

PIRAMISPROBLÉMÁK • HÁZASSÁG-MATEK • HÓDÍTÓ FAJOK • PICKERING DÍNÓJA

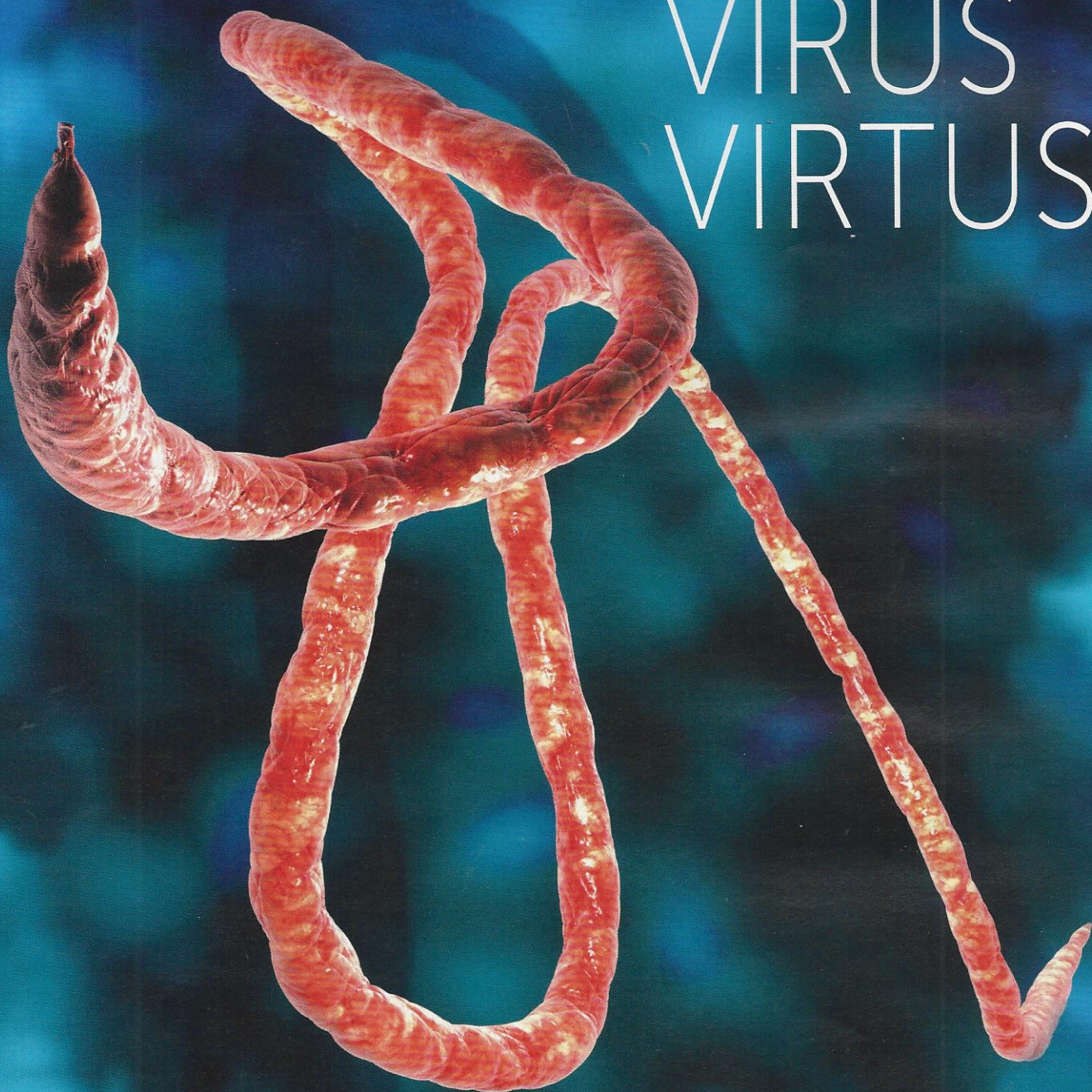
LXXIII. évfolyam ■ 4. szám ■ 2018. január 26.

