A VIZEK PRODUKCIÓS-BIOLÓGIÁJA ÉS A HALÁSZAT

MAUCHA REZSŐ
levelező tag
HALTENYÉSZTÉSI KUTATÓ INTÉZET, BUDAPEST

(Érkezett: 1953 május 28.)

A vizeknek, mint az emberi és állati táplálék egyik számottevő termelő tényezőjének nagy gazdasági jelentősége közismert, azt itt nem szükséges érvekkel alátámasztanom. Tudjuk, hogy a vizek legősibb gazdasági hasznosítása a halászat, és hogy még napjainkban is népek, vagy legalább is széles néprétegek élnek meg belőle. E tekintetben jelentősége talán még a szárazföldnél is nagyobb, ha figyelembe vesszük, hogy a halászat még ott is biztos megélhetést nyújt, ahol a szárazföldi termelés már nem képes az emberek és állatok táplálkozási igényeit kielégíteni. Az északi és déli félgömb magasabb szélességi fokai alatt fekvő területekre gondolok, ahol a gabona és egyéb mezőgazdasági termények már nem teremnek meg, a halászat még ott is bő zsákmányt nyujt, sőt túl is szárnyalja a melegebb égövek alatt élő halászok fogásait. Ez mindenesetre oda mutat, hogy a vizek, — főleg a tenger — termelőképessége a földsarkok irányában növekedő tendenciát mutat. Ezt a feltűnő jelenséget az is megerősíti, hogy a sarkvidékek táján élnek a legnagyobb testű emlősök (bálnák, rozmárok, fókák, jegesmedvék, stb.) és vizimadarak (ludak, sirályok, pingvinek, stb.) óriási csapatai. Nyilvánvaló, hogy e szervezetek megélhetését kizáróan a vizek, elsősorban a tenger termelőképessége biztosítja, mert az eljegesedett sarkvidékeken a szárazföld mint termelő terület nem jöhet tekintetbe.

Mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból a korszerű limnológiai kutatás legfontosabb ágazata a vizek produkciós-biológiája, melynek alaptételét Thienemann fogalmazta meg először; szerinte ugyanis, minden természetes vagy mesterséges úton létrejött, vízzel kitöltött térből a biocönózisból összetevődő rendszer az individuumnál magasabbrendű, önmagát önállóan fenntartani képes biológiai szervezettség (organizáció). Éppen úgy, mint minden egyes élő szervezetben, — ebben a komplex egységben is, — fizikai, kémiai és élettani folyamatok zajlanak le, amelyek külön-külön és együttesen, közvetlenül és közvetve a környezettel és egymással a kauzalitáson alapuló kölcsönhatásban állanak. Ezt a komplex folyamatot, amelyet folytonos átalakulás jellemez, minthogy térben és időben megy végbe, *biológiai történésnek* is szokás nevezni.

Már Herakleitos felismerte, hogy a természetben minden jelenség folytonos átalakulásban levő, térben és időben végbemenő folyamat, ami

ellentétes irányú erők, hatások, ellentmondások kölcsönhatásának eredménye vagyis dialektikus természetű. A korszerű fizika szemszögéből tekintve ezek a dialektikus folyamatok az úgynevezett kvázi-elasztikus erők törvényszerűségeit követik. Bár a vizekben lejátszódó biológiai történés szerfelett bonyolult, az végeredményben mégis egyszerű fizikai és kémiai végokokra vezethető vissza, mert tulajdonképpen a biocönózisban résztvevő egyes szervezetek anyagcsereforgalmán alapszik, ami szerves vegyületeknek szervetlen anyagokból való szintéziséből és újbóli elbontásából tevődik össze. A szerves vegyületek szintézise redukció, tehát energia felvétellel járó folyamat, az elbontás energiatermelő oxidáció, vagyis itt egy reverzibilis redox körfolyamatról van szó. Ezt a biocönózisban résztvevő valamennyi szervezet együttesen bonyolítja le.

Az egyes szervezetek szerepét a körfolyamat lebonyolításában azok, anyagcseretípusa szabja meg. A szerves anyagok felépítését az *autotrof* módon táplálkozó éspedig fotoszintézissel asszimiláló szervezetek végzik. Ezeket régebben *termelőknek (producensek)* nevezték, ami helyett újabban az *építő (kostruktív)* szervezetek elnevezést javasoltam. (1952) Az építő szervezetek táplálékukat testfelületükön diffúzió útján veszik fel a vízből. Ezzel szemben az építő szervezetek által felépített szerves vegyületekből közvetlenül, vagy közvetve, tehát *heterotrof* módon táplálkozó szervezetek táplálékukat élő, vagy elhalt szerves anyagok alakjában, formált állapotban, szájnyíláson át veszik fel. Ezek feladata a vizi élettérben — mint látni fogjuk — a szerves anyagokat élőanyag alakjában tartósan raktározni. Ezért a szervezetek ezen csoportját a régebben használt *fogyasztók (konzumensek)* elnevezéstől eltérően *raktározó (akkumulatív)* szervezeteknek javasoltam elnevezni. Végül a kizáróan élettelenné vált szerves anyagokkal, tehát *szaprotrof* módon táplálkozó és régebben *reducenseknek* nevezett *elbontó (dekomponáló)* szervezetek táplálékukat ugyancsak diffúzió útján, testfelületükön veszik fel a vízből, miután a formált szerves anyagokat enzimák útján előzetesen vízben oldhatóvá tették. Az elbontó szervezetek feladata az élettelenné vált szerves anyagok elbontása, oxidálása. Meg kell azonban itt jegyeznünk, hogy a szerves anyagok egyrészét mindhárom csoportba tartozó szervezet elbontja, széndioxiddá és vízzé oxidálja, de csak olyan mértékben, amennyi az a saját életfolyamatai fenntartásához megkívánt energia felszabadításához okvetlenül szükséges.

Ezek előrebocsátása után rátérhetünk azoknak az alapelveknek vizsgálatára, amelyekre a vizek halászati hasznosítására alkalmas produkciós-biológiai elmélet felépíthető. Kiindulásként ki kell hangsúlyoznunk, miszerint a természetben a jelenségek olyan sokrétűek, és hatásukban egymást erősítő, illetőleg gyengítő tényezők olyan változatos csoportosulásának folyományai, hogy a valóságot tökéletesen fedő törvényszerűségek dedukció útján való levezetése elvileg lehetetlen. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy a valóságos viszonyokat igen nagy mértékben megközelítő és ezért a gyakorlatban is jól alkalmazható általános érvényű törvényszerűségek ne volnának elméleti alapon felismerhetők. Ha ez

nem így volna, akkor a természettudományok egyetlen ágában sem volna lehetséges elméleteket, vagy hipotéziseket felállítani, melyek nélkül pedig kutatómunkát végezni nem lehet. Ezek az elméletek bizonyos eszményi határesetekre, típusokra, modellekre vonatkoznak, melyek a természetben tökéletesen sohasem valósulnak meg, csak igen nagymérvű megközelítésük lehetséges. Kétségtelen, hogy a típusos határesetekre levezetett törvényszerűségek alkalmasak arra, hogy munkahipotéziseket építsünk rájuk az elméleti kutatás céljaira, mert betekintést nyújtanak a valóságban uralkodó viszonyokba. Amint azonban valamely munkahipotézis ellenkezésbe kerül a tapasztalattal, további kutatások céljaira alkalmatlanná válik.

Ha a vizek termelésbiológiai elméletének alapjait kívánjuk lefektetni, mindenekelőtt azt a típusos határesetet kell szabatosan meghatároznunk, amely alkalmas munkahipotézisek felépítésére. Évégből a korszerű limnológiai kutatásnak a bevezető sorokban már említett alaptételéből indulunk ki, amely szerint a vízzel kitöltött térből és az azt benépesítő biocönozisból összetevődő komplex rendszer olyan magasabbrendű biológiai szervezettség, amely önmagát fenntartani képes. Nyilvánvaló, hogy ez a rendszer csak akkor valósulhat meg, ha benne olyan *konstruktív* szervezetek is élnek, amelyek minden életfunkciójukat magában a vízzel kitöltött térben végzik el. Ha ugyanis ilyen konstruktív szervezetek nem volnának a rendszerben, akkor annak fennmaradása a környező életterek függvényévé válna, mert a heterotrof módon táplálkozó szervezetek megélhetéséhez szükséges szerves anyagok csak onnan, allochton módon kerülhetnének a vízzel kitöltött térbe. Kérdés mármost, hogy vannak-e a vizekben olyan autotrof módon táplálkozó, tehát konstruktív szervezetek, amelyek minden életfunkciójukat magában a vízzel kitöltött térben bonyolítják le? Ezeket a szervezeteket a következőkben *típusos vizi konstruktív szervezeteknek* kívánjuk nevezni. Könnyen beláthatjuk, hogy mint típusos vízi konstruktív szervezetek egyedül a fitoplankton-algák jöhetnek tekintetbe. Elsősorban azért, mert ezek a parányi lények a vízzel kitöltött térben szétoszolva, lebegő életmódot folytatnak és ezért kénytelenek minden életfunkciójukat magában a vízben elvégezni.

A produkciós-biológia szempontjából legfontosabb életfunkció az asszimiláció és disszimiláció. A fitoplankton-algák az asszimilációhoz szükséges szén-dioxidot, vizet, valamint a fehérjék felépítéséhez szükséges nitrogént, foszfor- és kénvegyületeket testfelületükön diffúzió útján veszik fel a vízből és ugyancsak oda juttatják vissza a disszimilációjuk során keletkező anyagcsere bomlástermékeiket is. Bár a fitoplankton asszimilációs folyamata kauzális kapcsolatban áll a légkörrel és a meder geológiai, valamint kémiai alkatával is, ez a kapcsolat nem közvetlen, azt a víz közvetíti. A fitoplankton-algák típusos vízi szervezetek, amit az is bizonyít, hogy ivartalan és ivaros szaporodásuk szintén a vízben megy végbe. Emellett szól filogenetikai kifejlődésüknek időpontja is. A kutatók között nincs ugyanis nézeteltérés abban, hogy a földi élet bölcsője

az őstenger volt. O p a r i n-nak (1936) a szerves élet keletkezésére vonatkozó elmélete szerint a ma is élő klorofill tartalmú fitoplankton-algák, vagy hozzájuk hasonló őseik akkor alakultak ki az őstengerben, amikor az abiotikus úton létrejött szervesanyag már elfogyott, a szárazföldi növényzet pedig még nem alakult ki. Ennélfogva egyedül a fitoplankton-algák voltak azok a szervezetek, amelyek az őstenger biocönozisának szervesanyag-szükségletét szintetizálták, vagyis a vízi élettér autarkiáját biztosították. A fitoplankton-algák tehát alkalmasak bármely vízfelhalmozódás autarkiájának megvalósítására, annál is inkább, mert az időszakos pocsolyától a tengerig, minden fajta vízfelhamozódásban obligatórikusan jelen vannak, hacsak valamilyen különös kizáró ok (például a víz szennyezettsége) nem forog fenn.

