

A kommunikációs technológia legújabb lehetőségei, kivált az Internet és a mobil információs eszközök, a tudomány nehezen konceptualizálható új formáiban is elvi jelentőségre tesznek szert. Elvben képesek biztosítani a tudományos (alapvetően természettudományos) tudás egységét, koherenciáját, mégpedig nemcsak technikai értelemben. Egy korábbi írásunkban¹ megmutattuk, milyen bensőséges viszony keletkezett az informális tudományos network és az Internet között, miközben a network már a tudomány legkorábbi időszakában, pl. Tycho Brahe esetén a 16. században is nélkülözhetetlen szerveződési módnak bizonyult. Arra a következtetésre jutottunk, hogy az Interneten szinte a tökéletességig fejlődő informális network hozzájárulhat a klasszikus akadémiai tudomány² formális szervezeti rendszerének felbontásához. Most azt mutatjuk be, hogyan funkcionál az új kommunikáció az átalakult akadémiai rendszerben, melyről némelyek föltételezik, hogy szétbomlasztotta a tudomány hagyományos belső rendjét, felszámolta egységét s a tudományt az igaz tudás letéteményesének kapuőrző (gatekeeper) szerepéből instrumentummá fokozta le.

Először áttekintünk néhány elméletet, melyek a tudomány megváltozott jellegét igyekeznek leírni. Megkíséreljük ezt kiegészíteni saját elgondolásunkkal, melynek központi fogalmát „projektvilágnak” nevezzük, és megkeressük az új kommunikációs technológia szerepét mindezekben az elméletekben. Utána bemutatjuk, hogyan működik az Internet a tudomány egyik sajátos fajtájában, a Nagy Tudományban, és hogy ez a működés hogyan számolja fel a fragmentációt. Végül azt mutatjuk meg, az előadottak fényében milyen változások regisztrálhatók a tudományfilozófia néhány hagyományos témakörében.

¹ Laki János – Palló Gábor, „A tudományos kommunikáció átalakulása”, a Nyíri Kristóf által szerkesztett *Mobil információs társadalom* c. kötetben, Budapest: MTA Filozófiai Kutatóintézete, 2001, 101–109.o.

² Az „akadémiai tudomány” kifejezést itt és a továbbiakban az angolszász szakásznak megfelelően használjuk. Nem csupán az akadémiai intézetek munkáját, hanem a tudományos minősítéssel rendelkező kutatók egyetemeken, illetve kutatóintézetekben végzett, elvi jelentőségű kutatását értjük rajta.

Elméletek

Nagy Tudomány

Csak az atombomba paradox tudományos sikerét követő reflexiók tudatosították, hogy a második világháború során döntő változás következett be a tudomány rendszerében. 1963-ban jelent meg Derek de Solla Price könyve, melyben a „Nagy Tudomány” (Big Science) terminussal ragadta meg a változások lényegét.³ Price már támaszkodott a Nobel-díjas fizikus, Alvin Weinberg 1961-ben megjelent írására, mely igen kritikusan tárgyalta a nagybani (large-scale) tudományt.⁴ Voltaképpen mindketten annak a megfigyelésüknek adtak hangot, hogy a tudomány új korszaka köszöntött be, melynek során nem csak a ráfordítások összege és a tudományban foglalkoztatottak száma növekedett meg példátlanul, hanem a hardver monumentalitása is „az egyiptomi piramisokéhoz és a középkori Európa nagy katedrálisaiéhoz fogható”. Megváltozott a Kis Tudomány tudósáról alkotott kép: „a magányos hosszú hajú zseni, aki műhelyé átalakított padlásszobában vagy pincehelyiségben senyved, a társadalom kivetettjeként, majdnem teljes szegénységben, és akit csak a benne égő szenvedély űz előre”. A Nagy Tudomány tudósát, Price szerint, a közvélemény olyan személynek látja, „akit Washington kitüntetett, akit a ‘Bostoni körút’ minden kutatóintézete igyekszik megkaparintani, és aki egy elit szellemi közösség tagjaként, sorsdöntő politikai és műszaki kérdésekben hallatja szavát”.⁵ A Nagy Tudomány példáiként Price a Manhattan tervet, az űrrakétákat, a radart és a számítógépet hozta fel. Ámde azt is észrevette, hogy ilyen nagyszabású tudományos vállalkozások már a tudomány korai időszakában is előfordultak: létezett, többek között, Tycho Brahe modellértékű műhelye, Uraniborg.

A második világháború után (főleg a részecskefizikában, csillagászatban és biológiában) egyre több olyan kutatás indult, melyet mérete alapján Nagy Tudománynak lehetett tekinteni, de ez nem járt a Kis Tudomány eltűnésével. Mivel azonban a Nagy Tudomány számos olyan jellegzetességet mutatott a tudomány-szervezés, tudománypolitika és a legszorosabban vett kutatás terén, mely eltért a Kis Tudomány körében tapasztaltaktól, indokoltnak látszik éppen a Nagy Tudományt tekinteni a legújabb tudományos rendszer egyik mintájának. Egy 1992-ben megjelent tanulmánykötet szerzői arra a megállapításra jutottak, hogy itt

³ Derek de Solla Price, *Kis tudomány – Nagy tudomány*, Budapest: Akadémiai Kiadó, 1979. A könyv először 1963-ban jelent meg Amerikában.

⁴ Alvin Weinberg, „Impact of Large-Scale Science on the United States”, *Science* 134 (1961), 161–165.o.

⁵ Price, *Kis tudomány...*, 21.o.

nem egyszerűen a nagy méretű vagy igen drága műszerekkel végzett kutatásról van szó (jóllehet ez az elem meghatározó jelentőségű maradt), hanem arról is, hogy a kutatás tárgyát egyre pontosabb mérőrendszerekkel észlelik, egyre pontosabb adatgyűjtéssel és elemzéssel, miközben új intézményi formák, politikai és társadalmi szerveződések jelennek meg. A Nagy Tudomány fő jellegzetességeinek a következőket tartják: 1) Nagymértékű forráskoncentráció egyre kevesebb intézetben. 2) Ezekben az intézetekben egyre specializáltabb tudással dolgozó személyzet működik, s a teoretikus és a műszerépítő mellett színre lép a teamvezető, a laboratóriumi menedzser és a biznisz koordinátor. 3) A tudomány retorikájában megjelenik a társadalmi, politikai célokra történő utalás, az egészségügy, a gazdasági és katonai érdek, azaz az intellektuális relevancia mellett a tudományon kívüli érdekek figyelembe vétele is.⁶

Később részletesen elemezzük a Nagy Tudomány elvi jelentőségét és a kommunikációs technológia hatásait, melyeket az 1992-ben publikált, idézett kötet szerzői csaknem egy évtizeddel ezelőtt még nem vehettek észre.

Állandósult állapot

Price a Nagy Tudományra vonatkozó elgondolását tudományometriai adatokkal hozta összefüggésbe. Kimutatta, hogy a tudomány különféle mutatóinak növekedése egyre gyorsul. John Ziman az 1990-es években megfigyelte, hogy ez a gyorsulás elvileg sem folytatódhat a végtelenségig, és hogy a tudomány valamilyen állandósult állapotba (steady state) került. Ez utóbbi lényege, hogy a fejlett országok nemzeti jövedelmüknek évente körülbelül ugyanakkora hányadát fordítják tudományra, nem pedig a Price-féle növekvő hányadot, mely 2030-ra már elérte volna a GDP 20%-át, ami mégiscsak abszurdum.⁷

Ebben az állapotban a kutatóhelyek akut pénzügyi forráséhséggel küszködnek. Állandó tárgyalásba kerülnek finanszírozóikkal, véli Ziman, melynek következtében a kommunikáció új dimenziót kap. Megjelenik a menedzser a tudomány rendszerében („a kutatási tanácsok és más finanszírozó testületek forrásallokáció helyett forrásmenedzselést végeznek”), mégpedig több ponton. Tevékenysége nem nagyon tér el az üzleti életben forgó menedzserétől, mi több, „a menedzseri funkciók és a tudományos vezetői szerepek összekapcsolódnak”.⁸

⁶ Bruce Hevly, „Reflections on Big Science and Big History”, a Peter Galison és Bruce Hevly által szerkesztett *Big Science: The Growth of Large-Scale Research* c. kötetben, Stanford: Stanford University Press, 1992, 356–357.o.

