

fürdőzőket. Ugyanakkor egy ősrégi gyárban még mindig forogtak a hatalmas fakádak, a munkások pedig túlsorduló, vegyszerekkel teli vödöröket cipeltek. Eközben Kanpur legszegényebbjeinek tízezrei élnek olyan nyomornegyedekben, ahol krómmal szennyezett talajvizet húznak fel a kútból, amelyről köztudott, hogy rákot, májelégtelenséget és korai demenciát okoz. Kanpurban megvannak a létesítmények az ipari szennyvíz újrahasznosítására és a króm kivonására. Azt mondják, hogy a folyamat 9 rúpiánál (36 forintnál) nem tesz hozzá többet egy pár cipő árához. Mégis szemet hunynak a környezetvédelmi előírások megszegése fölött.

Shashi Shekhar egykori magas rangú vízügyi szakember szerint az állami kormányok és tüzeti cimboráik gyakorta jobban érdekeltek a szennyvíztisztító telepek kiépítésében, mint azok hosszú távú használatának biztosításában. Előrejelzései szerint az állami-magán partnerség új formái gyümölcsözők lehetnek néhány éven belül, és talán végül a vízminőség is javul. Mindazonáltal mélyebbre ható változásra van szükség. A Gangesz körüli visszaélések a rövid távú nyereség érdekében történnek. Eközben sem a politikusok, sem a sajtó nem tárja a nyilvánosság elé a környezetvédelmi probléma nagyságát. Ahogy Shekhar úr fogalmaz, ha egy folyó, amelyben hívők milliói fürdenek, „fekáliával és mocsokkal van tele, akkor ezt közölni kell az emberekkel”.

*(The Economist)*

---

Theres Lüthi

A Nobel-díjas Werner Arber hisz a teremtésben

---

*Beszélgetés evolúcióról, Istenről és a női kvótáról Werner Arberrel, a géntechnológia úttörőjével és neurobiológus lányával*

**NZZ am Sonntag: Arber úr, június 3-án tölti be a 90. életévét. Hogy van?**

**Werner Arber:** Tulajdonképpen elégedett vagyok, de természetesen érzem a koromat.

Két éve volt egy infarktusom. Azonban hála a Bázeli Egyetemi Kórházban kapott kiváló kezelésnek és a gyógyszereknek, most ismét jól érzem magam.

**Hogy néz ki egy szokásos napja?**

A Bruderholz téri lakásunkban lakunk a feleségemmel. Ha az időjárás engedi, délelőtt-tönként többnyire elmegyek egy órára sétálni. Délután általában olvasok és dolgozok. Hébe-hóba elutazok egy-egy rendezvényre és kisebb előadásokat tartok. Még rendszeresen bejárok az egyetemi biocentrumba is, hogy ne veszítsem el a kapcsolatot a kutatással.

**Mit szokott olvasni?**

Újságokat és szakirodalmat. Szilvia lányom is gyakran hoz cikkeket, amik érdekelnek. Különösen a biológiai evolúció sorolható ide.

**Önt a géntechnológia úttörőjeként tartják számon. Professzor úr fedezte fel a restriktív enzimeket, amelyekkel a baktériumok lebontják idegen DNS-t. Ezekkel az enzimekkel sikerült később hasítani, elemezni és újból összerakni a DNS-t. Tudatában volt annak idején, milyen nagy horderejű a felfedezése?**

Csak részben. Azonban az idegen, a baktériumsejtbe behatoló DNS elhárítása ösztönzött arra, hogy kutatási munkámat a biológiai evolúció tanulmányozása felé is irányítsam.

**Ha emlékezetem nem csal, előadásában azt kellett fontolóra vennünk, hogy statisztikailag mennyire valószínűtlen egy összetett élőlény spontán kialakulása. Ön ott arra célzott, hogy lehetséges egy Teremtő. Helyesen emlékszem?**

Vélhetően az évezredekkel ezelőtt keletkezett teremtésmítoszokra gondoltam ott, de az időközben megszerzett ismeretekre is az élet biológiai alapjait illetően.

**Ön hívó?**

Igen, én hiszek a teremtésben.

**Jól megfér egymással a vallás és az evolúció?**

Igen. Az evolúció rendkívül fontos a bolygónkon található élet sokfélesége szempontjából. Jó bizonyítékok vannak arra, hogy naprendszerünk körülbelül 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett, miközben a világmindenség már 14 milliárd évvel ezelőtt létrejött. Körülbelül

3,5 milliárd évvel ezelőtt alakultak ki az első egysejtű élőlények. Ezekből az evolúció során mind bonyolultabb élőlények fejlődtek ki.