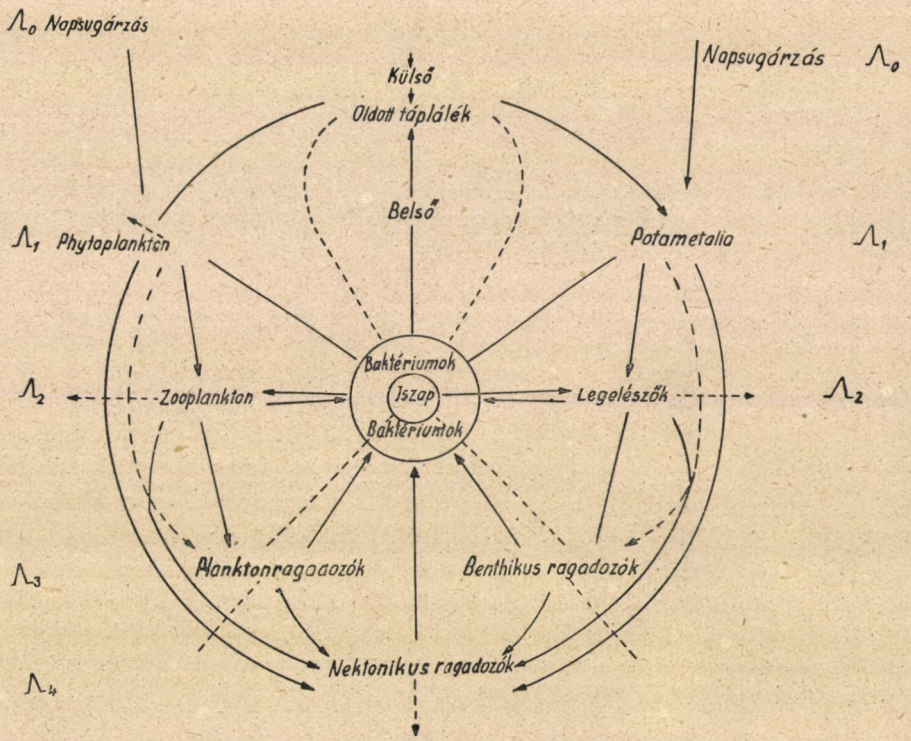
Ezzel szemben az alámerülő (submersus) és úszólevelű (emerzus) vegetáció, a *potametalia* szervezetei csak fakultatív tagjai a természetes vizek biocönózisának, amennyiben ismerünk olyan vizeket, melyekben egyáltalában nem, vagy csak olyan minimális mennyiségben fordulnak elő (például a Velencei tó), hogy az egész pelagiális zónában szétoszolt fitoplankton mennyiségéhez viszonyítva elhanyagolhatók. Ilyen vizek például a tenger, a nagyterjedelmű tavak, stb., amelyek tehát e tekintetben az őstengerhez állanak közelebb, vagyis igen nagy mértékben közelítik meg az *eszményien autark vizek független életterét.*

De az alámerülő és úszólevelű, úgynevezett lágyflóra tagjai egyébként sem tekinthetők típusos vízi szervezeteknek, ugyanis gyökeres fanerogam növények lévén, filogenetikai fejlődésük során utólag alkalmazkodtak a vízi életmódhoz, a szárazföldről vándoroltak be a vízi élettérbe. Életfunkciójukat csak részben bonyolítják le a vízben, mert táplálékukat egyrészt gyökérzetükkel a talajból veszik fel, szaporodásuk pedig virágzatuk útján, a víztükör feletti légtérben megy végbe. A vizek lágyflórájának szervesanyag-termelése tehát a vízzel kitöltött élettérre vonatkoztatva részben allochton, vagyis ennek a vegetációnak képviselői nem tekinthetők típusos vízi szervezeteknek.

Végül az úgynevezett keményflóra, tehát a phragmitetaliában élő nád, sás, gyékény, stb. egyáltalán nem nevezhető vízi vegetációnak, azt csupán *hidrofil szárazföldi vegetációnak* kell tekinteni, amennyiben ezek a növények széndioxid-szükségletüket levélzetükkel a légkörből, egyéb táplálékukat gyökérzetükkel a talajból veszik fel, szaporodásukat virágzatukkal ugyancsak a légkörben bonyolítják le. Bár esetenként több-kevesebb élettelenné vált szerves anyag a phragmitetaliából is kerülhet a természetes vizekbe, ez azonban produkciós-biológiai szempontból szintén allochton eredetűnek tekintendő.

Az előadottakat nagyon áttekinthetően érzékíti L i n d e m a n-nak (1942) az 1. ábrán látható diagrammja. Ez a diagramm általában az édesvizek anyagcsere-forgalmát mutatja be vázlatosan és jól domborítja ki a vizekben lejátszódó anyagcsereforgalom dinamikus jellegét, mert nyilak jelzik azt az utat, amelyen szervetlenből szerves vegyületekké felépülő és ismét elbomló anyag állandóan áramlik. Az ábra baloldala a független vízi élettér anyagforgalmát ábrázolja,

vagyis azt az állapotot, amikor az egész rendszer szervesanyag-szükségletét kizáróan a fitoplankton-algák, vagyis az egyedül típusos vízi konstruktív szervezetek építik fel. *Az ábra baloldala tehát azt az eszményi határesetet tünteti fel, amely a természetben igen nagy megközelítéssel a tengerben és a nagy tavakban valósul meg és amelyre további elméleti meggondolásainkat is vonatkoztatni kívánjuk.*



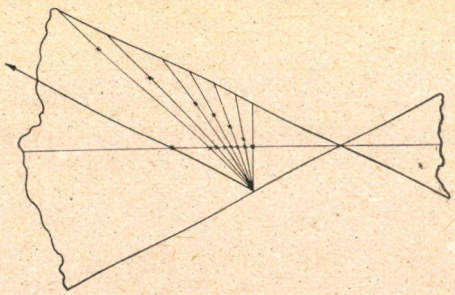
1. *ábra.* Az édesvizek anyagcsereforgalmának vázlata Lindeman szerint

A diagramm jobboldala viszont azt a másik eszményi határesetet tünteti fel, amikor a vízi élettér szervesanyag-szükségletét kizáróan a magasabb-rendű submersus vegetáció termelné meg, ha ez a természetben egyáltalán előfordulhatna. A fitoplankton ugyanis obligatórikus tagja a vízi biocönozisnak, vagyis a makrofita vegetáció mellett mindig jelen van a mikrofita algavegetáció is. Ennélfogva a természetes vizekben még a legszélsőségesebb esetekben is a fitoplankton és a magasabbrendű vízinövényzet együttesen végzi a szerves vegyületek szintézisét.

Minél kisebb és főleg minél sekélyebb valamely tó, annál inkább kerül túlsúlyba a fitoplankton rovására a lágyflóra, majd a hidrofil szárazföldi vegetáció, az úgynevezett keményflóra. Végül, ha valamely tó természetes fejlődési

folyamata során teljesen kiszárad, a vízi élettér átalakul szárazföldi élettérré, ahol a típusos építő szervezetek a vizekéivel szemben kizárólag a makrofita vegetáció. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a szárazföldi élettérben a fitoplankton-algákhoz közelálló, vagy azonos szervezeteknek semmiféle szerepük ne volna. A nedves talajon, sőt annak kisebb mélységeiben is élnek még egysejtű algák, melyeknek itt is megvan produkciós-biológiai jelentőségük, csak miként a nagyvizekben a makrovegetáció, itt a mikrovegetáció szerepe szorul háttérbe.

Az előadottakból tehát kitűnik, hogy a természetben a tengertől a tavakon, mocsarakban és lápokon, továbbá az időszakos vizeken keresztül a szárazföldi élettérig minden átmenet feltalálható. A viszonyok illusztrálására igen szemléltető modellt nyujtanak a kúpszeletek (lásd 2. ábra). Tudjuk ugyanis, hogy ha az egyenes kúpot magasságvonalára merőleges irányban metszük, a keresztmetszet idoma kör, ha ellenben a metszést a kúp egyik alkotójával párhuzamosan végezzük, parabolához jutunk. Mindkét esetben ugyanazon a helyen csak egyetlen metsződik helyezhető el. E két metsződik között azonban ugyanazon a helyen végtelen sok, a magasságvonalra nem merőleges, de az alkotóval sem párhuzamos metsződik helyezhető el, melyek metszési idoma minden esetben ellipszis. Ha e két határeset közül a kört — amelynek egy gyújtópontja van — tekintjük a típusos vízi élettér és a parabolát, — amelynek szintén csak egy gyújtópontja van — a típusos szárazföldi élettér szimbolumának, akkor a két határeset között elhelyezhető végtelen sok ellipszis — amelyek mindegyikének két-két gyújtópontja van — szimbolizálhatja a természetben a tenger és a szárazföld mint eszményi határesetek között feltalálható végtelen sokféle átmeneti víztípust.



2. *ábra.* A kúpszeletek metszésvonalai és a gyújtópontok

A különféle víztípusok és a kúpszeletek között fennálló analógia igen messzemenő, amennyiben a két határesetet jelképező kör, illetőleg parabola egyetlen gyújtópontja azt is kifejezésre juttatja, hogy az eszményi élettérben a szerves anyagok szintézisét kizárólag a fitoplankton, az eszményi szárazföldi élettérben pedig a szárazföldi makrovegetáció végzi. A két határeset közötti

átmeneti víztípusokat jelképező ellipszisek két-két gyújtópontja viszont azt jelzi, hogy ezekben a víztípusokban mindkét vegetáció kiveszi részét a szerves vegyületek felépítéséből éspedig a magasabbrendű makrofita víziflóra annál nagyobb mértékben, minél inkább távolodik a metszési idom két gyújtópontja egymástól, vagyis a metszési idom alakja a körtől, a parabola irányában. A két eszményi határeset megjelölésére ezért a Lindeman-tól javasolt mono- és biciklikus elnevezés helyett az általánosabb értelmű *mono- illetőleg bifokális* elnevezést tartanám célszerűbbnek. Végül még egy analógiára mutatunk rá, nevezetesen tudjuk, hogy a végtelen sok lehetséges metszés közül csak egyetlen eredményez kört, illetőleg parabolát. Ezért igen kicsiny a valószínűsége annak, hogy a végtelen sok közül egyetlen metszéssel pontosan valósíthassuk meg bármelyik határesetet. Igy van ez a természetben is, ahol mint láttuk, tökéletesen monofokális vízi vagy szárazföldi élettér nem fordul elő, csupán csak az e két szélsőséges határesetet igen nagy mértékben megközelítő élettereket találunk.