⁷ John Ziman, *Prometheus Bound: Science In a Dynamic Steady State*, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

⁸ Uo. 4.o.

Az agyonterhelt tudománymenedzserek persze éppúgy függenek az információcsere sebességétől, mint az üzletemberek (a mobil telefon nélkülözhetetlen eszközzé válik). A másik következmény, hogy a tudományt új fogalmak szerint értékelik: input és output indikátorokkal, elszámolhatósággal (accountability), kritikus tömeggel, prioritási jogokkal stb. Ziman szerint a kutatás elválik az oktatástól, az eszközök koncentrálnak és a network segíti a hozzáférést.⁹ Az egész kutatásra jellemzővé válik a finalizáció: „a kutatási programokat specifikus elméleti vagy gyakorlati célnak rendelik alá”.¹⁰

Tovább általánosítva megfigyeléseit, Ziman arra a megállapításra jutott, hogy a tudomány posztakadémiai fázisba érkezett. Ennek jellemzője, hogy elévülnek a hagyományos tudományos értékek, mint például az, hogy a tudomány köztulajdon, a tudós fő motivációja az igazság keresése, állításai univerzálisak, a tudomány elvileg érdeksemleges és a kétely, illetve a bíráló joga mindenkit megillet. A posztakadémiai tudományban a kutatás egyéni tevékenységből kollektív tevékenységgé alakul, a kutatók olyan problémákon dolgoznak együtt, amelyeket nem maguk választottak. Ez a fajta tudomány közkinccs helyett „szellemi termék” hoz létre, és nem törekszik egységes, egyetemes tudományos világkép kialakítására.¹¹

Mód 2

Ziman diagnózisát radikalizmusban és sarkos megfogalmazásban fölülmuta, ám a lényegi mondanivaló tekintetében osztotta egy elméleti munkacsoport: Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott és Trow, akik kidolgozták a rengetegszer idézett (és persze vitatott) Mód 2 elméletet.¹² Eszerint a tudomány voltaképpen tudástermelés, melynek hagyományos módját Mód 1-nek, megváltozott módját Mód 2-nek nevezik. A Mód 1 a tudománynak a központi irányítású egyetemeken meghonosodott diszciplináris struktúráját követi. Másrészt maga a kutatómunka egyéni kezdeményezésen és kreativitáson alapul, minőségellenőrzését maguk a tudósok végzik. A mennyiségi növekedés és a belső differenciá-

⁹ Uo. 6.o.

¹⁰ Uo. 23–24.o.

¹¹ Ezt az elgondolását először a Royal Societyben tartott Medawar Lecture-ében fejtette ki: John Ziman, „Post-academic Science: Constructing Knowledge with Networks and Norms”, London: 1995, a szöveg megjelent magyarul: John Ziman, „Elveszti-e objektivitását a tudomány?” *Természet Világa* 127 (1996/11), 486–488.o.

¹² Michael Gibbons – Camille Limoges – Helga Nowotny – Simon Schartzman – Peter Scott – Martin Trow, *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage Publications, 1994.

lás következtében ebből a mintából sarjadt ki a Mód 2, mely egyre dominánsabbá válik, de nem számolja föl a Mód 1 típusú tudástermelést.

A Mód 2-re jellemző:

1. A tudástermelés „az alkalmazás kontextusában” folyik. Ez azt jelenti, hogy eleve felszámolódik a tudomány felosztása egyfelől tiszta vagy alaptudományra, másfelől alkalmazott tudományra, mint a Mód 1 esetén, amelyben feltételezték, hogy érvényesül egy logika, amely szerint a tiszta tudomány a természetről szerez tudást csupán a diszciplína belső parancsa, illetve a kutatók egyéni érdeklődése folytán, majd mások, más keretek között ezeket az eredményeket konkrét gyakorlati esetekre alkalmazzák. A Mód 2-ben a kutatás eleve gyakorlatias célt tűz ki, és a természetre vonatkozó hiányzó ismeret saját szükségleteinek megfelelően pótolja, anélkül, hogy a Mód 1-ben működő kétlépcsős logikát használná. Az alkalmazott és a tiszta tudományos eredmény megkülönböztethetetlené válik.

2. A tudástermelés transzdiszciplináris. Sokféle specialista vesz benne részt, attól függően, mit követel meg a feladat. Az elmélet szerint a transzdiszciplinaritás négy sajátossággal rendelkezik: (a) alapvetően problémamegoldó, de problémáit nem a már létező alaptudás alkalmazásai képezik, hanem közvetlenül a felhasználás veti fel őket, (b) nem diszciplináris természetű, azaz elágazhat számtalan irányban anélkül, hogy valamely diszciplína elméleti struktúrájának vagy módszertani elveinek megfelelné, (c) az eredményeket azonnal kommunikálják a résztvevőknek, anélkül, hogy az ismeret diffúziójáról külön kellene gondoskodni, d) a transzdiszciplinaritás dinamikus, alakulásai megjósolhatatlanok.

3. A Mód 2 szervezeti szempontból heterogén és diverz. Ezen az értendő, hogy (a) az egyetemeken kívül részt vesznek benne a nem-egyetemi kutatóintézetek, kutatócentrumok, állami ügynökségek, ipari laboratóriumok, konzultánsok. (b) Az egyes helyszíneket elektronikus és személyes, formális és informális kapcsolatháló köti össze: a kommunikációs network. c) A specialitások egyre finomabb felosztása következik be, melynek révén a tudástermelés egyre távolabb kerül a diszciplinaritástól. Mindennek lényeges eleme, hogy az egyes résztvevők karrierjében jellemzővé válik a nagy mobilitás: egyik feladattól a másikhoz lépnek, közben állást, helyszínt változtatnak.

4. Az új tudástermelési mód érzékeny a számonkérhetőségre (social accountability) és reflexív. Számol tevékenysége egészségügyi, környezetvédelmi, kommunikációs, privát életet sértő és hasonló következményeivel, ezért kutatócsoportjaiba ennek specialistái is bekerülnek: filozófusok, antropológusok, szociológusok mellett jogászok, orvosok és mások is részt vesznek a kutatásban. Az ő feladatuk a kutatásra adott sokféle reflexió biztosítása.

5. A minőségellenőrzést – a Mód 1-től eltérően – nem a peer review biztosítja, hanem a piaci siker, a társadalmi elfogadottság, a költséghatékonyság és hasonló kritériumok.

Általánosságban tehát az mondható a Mód 2 elméletéről, hogy a kreativitást csoportjelenséggé teszi, specialistákat foglalkoztat egész diszciplínákban jártas szakemberek helyett. A tudástermelést kiragadja az egyetemi, azaz akadémiai keretek közül és szélesebb intézményi bázisra helyezi, kutatóit pedig kisvállalkozóvá változtatja. („Karrierjüket stratégiai szempontból gondolják át, és így sok tudós kisvállalkozóvá válik, meglazítja diszciplináris kötelekeit, miközben szaktárgya homályos határterületeit kutatja.”) Egyszersmind eltünteti a diszciplináris határokat, de nem a tudomány egységesítése érdekében, hiszen éppen az egység értelmetlenségét vallja. „A tudományos fejlődés olyan állapotot ért el, amikor sok tudós elvesztette az első elvek iránti érdeklődését. Úgy gondolják, a természeti világ túlságosan komplex ahhoz, hogy olyan egységes leírást lehessen adni róla, mely átfogó és hasznos abban az értelemben, hogy további kutatást vezéreljen.”¹³