Ára: 400 Ft

Előfizetőknek: 310 Ft

ELET és TUDOMÁNY

VÍRUS VIRTUS



FELGYORSULT AREA-MOZGÁSOK

A klímaváltozás egyre jobban átrajzolja a növény- és állatfajok elterjedési területhatárait, nyomában pedig a különböző paraziták és kórokozók térhódítását is. Rég elfeledett vagy merőben új járványoknak nézhetünk elébe, amelyeket azonban valamelyest enyhíthetünk, ha felkészülve és sokoldalúan fogadjuk őket. Ezt a nézetet vallotta az ősszel Balatonfüreden megrendezett „Klimaváltozás és új betegségek: az elmélettől a gyakorlatig” nemzetközi konferencia olyan ökológusok, zoológusok, evolúcióbíológusok és epidemiológusok részvételével, akiknek fő mottója a megelőzés.

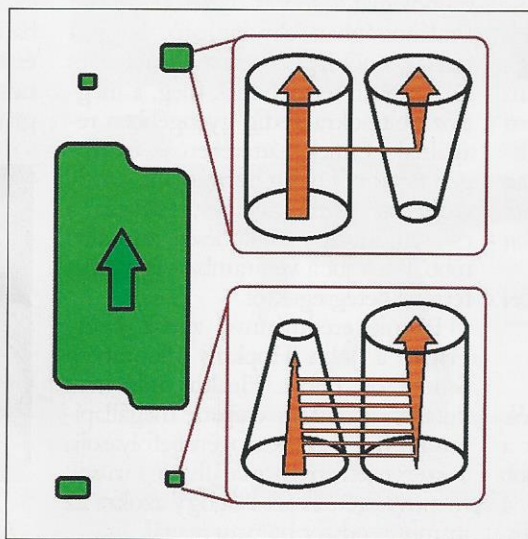
Jóllehet a Föld éghajlata összességében meglepően stabil, kisebb-nagyobb változások mégis mindig jellemezték. Ma azonban egy szokatlanul gyors és egyre továbbgyorsuló globális klímaváltozás korában élünk. Emelkedik az átlagos hőmérséklet, átrendeződik a csapadék eloszlása, nő az extrém időjárás gyakorisága. A kutatók messze túlnyomó többsége egyetért abban, hogy mindez az emberi tevékenység hatására történik, bár vannak szkeptikusok, akik szerint ez „nincsen teljesen bebizonyítva”.

Mindez nyilvánvalóan hat a földi faunára és flórára is. A fajok földrajzi elterjedése – areája – visszahúzódik a trópusok felől, és kiterjed a hűvösebb sarkvidékek irányába. Napjainkban ezek az area-mozgások rendkívül felgyorsultak. Az elterjedési területek az északi féltekén átlagosan 6–7 kilométer/évtized sebességgel tolnak észak felé, bár a fajok közti változatosság e téren is igen nagy. Ez pedig mind nyilvánvalóbb járványtani következményekkel jár.

Letűnt kórokozók visszatérte

Egyes gazda- és kórokozófajok elterjedési területének elmozdulásával olyan fajok is találkozhatnak egymással, amelyek korábban nem érintkeztek. Máskor az átvívó vektorként működő vérszívó rovarok –

például szúnyogok – elterjedése változik jelentősen. Noha az új érintkezések legtöbbször nem járnak különösebb következményekkel, olykor azonban véletlenszerű gazdaváltás is



Egy gazdafaj areája (zöld), amint visszahúzódik délen és terjeszkedik északon. A hengerek a gazdapopulációt jelképezik stabil vagy változó egyedszámmal, a parazita-populációkat pedig a vörös nyilak jelképezik. Az 1-es típusú gazdaváltás inkább a növekvő méretű gazdapopulációk felé történik, mint amilyenek az inváziós fajok pionír populációi (fent). Ezzel szemben a 2-es típusú gazdaváltás a szűkülő méretű gazdapopulációk fokozatos elhagyását jelenti, például a reliktum fajok fogyatkozó népességét esetében (lent).