Ha mármost a vízi élettér anyagcsereforgalmának törvényszerűségeit kívánjuk megismerni, eddigi meggondolásaink alapján, mint eszményi határesetből, csakis a *monofokális vízi élettérből indulhatunk ki*. Ezért a továbbiakban csak a fitoplanktonra leszünk tekintettel, mint a vízi élettér típusos építő szervezeteire, amelyek ugyanis a vizekben élő valamennyi többi autotrof módon táplálkozó szervezet közül egyedül képesek a rendszer autarkiáját egymagukban is biztosítani. Ezzel a probléma olyan mértékben leegyszerűsödik, hogy a fizikokémia, sőt a matematika módszerei is alkalmazhatók a törvényszerűségek felismerése céljából, anélkül azonban — mint látni fogjuk —, hogy ezáltal a tapasztalattal ellenkezésbe jönnénk. Evégből a vízből és fitoplanktonból álló rendszert *makroheterogén* kémiai rendszernek tekintjük, melynek folyékony fázisa a víz, szilárd fázisát pedig maguk a fitoplankton-algák képviselik, melyek belsejében mint homogén rendszerben megy végbe a reakció. A makroheterogén kémiai rendszerek reakciósebességét Nernst és Brunner (1904) nyomán a folyékony fázisban oldott hatóanyag, a szóbanforgó esetben a hasznosító széndioxid, diffúziósebessége szabja meg. Minthogy a reakció a szilárd fázis belsejében megy végbe, — ahová a hatóanyag a folyékony fázisból kénytelen bediffundálni, — nyilvánvaló, hogy a reakció csak akkor mehet mindenkor zavartalanul végbe, ha az időegység alatt legalább annyi hatóanyag hatol a szilárd fázis belsejébe, amennyit a folyamat reakciósebessége megkíván. A Nernst—Brunner (1904) tétel jelentősége a fitoplankton asszimilációs folyamatának tanulmányozásánál különösen kidomborodik, ha meggondoljuk, hogy míg a diffúzió igen lassú folyamat, addig az asszimiláció gyorsan megy végbe, mert a keményítő szemcsék megjelenése már aránylag rövid ideig tartó megvilágítás után bekövetkezik. A diffúziósebesség értékét, vagyis a dt időelem alatt az x tengely irányában φ felületen keresztül diffundáló ds anyag mennyiségét Fick törvénye szerint a

$$\delta = \frac{ds}{dt} = -D\varphi \frac{dc}{dx}$$

egyenlet fejezi ki, ahol $\frac{dc}{dx}$ a hatóanyag koncentrációesését jelenti az x tengely mentén. Ebből az egyenletből

$$\delta \int_0^{\varrho} dx = -D\varphi \int_{c_0}^{c_\varrho} dc$$

és

$$\delta = \frac{D\varphi}{\varrho}(c_0 - c_\varrho) \tag{1}$$

ahol ϱ a fitoplankton algák testfelületétől azok középpontjáig terjedő távolság c_0 a széndioxidnak vízben, c_ϱ pedig az algák belsejében való koncentrációja. A továbbiakban előbbit külső, utóbbit belső koncentrációnak nevezzük.

Az algatestek belsejében, mint homogén rendszerben a reakció a Wilhelmy-törvény szerint megy végbe, amelynek reakciósebességét az algák térfogatára vonatkoztatva a

$$\psi \frac{dc}{dt} = -\psi k c_\varrho \tag{2}$$

egyenlet fejez ki. A Nerst—Brunner-féle szabály értelmében az asszimiláció csak abban az esetben mehet bármikor zavartalanul végbe, ha a diffúziósebesség maximális értéke mindenkor legalább akkora, mint az asszimilációs folyamat reakciósebessége. Minthogy a széndioxid a vízből diffundál az algák belsejébe, a belső koncentráció értéke c_0-nál nagyobb sohasem lehet, ezért annak értéke csak 0 és c_0 határok között változhatik. A diffúziósebesség akkor maximális, ha $c_\varrho = 0$, az asszimiláció reakciósebessége pedig akkor, ha $c_\varrho = c_0$, Az 1. és 2. számú egyenletekből következik tehát, hogy a Nernst—Brunner-féle szabály akkor nyer kielégítést, ha

$$\left| \frac{D\varphi}{\varrho} c_0 \right| = |-\psi k c_0| .$$

Egyszerűség okából tekintsük a fitoplankton-algákat egyenlő nagyságúaknak és gömbalakúaknak, ami nagy általánosságban meg is felel a valóságnak és ennek feltételezésével nem követhetünk el túlzást, mert valamennyi test közül a gömb relatív felülete a legkisebb. Ebben az esetben $\varphi = \frac{3\psi}{\varrho}$, ha ϱ az algák

átlagos sugara. Behelyettesítve ezt a legutóbbi egyenletbe, kapjuk, hogy

$$\varrho = \sqrt{\frac{3D}{k}}. \tag{3}$$

Ez azt jelenti, hogy széndioxid csak akkor diffundál mindenkor kellő mennyiségben az algák testébe, ha azok fél-testátmérője, tehát testtérfogata is igen kicsiny, mert a diffúzióállandó (D) számértéke nagyságrendben is lényegesen kisebb az asszimiláció reakciósebességi állandójánál. A kicsiny testtérfogattal járó igen nagy relatív testfelület — amelyen a diffúzió történik — teszi tehát lehetővé a fotoszintézis folyamatos végbemenetelét. A tapasztalat ezt az elméleti úton levezetett megállapítást teljes mértékben alátámasztja, mert tudjuk, hogy a fitoplankton-algák néhány mikron átmérőjű, túlnyomórészt egysejtű szervezetek. Nyilvánvaló, hogy a fitoplankton-algáknak mint típusosan vízi szervezeteknek kicsiny testméreteit a vízi életmódhoz való alkalmazkodás hozta létre, mert ez a berendezkedés biztosítja a vizek autarkiáját.

Az 1. egyenlet, ha abba $\varphi = \frac{3\psi}{\varrho}$-t helyettesítünk és figyelembe vesszük a 3. egyenletet, némi átalakítással a következőképpen írható föl:

$$\psi k (c_0 - c_\varrho) = \psi k c_0 - \psi k c_\varrho ,$$

miből:

$$\psi k (c_0 - c_\varrho) + \psi k c_\varrho = \psi k c_0. \tag{4}$$

Az egyenlet jobboldalán álló mennyiség az idő egység alatt egyetlen algában asszimilált széndioxid maximális tömegét fejezi ki. Nyilvánvaló, hogy ez arányos az algasejtben ugyanazon idő alatt felhalmozódó napfényenergiával, vagyis $kc_0 = \gamma E$, ahol γ arányosítási tényező, E pedig az asszimilációs folyamat maximális energiája, amit tehát az

$$E = \frac{\psi k}{\gamma} (c_0 - c_\varrho) + \frac{\psi k}{\gamma} c_\varrho$$

egyenlettel fejezhetünk ki. Szorozzuk és osszuk az egyenlet jobboldalát $2a^2 c_0$ mennyiséggel, ahol a tetszészerinti számot jelenthet. Ekkor egyenletünk következőképpen módosul:

$$E = \frac{\psi k}{2a^2 \gamma} 2a^2 c_0 \left(1 - \frac{c_\varrho}{c_0}\right) + \frac{\psi k}{2a^2 \gamma} 2a^2 c_0 \frac{c_\varrho}{c_0}.$$

Minthogy $\psi k\, c_0$ az időegység alatt asszimilált széndioxid maximális tömeg mennyiségét jelenti a fitoplankton lények testtérfogatára vonatkoztatva, 2, a^2 és γ pedig állandó számok, a $\frac{2\psi k\, c_0}{a^2\,\gamma}$ hányados az időegység alatt maximálisan asszimilálható széndioxid tömegével arányos mennyiséget jelent, vagyis dimenziója tömeg, miért is helyette m-et írhatunk. Egyenletünk tehát még egyszerűbb formába írható, vagyis :

$$E = \frac{m}{2} a^2 \left(1 - \frac{c_\varrho}{c_0}\right) + \frac{m}{2} a^2 \frac{c_\varrho}{c_0} \quad . \tag{5}$$

Volt már róla szó, hogy c_ϱ értéke csak 0 és c_0 határok között változhatik, mert a széndioxid a vízből diffundál az algasejtek belsejébe. Ennélfogva a $\frac{c_\varrho}{c_0}$ hányados, és nemkülönben a $\sqrt{\frac{c_\varrho}{c_0}}$ kifejezés értéke is csak 0 és 1 határok között változhatik, ezért az utóbbi hányados minden értéke egy bizonyos x szám szinuszával azonos. Írhatjuk tehát hogy,

$$E = \frac{m}{2} a^2 \cos^2 x + \frac{m}{2} a^2 \sin^2 x \quad , \tag{6}$$

mert, ha $\frac{c_\varrho}{c_0} = \sin^2 x$, akkor $\left(1 - \frac{c_\varrho}{c_0}\right) = \cos^2 x$.