Másfelől ezen elmélet szerint a kutatók realisták. „Hisznek abban, hogy létezik valamiféle realitás ott kinn, amellyel megfelelő formájú kommunikációs kapcsolatot létesítettek, mégpedig nem csupán verbális vagy konceptuális értelemben, hanem robusztus technikai értelemben is.”¹⁴

Az Internetet azonban a Mód 2 modell csak a tudástermelés helyszínei közötti nélkülözhetetlen mobilitás eszközeként tartja számon, miközben figyelembe veszi, hogy „maga a számítógép a tudomány új, erőteljes eszközévé vált, mely új nyelvet és képeket generál”. Továbbá: a számítógépek „a képek és az adatok más reprezentációi révén a reprezentációk teljességgel mesterséges világát hozzák létre, tanúsítva, mennyire kreatívak a tudományos kommunikáció ezen új formái”.¹⁵

Tripla helix

Henry Etzkowitz és Loet Leydesdorff a fenti megközelítésektől merőben eltérő, s egyre népszerűbb elméletet dolgozott ki.¹⁶ Elgondolásuk – ugyancsak a fent idézettekétől eltérően – igen széles nemzetközi tényanyagon nyugszik, és jelentős mértékben matematizált modellt is nyújt. Szerintük a tudomány jelenlegi működését három tényező: az egyetem, ipar és állam közötti kommunikációs kapcsolat írja le. A három ágens összefüggését különböző kiinduló feltételek között lehet tárgyalni, ezért a modellnek létezik I-es, II-es, és III-as változata. Kiinduló feltevésük szerint a három ágens egymásbafonódása, egymáshoz való állandó

igazodása révén határozza meg a tudomány rendszerét. („Tárgyalások és az interfészeknél szükséges fordítások hozzák létre az intézményi elrendezés átalakulásait.”¹⁷) Ha csupán két tényező működik, mindig előfordulhat, hogy a viszonyok megmerevednek; a három elem kölcsönhatása biztosítja, hogy a tudomány egésze spirál vonalon haladjon előre.

Alapelv a „szakadatlan átmenet” (endless transition), melynek során a három tényező között a modern piaci viszonyokhoz hasonló, a piaci erők, a politikai hatalom, az intézményi ellenőrzés, a társadalmi mozgalmak és az aktuális technológiai követelmények által alakított komplex dinamika érvényesül. Az egyes tényezők szakadatlanul átdefiniálják saját lényegüket, sőt az olyan alapfogalmakat is, mint a ‘piac’ vagy az ‘ipar’. Trilaterális networkok és hibrid szervezetek jönnek létre, melyekben új projekteket állítanak fel. Mindez a tényezők közötti állandó tárgyalások, viták és egyeztetések során zajlik.

A tripla helix elméletének kidolgozói szerint a Mód 2 (s vele a „posztakadémiai fázis”) gondolata merőben téves.¹⁸ Úgy gondolják, a Mód 2-nek tulajdonított jelenségek valójában megelőzték a Mód 1 jelenségeit, azaz a Mód 2 nem poszt-, hanem preakadémiai, prediszciplináris állapotot ír le: „ez a tudomány eredeti formája, mely megelőzi a 19. századi akadémiai institucionalizációt”.¹⁹ Érvelésük abból indul ki, hogy a network, már a legrégebbi idők óta kezdve, minden tudományos tevékenység elválaszthatatlan része. Emlékeztetnek a bányászat és a hajózás szerepére a 17. században, és a későbbi német gyógyszeriparra, melyek messzemenően az alkalmazás kontextusának megjelenései. Elismerik, hogy a peer review rendszere mutat bizonyos válságjeleket, de inkább csak ott, ahol a verseny túl éles: mérsékelt verseny esetén kitűnően funkcionál. Végül a transzdiszciplinaritás eluralkodása helyett új diszciplínák születését látják, olyanokét, mint az anyagtudomány vagy a számítástudomány (computer science), melyeknek igazi helye továbbra is az egyetem.

Az utóbbi évek fejleményei szerintük azt bizonyítják, nem nagyon fontos a tudás születésének helyszíne: a kutatás és alkalmazás helyének szétválása az információáramlás jelenlegi körülményei között nem okoz komoly nehézséget, miközben az egyetem óriási előnye, hogy a diákok a kutatási erők igen jelentékeny részét adják. A diákok jelenléte és fluktuációja (végzésük után újak jönnek) rendkívül rugalmassá teszi az egyetemeket.

¹⁷ Henry Etzkowitz – Loet Leydesdorff, „The Triple Helix: An Evolutionary Model of Innovations”, ld. <http://www.Leydesdorff.net/list.htm>.

¹⁸ Henry Etzkowitz – Loet Leydesdorff, „The Dynamics of Innovation: From National Systems and ‘Mode 2’ to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations”, *Research Policy* 29 (2000), 109–123.o.

¹⁹ Uo. 116.o.

¹³ Uo. 23.o.

¹⁴ Uo. 42.o.

¹⁵ Uo. 39.o.

¹⁶ Henry Etzkowitz – Loet Leydesdorff (szerk.), *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University–Industry–Government Relations*, London: Cassell, 1997.

A tripla helix modell megalkotói szerint posztakadémiai periódus helyett valójában „második akadémiai forradalom” zajlik a második világháború, még inkább a hidegháború befejeződése óta. A statikus ipari laboratóriumokkal és kutatóintézetekkel szemben „az egyetem oktatóintézményből olyan intézménnyé alakul át, mely a tanítást és kutatást kombinálja. Ez a forradalom javában tart ... és nem világos, hogyan oldódik fel a feszültség a két tevékenység között, de ezek kétségtelenül együtt élnek egy többé-kevésbé kompatibilis viszonyban, melyet mindkét oldal produktívnak és költséghatékonnak (cost effective) tart.”²⁰

A tripla helix elmélete szerint tehát a kutatás legfontosabb színtere, maga az egyetem alakul át. Vállalkozói jelleget kezd ölteni, amennyiben részint nem élhet a másik két ágens nélkül, részint megindít saját vállalkozásokat, részint pedig fontossá válik számára a szabadalmak létrehozása, azaz a tudás birtoklása, a nem publikus, eladható tudás létrehozása.

Projektvilág

Saját (a fentieknél összemérhetetlenül kidolgozatlanabb) elgondolásunk szerint az idézett nézetekben található olyan közös pont, mely implicit maradt a szövegekben: a tudomány a második világháború óta növekvő mértékben projekteken dolgozik. A Nagy Tudomány és Kis Tudomány, a diszciplináris és transzdiszciplináris kutatás, az akadémiai és a rajta kívüli, a lokális és nemzetközi, a tiszta és alkalmazott, azaz szinte minden kutatás manapság projektrendszerben működik. Projektvilágban élünk.

A projektalapú kutatás nem egyidős magával a tudománnyal. Nem is nagyon régen a kutatás jelentős részét amatőr tudósok végezték, akik mindenféle projekt nélkül, saját magánvagyonukból vagy egyéb jövedelmükből kutattak, ahogy Lavoisier tette. Ma már alig hallani róluk. Kiveszõben van a korábban gyakori személyi támogatás is. Csak úgy, pályázat, tárgyalások és egyeztetések nélkül nem biztosítanak kutatási lehetőséget még az olyan kiemelkedő tudósoknak sem, amilyen Tycho Brahe volt. A kiemelkedő tudósok persze ma is előnyt élveznek, de nem úgy, hogy számolatlanul kapják a pénzt, csak foglalkozzanak amivel akarnak. Egyre kevésbé jellemző, hogy valamely intézmény pontosan leírt cél nélkül kapna kutatási támogatást, pusztán azért mert kebelében tudományt művelnek. Az sem jellemző, hogy egy diszciplína mint olyan kapna kutatási lehetőséget, például azért, mert a finanszírozó úgy dönt (mint ahogy a múlt század végén történt a németországi egyetemeken), szükség van mondjuk szerves kémiára.

²⁰ Uo. 118.o.

