: az urán-235-öt és a plutóniumot egyaránt, mégpedig párhuzamosan több lehetséges módszerrel. Ehhez hatalmas ipari létesítményeket kellett létrehozni. Három óriási létesítmény képezte az MP magvát.

Az első az amerikai kormány által megvásárolt hatalmas területen épült, a Clinch River mellett, Tennessee államban, Knoxville közelében. A Clinton Engineer Works köré a puszta földből pillanatok alatt vadonatúj ipari város nőtt ki, több tízezer lakossal, a szükséges civilizációs kellékekkel. Később a várost Oak Ridge-nek nevezték el. Hatalmas méretű üzemben végezték itt az urán-235 előállítását gázdiffúzióval és elektromágneses (ciklotronon alapuló) módszerrel, továbbá kísérleti reaktort építettek föl plutóniumtermelésre.

A második létesítmény számára Groves ugyancsak földterületet vásárolt Washington államban a Columbia folyó mellett, ahol hatalmas atomreaktort építettek a plutónium gyártására és üzemet kémiai elválasztására. Itt is új ipari város jött létre hihetetlen gyorsasággal. Volt olyan időszak, amikor egyidejűleg 45 ezer építőmunkás dolgozott itt.

A harmadik létesítményt Új-Mexikó félreeső vidékén építették föl: Los Alamosban. Ez volt a kutatás és tervezés központja, mely jórészt átvette a chicagói MET szerepét. Feladata a bomba létrehozása, a robbantási technika kidolgozása volt (Project Y). A bonyolult rendszerű kutatóintézet sok részlegből és alrészlegből épült fel: laboratóriumok, hivatali szobák, műhelyek, szálláshelyek, de nem városias jelleggel.

A három nagy létesítményt kiegészítette a negyedik, a tisztán katonai jellegű Alberta-projekt, az atombomba bevetésére történő felkészülés. 1944 augusztusában elkezdték 17 darab B-29-es bombázó repülőgép módosítását, hogy alkalmassá váljék az atomfegyver bevetésére. Később hozzáláttak a legénység speciális kiképzéséhez.

Ezek az elemek különös struktúrát alkottak. Kapcsolatukat a nélkülözhetetlen titkosságot biztosító közös alapelv szabta meg: a kompartmentalizáció. Ezen azt értették, hogy az elemek teljesen önállóan működtek, mintha a többi nem is létezne, az egészet csupán a projekt szűk vezetése és néhány munkatársa látta át. A kompartmentalizáció lehetőleg az egyes létesítmények minden egységében, ezek minden csoportjában érvényesült. Csak nagyon kevesen tudták, mit gyárt például a Clinton, a gázdiffúziós üzemben dolgozók nem tudtak a ciklotronról (elektromágneses módszer), aki tudta, mit gyártanak, fogalma sem lehetett, milyen célból

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 85

stb. Ez az alapelv az ismeretekhez való hozzáférés bonyolult jogosultsági rendszerét igényelte, a biztonsági személyzet és a tudományos, illetve technológiai érdekek folytonos egyeztetését, gyakran heves vitáját.

3. Ipari jelleg

Mindezt a hadsereg nem tudta volna egyedül végrehajtani. Támaszkodnia kellett olyan iparvállalatokra, melyek a korábbi évtizedekben már végeztek nagyon nagy méretű fejlesztő tevékenységet, és mérnökeik képesek voltak teljesen újszerű, korábban nem látott mérvű munkára. A Du Pont például vállalta csaknem az egész hanfordi beruházást és a Clinton Művek létrehozásának jelentős részét. Olyan vállalatok töltöttek be társszerepet, mint a Stone and Webster vagy a Union Carbide és a Kellogg Corporation. Az építkezés, az üzemek létrehozása, a laboratóriumi eszközökből ipari méretű berendezések kifejlesztése és elkészítése, a műszerezés és millió triviális és nem triviális részlet megvalósítása a legfejlettebb amerikai ipar mozgósítását igényelte. Az említetteken kívül például a Bechtel, General Electric, Babcock and Wilcox, EG and G, Tennessee Eastman, Westinghouse, Monsanto, Bell Laboratories, AT and T és mások részvétele nélkül lehetetlen lett volna az MP működése.

A projekt hatalmas mérete eleve ipari jelleget kölcsönzött a munkának. A felmerülő tudományos feladatokat a technológiai követelmények definiálták, nem valamely kognitív szempont. Ezért az egész szervezet alapvetően eltért a szokásos akadémiai struktúrától. Értelmetlen lett volna fakultásokról, diszciplináris határokról beszélni, amikor a sürgősség megkövetelte, hogy mondjuk a Clintonból érkező plutónium alkalmasságát Los Alamosban kémiai, fizikai, elméleti, kísérleti és merőben gyakorlatias szempontból megvizsgálják.