A 6. egyenlet formailag tökéletesen megegyezik a tömegpont kvázi-elasztikus erők hatására visszavezethető rezgőmozgása energiaegyenletével. Vizsgáljuk meg, hogy lényegileg, tehát az egyenletben szereplő mennyiségek dimenziója tekintetében is fennáll-e ez a megegyezés? Minthogy az egyenlet baloldalán az asszimilációs folyamat összes energiája szerepel, az egyenlet csak akkor nyerhet teljes kielégítést, ha a jobboldalon szereplő két mennyiség dimenziója is energia jellegű. Mint az egyenlet levezetésekor láttuk, a jobboldalon szereplő m dimenziója tömeg, a állandó pedig tetszésszerinti állandó számmal helyettesíthető. A jobboldalon szereplő két mennyiség dimenziójának megállapítása végett mármost a rezgő tömegpont alábbi mozgásegyenletéből indulunk ki :

$$A^2 q = - m\ddot{q} \tag{7}$$

Ebben az egyenletben $q = \sin(\alpha + a\vartheta)$ dimenziója hosszúság, ennek megfelelően $\ddot{q} = - a^2 \sin(\alpha + a\vartheta)$ dimenziója gyorsulás, és ezért az

$$A^2 \sin(\alpha + a\vartheta) = - ma^2 \sin(\alpha + a\vartheta) \tag{8}$$

két egyenlő mennyiség dimenziója erő, de ellentétes irányúak, tehát úgynevezett kvázi-elasztikus erők. Ezeket az erőket a fitoplankton asszimilációs folyamata esetében a széndioxid külső és belső koncentrációjával arányos ozmózis nyomások képviselik. Itt α egy a kezdeti állapotnak megfelelő állandó mennyiség, a pedig arányosítási tényező, tehát $(\alpha + a\vartheta)$ azt fejezi ki, hogy a szinuszfüggvény argumentuma arányos az idővel. Az a arányosítási tényező értékét a $q = \sin(\alpha + a\vartheta)$ hosszúság maximális értékéből számíthatjuk ki, ami akkor következik be, ha $\alpha = 0$ és $\vartheta = \frac{\tau}{4}$, vagyis ha az idő a mozgás egynegyed periódusával egyenlő. Ebben az esetben $a\frac{\tau}{4} = \frac{\pi}{2}$, amiből $a = \frac{2\pi}{\tau} = 2\pi\nu$, ahol $\nu = \frac{1}{\tau}$ a rezgőmozgás frekvenciája.

Szorozzuk a 7. egyenletet dq-val, akkor:

$$A^2 \int_1^2 q\,dq = -m \int_1^2 \frac{dq}{d\vartheta}\, d\frac{dq}{d\vartheta}, \quad \text{miből:}$$

$$\frac{A^2 q_2^2}{2} - \frac{A^2 q_1^2}{2} = \frac{m}{2}\left[\frac{dq}{d\vartheta}\right]_1^2 - \frac{m}{2}\left[\frac{dq}{d\vartheta}\right]_2^2$$

vagy:

$$E = \frac{m}{2}\left[\frac{dq}{d\vartheta}\right]_1^2 + \frac{A^2 q_1^2}{2} = \frac{m}{2}\left[\frac{dq}{d\vartheta}\right]_2^2 + \frac{A^2 q_2^2}{2}, \tag{9}$$

a rezgő tömegpont összes, vagy maximális energiája. Ez az egyenlet az energia megmaradásának törvényét fejezi ki, amely szerint a rezgőpont összes energiája állandó mennyiség, t. i. a mindenkori kinetikai és potenciális energiák összegével egyenlő. Ha ugyanis behelyettesítjük ebbe az egyenletbe $\frac{dq}{d\vartheta}$, A^2 és q^2 értékeit, akkor az

$$E = \frac{m}{2}(2\pi\nu)^2 \cos^2\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right) + \frac{m}{2}(2\pi\nu)^2 \sin^2\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right) \tag{10}$$

egyenlethez jutunk, mert $\frac{dq}{d\vartheta} = (2\pi\nu)\cos\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right)$ a 8. egyenletből pedig

$A^2 = ma^2 = m(2\pi\nu)^2$ és $q^2 = \sin^2\left(a + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right)$. Ebben az egyenletben $\frac{m}{2}(2\pi\nu)^2\cos^2\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right)$ a rezgőmozgás kinetikai energiája, mert

$(2\pi\nu)\cos\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right)$ dimenziója sebesség és így a jobboldalon szereplő első tag dimenziója $\left(\frac{mn^2}{2}\right)$ kinetikai, második tagja pedig potenciális energia, mert az a negatív erőfüggvény útszerinti integrálja, tehát dimenziója potenciál.

Ha x helyébe $\left(\alpha + 2\pi\frac{\vartheta}{\tau}\right)$-t és a helyébe $2\pi\nu$-t helyettesítünk a 6. egyenletbe, akkor a 10. számúval teljesen azonos egyenlethez jutunk, vagyis ebben az esetben az asszimilációs folyamat, összes energiáját kifejező egyenlet nemcsak formailag, hanem a benne szereplő mennyiségek dimenziója tekintetében is tökéletesen megegyezik a rezgőmozgás energiaegyenletével. Ez azonban csak akkor áll fenn, ha x arányos az idővel.

A fitoplankton asszimilációs folyamatának energiaforrása a napfény sugárzó energiája. Állandó fényintenzitáson a felhasznált fényenergia arányos az idővel, ezért írhatjuk, hogy $(\alpha + 2\pi\nu\vartheta) = bI$, ahol I a fényintenzitás, b pedig arányosítási tényező. Ebből következik, hogy

$$\sin(\alpha + 2\pi\nu\vartheta) = \sin bI.$$

Ennek a függvénynek egy meghatározott I_0 helyen, az úgynevezett optimális fényintenzitáson maximuma van. Ez mint tudjuk akkor következik be, ha $\alpha = 0$ és ϑ a negyed periódusnak megfelelő időtartam, vagyis $\vartheta = \frac{\tau}{4}$, ennélfogva

$2\pi\nu\frac{\tau}{4} = \frac{\pi}{2} = bI_0$, miből $b = \frac{\pi}{2I_0}$

A 10. egyenlet tehát a következőképpen is írható:

$$E = \frac{m}{2}(2\pi\nu)^2\cos^2\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right) + \frac{m}{2}(2\pi\nu)^2\sin^2\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right) = \frac{m}{2}(2\pi\nu)^2 = \text{Konst.} \quad (11)$$

mert $\cos^2\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right) + \sin^2\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right) = 1.$

Ebben az egyenletben $\frac{I}{I_0}$ az optimális fényintenzitás egységeiben kifejezett fényenergia, tehát dimenzió nélküli szám. A 11. egyenlet jobboldalán az első tagban $m(2\pi\nu)\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right)$ dimenziója mozgásmennyiség, tehát impulzus, a második tagban

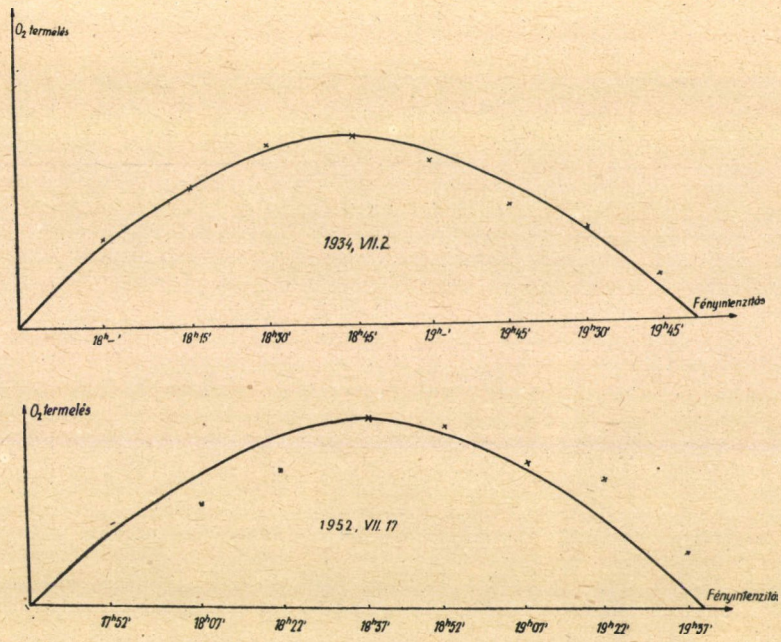
$$q = \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right)$$

az ordináta, vagyis a fény hatására létrejött változás mértéke (elmozdulás nagysága) amivel, a fitoplankton szervesanyagtermelése arányos, tehát:

$$P = A\sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{I}{I_0}\right) \quad (12)$$

ahol $A = \sqrt{m}(2\pi\nu)$ az amplitudó.

A 12. számú egyenlet tehát azt mondja ki, hogy a fitoplankton fotoszintetikus szervesanyagtermelése a fényintenzitás növekedésével csak egy bizonyos határig, az $I = I_0$ fényerősségig növekszik, majd a fényenergia további növekedésével ismét csökkenni kezd, hogy az $I = 2I_0$ fényerősségtől kezdve teljesen



3. *ábra.* A fitoplankton asszimilációs oxigéntermelése mint a fényintenzitás függvénye. Felső ábra 1934. június 2-án rendkívül tiszta légkörnél, teljesen derült égnél. Alsó ábra 1952. július 17-én kissé párás és időnkint felhős égnél

meg is szűnjék. A biológus nyelvén ezt úgy fejezzük ki, hogy a fitoplankton asszimilációs folyamatának fényintenzitási optimuma van, továbbá, hogy egy meghatározott fényerősségtől kezdve a fény a fotoszintézis szempontjából már káros hatású, ezért ezt a túlságosan erős fényt káros vagy meddő fényintenzitásnak szokás nevezni. A 12. egyenletben I_0 az optimális fényerősséget jelenti, tehát a színusz függvény argumentuma a fényerősséget az optimális fényintenzitás egységeiben fejezi ki.

A most előadottakban ismertetett, elméleti úton kapott eredmények a tapasztalattal teljes összhangban állanak. Bizonyítják ezt a Velencei-tó fitoplanktonjával végzett, 1924-ben közzétett kísérleteink, melyekre itt csak utalok, továbbá az 1934-ben és a most is folyamatban levő kísérleteim eredményei is, melyek közül néhányat és azok grafikus ábrázolását az 1. táblázat, illetőleg a

3. ábra tünteti fel. E kísérleteket úgy végeztem, hogy negyedóránkint ismert mennyiségű fitoplankton-algát tartalmazó vízzel színig töltött és bedugaszolt üvegedényt derült égnél a közvetlen napfény hatásának tettem ki, egy másikat