A kutatás egyre kiterjedtebbé és differenciáltabbá válása, valamint költségeinek növekedése azzal járt, hogy már a 20. század elejétől egyre inkább a feltételek határozták meg az eredményességet, s nem a tudományos zsenialitás. Mint-hogy a pénzügyi lehetőségek végesnek mutatkoztak, a tudósoknak valami módon be kellett bizonyítaniuk, hogy érdemes munkájukat támogatni, sőt, hogy az övéket érdemesebb, mint kollégáikét. Ez a projektvilág elvi alapja, még bőven az állandósult állapot előtt.

Az első világháborúban vesztes Németország katasztrofális gazdasági helyzetében csak úgy őrizhette meg centrális szerepét a tudományban, hogy létrehozott egy szervezetet – a Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft-ot (NDW) –, mely egyesítette a magán, állami és helyi, ipari és alapkutató intézményeket. Az NDW ezzel jogot nyert arra, hogy minden lehetséges forrást megcsapoljon és a pénzt saját belátása szerint ossza el. Az elosztást nem a hivatalnokok, hanem a testület által felkért szakemberek végezték, mégpedig jól megindokolt pályázatok alapján. A projektvilág kezdetei tehát a szűkösségre nyúlnak vissza. Az újszerű szervezeti megoldás lehetővé tette, hogy a komoly kutatás ne lehetetlenüljön el a kevés pénz szétaprózódása miatt. Sikerült – egyebek között – egy rendkívül jelentős Nagy Tudományos oceanográfiai projektet újtára bocsátaniuk, a „Meteort”, mely a tengeri áramlatokról alapvetően új ismeretanyagot gyűjtött össze.²¹

A húszas évek végétől (zajos belső viták után) projekt alapon működött a Rockefeller Foundation is. Itt azonban – szemben az NDW-vel –, nem peer review döntött, hanem az alapítvány tisztviselői (research officers), akik a mai, mobiltelefonon lógó projektmenedzser őstípusát hozták létre.²² A projekt-es eljárás hatalmas sikere, hogy szinte az egész modern molekuláris biológiát ők alapították meg.

A Manhattan projekt után azonban a hasonló alapítványok számára nagyon beszűkültek a lehetőségek. A Nagy Tudomány olyan összegeket igényelt, amelyeket csak gazdag államok tudtak előteremteni. A projektrendszer ugyanakkor általánossá vált, és néhány sziget kivételével eluralka csaknem az egész tudományt. Létrehozta a maga infrastruktúráját mind a pénzforrások megteremtésének, mind elosztásának oldalán, mind pedig a kutatók között.

²¹ Az NDW projekt orientált jellegét elemzi Jochen Kirchhoff, „Redirecting Research: Experiences in Research Policy from the Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft/Deutsche Forschungsgemeinschaft during the 1920s”, ld. <http://mpiwg-berlin.mpg.de/ringberg/Kirchhoff/kirchhoff.html>.

²² Ld. pl. Robert E. Kohler, „Warren Weaver and the Rockefeller Foundation in Molecular Biology: A Case Study in the Management of Science,” a Nathan Reingold által szerkesztett *Sciences in the American Context: New Perspectives* c. kötetben, Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1979, 252.o.

A projektvilágban a kutatók pontosan definiált célokkal pályáznak. Projektjeik irányulhatnak alap- vagy alkalmazott kutatásra, hangsúlyozhatnak diszciplináris érdekeket, szinte akármit, de pontosan meg kell mondaniuk, mi a céljuk. A finalizáció a projektvilágban általánosnak tekinthető. A projekteken lehet egyetemen, kutatóintézetben, garázsban vagy vállalati laboratóriumban dolgozni, a lényeg, hogy a végén el tudjanak számolni a társadalomnak, magánmegbízónak, alapítványnak, azaz az adományozónak.

Úgy tűnik, a projektvilág a monetarista rendszer adekvát intézménye. A kutatók valóban kisvállalkozók, maximum középvállalkozók, sőt az egyetemek maguk is vállalkozóként viselkednek a tudáspiacon. Másfelől a Nagy Tudomány mintha megfeleltethető lenne a multinacionális vállalatoknak, hatalmas nélkülözhetetlen potenciáljukkal és millió hátrányukkal. A globalizmust a tudományban azonban nem egyedül ők képviselik.

Mindhogy a projekt valamely probléma megoldására vállalkozik, mely a tudomány akármelyik területéhez tartozhat, Mód 1 vagy Mód 2 szerintihez, tiszta vagy alkalmazott tudományhoz, lehet olcsó vagy drága, bizony nagy kérdés, mi sodorja össze a szerzett tudás szálait a finanszírozók, projektbírálok ilyen sokasága és heterogenitása esetén. Az elegáns, és konkrét kutatásra ösztönző tripla helix modell meggyőzően érvel ugyan a Mód 2 elmélet ellen, ám az egyetem-ipar-kormányzat együttműködés ugyancsak projekteket eredményez, s e projektek jól definiált, önálló problémák megoldására irányulnak.

A projektvilág a tudás széttöredezésével fenyeget. Ebben a rendszerben – önmagában – semmi nem biztosítja a tudomány egységét, az instrumentalizálódás elkerülését. A tripla helix egyetemekre helyezett hangsúlya ad ugyan némi reményt, de a modellben nincs olyan instancia, amelynek az lenne a feladata, hogy az egyetemen folyó projektmunkákat közös mederbe terelje.

Bár a kutatás projektrendszerű finanszírozása a tudomány fragmentálódásának irányába hat, megfigyelhetők az ellenkező irányú tendencia jelei is. Azt az állításunkat, hogy a 20. századi tudomány nem szükségképpen vezet a projektvilág tartalmi szétforgácsoltságához, legmeggyőzőbben a leginkább finanszírozás-függő, kizárólag projektekből álló Nagy Tudomány vizsgálatával mutathatjuk meg.

Még egyszer a Nagy Tudományról

Amerikában az 1920-as évek végén, 30-as évek elején, az ipar és az egyetemek közös vállalkozásainak eredményeként kezdett kialakulni az a tudományszervezési mód, mely utólag a Nagy Tudomány nevet nyerte. Megkísérelve egy durva korszakolást, a Nagy Tudomány fejlődését három szakaszra bonthatjuk: az 1930–1940 közötti évtizedet tekinthetjük az első, a második világháborút, vagyis az 1940–45 közötti időszakot a második szakasznak, s 1945 után kezdődött a harmadik, mely

(s ez a tézisünk) mára véget ért, vagy napjainkban éppen végetérőben van.

Az első két szakasz közös jellemzője a nem-akadémiai intézmények egyre erőteljesebb beavatkozása a tudományba. A nagy gazdasági világválságot követően az ipari versenyben egyre fontosabb szerepet játszott az innováció, mely természetes intellektuális forrását az egyetemeken találta meg. Az egyetemi és ipari szféra fokozatosan közeledett egymáshoz. Ennek folytatása volt, hogy a második világháború idején a tudomány jelentős hadiipari, katonai tényezővé vált. A gazdasági és katonai érdekek megjelenése azonban addig ismeretlen mértékben felerősítette a tudományban a titkos és nyilvános tudás, a szabad és korlátozott kommunikáció különbségét. Az első, 1930 és 1940 közötti szakaszban a helyi ipari vállalkozások szabadalmi, a második, 1940 és 45 közötti szakaszban főként a központi kormányzat katonai érdekei szabtak korlátot a tudományos információk áramlásának.²³

Mindkét időszakra jellemző volt az a törekvés, hogy pontosan meghatározott tudományos feladatok (a nylon előállítására irányuló projekt, Manhattan-terv) megoldására zárt, s a tudományos világ többi részétől gondosan elszigetelt kutatócsoportokat hozzanak létre. Szembekerültek egyfelől a kutatók tudományos, másfelől a kutatást nagy összegekkel támogató ipari konzorciumok finansiális, illetve a központi kormányzat nemzetbiztonsági érdekei. A megszerzett információk kontrollálása érdekében adminisztratív eszközökkel szabályozták a tudósok egymás közötti kommunikációját, korlátozták az akadémiai szabadságot. Titkosnak minősítették a jelentős innovációs és anyagi értéket képviselő berendezéseket éppúgy, mint a kutatás folyamatát, a megoldott részproblémákat és megszerzett empirikus adatokat. A hipotéziseket nem bocsátották nyilvános vitára, az eredmények ellenőrzéséhez nem hozták nyilvánosságra sem a laboratóriumi jegyzőkönyveket, sem a végeredmények hátterében álló elméleteket. A nem-tudományos szféra beavatkozása sokszor egészen a kutatás irányait meghatározó döntésekig is kiterjedt: döntést igénylő helyzetekben az infrastruktúrát biztosító szervezetek képviselői a konkrét célok közvetlen megvalósítása irányába terelték a kutatást. Mi több, beleszóltak a team tagjainak kiválasztásába. A nagy műszerekhez és megszerzett tudományos eredményekhez való hozzáférési jogot a tudományos érték mellett más szempontok (megbízhatóság) is befolyásolták.