LOS ALAMOS AZ ÚJ TÍPUSÚ KUTATÓINTÉZET

A fegyverfejlesztési intézet feladata az volt, hozzon létre olyan szerkezetet, melyben a megtermelt hasadóanyag úgy egyesíthető kritikus tömegűvé, hogy atomrobbanás következzék be. Mivel az egyesülésnek igen rövid idő alatt kell megtörténnie, nehogy olyan pillanatban induljon el a láncreakció, amikor nem várják, már az MP korai szakaszában úgy gondolták, hogy az egyesítést robbantással kell elvégezni. Ennek

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 86

kézenfekvő módja a kritikus tömegnyi hasadóanyagot két félre osztani, és egymásba lőni. Ezt hívták ágyúmódszernek. A másik módszer kezdetben inkább csak lehetőségnek tűnt. Eszerint a töltetet gömbhéj mentén kell elhelyezni, és kívülről berobbantani, hogy a gömb egyesüljön kritikus tömegnyi anyaggá. Ezt nevezték implóziónak.

Az intézetet maga Oppenheimer vezette. Az intézet négy legfontosabb egysége diszciplináris elnevezést kapott, de nem a megszokott felosztásban: Elméleti Divízió, Kísérleti Fizikai Divízió, Kémiai és Metallurgiai Divízió és a Mérnöki és Anyagellátási Divízió a műszaki feladatok ellátására.

Oppenheimer három testületre támaszkodott a vezetésben. Az Irányító Testület magában foglalta a divíziók vezetőit, az adminisztráció legfőbb tisztviselőit és a fontosabb technikai feladatok ellátóit. Ez főként az építkezés, a személyi és technikai ügyekkel, biztonsággal és hasonlókkal foglalkozott. A Koordinációs Tanács az egyes divíziók csoportvezetőit foglalta magában azzal a céllal, hogy informálja az intézeti dolgozókat a legfőbb fejleményekről, adminisztratív és technikai intézkedésekről. Végül létrehozták a Kollokviumot, mely a tudományos kérdéseket vitatta meg heti, kétheti rendszerességgel. Ez átmetszette a divíziók közötti falakat (amiért csak bizonyos kutatók vehettek részt ülésein), sértette a kompartmentalizáció elvét.

Akármennyire kötötte is a katonai és ipari szervezési fegyelem a kutatást, akármennyire merevnek látszott is a biztonsági szolgálat ébersége, az intézet tudományos szempontból rugalmasabbnak bizonyult, mint az akadémiai szféra szokásos intézményei.

Példa: Az implózió és néhány következménye

Az ágyúmódszer 1944 tavaszán már közeli sikert ígért. Nem látszott komolyabb elvi akadály a megvalósítás útján sem. A bonyolult implózió kutatása nem tűnt sem fontosnak, sem rentábilisnak, de a katonai logika előírta, hogy valamilyen mértékben mégiscsak foglalkozzanak vele, ezért az implóziós csoport is az intézet szerkezetének részét képezte. 1943 őszén Neumann János meglátogatta Los Alamost, és fontos lehetőséget látott az implózióban, ráadásul nehéz elméleti problémákat is. Az elméleti kutatók közül mind a vezető, a későbbi Nobel-díjas, német Hans Bethe, mind Teller Ede elvégzett néhány idevonatkozó alapvető elméleti számítást, kivált a levegőben végbemenő hidrodinamikai folyamatok-

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 87

ra vonatkozóan. Az analitikusan meg nem oldható egyenleteket nagy számolási igényű matematikai közelítő módszerekkel számolták ki. Ezt igyekeztek gépesíteni, aminek következtében a figyelem ráterelődött a még csak kísérleti formában létezett elektronikus számítógépekre.

A kutatás alternatív megoldást keresett a már csaknem megoldott robbantási problémára. Olyan kutatást végeztek tehát, melynek a projekt szempontjából marginális jelentősége volt mind tudományos, mind műszaki szempontból. Mégis utat engedtek számára, ha nem is olyan széleset, mint a gyors sikerrel kecsegtető megoldások számára. A kutatás gondolatok tömegeit eredményezte, köztük fejlődött Teller hidrogénbombára vonatkozó elképzelése, és megindult a gyors számítástechnikai fejlődés is.