bekövetkezhet. Ez egy gyors és véletlen esemény, mely során a paraziták egyetlen vagy igen kevés egyedre megtelepszik az új gazdafajon, és ott egy új, életképes populációt alapít. Az új kórokozó populáció többé-kevésbé

elszigetelődik a donor gazdafajon változatlanul továbbra is fennmaradó populációtól, így az esemény akár új kórokozófaj képződéséhez is vezethet. E jelenség főként a gazdafajok terjeszkedő, gyorsan növekvő, de kezdetben még kórokozófajokban szegény népességeit érintheti. A fajok elterjedésének ellenkező oldalán, a visszahúzó peremén ugyancsak történhetnek gazdaváltások, melyek kissé más jellegűek, és ma még kevésbé ismertek.

Bár a változó klíma hatására az emberi faj vagy éppen a domesztikált állat- és növényállományaink szervezetében feltűnő egyre újabb kórokozó- és parazita-fajok önmagukban is komoly veszélyt jelentenek, de a klímaváltozás lehetséges járványtani következményei ennél jóval összetettebbek. Vegyük például az emberi maláriát. Ez egy szúnyogok által terjesztett *Plasmodium*-fertőzés, melyet ma főként a trópusi és szubtrópusi területekről ismerünk. A médiában gyakran említett veszély, hogy a klíma melegedésével majd megjelenhetnek Európában a maláriát terjesztő szúnyogok, és a járvány (az emberiség egyik legszörnyűbb járványa) akár nálunk is felütheti fejét. A helyzet azonban ennél érdekesebb.

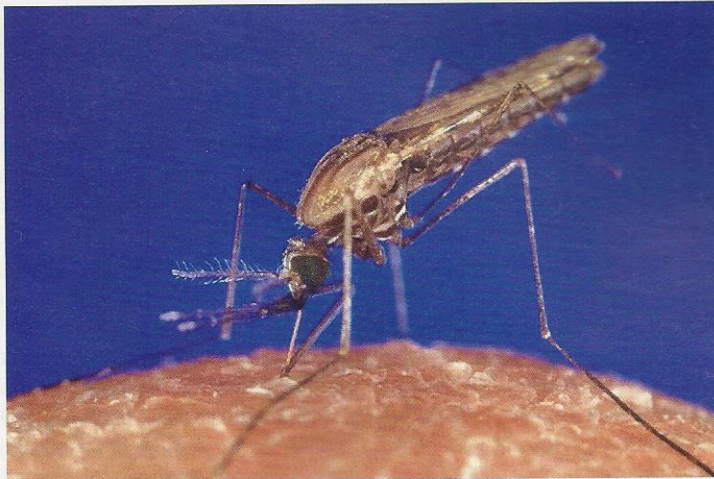
A malária a mainál jóval hűvösebb klíma mellett is jelen volt hazánkban, egészen az 1950-es évekig. A fertőzött emberek következetes felkutatásával és meggyógyításával,

valamint a DDT nevű rovarirtó kiterjedt használatával végül sikerült a járványt Európa-szerte felszámolni. Ettől még a fertőzést terjeszteni képes maláriaszúnyogok (*Anopheles* spp.) ma is elterjedt fajok hazánkban és tőlünk északabbra is. Csak-hogy az ezek által terjesztett kórokozók – a *Plasmodium*-fajok – már rezisztensebbek a korábban még hatékony gyógyszerekkel szemben, és bizony a rovarok is sokkal ellenállóbbak a (rég betiltott) DDT-vel szemben. Nem mondhatjuk tehát, hogy hazánkban a felmelegedés teremtené meg egy maláriajárvány megjelenésének lehetőségét, hiszen az a korábbi, hűvösebb Kárpát-medencében is elterjedt volt. Ám a most zajló éghajlati változás kétségkívül jelentősen növeli a járvány visszatértenek veszélyét.