Bár még a kialakulófélben lévő Nagy Tudományban sem mindig érvényesült szigorúan ez a modell (az atombomba előállításánál igen), már a 20. század első felében világosan kirajzolódott az a veszélyes tendencia, hogy a tudomány előbb-utóbb teljesen katonai, politikai és gazdasági érdekek irányítása alá kerül.

²³ Vö. Peter Galison – Bruce Hevly – Rebecca Lowen, „Controlling the Monster: Stanford and the Growth of Physics Research 1935–1962”, a Galison és Hevly által szerkesztett kötetben, 50.o. és 60.o.

A kommunikáció korlátozásával és a gondolkodásnak a konkrét projekt által kitűzött célra fókuszálásával megszűnik a tudományos tudás egységének megteremtésére irányuló törekvés, az egymással össze nem függő feladatok megoldására létrejövő Nagy Tudományos projektek mintha vastag falakkal szigetelődnének el egymástól.

Az 1945 utáni időszak Nagy Tudományának fejlődése azonban semmiképpen sem írható le egyszerűen úgy, hogy a kutatás irányítása fokozatosan a nem-akadémiai szféra kezébe csúszott volna át, s a tudomány egésze a Múd 2 vagy a „posztakadémiai“ fázisba került volna. Éppen ellenkezőleg, az akadémiai és iparkatonai kutatások határozott elkülönülése figyelhető meg. A nagy iparvállalatok és a hadsereg saját laboratóriumokat és kutatóbázisokat alakított ki, ezáltal lehetőséget biztosítva a tudósoknak a választásra: aki hajlandó a magas fizetésért és egyéb előnyökért elfogadni a kutatói szabadság korlátozását, választhatja az ipari és katonai kutatóhelyeket, míg azok, akik többre tartják az akadémiai szabadságot, az egyetemi szférában maradhatnak.

Az egyetemek továbbra is jelentős külső támogatásokat kapnak, de mérlegelhetik, hogy a pontosan meghatározott projektekre szánt pénzeket elfogadják-e vagy sem. A Stanford Egyetemen művelt Nagy Tudomány finanszírozási kérdéseit elemző W.K.H. Panofsky arról ír, hogy a második világháború után az anyagi támogatás jelentős része a központi kormányzattól származott, s ez sokkal kedvezőbb helyzetet teremtett, mint az, amikor a pénzt iparvállalatok adták. Az egyetem és a kormányzat között öt évente megújított keretszerződés jött létre, mely rögzíti, hogy milyen jellegű kutatásokra biztosít pénzt a kormányzat, de nem írja elő az egyetem számára a kutatás tudományos és technikai részleteit. A kormányzat nevezheti ki az egyetem által működtetett részecskegyorsító igazgatóját és helyettesét, de nincs joga őket leváltani, s nem szólhat bele a munkatársak kiválasztásába sem. A tanácsadók véleményének figyelembevételével az igazgató dönt a kutatási programról, s döntésénél csak a tudományos érdekeket és a program kivihetőségét veszi tekintetbe. A publikálást sem nemzetbiztonsági, sem gazdasági érdekekre hivatkozva nem lehet korlátozni, a szabadalmaztatási eljárás a kéziratnak a kiadóhoz való benyújtásával egyidejűleg kezdődik. Abban a ritka esetben, ha a kormányzat titkos kutatásra kívánná igénybe venni a gyorsítót, az egyetem nem kötelezhető e kutatások elvégzésére.²⁴

Vannak tehát a Nagy Tudománynak olyan rezervátumai, melyek megmaradnak az akadémiai szférában. Ezek a területeken a tudományon kívüli tényezők beavatkozása alapvetően különbözik a korábbiától. Előfordulhatnak ugyan olyan rendkívüli helyzetek, melyekben a politika kénytelen szoros irányítás alá vonni a

²⁴ Vö. W.K.H. Panofsky, „SLAC and Big Science: Stanford University“, a Galison és Hevly által szerkesztett kötetben, 144-45.o.

tudományt, de ez semmiképpen sem azonosítható azzal a renddel, melyben a pénzt folyósító megrendelők előre meghatározzák az elvégzendő kutatás célját és menetét. Annak köszönhetően, hogy a támogatások jelentős része nem kötődik konkrét feladathoz, más esetekben pedig az egyetemek vezetése szuverén módon dönthet a meghatározott projektekre szánt pénzek elfogadásáról vagy elutasításáról, lehetőség van bizonyos fokú akadémiai függetlenség fönntartására.

Amint a Stanford Egyetem példája mutatja, önmagában az a tény, hogy a pénzügyi forrásokat a gazdaság vagy az állam biztosítja, nem vezet a tudomány „posztakadémiai“ fázisának kialakulásához. Az akadémiai függetlenség korlátozásához csupán jogcímet biztosít a finanszírozás, a korlátozás megvalósításának tényleges eszköze az információcsere akadályozása, a tudományos kommunikáció kialakult intézményrendszerének kontroll alá vonása. Ez eredményezi a projektek izolálódását, az egyes kutatások szigetszerűvé válását.

A szigetszerűség az egyik döntő jellemzője a tudományszervezés azon típusának, melyet a továbbiakban „Brahe-modell“-nek nevezünk. Tycho Brahe a 16. században, Hveen szigetén felépített hatalmas obszervatóriumában, az intenzív tudományos kutatás olyan szervezési módját alakította ki, melyet alábbi jellemzői alapján joggal tekinthetünk a 20. századi Nagy Tudomány mintaképének.

- A kutatás hatalmas, zárt, e célra épített komplexumban (Uraniborg) folyt, mely a szorosan vett obszervatórium mellett papírmalomból, nyomdából és alkímista műhelyből állt.
- E komplexumban nem individuális, hanem hierarchikusan szervezett teammunka zajlott. (Eisenstein 50 asszisztensről tesz említést;²⁵ egyes források szerint²⁶ a segítők speciális hírórendszerrel Brahe-hoz voltak kapcsolva, így bármelyiküket bármikor magához rendelhette.)
- A team folyamatos és szisztematikus megfigyelést végzett (a csillagászati megfigyelések addig inkább alkalmoszerűek, látványos égi vagy sorsdöntőnek tekintett földi eseményekhez kapcsolódóak voltak).
- A nagyszámú megfigyelésből nagy adattömeget nyertek (Brahe 1000 égitest pozícióját határozta meg).
- Az obszervatórium megépítése és a kutatás fenntartása rendkívül pénzigyes volt, így csak központi (királyi) támogatással volt lehetséges.
- A támogatást a király jelentős részben a kutatás hasznosságára való tekintettel nyújtotta (a naptárkészítéshez, hajózáshoz valamint az asztrológiai számításokhoz szükséges volt az égitestek pályadatainak lehető legpontosabb meghatározása).

²⁵ Elizabeth Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change: Communication and Cultural Transformation in Early-Modern Europe*, Cambridge: Cambridge University Press, 1979, 526.o.

²⁶ Arthur Koestler, *Alvajárók*, Budapest: Európa Könyvkiadó, 1996, 387-88.o.