**Elképzelése szerint a teremtés azonos az evolúcióval?**

Elvben igen. Ez egy csodavilág. Úgy tekintek az evolúcióra, mint egy hatalmas koncepcióra. A természet végtelenül találékony. Elbűvöl, ahogy a természet variációkat képes létrehozni. Kutatásaimban az *E. coli* baktériumokkal foglalkoztam. Sok különféle molekuláris mechanizmus van, amelyek hozzájárulnak a genetikai variációk spontán létrejöttéhez. Ezek egyetlen DNS-építőkő megváltoztatásától kezdve a génállomány egy DNS-szegmensének sokszorosításán, deléción, inverzióján vagy transzplantációján át az egyik szervezettől a másikra történő vízszintes géntranszferig terjednek.

**És milyen szerepet játszik ebben egy Teremtő?**

Arra a meggyőződésre jutottam, hogy az élőlények génállományát – genomját – kettősség jellemzi. A legtöbb gén a szervezet életfunkcióiban tölti be szerepét. A gének kisebbik részét – ide tartoznak a restrikciós enzimek génei – evolúciós gének hívom. A genomban kisfrekvenciával hoznak létre vagy módosítanak variációkat. Ha egymillió éven belül teljesen más életkörülmények közepette úgy kívánná a szükség, az evolúciónak lehetősége lenne, hogy reagáljon erre. Ezt a folyamatot nevezhetjük folyamatos teremtésnek.

**Őn egyike a géntechnológia életrehívóinak. Mi játszódott le a fejében, amikor tavaly a Kínában géntechnikával megváltoztatott babákról hallott?**

Amikor 1970-ben sikerült izolálni a restrikciós enzimeket, viszonylag gyorsan világossá vált, hogy ezzel a DNS kísérleti úton megváltoztatható. 1972-ben Leuenbergben, Bazel közelében szerveztünk egy találkozót, ahol a géntechnológia veszélyeit is megvitattuk. Erre amerikai kutatók a *Science* szaklapban egy véleménycikket jelentettek meg, amely aztán 1975-ben alapot adott a híres asilomari konferencia összehívásához Kaliforniában. Ott úgy határozott a nemzetközi közösség, hogy a géntechnológiai beavatkozásoknál nagyon

körülmekintően kell eljárni és meg kell vizsgálni, nincsenek-e negatív következményei. Nem olyan régóta létezik a CRISPR-eljárás is mint további lehetőség a DNS-szekvencia megváltoztatására.

**Nem csak ez. Már vannak CRISPR-technikával megváltoztatott babák is!**

A CRISPR-rel foglalkozókkal szemben azt a kritikát tudom megfogalmazni, hogy nem ugyanolyan gondossággal járnak el, mint mi annak idején a restrikciós enzim felfedezése után.

**A viták középpontjában a csíravonalba való beavatkozások, továbbá olyan genetikai módosítások állnak, amelyek az utódokra is továbbörökíthetők. Önök moratóriumot hirdetnének a csíravonal-terápia gyakorlását illetően?**

**Werner Arber:** Meg vagyok róla győződve, hogy a CRISPR-módszerrel rendkívül pontosan lehet dolgozni. Előtte természetesen nagyon alapos vizsgálatokat kell végezni, de ha a biztonság adott, semmi sem szól az ellen, hogy egy súlyos, örökletes betegséget géntechnikával kiküszöböljünk. Én a szigorú moratórium ellen vagyok.

**Silvia Arber:** A nagy probléma a kutatás globalizálása. Ha megtiltjuk Svájcban, Németországban és Amerikában, akkor megtörténik Kínában. Nincs rá lehetőségünk, hogy világszinten megakadályozzuk. Ideális esetben annyit tudnánk elérni, hogy ez egy nemzetközi grémium jóváhagyásával történjen.

**Őn hívó emberként megengedhetőnek tartja a csíravonal-terápiát?**

**Werner Arber:** A természet nagyon gondosan jár el. A génállományban is vannak olyan elemek, amelyek ide-oda ugrálnak, néha spontán módon megduplázódnak, megfordulnak vagy egy másik helyre illeszkednek be. Ezt senki sem tudja megakadályozni.

**A természet változtat, és ezért embernek is szabad?**

**Werner Arber:** Ha ez az embernek jót tesz, és szigorú ellenőrzés mellett.

**Silvia Arber:** A géntechnológiával célzottan tudunk beavatkozni. A haszonnövények termesztésében évtizedek óta gyakran a keresztezendő növényeket kezelték vele. Az embereknek fogalmuk sincs, hogy ez milyen további mutációkat idéz elő. Ezeknek a növényeknek a nagy részét naponta fogyasztjuk.