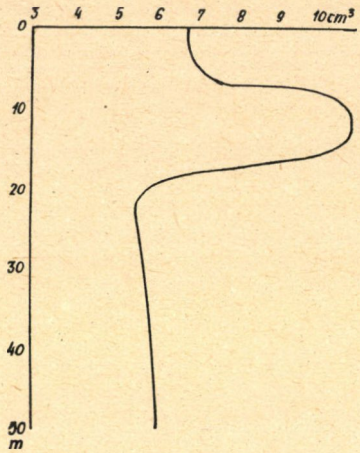
I. táblázat

A mintakitétel időpontja	Fényerősség, az optimális fényerő egységeiben $\frac{I}{I_0}\frac{\pi}{2}$	Átlagos negyedórai O_2 termelés		Hőmérséklet C°
		milligrammokban	az optimális termelés egységeiben	
	1943. július 2-i kísérlet			
18h00m	$1{,}74\frac{\pi}{2}$	0,0596	0,733	18,6
18h15m	$1{,}49\frac{\pi}{2}$	0,0714	0,879	18,6
18h30m	$1{,}25\frac{\pi}{2}$	0,0800	0,984	18,6
18h45m	$1{,}00\frac{\pi}{2}$	0,0813	1,000	18,9
19h00m	$0{,}77\frac{\pi}{2}$	0,0758	0,932	18,4
19h15m	$0{,}53\frac{\pi}{2}$	0,0654	0,805	18,4
19h30m	$0{,}30\frac{\pi}{2}$	0,0607	0,747	18,4
19h45m	$0{,}08\frac{\pi}{2}$	0,0500	0,615	18,5
	1952. július 17-i kisérlet			
17h37m	$1{,}74\frac{\pi}{2}$	0,563	0,426	22,6
17h52m	$1{,}49\frac{\pi}{2}$	0,713	0,539	23,0
18ho 7m	$1{,}25\frac{\pi}{2}$	0,969	0,733	23,5
18h22m	$1{,}00\frac{\pi}{2}$	1,322	1,000	23,4
18h37m	$0{,}76\frac{\pi}{2}$	1,175	0,889	23,2
18h52m	$0{,}52\frac{\pi}{2}$	1,057	0,799	23,0
19h07m	$0{,}28\frac{\pi}{2}$	0,385	0,291	22,3

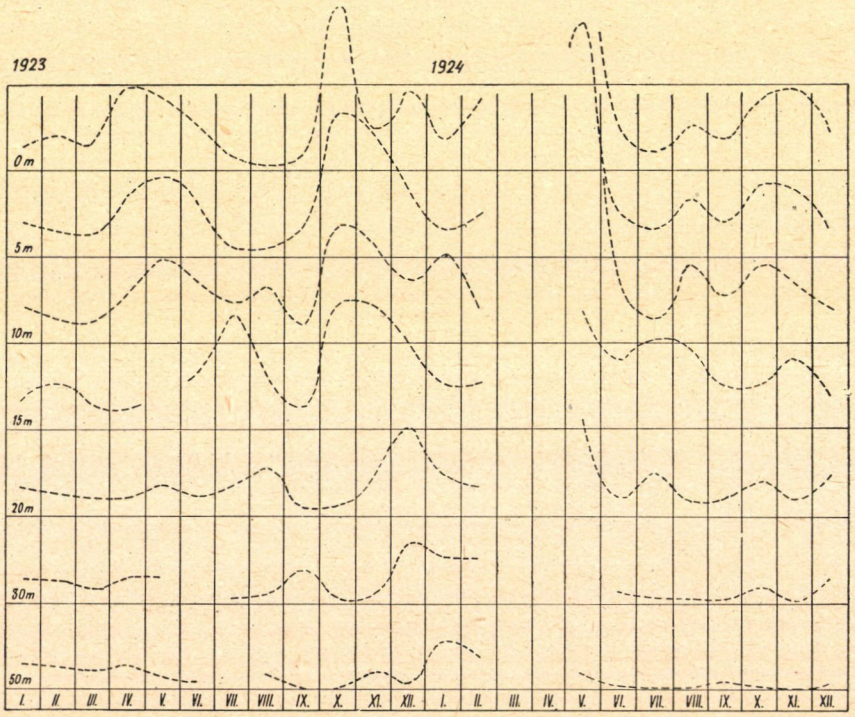
pedig egyidejűen fémdobozban egy óra hosszáig sötétségben tartottam azonos hőmérsékleten, üvegtermosztátban. Egy óra múlva a negyedóránkint fénynek kitett és sötétségben eltartott próbák oxigéntartalmát Winkler módszerével meghatároztam. A két minta oxigéntartalmának különbsége az ismert mennyiségű alga 1 órai oxigéntermelését adja. A negyedóránkint egymás után kihelyezett próbák 1 órai oxigéntermelésének negyedrészét véve, kiszámítottam a koincidáló negyedórákra vonatkozó értékek középértékét. Miként az a táblázatból megállapítható, az a napfény gyengülésével (a kísérleteket a késő délutáni órákban végeztem) eleinte növekedett és egy maximális érték után ismét fogyni kezdett. Minthogy a föld felszínét érő napsugarak fényereje a napmagasság színuszával arányosan változik, kiszámítva az egyes negyedóráknak megfelelő napmagasságok színuszait és elosztva azokat a maximális, vagyis az optimális termelés időpontjának megfelelő napmagasság színuszával, megkaptam az egyes negyedórákra vonatkozó fényintenzitások relatív értékeit az optimális fényerő egységeiben kifejezve. Hasonlóképpen elosztottam az egyes negyedórákra vonatkozó oxigéntermelések értékeit is a legnagyobb, vagyis az optimális termelésnek megfelelő értékkel és az így kapott számot a különböző időpontokra kiszámított relatív fényintenzitásoknak megfelelő helyeken felmértem az ordinátára. Miként a 3. ábrán látható, az így kapott pontok mind az 1934-ben, mind pedig az 1952. évben végzett kísérletek alkalmával a kísérleti hibák határain belül a szinuszgörbe mentén helyezkedtek el. E kísérleteim, melyekhez hasonlók még ma is folyamatban vannak, azt bizonyítják tehát, hogy az elméleti úton kapott törvényszerűség tényleg fennáll, vagyis, hogy a fitoplankton asszimilációs folyamatának intenzitása a napfény erősségével arányos dimenzió nélküli szám szinuszfüggvénye.

Kísérleteink eredményeit a külföldi kutatók vizsgálatai is alátámasztják. Evégből itt a sok közül néhány példát óhajtok grafikusan bemutatni. A 4. ábrán Minder (1926) vizsgálatai alapján a *Zürichi-tó* 1921. évi június havi nyári oxigén rétegződését látjuk. Eszerint Minder a nyári napforduló idején kb. 12 méter mélységben figyelte meg a víz oldott oxigéntartalmának maximumát, jeléül annak, hogy ebben a vízrétegben volt akkor az ott kialakult optimális fényintenzitás hatására a fitoplankton-algák fotoszintétikus tevékenysége legintenzívebb.

Megerősítik ezt a megállapítást az ugyancsak Minder-től (1926) származó és az 5. ábrán látható görbék is, melyek a *Zürichi-tó* fitoplanktontartalmának idő- és mélységbeli eloszlását mutatják az 1923. és 24. években. Kitűnik az ábrából, hogy mindkét esztendőben a felszíntől 10 méterig terjedő vízrétegekben egy-egy tavaszi, illetőleg őszi maximum volt megfigyelhető, és csak egyetlen nyári minimum, július hónapban. Ezzel szemben 15 méter mélységben tavasszal és ősszel, ugyanakkor, amikor a felül fekvő vízrétegekben a fitoplankton maximális mennyiségű volt, két minimum jelentkezett, a maximum

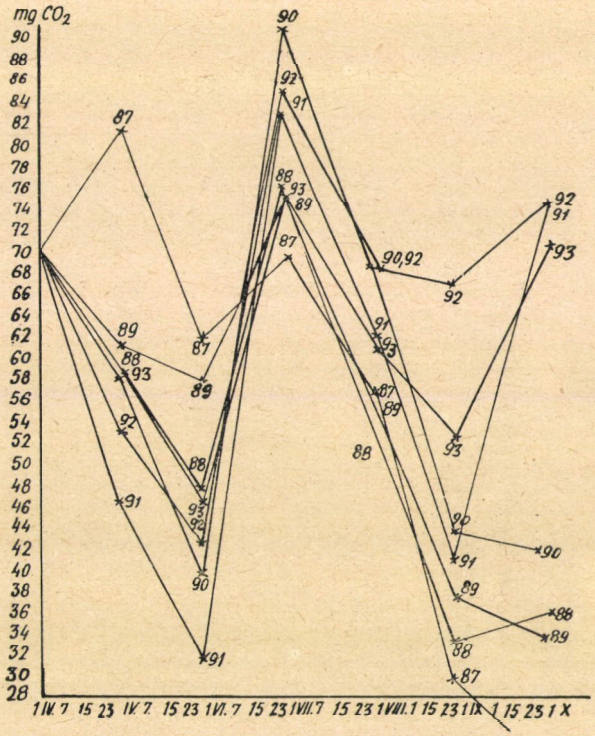


4. *ábra.* A *Zürichi tó* oxigénrétegződése 1921. júniusában. M i n d e r nyomán



5. *ábra.* A *Zürichi tó* fitoplanktonjának idő- és mélységbeli eloszlása M i n d e r nyomán

pedig július hónapban éppen abban az időpontban volt kimutatható, amikor a felülfekvő vízrétegekben a nyári minimum jelentkezett. Nyilvánvaló, hogy a fitoplankton eloszlásának évenkint törvényszerűen megismétlődő mélység- és időbeli eloszlása, az optimális fényintenzitás helyének a tó felszínét érő napfény évi periodikus intenzitásváltozásainak és a víz fényelnyelő-képességének kölcsönhatására visszavezethető eltolódásával magyarázható.

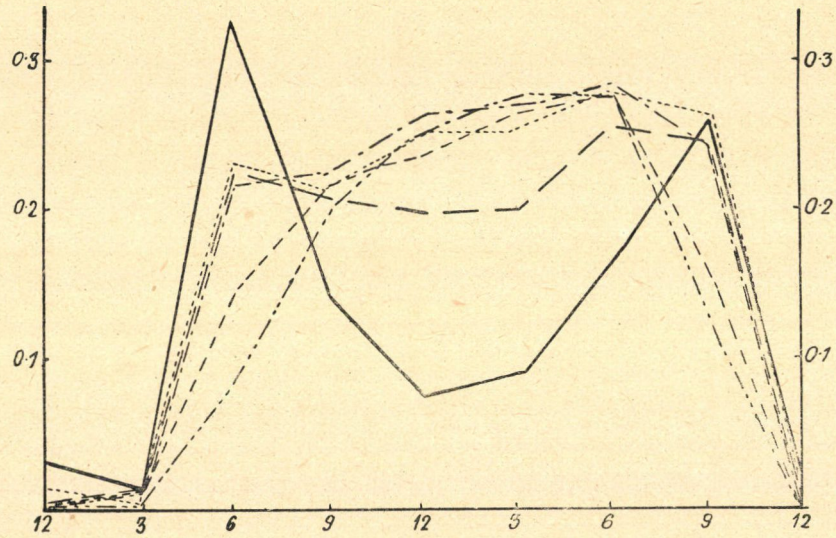


6. *ábra.* A szabad CO_2 tartalom évi ingadozása a halastavak vízében H. Fischer szerint. A görbék mellé írt számok a wielenbachi tógazdaság egyes tavainak számait jelentik

A víz oxigéntartalmára és a fitoplankton periodikus és mélységbeli eloszlására vonatkozó most ismertetett kutatási eredmények ellenpróbájaként tekinthetők H. Fischer (1915) tógazdasági kísérletei (lásd 6. ábra), amennyiben ez a kutató a víz szabad széndioxidtartalmának évi periodikus változásait tanulmányozva az évi minimumokat éppen azokban az időpontokban, tehát tavasszal és ősszel állapította meg a jól átvilágított sekély halastavakban, amikor Minder a felszínhez közeleső vízrétegekben a fitoplankton maximális mennyiségeit figyelte meg, viszont az évi maximumot a nyári napforduló környezetében, vagyis akkor észlelte, amikor Minder minimális fitoplankton-mennyiségeket számlált. Ez bővebb magyarázatra nem szorul, mert nyilvánvaló, hogy a fito-

plankton asszimilációja során a különböző vízrétegek széndioxidtartalmát a népesedés sűrűségének arányában használja ki.