Növekvő virulencia

Maradjunk talán a malária példájánál, hogy megértsünk egy további veszélyt. A trópusokon a maláriának meglehetősen magas a halálozási aránya, különösen a csecsemők és várandós anyák körében. A mérsékelt égövön a fertőzés sosem követelt ennyi emberéletet. A kórokozó *Plasmodium*-fajok váltakozva fordulnak elő emberben és szúnyogban, de a mérsékelt égövben a továbbfertőzési lehetőségek ritkábbak, mint a trópusokon, hiszen itt a téli hónapokban nincsenek aktív szúnyogok. Ezért itt a kórokozók szükségképpen arra szelektálódnak, hogy hosszabban tudjanak fennmaradni egyazon gazdaegyedben, ennek következtében csökkenteniük kell a gazdának okozandó kárt. Enélkül gyakran előfordulhatna, hogy a fertőzött ember meghal, még mielőtt a kórokozó továbbfertőződhetne.

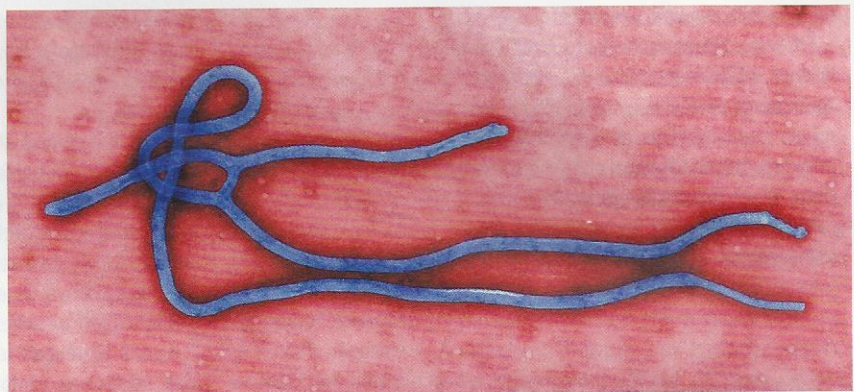
Ellenben ha teleink egyre rövidebbekké és enyhébbekké válnak, akkor ez a szelekciós nyomás is enyhül, és a kórokozó már jobban kizsákmányolhatja a gazdaszervezetet, megnövelve



Európában ma is elterjedtek a maláriaszúnyogok

(FOTO: JAMES GATHANY, CDC)

málók voltak például a Közép-Ázsiából eredő, majd világszerte elterjedt himlő- és pestis- vagy a trópusi sárgalázjárványok. Az első világháború végén kialakult influenza-változat, a spanyolnátha egyetlen télen többször annyi áldozatot szedett, mint maga a teljes világháború. Manapság ilyen pusztító járványt okozhat például a trópusi afrikai Ebola-vírus, amely denevérekben tartja fent magát, de olykor onnan kitörve végigsöpör az em-



Az Ebola-vírus virionjának elektronmikroszkópos felvétele

(FOTO: CYNTHIA GOLDSMITH, CDC)



A közönséges kullancs (*Ixodes ricinus*), a Lyme-kór és egyéb fertőző betegségek terjesztéséért felelős vektor (FOTO: EYE OF SCIENCE/PHANIE)

ezzel az azonnali továbbfertőzés esélyét. A melegedő éghajlat tehát fölerősítheti sok kórokozó faj virulenciáját (patogenitását), az eddig megszóktott enyhe fertőzések egyre kegyetlenebbé válhatnak.

Az évszázadok során olykor döbbenetes emberi halálozási arányt okozó ragályok tomboltak. Történelemfor-

beri népességben is. Az ilyesfajta nagy hatású járványok kirobbanásának és globális szétterjedésének szerencsére kicsi az esélye. Éppen emiatt viszont kellemetlen nem is jósolható meg ez a veszély.