Arber asszony, Ön tízéves volt, amikor édesapja megkapta a Nobel-díjat. Végig egyértelmű volt, hogy szintén a kutatói munkát fogja választani?

**Silvia Arber:** Mindig is elbűvölt a tudomány, egészen kiskoromtól kezdve.

**Werner Arber:** De mindig azt mondta: „Nem fogom ugyanazt csinálni, mint Te.”

**Ugyanabban az intézetben végzi munkáját, mint ahol az édesapja dolgozott. Ön az aggyal foglalkozik. Pontosan mi a kutatási területe?**

**Silvia Arber:** Azzal foglalkozunk, hogy az idegrendszer miképpen befolyásolja a mozgásokat. Az állatok és az emberek sokféle módon mozognak, és az ember még keveset ért abból, hogy hogyan generálódnak az idegrendszerben ezek a mozgások. Szeretnénk megérteni, mely hálózatok felelősek az agyban a mozgások előidézéséért és irányításáért.

**És mit talál benne lenyűgözőnek?**

**Silvia Arber:** Minden mozgás, amit egy ember egy másik emberről érzékel: hogy az vajon fut, beszél, nevet, mozgatja-e a szemét – mindennek köze van a mozgáshoz.

**Hogyan fogja mindez az emberek javát szolgálni?**

**Silvia Arber:** Gyakorlatilag minden az idegrendszert érintő betegségnél motoros kiesések vagy problémák jelentkeznek a betegeknek. Így van ez a klasszikus mozgásszervi betegségeknél, mint a Parkinson- vagy a Huntington-kór, azonban pusztán már a testi szenvedés miatt is másképp mozognak az emberek.

**Beszélnék egymással a munkájukról? Vannak párhuzamok a kutatási területek között?**

**Silvia Arber:** Én az idegrendszert tanulmányozom, amely nagyon sok idegsejtből áll. A hálózati modellemben azt vizsgálom, hogy ezek miként vannak összekötve egymással és hogyan irányítják a mozgást. Édesapám mikroorganizmusokat tanulmányoz, amelyek egysejtű élőlények. Az ő modellje arról szól, hogy az egyes baktériumok miként lépnek kölcsönhatásba, miközben géndarabokat szállítanak, és hogy mindez miként befolyásolja a hosszú evolúciós fát. Továbbá feltétlenül hasonlóságok vannak a fogalmi megközelítésekben.

**A sikeres kutatókarriert befutó nők ritkaságnak számítanak Svájcban. Láttam a bejáratnál, hogy itt a biocentrumban a 32 professzorból csak hat nő van.**

**Silvia Arber:** Amikor 2000-ben itt kezdtem, én voltam az első professzornő. Már az is különleges érzés volt, amikor a csoportvezetők gyűlésére jöttem, és én voltam az egyetlen nő. Volt még egy nő, aki a protokollt vezette. Azóta sok változás történt.

**Amennyire meg tudom ítélni, a biocentrum hat professzornőjéből Ön az egyetlen svájci.**

**Silvia Arber:** Nemzetközi intézet vagyunk. Az iskola egyik képviselője vagyok: mi a minőséget tartjuk fontosnak. Sok bizottságban vagyok tag, ahol gondoskodnak róla, hogy nőket is meghívjanak. De amikor száz pályázat érkezik be, a legeslegjobbak még gyakran férfiak. Ez biztosan változni fog majd. A PhD-sek és a posztdoktorok között ma már legalább annyi nő van, mint férfi.

**Nálunk, Svájcban rendkívül alacsony a neurológiai tudományokban a női professzorok aránya. A legtöbb mediterrán országban ez az arány magasabb. Svájc egyike a sereghajtóknak.**

**Silvia Arber:** Svájc azonban egyike azoknak, akik élen járnak a csúcsmínőségű kutatásban. Nem találok jónak, ha azért vesznek fel nőket, mert nőket kell felvenni a női kvóta miatt. Ezt inkább megalázónak tartom, semmint hasznosnak. Szükség van bizonyos kompromisszumokra, de nem túl nagy áron. Különben a minőség szenved csorbát, Svájc pedig ezt képviseli. Lehet, hogy kis ország vagyunk, de itt a kutatás magas színvonalú. Görögországban vagy Spanyolországban egész másképp néz ki mindez.

**Bizonyosan nyomon követi az ETH-n – a zürichi műszaki egyetemen – kialakult helyzetet. Olyan szemrehányások is elhangzanak, hogy a professzorok kihasználják a hallgatókat. Megváltozott volna a munkamorál? Ma jobban előtérbe kerül a munka és a magánélet egyensúlya?**

**Werner Arber:** Számomra ezt nehéz megítélni. Már az én generációmban különbözőképpen viszonyultak a kollégák csoportjai a munkavégzéshez.