Áprilisban megérkezett Oak Ridge-ből az első plutóniumszállítmány. A későbbi Nobel-díjas olasz Emilio Segré azonnal megvizsgálta, és olyan magas neutronszámot tapasztalt, hogy a spontán láncreakció miatt reménytelennek látszott az ágyúmódszer alkalmazása. Kiderült ugyanis, hogy a szállított anyag tartalmazta a plutónium 239-es és 240-es izotópját is, és míg az előbbi a számítottnak megfelelően viselkedik, utóbbinál a spontán hasadás könnyen végbemegy. A helyzet egészen válságossá fordult, hiszen az U-235-ből csak nagyon lassan lehetett megfelelő mennyiséget előállítani, az 1945. tavaszi határidőre csupán egy bombához elegendő anyagot, a reaktorok viszont évi több bombányi plutóniumot tudtak termelni, amit azonban nem lehetett felrobbantani. Ráadásul, ha nem sikerül a plutóniumot felhasználni, fölöslegesnek bizonyul a Clinton jelentős része és az egész Hanford. Csak egyetlen bomba készül el a háború végéig, és ennek sikeres felrobbantására sincs semmi garancia.

Két lehetőség nyílt a válság megoldására: elválasztják egymástól a plutóniumizotópokat és csak a 239-t használják fel, vagy mégis az implóziós robbantási technikát próbálják alkalmazni, melynél az anyagot gömbfelületen osztják el, ezért a spontán láncreakció veszélye nem fenyeget. Mivel az első lehetőség lassúsága miatt a határidő betarthatatlannak látszott, maradt a második.

Az implóziós módszer kidolgozásához az egész Los Alamos-i intézetet át kellett állítani.[24] Oppenheimer új divíziókat hozott létre: a G (Gaget)

24 Ez az, amit a történetet elemző Hoddeson misszióváltozásnak nevez. Hoddeson, Lillian (1992): Mission Change in the Large Laboratory: The Los Alamos Implosion Program, 1943–1945. In: Galison–Hevly 1992, 262–289.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 88

és az X (Expolosives) divíziókat, ezekben új kutatócsoportokat, és a többi divíziót is átrendezte. Új vezetőket nevezett ki, köztük George Kistiakowskyt, a nagy erejű robbanóanyagok szakértőjét, akinek volt gyakorlata sok kutató összehangolásában. Az egyes divíziók addigi munkájuk egy részét félbehagyták és teljes erővel az implózión kezdtek dolgozni.

A tudomány korábban nem ismert óriási erőforrásai tárultak fel. A kísérleti és elméleti tudósok együtt dolgoztak mérnökökkel és mesteremberekkel, holott a feladat alapjában véve mérnöki volt. Multidiszciplinárisan, minden szóba jöhető megközelítést párhuzamosan alkalmaztak: sejtések alapján történő próbálkozásokat, kísérleteket, elméleti megközelítést, numerikus módszereket számítógépekkel, a jelenségre vonatkozó legújabb diagnosztikus technikákat gammasugárral, betatronnal, azaz a megvalósítás redundáns katonai módját, a minden ésszerű lehetőséget párhuzamosan bejáró, semmit eleve el nem vető utat. A sok eltérő megközelítés együttes jelenléte és ugyanazon célra fordítása a tudományos kutatás új minőségéhez vezetett. Olyan elképesztő megoldások születtek, mint a gömb felületén több ponton tökéletesen egyidejűleg létrejövő detonáció, vagy a robbanáskor keletkező lökéshullámokat konvergenssé tevő explóziós lencsék.

A kutatásnak ez a szakasza végképp célra orientált jellegű volt, merőben különbözött az akadémiai kutatástól. Ennek ellenére a résztvevők megdöbbentő odaadással, a vállalkozás méretéből következő kockázatot átérző lelkesedéssel dolgoztak. Egy percig sem érezték úgy, hogy gondolkodói szabadságuk csorbát szenvedne.

Mindennek következtében 1945 júliusában eljutottak a Trinityhez, a bomba sikeres tesztjéhez. Augusztusban mind az ágyúmódszerrel felrobbantott uránbomba, mind az implózió elvén működő plutóniumbomba hibátlanul teljesítette feladatát háborús bevetésben is.

ÖSSZEGZÉS

Az MP példátlan méretű kutatási, fejlesztési vállalkozás volt. A teljes költségvetés 1996-os dollárárfolyamon 20 milliárdot tett ki.[25] Volt olyan idő, amikor 160 ezer ember dolgozott az MP-n egyidejűleg. Területileg

25 Lásd: <http://www.brook.edu/FP/PROJECTS/NUCWCOST/MANHATTAN.htm>.

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 89

átnyúlt az Egyesült Államok mindkét partjára, déli részétől föl egészen Kanadáig. Mérete még mai mércével is gigantikus volt, innen kapta nevét az újfajta tudomány.