A Földön élő fajok zöme növényeket vagy állatokat fertőz, igaz, ezeknek csak egy kis hányada okozhat betegséget. Szerencsére többségüknek

LÉPÉSRŐL LÉPÉSRE: A DAMA-PROTOKOLL

Mint az élet annyi más területén, a megelőzés a járványok terén is olcsóbb, mint az utólagos, kapkodó „tűzoltás” vagy „kármentés”. Ezért szükséges az a proaktív stratégia, melynek kezdeményezője a DAMA-protokoll használatára ösztönző nemzetközi kutatócsoport. Maga a DAMA név a *Dokumentáció, Értékelés, Monitoring* és *Cselekvés* angol megfelelőiből képzett mozaikszó. A DAMA-stratégia egy olyan megelőző keret, mellyel előre „enyhítjük” a következményeket: segítségével pénzt, időt takaríthatunk meg, illetve emberéleteket menthetünk meg az új fertőzések elleni harcban. Mégis, hogyan érhetjük el mindezt?

Dokumentáció. A világon előforduló patogén- és parazitafajok talán 10 százalékát ismerjük, a többségük kiletét ma még homály fedi. Pedig jobb volna, ha még azelőtt találnánk meg a kórokozófajokat, mielőtt azok találnák meg minket. Elengedhetetlen tehát a ma még jelentéktelennek tűnő patogén- és gazdafajok kellő azonosítása és jellemzése, a taxonómia hagyományos és molekuláris genetikai eszközeivel egyaránt. Előbb-utóbb el kell neveznünk ezeket a fajokat, hogy ezután feltárhassuk alapvető tulajdonságaikat.

Értékelés. Miután azonosítottuk a fajt, a fenyegetés mértékének megítéléséhez, értékeléséhez minél több információt kell gyűjtenünk a lehetséges kórokozóról, például hogy miként fertőz egyik gazdaegyedről a másikra, milyen gazdafajokban és azok mely testrészeiben vagy testrészein élősöklik, milyen tüneteket okoz, milyen genetikai változatosságot mutat, illetve milyen ökoszisztémákban és földrajzi régiókban fordul elő stb.

Példaként említjük a hazánkban feltűnt új növényi kártevőt: a foltoszsárnyú avagy pettyesszárnyú muslicát (*Drosophila suzukii*), mely eredetileg ázsiai elterjedésű. Mint sok más muslica, ennek lárvái is gyümölcsökben fejlődnek. Csakhogy e faj nőtényeinek hegyes, fűrészres tojócsöve van, melynek segítségével nem csupán a törött és erjedő, de az ép, sérüléstől mentes gyümölcsbe is petézhet. Egy parányi anatómiai különbség tehát alapvetően más szerepet adhat egy kártevőnek.

A legtöbb eddig dokumentált kórokozófaj tulajdonságait persze nem ismerjük részleteiben, ilyenkor – jobb híján – a vele közeli rokonságban álló, ismertebb fajok tulajdonságai alapján következtethetünk a veszély mértékére. Mondjuk a *Vibrio cholerae* egy igen veszélyes baktériumfaj, ezért jobb lesz a többi *Vibrio*-fajjal is vigyázni. Ez bevalótlanul igen pontatlan becslés, de gyakran nincs ennél jobb eszközünk.

nincs olyan elkeserítő hatásuk, hogy a társadalom érdeklődését magukra vonzzák, így a rejtett életmódjuk és alig észrevehető élettani hatásaik miatt rendszerint elkerülik figyelmünket. Am ez a sok alig ismert, önmagában enyhe hatású kórokozófaj összességében jelentős egészségügyi és gazdasági hatással lehet az emberiségre, sőt, a virulencia lehetséges növekedése miatt akár további veszélyekkel is fenyeget.

Konklúzió

A modern technológia korának emberisége, valamint a mezőgazdasági állat- és növényállományok minden korábbinál nagyobb egyedszámban és sűrűségben népesítik

be a Földet. Az emberi tevékenység miatt rohamosan változik az éghajlat, így mi és létfontosságú mezőgazdasági állományaink egyre újabb kórokozókkal kerülünk érintkezésbe. Miközben igen alapos, magas tudományos színvonalon zajló monitoring programmal követjük például a ritka madarak felbukkanását (egyébként nagyon helyesen!), sajnos közben a potenciálisan veszélyes kórokozófajok folyamatos nyomon követése és előfordulási adataik értékelése ma még világszerte – így hazánkban is – megoldatlan.