**Silvia Arber:** Nem foglalhatok állást az esetekkel kapcsolatban, mert nem ismerem a részleteket. Számomra fontos szempont a következő: nem kell mindenhez, amit hallunk, még valamit hozzátenni. Ezáltal csak tovább bonyolítjuk a problémákat. Valószínűleg mindig is voltak az ETH-hoz hasonló esetek, de ezek nem kerültek a figyelem középpontjába. Ami azonban számomra világos: ha magas színvonalon akarjuk üzni a kutatást, akkor teljesen bele kell vetni magunkat, és ezt tudja mindenki, aki a kutatást választja.

#### **Dolgoznak a hallgatói hétvégként?**

**Silvia Arber:** Az a véleményem, hogy mindenkit egyéniségként kell látnunk és minden munkatársat arra motiválni, hogy a legjobbat nyújtsa. Én biztosan nem követelem meg a munkatársaimtól, hogy valamettől valamедdig kelljen dolgozniuk. Ez egyike hivatásunk tényleg nagyszerű dolgainak, hogy az időnket mi magunk oszthatjuk be, és a legfantasztikusabb ötleteink néha épp egy kiránduláson támadnak. A kutatás kreatív hivatás. Attól nem lesz jobb a munka, hogy huszonnégy órát itt benn ülünk. Néha szükség van külön energiák bevetésére, de ennek önmagunk ösztönzéséből kell következnie. Minél többet beszélünk a munka és a magánélet egyensúlyáról, annál inkább félve állnak hozzá a kutatásba készülő fiatalok. Elgondolkodtató számomra, hogy az ilyen viták miatt a kutatói szabadságot még tovább fogják korlátozni.

**Arber úr, ha még egyszer tanulhatna, melyik szakterületet választaná?**

**Werner Arber:** Az én mai szemszögemből nézve az élet tág értelemben vett megértése még mindig értékes kutatási cél. Ehhez hozzátartozik a szaktudás elmélyítése és az élővilágunk bonyolultságába való interdiszciplináris betekintés.

Werner Arber 1929-ben Gränichenben (Aargau kanton) jött világra. A zürichi ETH műszaki egyetemen kémiát és fizikát tanult, és 1958-ban a Genfi Egyetemen szerzett doktorátust. A Los Angelesben a Kaliforniai Egyetemen és Genfben töltött kutatóévei után Arber 1971-ben jött a bázeli egyetem újonnan alapított biocentrumába,

ahol hozzájárult az intézet nemzetközi elismertségéhez. Ott 1996-ig Arber a molekuláris mikrobiológia tanszékvezető egyetemi tanára volt.

Werner Arbert 1978-ban Daniel Nathanszal és Hamilton Smith-szel együtt orvosi Nobel-díjjal tüntették ki a molekuláris génhasítás felfedezéséért. 1981 óta Arber a Pápai Tudományos Akadémia tagja, 2011-től 2017-ig az első nem római katolikusként az elnöki tisztséget töltötte be.

Silvia Arber 1968-ban született Genfben. A Bázeli Egyetem biocentrumában tanult biológiát, doktorátusát a bázeli Friedrich Miescher Intézetben (FMI) szerezte. A New York-i Columbia Egyetemen töltött kutatási időszak után 2000-ben kinevezték a neurobiológia professzorának a biocentrumban és az FMI biotechnológiai kutatóintézetben. Jelenleg az FMI társigazgatója. Silvia Arber számos tudományos elismerésben részesült.

*(Neue Zürcher Zeitung)*

---

Jonathan Stevenson

A béke ára Észak-Írországban

---

**Patrick Radden Keefe *Say Nothing ('Nem mondj semmit', Doubleday Books, 2019, 464 oldal) című új könyve arra mutat rá, hogy milyen lassú lehet a megbékélés folyamata (recenzió)***

Az észak-ír „bajok”, ahhoz képest, hogy milyen kis helyre korlátozódtak, a legújabb kori történelem legtöbb tanulmányozott konfliktusának számítanak; egy Connecticut [állam] méretű tartományban zajlottak, ahol közel 1,6 millióan laknak, és a folyamatos, alacsony intenzitású hadviselés 25 éve alatt négyezer-nél kevesebb ember halálát okozták. P. J. O'Rourke amerikai humorista „az isten háta mögötti fél hektárnak” hívta Észak-Írországot. A harcok korai szakaszában a brit kormány az