Éppen a méretéből következik néhány megkülönböztető tulajdonsága. Mindenekelőtt szoros kapcsolata a kormányzattal, vele a politikával. Olyan összeget és olyan szervezetet igényelt, melyet magánalapítvány vagy ipari vállalkozás képtelen lett volna biztosítani. A kormányzati kapcsolat miatt azonban tudomásul kellett venni és követni kellett egyrészt a hatalmi érdekeket, másrészt a kormányzati bürokrácia szabályait. Márpedig ezeket nem elvont igazság motiválta, hanem a politikai siker, háborús győzelem, sőt a hatalom megszerzése és megtartása.

A kormányzathoz való kötődés a Nagy Tudomány néhány tulajdonságát csaknem automatikusan maga után vonta.

1. A tudomány bürokratizálódott. Az akadémiai tudományos adminisztrációtól eltérő irányításban részt kaptak a tudományon kívüli (katonai, kormányzati, gazdasági, jogi stb.) tudományadminisztrátorok, és a tudósok jelentékeny hányadát is bürokratává tette.

2. A tudományos kommunikáció és retorika is átalakult. Ennek legjellemzőbb eleme a több szinten is megjelenő titkosság volt. Egyrészt a széles társadalom, a választók, illetve adófizetők, azaz a fő finanszírozók nem szerezhettek tudomást az MP létéről, másrészt még a projektben részt vevő munkások, technikusok sem tudtak munkahelyük céljáról. Az MP vezetői felismerték a titkosság problematikus jellegét, ezért, mint a historiográfia bizonyítja, idejekorán hozzáláttak a társadalomnak nyújtandó kép megalkotásához, a projekt elfogadtatásához, de csak utólag.

3. Fölszámolták az akadémiai tudomány nyilvánosságát. Az angol és amerikai tudósok maguk kezdeményezték a tudományos eredmények publikációs tilalmát. Ezzel a széles tudós- és értelmiségi közösség elveszítette jogát az eredmények ellenőrzésére és megvitatására, átalakult a tudósközösség ismeretelméleti funkciója. A kompartmentalizáció elvágta egymástól a résztvevőket is, és csak az irányítók nem akadémiai szempontjai alapján kiválasztottak jutottak teljes áttekintéshez.

4. A kutatás multidiszciplináris kollaboratív jelleget öltött. Megváltozott belső logikája, gondolkodási ökonómiája. Megjelentek benne a politikai érdekek, és az egész kutatás indusztrializációja: a) a feladatok és a megvalósítás sok szempontból ipari jellegű lett, b) a szervezés követte a technológiai követelményeket, c) a kutatás maga is nagyüzemi terme-

13Pallo(3).qxd 2005.06.09. 10:35 Page 90

léshez hasonlított, tudástermelés folyt. A kutatás menetét a feladat szabta meg, nem a hagyományos akadémiai igény az igaz ismeretek szélesítésére és elmélyítésére. A kutatásban jelentkezett bizonyos redundancia, amely válságos helyzetben igen nagy előnnyé vált, és új kutatásokat indított el. A célra orientált jelleg miatt a speciális szakértelem jelölte ki a kutatók helyét, nem diszciplináris kötődésük. Az adott probléma megoldásán sokféle specialista dolgozott együttesen, akadémiai hierarchia és diszciplináris kötelékek nélkül.

5. Az MP következményei felmérhetetlenül nagyok. A projekt más néven a háború után is továbbműködött. Központjaiból állami kutatóintézetek alakultak: nemzeti laboratóriumok, mégpedig több helyen, köztük Chicagóban, Oak Ridge-ben és Los Alamosban is. Az MP mintát adott a gigantikus projektek működtetésére, a részecskefizikában, a Human Genom Programban, az AIDS-kutatásban, az űrkutatásban és máshol. Vannevar Bush szervezeti modellje, az állam, az akadémia és az ipar közötti szoros együttműködés a tudomány természetes létezésmódjává vált.

Aligha létezett hasonló, a politikát, köznapi érzületet, intellektuális beállítódást, gazdaságot, morált, azaz csaknem az egész fejlett civilizációt érintő kutatás, mint a Manhattan-projekt. Nyomában létrejött a Nagy Tudomány, de persze nem számolta fel a Kis Tudományt, hiszen a tudományos problémák jelentős részét nem nagy tudományos keretben kell kutatni. Mégis, a Nagy Tudomány bizonyos elemei (főleg a projektek szerinti szerveződés) kihatottak az akadémiai szférában élő tudományra is. A Manhattan-projekt hatásai a hajszálcsöveken keresztül valószínűleg mélyebbre hatoltak, mint gondolnánk.