A klímaváltozás miatt újonnan felbukkanó vagy a visszatérő fertőzések, valamint a rég megszokott fertőző

Monitoring. Mit csinálnak a kórokozók, mikor éppen nem okoznak „kört”? Bár a patogén- és parazitafajok zöme teljesen ismeretlen, de még az ismert fajok földrajzi elterjedése és populációik hozzávetőleges mérete, életmódja sem feltárt kellően. Például a lövészárok láz nevű betegség háborúk idején pusztító járványokat keltett. Kórokozója, a *Bartonella quintana* nevű baktérium, mely ma is előfordul a fejlett világ sok nagyvárosában, olykor magas lázzal járó betegséget okoz, máskor tünetmentes. Vajon jelen van-e a fertőzés hazánkban, és ha igen, hol, mikor és milyen gyakorisággal fertőz? Égető szükség volna például ennek és a hasonló, potenciálisan veszélyes, velünk élő kórokozófajoknak a folyamatos nyomon követésére olyan időszakokban is, amikor a jelentőségük viszonylag csekély.

Cselekvés. A járványtani veszélyekkel szembeni védelmünk az egészségügyben és a mezőgazdaságban egyaránt kétségbeesítően gyenge. Hatékonyságát azáltal növelhetnénk, ha felfedeznénk és elneveznénk végre a lehetséges és aktuális kórokozófajokat, feltárnánk elterjedésüket és más lényegi tulajdonságaikat. Hatékony megelőző cselekvés csak előzetes tudás alapján képzelhető el. Tragikus tanulsága ez például a legutóbbi, minden korábbinál gyilkosabb Ebola-járványnak, melynek teljes elcsendesülése után készült el az első hatékony vakcina.

A kellő információ alapján azonosíthatnánk a társadalom legveszélyeztetettebb csoportjait, amelyek nyilvánvalóan fokozott kockázatokat vannak kitéve. Ilyenek lehetnek a nyomorban tengődő embertársaink, akik egészségtelen életkörülmények között, gyakran zsúfoltságban élnek s a közegészségügy számára általában láthatatlanok. Minden bizonnyal ők jelenthetik a nagyvárosok egyik Achilles-sarkát a behurcolt fertőzésekkel szemben.

Kisebb léptékben tekintve, ilyen veszélyeztetett csoportok lehetnek például az állatpreparátorok vagy a bagolyköpeteket vizsgáló ornitológusok, akik számtalan elhullott állat tetemével vagy maradványaival érintkezhetnek. Éppen így a hajléktalan és a menekült embertársaink egészségügyi ellátása is különösen fontos volna – nem csak ők maguk, de a társadalom egésze, mindnyájunk számára is. Mindez ma még csak feltételezés, hiszen egy folyamatos kórokozó-monitoring program nélkül inkább csak sejtethetjük e csoportok veszélyeztetettségét.

H.D. és R.L.

betegségeink egyre növekvő virulenciája komoly kihívást jelentenek. (Cikkünk szerzői kutatóhelyeiken, az MTA ATK Állatorvos-tudományi Intézetben (Herczeg Dávid) és az MTA ÖK Evolúciós Rendszerek Kutatócsoportjában (Rózsa Lajos) e problémával igyekeznek szembenézni, utóbbi a GINOP-2.3.2-15-2016-00057 pályázat támogatását is élvezzi munkája során – *A szerke.*) A fajok és jelenségek leírása és monitorozása teszi majd lehetővé a megelőző cselekvést, ami enyhíteni képes a veszélyt. E stratégiát körvonalazza a DAMA-protokoll.

HERCZEG DÁVID
RÓZSA LAJOS