A „szigetszerű” tudományszervezési modellre nehezedő nyomás

Fentebb utaltunk rá, hogy az akadémiai függetlenséget védelmező tudósoknak 1945 után sikerült megakadályozni a „szigetelvé” tudományszervezési modell általánossá válását. A továbbiakban azt szeretnénk megmutatni, hogy az utóbbi mintegy 15 évben teljesen új korszak kezdődött a Nagy (és Kis) tudományban. Az új korszakot nem jelentéktelen mértékben a Nagy Tudomány belső természete tette szükségsszerűvé, de kétségtelenül a tudományos kommunikáció eszközrendszerének átalakulása tette lehetővé.

Menedzselés

Egy nagy projekt beindítása hihetetlenül hosszadalmas és bonyolult folyamat: részben azért, mert hatalmas összegre van szükség, főként azonban azért, mert nagyon különböző érdekcsoportok (akadémiai, politikai, katonai és ipari) együttműködését kell megteremteni. Emellett a különböző tudóscsoportoknak is megegyezésre kell jutniuk a megépítendő berendezéseket illetően. Csak akkor fogadtathatják el a beruházást a politikusokkal (s közvetve az adófizetőkkel), ha kimutatható, hogy sokrétű tudományos érdeket szolgál. Ahogyan Robert Smith a Hubble űrteleszkóppal kapcsolatban leírta,²⁷ az, hogy a berendezés milyen adatok gyűjtésére képes, vagyis mi a projekt konkrét tudományos célja, az égboltot kutató különböző csoportok (kozmológusok, az űr távoli szektorait vizsgáló csillagászok, bolygókutatók stb.) megegyezéseinek eredőjeként alakult ki. Az egyeztetés folyamatában többször újra kellett fogalmazni a projekt tudományos céljait, bizonyos alkalmazásokról le kellett mondani, más területekre pedig ki kellett terjeszteni az alkalmazhatóságot, s ennek következtében új technikai megoldásokat kellett kigondolni, újabb tudományos csoportokat kellett megnyerni. Látható, hogy a megépítendő nagy berendezésekre (s így a tudomány további fejlődésének irányára) vonatkozó döntés nem csupán a valóság metafizikai adottságaitól, nem is kizárólag a tudományos megfontolásoktól függ, hanem egy bonyolult társadalmi folyamat végeredménye.

A Nagy Tudomány projektjeinek létrehozása és működtetése azonban alapvetően eltér a fontos célokat megvalósító más társadalmi folyamatoktól, amennyiben nincsenek s nem is lehetségesek olyan politikai mechanizmusok, melyek a folyamat formális kereteit megadnák. A Nagy Tudomány projektjei ugyanis egyszerűek, kivételes események, melyek még akkor is erőteljesen különböznek más

²⁷ Vö. Robert W. Smith, „The Biggest Kind of Big Science: Astronomers and the Space Telescope”, a Galison és Hevly által szerkesztett kötetben, 184–211.o.

projektektől, ha ugyanolyan jellegűek. Két részecskegyorsító megépítése nem azonos időszakban, nem azonos társadalmi, nemzetközi és tudományos körülmények között történik, így a döntéseknek nincsenek kialakult rutinjai. Minden egyes valóban „nagy” tudományos projekt egyedi, a szükséges konszenzus létrehozása nem bürokratikus, hanem (Henry Lambright találó kifejezésével) „ad hocratikus” folyamat.²⁸ Smith a következőképp ír az űrteleszkóp előkészítéséről: „A döntéshozatal [policy-making] ... különféle arénákban, folyton változó szabályok szerint és folyton változó szereplőkkel történt. Olyan folyamat volt, melyben soha senki nem tudta pontosan, mi történik.”²⁹

A döntés előkészítésének nincs intézményes mechanizmusa: kompromisszumok kereséséből, konszenzus-képzésből, koalíció-építésből, érdek- és nyomáscsoportok közötti egyeztetésekből és lobbyszókból áll. Nem elég megtervezni, valamely bizottságnál leadni a pályázatot, majd kivárni a döntést. Folyamatosan jelen kell lenni. Minél inkább jelen van valaki, annál sikeresebb, s folyamatosan jelen lenni csakis rugalmas, tér- és időbeli korlátokat nem ismerő kommunikációs rendszerrel lehet. Azok a projektek nyernek támogatást (azaz abba az irányba megy a tudomány), amelyeknek menedzserei a legotthonosabban mozognak az érdek- és nyomáscsoportok között. Azok a projektek, amelyeket olyan tudósok próbálnak megvalósítani, akik állandóan jelen vannak abban az informális kapcsolatrendszerben, ahol a konszenzus- és koalícióképzés zajlik, s a legjobban alkalmazzák az ehhez illő rugalmas kommunikációs rendszert, az e-mailt és mobil telefont. A szigeten élő, régimódi tudós, aki nincs intenzív informális kapcsolatban az elgondolt projekt tudományos és nem-tudományos szereplőivel, nem jut támogatáshoz – s a Nagy Tudomány esetében ez azt jelenti: kimarad a tudományból.

Adatbányászat

Azzal, hogy a Nagy Tudomány finanszírozása ipari vagy állami kézbe kerül, a kutatás napi gyakorlatában is új értékelési szempontok jelennek meg: ilyen például a költséghatékonyság. A rettentő drága berendezéseknek, a lehető legjobb kihasználtság érdekében, napi 24 órában kell működniük. Ennek következtében mágneslemezeken, fénykép- és röntgenfelvételeken és más hordozókon elképzeltetlen mennyiségű mérési eredmény, adat halmozódik fel, s ezt minél rövidebb időn belül fel kell dolgozni. Csakhogy ehhez a munkához gyakran magasan kvalifikált, sőt elsővonalbeli tudósokra van szükség, mégpedig nagyon sokra.

²⁸ Vö. uo. 190.o., 12. jegyz.

²⁹ Uo.

Ez ismét a sziget-jelleg ellen hat: ha nem akarják, hogy a drága berendezések hiábavalóan halmozzák az adatokat, a feldolgozásba be kell vonni a világ más részein élő tudósokat is. Ennek kézenfekvő s elterjedőben lévő módja az, hogy a megfigyelési és kísérleti adatokat felteszik az Internetre, ily módon egy informális hálózatba kapcsolva össze a terület iránt érdeklődő, de a konkrét projektben részt nem vevő kutatókat. (Génbank, Protein Adatbank, Molekula-lap stb.) Az, hogy a Mars-szondák által készített számtalan felvételt hozzáférhetővé tették az Interneten, lehetőséget adott két magyar csillagásznak arra, hogy e megfigyelésekre alapozott hipotézist dolgozzanak ki a Mars pólusai körüli életjelenségekkel kapcsolatban.

A gazdaságosság kényszere más oldalról is nyomást gyakorol a Nagy Tudomány szerveződésére. Az 50-es években számos egyetem próbálkozott azzal, hogy saját ciklotront vagy szinkrotront építsen magfizikai kutatásaihoz, de ritkán sikerült megszerezni a szükséges pénzeket. A 60-as években a kormányok országos vagy regionális laboratóriumokra adtak pénzt: Angliában például összesen két ilyen eszközt építettek (a Rutherford Laboratory-t Oxfordban, s egyet Manchester és Liverpool között Daresbury-nél). De annak ellenére, hogy az alaputatásra szánt nemzeti költségvetés jelentős részét fölemésztették, még ezek sem voltak elég nagyok ahhoz, hogy versenyképesek legyenek az amerikai gyorsítókkal. Ezért a 70-es évektől az angolok az erre költhető pénzt a CERN-ben végzett kutatásokra csoportosították át. Az Egyesült Államokban ugyanígy koncentrálták az erőforrásokat a Chicago melletti Fermilab-re. Mára azonban már elavultak az e helyeken épített jobb gyorsítók is. Komoly viták folynak akörül, érdemes-e külön-külön harmadik generációs szupergyorsítókat építeni, nem lenne-e gazdaságosabb egyetlen interkontinentális beruházás (Supercollider), melyet a világ valamennyi nagyenergiájú részecskefizikusa használhatna.³⁰