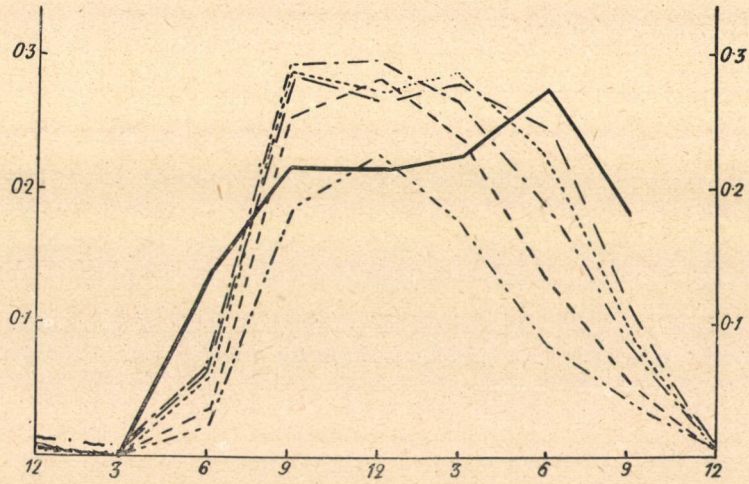
Végül a 7. 8. 9. és 10. ábrák Marshall és Orr (1927- és 1928) tengeri fitoplanktonnal végzett kísérletei eredményeit érzékítik. E kutatók a felszíntől 6 méter mélységig, meghatározott mélységekbe (0,1/2, 1, 2, 4 és 6 m.) ismert mennyiségű tengeri fitoplanktont tartalmazó vízzel töltött Winkler-féle oxigénmeghatározó palackokat süllyesztettek és a palackok megfelelő időpontokban való cserélése után meghatározták egy teljes napi periodus alatt az algák 3 órai oxigéntermelését a nap különböző szakaiban. A 7. és. 8. ábra



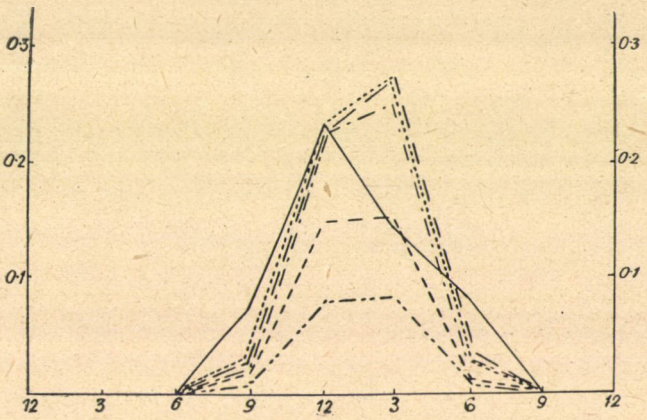
7. *ábra.* A tengeri fitoplankton fotoszintetikus oxigéntermelésének mértéke a nap különböző szakában és a tenger különböző mélységeiben. 1927. június 9. és 10-én *Marshall* és *Orr* nyomán. Derült idő. Napsütés tartalma 15 óra 5 perc. Napmagasság 57°10′, ——— felszínen, — — 1/2 méter, ... 1 m, — . —2 m, - - - - 4 m, — . — 6 m mélységben

a nyáron derült, illetőleg borult égnél végzett kísérletek eredményeit, a 9. és 10. ábrák pedig télen, ugyancsak derült, illetőleg borult égnél végzett kísérletek eredményeit tüntetik föl. A nyáron, derült égnél végzett kísérletsorozat (7. ábra) eredményei szerint közvetlenül a víz felszíne alatt a napi maximális oxigéntermelések a reggel 6 és este 9 órakor kiemelt palackokban voltak kimutathatók. Ezzel szemben a napi minimumot a felszínen, a déli 12 órakor kicserélt palackban észlelték. Az 1/2, 1, 2 és 4 m. mélységekből felhozott vízminták oxigéntartalma ugyancsak a reggeli és esti, vagy késő délutáni órákban volt maximális, a minimum itt is a déli próbában volt megállapítható. Ezekben a mélységekben azonban a déli minimum a mélységgel fokozatosan mérséklődött, úgyhogy a 4 méter mélységre vonatkozó görbe déli behorpadása már csak éppen hogy észlelhető.

A 6 méter mélységre vonatkozó görbe szerint ebben a mélységben az oxigéntermelés maximuma már délben jelentkezett.



8. *ábra.* A tengeri fitoplankton fotoszintetikus oxigéntermelésének mértéke a nap különböző szakában és a tenger különböző mélységeiben *Marshall* és *Orr* nyomán 1927. június 28-án. Borult idő. Napmagasság 57°34′. ——— felszínen, — — 1/2 méter, ... 1 m, —.— 2 m, - - - 4 m —..— 6 m mélységben



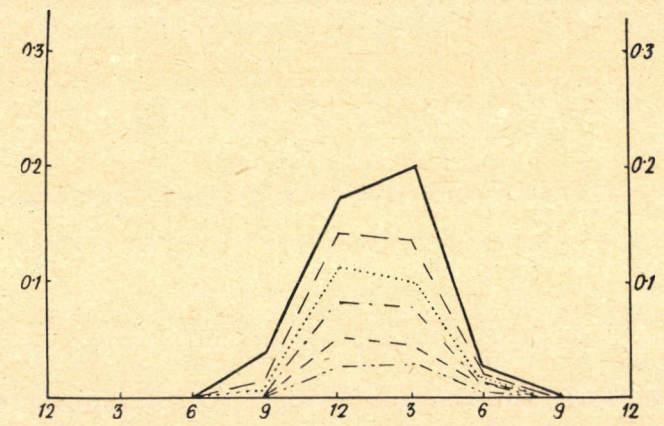
9. *ábra.* A tengeri fitoplankton fotoszintetikus oxigéntermelésének mértéke a nap különböző szakában és a tenger különböző mélységeiben *Marshal* és *Orr* nyomán. 1927. november 29-én derült időnél. Napsütés tartalma 6 óra. Napmagasság 12°58′ ——— felszínen — — 1/2 méter, ... 1 m, —.— 2 m, - - - - 4 m, —..— 6 m mélységben

A nyáron borult égnél végzett kísérlet (8. számú ábra) szerint közvetlenül a víz felszíne alatt szintén reggel 6 és este 9 órakor volt két napi maximum megállapítható, délben azonban már lényegesen kisebb mérvű minimum jelentkezett mint a derült égnél végzett kísérletsorozatnál. Továbbá a görbék déli

behorpadása itt már csak az 1/2 és 1 méter mélységekben volt megfigyelhető, 2, 4, és 6 méter mélységekben pedig csupán 1 déli maximum mutatkozott.

Télen derült égnél (9. ábra) már közvetlenül a felszín alatt sem látható a görbén minimumra valló behorpadás, de 12 és 15 órák között a görbe alakjából az oxigéntermelés korlátozódására lehet következtetni, ami optimálisnál erősebb fényintenzitásra mutat. A többi mélységekre vonatkozó görbék lefolyása már nagyjában mindenütt egyenlő, amennyiben a maximum ezeknél délben mutatkozott.

Végül a télen borult égnél végzett kísérletsorozat eredményei (10. ábra) szerint a felszíntől 6 méter mélységig minden mélységben fokozatosan csökken



10. *ábra.* A tengeri fitoplankton fotoszintetikus oxigéntermelésének mértéke a nap különböző szakában és a tenger különböző mélységeiben *Marshal* és *Orr* nyomán. 1927. december 7-én borult időnél. Napmagasság 11°42,. ——— felszínen, — — 1/2 méter, ... 1 m, —.— 2 m, - - - - 4 m, —. .— 6 m mélységben

az oxigéntermelés, a görbék lefolyása pedig nagyjában azonos, a déli órákban jelentkező egyetlen maximummal.

Még számos példát lehetne a nemzetközi irodalomból felsorolni, amelyek a fentiekkel egybehangzóan alátámasztják, hogy a fitoplankton fényintenzitási optimuma jóval alatta marad a közvetlen napfény erősségének. Ennek számszerű igazolása végett a következőképpen járhatunk el. A 10. egyenletben az $\frac{I}{I_0}$ hányados helyébe $\frac{\omega^2 \sin \mu}{\sin \mu_0}$ helyettesíthető, ahol ω^2 a naptávolságtól függő szorzószám, μ a napmagasság tetszésszerinti időpontban, μ_0 pedig az optimális fényintenzitásnak megfelelő napmagasság, amikor a föld napközelben van, vagyis január hó elsején. Ennek megértése végett tudnunk kell, hogy a föld

felszínét érő közvetlen napfény intenzitása a napmagasság színuszával egyenesen, a naptávolság négyzetével pedig fordítva arányos. Ezért írhatjuk, hogy