Amennyiben ez a terv megvalósul (s elég valószínűnek látszik, hogy előbb-utóbb megvalósul), az adatok feldolgozásának nem is lesz más módja, mint az, hogy a központi gyorsítóval a világ különböző részein dolgozó kutatók online kapcsolatban legyenek. Az adatok nem csak a vezérlőterem monitorain jelennek meg, hanem egyidejűleg a világ számos pontján. Ez egyáltalán nem lesz valami forradalmian új megoldás, hiszen már ma is így működnek pl. a magas hegyek tetejére telepített teleszkópok. Nem kell a csillagászoknak a helyszínre utazni, a beállításokat saját egyetemi laboratóriumukból, távvezérléssel végzik, s ugyanitt kapják meg az adatokat is (a Hubble űrteleszkóppal alig is történhetne másként).³¹ Az igazi újdonságot az jelenti, hogy az Interneten hozzáférhető adatbankok adatainak utólagos feldolgozásával szemben az online összeköttetés lehető-

vé teszi a kutatás menetének befolyásolását: a világ távoli pontjain ülő kutatók azonnal diszkutálhatják az eredményeket, és javaslatokat tehetnek a kutatás következő lépéseire.

Mindebből az következik, hogy a kutatásokra fordított pénz egy részét át kell irányítani a telekommunikáció fejlesztésére, mert ezáltal válik lehetővé a drága eszközök gazdaságos kihasználása. Továbbá az is, hogy azok az országok, melyek kimaradnak a telekommunikáció fejlesztéséből, egyúttal kimaradnak a tudomány jelentős részéből is.

A gazdasági hatékonyság és a szellemi kapacitások jobb kihasználásának szükségessége egyaránt a részecskefizikusok világhálózatának kialakítása irányába hat. Sőt, nem is csupán a részecskefizikusokról van szó, hiszen a gyorsítók nagyenergiájú sugárnyalábjai egyidejűleg többféle kísérlet elvégzésére is használhatók (szeparátorokkal másodlagos sugarakat hoznak létre): vizsgálhatók velük komplex kémiai reakciók, biológiai struktúrák, ásványok stb. Emellett egyre több transzdiszciplináris kutatás folyik, melyekben a legkülönbözőbb tudományterületek képviselői dolgoznak együtt olyan problémán, mely nem illeszthető bele egyetlen diszciplína feladatkörébe sem. Jellegzetesen ilyenek a környezetvédelmi kutatások, melyekben kémikusok, meteorológusok, agrárszakemberek, erdészek, talajkutatók, biológusok, orvosok, jogászok stb. dolgoznak együtt. De ugyanez a helyzet az asztronómuval, aki együtt dolgozik a fizikussal egy új spektroszkóp kifejlesztésén, s ugyanakkor a számítástechnikussal, aki az adatok feldolgozásához használt szoftvert fejleszti ki, továbbá a kémikussal, aki a színkép-elemzésben segíti.

Az Internet teszi lehetővé az ilyen transzdiszciplináris kutatások flexibilis szervezését. Nem kell külön intézményeket létrehozni: a földrajzilag távol eső helyeken dolgozó szakértők együtt dolgozhatnak valamely projektben, és a következő projektben újraprendeződhet az együttműködés, más csoportok kapcsolódhatnak össze, anélkül, hogy bárki helyet változtatna.

Publikációcserkészet

A Nagy Tudomány hálózatba szerveződése nem állhat meg az adatok feldolgozásánál, hiszen a publikációk száma is robbanásszerűen növekszik. Ha nem teremtenék meg a közleményekhez való hozzáférés, valamint a tartalmak visszakereshetőségének valamilyen rendjét, a tudományos információk ugyanúgy elvesznének, mintha föl sem dolgozták volna az adatokat.

³⁰ Vö. John Ziman, *Prometheus Bound*, 55–56.o.

³¹ Uo. 57–58.o.

Egyebek között ezen segítenek a tudományos információkat strukturáló információportálok. Például az élő természettudományok számára létrehozott portál (E-BioSci)³² közös európai szolgáltatásként kínál információkat, a bibliográfiáktól a teljes szövegeken át a kísérleti és megfigyelési adatokig. A portál fenntartóinak az a törekvése, hogy elmosssák a „nyers adatok” és a „szövegek” közötti határt. Az adatbázis egyes elemeihez hozzá vannak kapcsolva a rá vonatkozó tudományos közlemények és kísérleti leírások (s ugyanez fordítva: a tanulmányoktól is el lehet jutni a releváns adatokhoz). Mégpedig nem is csupán egyféle adathoz, hanem együtt látjuk a biokémiai, genetikai és más adatokat, miközben látjuk a molekulák háromdimenziós képét s az egyes összetevőkre és a közöttük fennálló kötésekre vonatkozó irodalmat.³³

Mindemellett a portál még publikációs fórumként is működik, ahol a színvonalat a peer review szokásos eszközeivel biztosítják. Azaz: nemcsak az adatok származnak innen, hanem az eredmények vissza is áramlanak és közös fórum is működik ezek megvitatására. A referált publikáció és moderált vitakör lehetőségével az adatok értelmezése körüli diszkussziót is fönntartja. Így a kutatások komplett és transzdiszciplináris kerete jön létre.

Nem meglepő, hogy vannak, akik a D. Crane által leírt „láthatatlan kollégium” mint informális kommunikációs hálózat idejétmúltságáról beszélnek, jelezve, hogy az mára továbbfejlődött, s kihelyeződött a kibertérbe. John Gresham szerint az Internet által biztosított korlátlan kommunikációs lehetőségek annyira megnövelik a „láthatatlan kollégium” méreteit, hogy e kiterjesztésben eltűnnek a centrum és periféria közötti különbségek, legalábbis csökken a korábban periférikusnak számító területek tudósainak fáziskésése.³⁴ Dr. Susskind stanfordi egyetemi tanár a los alamosi fizikai preprint archívumra utalva arról beszél, hogy mára az egész világ egyetlen szemináriumi teremmé változott. A tapasztalatok egyelőre azt mutatják, hogy elsővonalbeli fizikusok ugyanúgy böngésznek az archívumban és elhelyeznek cikkeket, mint undergraduate egyetemisták. A legnagyobb haszna persze azoknak a kutatóknak van, akik nem, vagy csak nagyon nagy késéssel juthatnának hozzá a hardcopy fizikai folyóiratokhoz, s így soha nem lenne esélyük sem arra, hogy hozzászóljanak egy olyan vitához, mely a fizika első vonalá-

³² Ld.: http://www.e-biosci.org/E-BioSci_overview.html.

³³ Mark Gerstein – Jochen Junker, „Blurring the Boundaries between Scientific ‘Papers’ and Biological Databases”, ld. <http://www.nature.com/nature/debates/e-access/Articles/gerstein.html>.

³⁴ John L. Gresham Jr., „From Invisible College to Cyberspace College: Computer Conferencing and the Transformation of Informal Scholarly Communication Networks”, *Interpersonal Computing and Technology: An Electronic Journal for the 21st Century*, 2. köt., 4. sz., 37–52.o., ld. <http://helsinki.fi/science/optek/1994/n4/gresham.txt>.

hoz, legfrissebb kérdéseikhez tartozik, hiszen mire eljutnak hozzájuk a problémát felvető tanulmányok, már rég megszülettek a válaszok, s mire ezekre reagálnak, a vita már egy-két fázissal megint továbblépett.³⁵

Azzal, hogy a kapcsolatrendszer a kibertérbe kerül, nem csupán a „láthatatlan kollégium” kiterjedése nő meg, de megváltozik a kapcsolatteremtés lehetősége is. A Crane-féle „láthatatlan kollégium” az előzetesen meglévő személyes kapcsolatrendszerre épült: azok kaptak preprinteket, leveleket, meghívókat konferenciákra és közös munkára, akik már benne voltak a körben. Az elektronikus kommunikáció viszont nem igényli az előzetes ismeretséget: a tanulmányok végén, honlapokon vagy címtárakban szereplő e-mail címek, a bárki számára nyitva álló pre-print archívumok és vitakörök lehetővé teszik a kapcsolatteremtést. Ezzel a tudósok „láthatatlan kollégiuma” veszít exkluzív jellegéből, nyitottabbá válik, így biztosítva az egymástól különböző szemlélet- és gondolkodásmódok konfrontálódásának és szintetizálódásának esélyét. A közös megközelítésmód kialakításának különösen az növeli meg a lehetőségét, hogy a nagy „szemináriumi teremben” nem a teljesen kifejlődött és bizonyos körben elfogadottá vált elméletek konfrontálódnak, hanem a csíra formában létező, még az alakulás állapotában lévő ötletek.

Tudományfilozófiai konklúziók

Egyoldalúnak tekinthető tehát a 20. század második harmadában kialakított, a Nagy Tudomány által alkalmazott tudományszervezési mód. Ennek jellemzője, hogy az anyagi és szellemi kapacitások koncentrációja céljából nagy laboratóriumokat hoznak létre, ezeket azonban a gazdasági és katonai érdekek nyomására egymástól izolált, szigetszerű képződményekké próbálják alakítani. E törekvés több vonatkozásban gátolja a Nagy Tudomány hatékony működését, ámde a szigorúan „szigetszerű” működés valójában csupán felemás megvalósítása a Brahe-modellnek.

Fent említett művében Elizabeth Eisenstein úgy írta le Tycho Brahe-t mint az első olyan tudóst, aki (a nyomtatásnak köszönhetően) elődeivel és kortársaival folyamatos kommunikációban állt. Összehasonlította egymással a különböző korokból származó csillagászati táblázatokat, s a tapasztalt különbségek adták megfigyeléseinek vezérfonalát. Ugyanakkor levelezésben állt kortársaival is, akikkel adatokat cserélt és egyeztetett. Az általa működtetett obszervatórium részben az ott felhalmozott eszközöknek és összegyűlt megfigyelőknek (azaz a szigetszerű

³⁵ James Glanz, „Web Archive Opens a New Realm of Research”, *The New York Times* 2001. máj. 1., ld. <http://www.nytimes.com/2001/05/01/college/01ARCH.html>.

koncentrációnak) köszönhető sikerességét, de nem kis részben annak is, hogy részét képezte egy informális hálózatnak. A múltbeli és kortárs tudósok megfigyeléseit éppúgy hasznosíthatták, mint értelmezéseiket, vagy azt az előnyt, hogy ugyanazt az égitestet földrajzilag különböző helyekről figyelték meg. A tudomány teljes „Brahe-modell”-je tehát két részből áll: az anyagi és szellemi erőforrásokat egy helyre koncentráló „sziget”-ből, s az ezt körülvevő, térben és időben korlátlan informális hálózatból.

Az utóbbi 15 évben a Nagy Tudomány egyre inkább a teljes „Brahe-modell” megvalósítása felé halad, azaz a koncentrált kutatóbázisok mellett kiépül a tudomány valamennyi szereplőjét összekapcsoló informális hálózat, s ennek megvan a tudományfilozófiai következményei.

A 20. századi tudományfilozófia egyik legnagyobb vitája az empirikus és teoretikus szint viszonyával foglalkozott: létezhetnek-e elméletfüggetlen megfigyelési és kísérleti adatok, lehetséges-e az elméletek tapasztalati igazolása vagy cáfolata. Azzal, hogy bizonyos tudományokban hasadás keletkezett az adatgyűjtők és adatfeldolgozók között, ez a kérdés teljesen más fénybe került. Vannak báziselméletek, melyek testet öltenek a nagy műszerekben, s ezen keresztül az adatokban, de ezek az elméletek függetlenek az adatokat értelmező magasabb szintű elméletektől. A „feldolgozók” különféle interpretációihoz képest az adatok semlegesek, s ez lehetővé teszi a racionális vitát.

Ugyanennek a jelenségnek másik oldala is fontos. Azzal, hogy a tudományos portálok adatbankjaiban megszüntethetővé válik az adatok és a rájuk vonatkozó interpretációk közötti választóvonal, a tudomány empirikus alapzata más színben jelenik meg. A korábbiakban az interpretációkat egy összetartozó tudóscsoport dolgozta ki és legitímálta, ezzel lehetőséget teremtve az adatok bizonyosfajta értelmezésének dogmatizálódására. Az irodalommal összekapcsolt adatbankokban azonban ugyanazokra az adatokra vonatkozóan egyidejűleg minden lehetséges interpretáció megjelenhet, ráadásul úgy, hogy az érdeklődő közvetlenül kapcsolatba léphet az egyes elméletek képviselőivel. Egyfelől tehát lehetőség van a rivális elméletek viszonylag független adatok általi tesztelésére, másfelől ki van zárva az adatok egyoldalú értelmezésének hatalmi eszközökkel történő megerősítése.

Sőt, az állandó összekapcsoltságnak köszönhetően az értelmezés körüli vita egy fázissal előbbre kerül: a különböző megközelítéseket képviselő tudósok a kutatás folyamatában, azaz még azt megelőzően csapnak össze, hogy elgondolásaikat részletesen kidolgozták, azzal teljesen azonosultak volna. Ennek eredményeként a vita nem csupán racionális, de valóban konstruktív is lehet.

Nem is szükségképp elkeseredett polémiairól van szó. A tudományos alkotómunka maga is közösségivé válik. Azt vizsgálva, hogy a digitális könyvtárak milyen szerepet játszanak a kutatásban, Michael Lesk statisztikai adatokat közöl, melyek azt mutatják, hogy a 90-es években radikálisan megugrott az olyan több-

szerzős művek száma, amelyeknek szerzői nem azonos intézményben dolgoznak.³⁶ Az e-mailnek a kutatásra gyakorolt hatását vizsgáló Lubanski és Matthew pedig már 1998-ban talált olyan többszerzős munkát, amelynek szerzői sohasem találkoztak személyesen.³⁷

A közös empirikus bázis és a racionális, konstruktív diskurzus lehetőségének megteremtése mellett megfigyelhető a metodológiák egységesítésére irányuló törekvés is. A már említett „E-Bio” portál célja az, hogy globális kutatási infrastruktúrát teremtsen, s ennek érdekében nemcsak az archívumokhoz, adatállományokhoz való hozzáférést segíti elő, de megkísérli előmozdítani a hatékony kutatások közös módszereinek fejlesztését is.

Mindez azt mutatja, hogy a tudomány körül kialakuló informális hálózat akadályozza a tudás fragmentálódását, csökkenti az egymástól radikálisan különböző fogalmi sémák, adatbázisok és módszertani normák kialakulásának esélyét. Ha a tudományos kommunikáció világméretű, akkor nem játszanak benne szerepet lokális érdekek, nem alakulhat ki speciális tradíció a tudományban azáltal, hogy egy csoport pl. tanszéket szerez és folyóiratot alapít. Aki részesülni akar a hálózat adataiból és információiból, aki hozzá akar szólni az ott zajló vitákhoz, annak ismernie és használnia kell bizonyos fogalomrendszert, igazodnia kell a közös standardokhoz. Azt jelenti ez, hogy lejárában van a „szigetelt”-ségből eredő tudományos szubkultúrák ideje, megszűnőben vannak a relativizmus kommunikációtechnológiai feltételei.

³⁶ Michael Lesk, „Digital Libraries. A Unifying or Distributing Force?”, a Richard Ekman és Richard E. Quandt által szerkesztett *Technology and Scholarly Communication* c. kötetben, Berkeley: University of California Press, 1999, 360–61.o.

³⁷ Adam Lubanski – Lucy Matthew, „Socio-economic Impact of the Internet in the Academic Research Environment”, ld. <http://www.sosig.ac.uk/iriss/papers/paper18.htm>.