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\sin \mu}{R^2} : \frac{\sin \mu_0}{R_0^2} = \frac{\left(\frac{R_0}{R}\right)^2 \sin \mu}{\sin \mu_0},$$

ahol μ a napmagasság a föld bármely pontján, tetszés szerinti pillanatban, ennek színusza a jól ismert

$$\sin \mu = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

egyenlettel könnyen kiszámítható. Sin μ_0 az optimális fényerősségnek megfelelő napmagasság színusza január hó elsején, amikor a föld napközelben van. Az optimális magasság ugyanis január hó elsején a legkisebb. Az 1934-ben végzett vizsgálataim szerint sin $\mu_0 = 0{,}15279$. A $\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = \omega^2$ hányados értéke minden napra más. Legkisebb július 2-án naptávolban, amikor $\omega^2 = 0{,}92123$, legnagyobb január elsején, napközelben, ekkor $\omega^2 = 1$. Behelyettesítve ezeket az értékeket a 10 egyenletben szereplő szinuszfüggvény argumentumát $\frac{\omega^2 \sin \mu}{0{,}15279} \frac{\pi}{2} =$ $= 6.545\, \omega^2 \sin \mu \frac{\pi}{2}$-nek kapjuk, miből kiszámítható, hogy a legnagyobb földi fényintenzitás, amely a január hó 1-i napközelben, a $\varphi = -23°\ 0{,}6'$ szélességi fokon, egészen derült égnél évente egyszer jön létre ,amikor a nap ott éppen a délkörben (zenitben) áll, az 1934. évi vizsgálati eredményeink alapján az optimális fényerősség 6,54-szerese. Budapesten délben a nyári napforduló idején 5,51-szerese, sőt még a téli napfordulókor is 2,13-szorosa az optimálisnak. A nyári napfordulókor még az északi sarkon is 2,4-szerte nagyobb a föld felszínét érő közvetlen napfény intenzitása az optimálisnál. Ezekből az adatokból következik, hogy nincs a földnek olyan pontja, ahol a vízben optimális fényintenzitás ne jöhetne létre. Ennek a ténynek biológiai jelentősége igen nagy. Tudjuk ugyanis, hogy a természetes vizek tükre alatt, — ahol a fitoplankton tartózkodik — a behatoló napsugarak fényereje lényegesen kisebb a víz felszínét érő közvetlen napfény intenzitásánál. Ennek több oka van. Először a víztükör a ráeső fénysugarak egyrészét visszaveri. A vízbehatoló fénysugarak sem jutnak el változatlanul nagyobb mélységekbe, egyrészt mert a víz a fényt abszorbeálja, másrészt pedig, mert a fénysugarakat a vízben lebegő élő és élettelen testek felülete visszaveri, minek folytán a fénysugarak egyrésze a víztükör felületén ismét kilép. Nyilvánvaló tehát, hogyha a fitoplankton optimális fényintenzitása bárhol a víztükör felszínét érő közvetlen napsugarak fényerejével volna egyenlő, akkor a víztükör alatt élő fitoplanktonnak csak igen kevés helyen volna alkalma

optimális fényviszonyok mellett asszimilálni. Ezért a fitoplankton a leggyengébb földi fényintenzitásokhoz, vagyis a sarkvidéki vizek felszíne alatt létrejövő minimális fényerősséghez alkalmazkodott, mert csak így lehetséges, hogy bárhol a földön olyan vízréteget találjon, amelyben optimális fényviszonyok uralkodnak. A meddő fényintenzitás ellen ugyanis azzal védekezhetik, hogy azokban a vízrétegekben szaporodik el legnagyobb mértékben, ahol a napfény intenzitása a reflexió és abszorbció következtében már optimális értékére redukálódott. Karsten Schimper nyomán már 1905-ben felhívta a figyelmet, hogy a sarkvidékek környezetében a tengeri fitoplankton közvetlenül a víztükör alatt és innen kezdve annál mélyebb vízrétegben fordul elő tömegesen, minél inkább közelítjük meg a tropikus tengereket, ahol a fitoplankton zöme már 15—20 méter mélységben tartózkodik. Schimper azt is megfigyelte, hogy a trópusi tengerek felszínéhez közeleső vízrétegekből eredő algák kromatofórái elkorcsosodtak, halvány színűek.

Ha figyelembe vesszük, hogy a víz a különböző hullámhosszúságú fénysugarakat szelektíven nyeli el nyilvánvaló, hogy a sarkvidékek környezetében közvetlenül a víztükör alatt létrejövő optimális fény összetétele az asszimiláció szempontjából jóval kedvezőbb, mint a trópusokon 15—20 méter mélységben, mert a fotoszintézist kedvezően befolyásoló vörös és sárga színű fénysugarak túlnyomó részét a legfelső 3—4 méter vastagságú vízréteg már legnagyobbrészt abszorbeálta. A nagyobb vízmélységekben ezzel az asszimiláció szempontjából kedvezőtlenebb, főleg kékszínű, rövid hullámhosszúságú fénysugarakból összetevődő fényoptimum áll a fitoplankton rendelkezésére. Ez az oka a sarkvidéki tengerek nagyobb termékenységének, ami, mint azt már említettük, ott nemcsak a halászati zsákmányban, hanem a tengeri szervezetekkel táplálkozó szárazföldi fauna gazdagságában is visszatükröződik.

A tapasztalat tehát minden tekintetben alátámasztja azt az elméleti úton is levezethető tételt, mely szerint a monofokális vízi élettér típusos építő szervezetei, a fitoplankton algák asszimilációs tevékenységének fényintenzitási optimuma van, mert az a napfény intenzitásával a szinuszfüggvény szerint változik, miáltal a fitoplankton a leggyengébb földi fényerősséghez alkalmazkodott. Ez a berendezkedés teszi egyúttal lehetővé a napfény energiájának leggazdaságosabb kihasználását is, mert a vizek felszínét érő napsugarak fényerejének regionális és periodikus változásai, a föld gömbalakja és mozgásai folytán, szintén ugyanezen törvényszerűségnek hódolnak. Tudjuk ugyanis, hogy a napfény intenzitása a mindenkori napmagasság szinuszával arányos. Másszóval ez azt jelenti, hogy a fitoplankton asszimilációs folyamatának üteme végeredményben a naprendszer ritmusához alkalmazkodott.

Volt már róla szó, hogy a vízi élettérben lejátszodó biológiai történés során végbemenő folytonos anyagátalakulás tulajdonképen a biocönózisban résztvevő különböző anyagcseretípusú szervezetek kölcsönhatásának eredménye. Ha tehát e történés törvényszerűségeit óhajtjuk megismerni, munka-

hipotézisként a dialektikus materializmus módszerei önként kínálkoznak. Eredeti feltevésünknek megfelelően a monofokális viziélettérből indulunk ki, melynek egyedüli konstruktív szervezetei a fitoplankton-algák. Az algák kicsiny testméretei kizárják azonban, hogy testükben nagyobb mennyiségű szervesanyag halmozódjék fel, ezért intenzív asszimiláció esetén gyorsan kénytelenek szaporodni. A gyors szaporodásnak viszont a hasznosítható széndioxid koncentrációja szab határt. Fick törvénye szerint ugyanis a diffúzió sebesség egyrészt a hatóanyag koncentráció esésével, másrészt azzal a felülettel arányos, amelyen a diffúzió végbemegy. Ha az algák olyan nagy mértékben szaporodnak el, hogy számuknál fogva megnagyobbodott együttes testfelületükön több széndiocid diffundál keresztül, mint amennyit a biocönózis katabolikus folyamatai ugyanazon idő alatt termelnek, akkor az algák már a víz széndioxid tartalmát fogyasztják, vagyis a széndioxid koncentrációját csökkentik. A koncentráció csökkenése a diffúzió és azzal karöltve a szerves anyagok szintézisének, tehát az algák szaporodásának korlátozódását vonja maga után.

A természetes vizekben ez rendes körülmények között nem következik be, mert a biocönózisban mindig jelen vannak a raktározó szervezetek, melyek közvetlenül vagy közvetve fitoplankton-algákkal táplálkoznak, tehát az algák számát állandóan csökkentik. Ha azonban ezek fogyasztása túlszárnyalná az algák szaporulatát, akkor már a termelő egyedek számát gyérítenék, ami a víz termelőképességének rohamos visszaesésére vezetne és végeredményben a raktározó szervezetek megélhetését kockáztatná. A természetben ez azért nem következik be, mert amilyen mértékben csökken a raktározó szervezetek algafogyasztó tevékenysége, ugyanolyan mértékben fokozódik az algák szaporulata és így az építő és raktározó szervezetek kölcsönhatása az egyensúly helyreállítására törekszik, ami azonban legfeljebb csak átmenetileg valósulhat meg és ezért nem stabilizálódik. A két ellentétes irányú folyamat kölcsönhatása folytán ugyanis állandóan változó dinamikus állapot alakul ki.

A raktározó szervezeteknek csak egy része táplálkozik közvetlenül fitoplanktonnal, a többiek részint növényevő állatokkal, részint pedig növényevő állatokat fogyasztó raktározó szervezetekkel táplálkoznak. Ilyen módon alakul ki az élelmiláne a raktározó szervezetek között, melynek egyes láncszemei között hasonló kölcsönhatások alakulnak ki, mint az építőszervezetek és a növényevő raktározók között. A raktározó szervezetek egyrésze elhalt szervezetek testmaradványaival (nekrofágok és detritus evők), sőt azok exkrementumaival (koprofágok) is táplálkozik, miáltal a szaprofita elbontó szervezetek elől vonják el a táplálékot, mert a szaprofiták csak élettelen szerves anyagokat képesek megtámadni. Ezenkívül a raktározó szervezetek között bakteriofág *Flagellináták* és *Ciliináták* is vannak, melyek magukat az elbontó szervezeteket fogyasztják és ezúton is arra törekszenek, hogy a már egyszer élettelenné vált szerves anyag testükben élő anyagként minél nagyobb mennyiségben raktáro-

zódjék és az elbontó szervezetek részére hozzáférhetetlenné váljék. Nyilvánvaló tehát, hogy a raktározó és elbontó szervezetek is hasonló kölcsönhatásban állanak egymással, mint az építő szervezetek a raktározókkal, míg azonban előbbiek tevékenységét a raktározó szervezetek fokozni, addig az elbontó szervezetekét gátolni törekszenek, miáltal a szerves anyagok felépítésének és elbontásának ütemét a napfény intenzitásváltozásaitól megszabott keretek között akként szabályozzák, hogy az egész biocönózis energiaszükségletének fedezése céljából a szerves anyagok mindenkor maximális mennyiségben álljanak rendelkezésre. Ha ez nem így volna, akkor a biocönózis potenciális energiakészletének kimerülése miatt a vízi élettér csakhamar elnéptelenednék, mert a dekomponáló szervezetek elbontó tevékenysége energiatermeléssel járó önként végbemenő folyamat, ami rohamosan zajlana le, ha ütemét a raktározó szervezetek nem fékeznék. A raktározó szervezetek szerepe a vízi élettérben tehát analóg az órába szerelt ingáéval. A monofokális vízi életteret mint magasabbrendű biológiai szervezettséget ugyanis az ingaórával is szokás összehasonlítani. Ez érthető, amennyiben mindkét rendszerben végeredményben az energia megmaradása elvén alapuló folyamatok mennek végbe. A két rendszer között mégis mélyreható különbségek vannak. Elsősorban a szóbanforgó biológiai szervezettség felépítése összehasonlíthatatlanul bonyolultabb az óra szerkezeténél, mert itt egymással kölcsönhatásban álló, enzimektől befolyásolt folyamatok láncolatos sorozata szerepel, melyek hatása nem összegeződik. E kölcsönhatások a rendszernek a környezeti tényezőkhöz való mindenkori legcélszerűbb alkalmazkodását teszik lehetővé, amit *önszabályozó képességnek* neveznek. Az élettelen anyagokból felépített óra, — mint azt máshol kifejtettük, — (1952) a gravitációnak mint környezeti tényezőnek változásaira regionális és periódikus vonatkozásban egyaránt mindig célszerűtlenül reagál, mert mint mechanikai szerkezetnek önszabályozó képessége nincsen. Ezzel szemben a szóbanforgó komplex biológiai rendszer raktározó szervezetei azáltal, hogy a fitoplankton asszimilációs tevékenységét fogyasztásukkal serkentik, a dekomponáló szervezetek katabolikus folyamatát pedig fékezik, a dialektikus kölcsönhatások sorozatain nyugvó élelmilánc kialakítása útján a szerves anyagok felépítésének és elbontásának ütemét önműködően olyan módon szabályozzák, hogy e körfolyamat mindenkor maximális munka végzésével, tehát reverzibilisen és izotermálisan menjen végbe. A rendszer önszabályzó képessége ezért annak tartós fennmaradását, vagyis *életrevalóságát* szolgálja.

A fizika szempontjából tekintve a problémát, a környezetből és biocönózisból összetett komplex biológiai rendszert rezonátorként foghatjuk fel, melynek önrezgése azonos frekvenciájú az abszorbeált fényintenzitás változásainak ritmusával. Ez tulajdonképen a K i r c h h o f f-törvény biológiai megnyilvánulása.

Az eddig előadottakból az a végkövetkeztetés vonható le, hogy a monofokális vízi élettér zárt biológiai rendszer, melyben szerves vegyületek felépítése

és elbontása, vagyis egy redox körfolyamat — mint láttuk a rendszer önszabályozó képessége folytán — teljes terheléssel, tehát maximális munka végzésével reverzibilisen és izotermálisan megy végbe. Kérdés mármost, hogy alkalmazhatók-e erre az eszményi határesetre, amely a természetben csak igen nagy megközelítéssel a tengerben és az oligotrof vizekben valósul meg, a termodinamika tételei? Véleményünk szerint alkalmazhatók, mert ellenkező esetben az energia megmaradásának törvényével kerülnénk ellentétbe és ezért vitalisztikus álláspontra kellene helyezkednünk. Évégből abból indulunk ki, hogy a fotoszintézis során megkötött fényenergia *elsődlegesen mindig nitrogénmentes* vegyületekben halmozódik fel. Ebben az esetben a szabad energia tétele szerint a rendszer hasznosítható energiatartalmának változása a körfolyamat alatt csak a kezdeti és a végállapottól függ, az úttól azonban, amelyen a változás végbement — annak ellenére, hogy a körfolyamat során szerves nitrogénvegyületek, tehát fehérjék is képződnek, illetőleg bomlanak el — a vízben oldott nitrogénvegyületek koncentrációváltozásaitól független, mert a kezdeti és végállapotot a hasznosítható széndioxid, avagy az oldott oxigénkoncentráció változásai egymagukban is egyértelműen jellemzik. Másszóval ez azt jelenti, hogy a rendszer potenciális energiatartalmát a szerves nitrogénvegyületek, tehát a fehérjék keletkezése nem gyarapítja, mert azok nem elsődleges termékei a fotoszintézisnek. Nincs ugyanis ma nézeteltérés a biokémikusok között abban a tekintetben, hogy a fény fotolitikus hatására a víz aktív hidrogénre és hidroxilgyökre bomlik és míg az aktív hidrogén az alábbi egyenlet szerint a széndioxidot redukálja

$$\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}\!\!\rangle C{=}O + 2H \cdot OH \rightarrow \begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\!\!\rangle C{=}O + 2H_2O_2$$

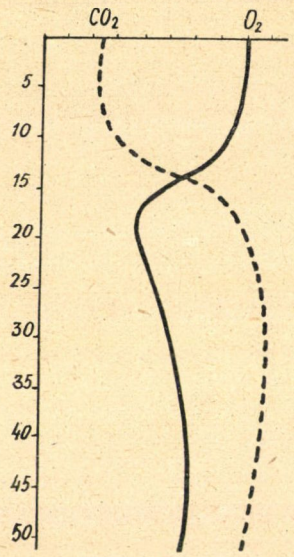
a két hidroxil gyök hidrogénhiperoxiddá egyesül, amely utólag a

$$2\ H_2O_2 = 2\ H_2O + O_2$$

egyenlet szerint vízre és szabad oxigéngázra bomlik. Az így felszabadult oxigén egyenértékű az asszimilált széndioxiddal. Ezért az asszimilációs hányados értéke megközelítően egységnyi és ugyanez áll a disszimilációs hányadosra is. Ezen az állásponton vannak Oparin (1936 és 1952) és Baranov (1951) szovjet kutatók, továbbá Lwoff (1951) és Pirson (1950) nyugati biokémikusok is.

Az asszimilációs és disszimilációs hányadosok megközelítően egységnyi értéke kifejezésre jut a vizek oxigén és széndioxid rétegeződésében is, amennyiben a két gáz koncentrációinak mélységgel való változását feltüntető görbék, — miként az Mindernek (1926) a *Zürichi tóra* vonatkozó vizsgálatait feltüntető ábrából is megítélhető, — egymásnak tükörképei (lásd 11. sz. ábra).

Bár a legújabb vizsgálatok megállapításai szerint a fotoszintézissel egyidejűen nitrogéntartalmú vegyületek is keletkeznek, az erre vonatkozó legújabb irodalom áttanulmányozása után arra az álláspontra kell helyezkednem, hogy az eddigi kísérletek eredményei még nem szolgáltatnak döntő bizonyítékot annak megítélésére, hogy vajjon a fotoszintézissel egyidejűen keletkező szerves nitrogénvegyületek potenciális energiatartalma közvetlenül, avagy az előzetesen felépített nitrogénmentes szerves anyagok energiatartalmából, tehát közvetett úton származik-e a napfény fényenergiájából? Az utóbbi eset mellett



11. *ábra.* A *Zürichi tó* egyidejű O_2 és CO_2 rétegződése Minder nyomán

bizonyít az a körülmény, hogy fehérjéket nemcsak az autotrof módon, hanem az összes heterotrof módon sőt a szaprotrof módon táplálkozó lények is építenek fel, holott szervetlenből szerves anyagokat önállóan nem képesek szintetizálni. A vizekben is kimutatott szaprotrof módon táplálkozó nitrogéngyűjtő baktériumok képesek elemi nitrogént megkötni. Tóth László és Balogh János kutatásaiból azt is tudjuk, hogy bizonyos heterotrof módon táplálkozó állatok szintén képesek nitrogén megkötésére, ezért remélhető, hogy a vizek biocönózisaiban is előbb-utóbb sikerül majd nitrogént kötő, állati módon táplálkozó szervezeteket feltalálni.

Mindezek a tények oda mutatnak, hogy a fehérjék felépítése annyiban független a fotoszintézistől, hogy potenciális energiatartalmuk csak közvetve származik a napfény energiakészletéből, tehát a fehérjék felépítése nem gyarapítja a vízi élettérnek, mint komplex rendszernek hasznosítható (potenciális) energiatartalmát. Ezért tartjuk alkalmazhatónak a szabad energia tételét a

fenti értelmezés szerint, a monofokális vízi élettérre, amit azonban az eddigi limnológiai vizsgálatok eredményei is alátámasztanak, tehát nem szakadunk el ezáltal a tapasztalattól. Így a vizek trofitásának meghatározására irányuló mindazon kísérletek, amelyek e kérdést a vízben kimutatható anorganikus nitrogén vegyületek mennyisége alapján törekedtek eddigelé megoldani, részint ellentmondó, részint pedig negatív eredményre vezettek. Ezzel szemben Thienemann-nak (1926) az oxigénrétegeződés alapján sikerült a tavakat *eutrof* és *oligotrof* típusokba osztania. Az oxigéngradiens bevezetésével a tavak trofitásának fokát olyan relatív határértékekkel lehet jellemezni, amelyek alapján Birge és Juday (1932) amerikai kutatók a Wisconsin állambeli tavak produkciós-biológiai jellegét igen jó eredménnyel állapíthatták meg. W. Ohle (1938) az oxigén gradiens mintájára szerkesztett széndioxid gradienssel eredményesen osztályozta az északnémetországi tavakat termelésbiológiai típusaik szerint. Végül a víz hasznosítható széndioxid tartalmán alapuló módszeremmel hasonló eredménnyel voltak osztályozhatók a Föld eddig tanulmányozott tavai, termelőképességük szerint. Ezek igazolására D. S. Rawson (1952) újabban megküldött értekezésének adataira hivatkozom. Rawson empirikus úton egyenletet vezetett le, amellyel egyes tavak halhústermelése nagy megközelítéssel kiszámítható.

2. táblázat

A tó megnevezése	Holdankénti halfogás fontokban (Rawson)	Holdankénti halfogás elméleti úton számítva (Rawson)	A tó trofitási foka a széndioxyd tartalomból számítva (saját)
Lake Superior	0,83	0,89	0,34
Lake Michigan	1,59	1,08	0,70
Lake Huron.....	1,38	1,24 (?)	0,58
Lake Erie.....	7,30	2,25	0,68

A táblázat első rovata négy északamerikai nagy tó holdankénti halzsákmányának 25 évi átlagát, a másodikban annak Rawson képletével számított értékeit tartalmazza, a harmadik rovatban pedig a tavak vizének a hasznosítható széndioxid tartalma alapján saját módszerünk szerint számított trofitásfokát kifejező relatív határértékek találhatók. Az adatokat a számítás céljaira Halbfass (1923.) egyik munkájából vettem. A gyakorlati úton kapott és eltérő elméleti elgondolások alapján számított értékek elég jó megegyezése bizonyítja, hogy a tavak trofitásának foka a víz hasznosítható széndioxid tartalma alapján feltétlenül megítélhető.

Mindezek a tapasztalaton nyugvó megállapítások a szabad energia tételének a vízi élettér anyagforgalmára való alkalmazhatósága mellett szólnak.

A szabad energia tételének alkalmazhatósága lehetővé teszi, hogy a vizekben végbemenő termelési folyamatot energetikai alapon vizsgáljuk, ami a nemzetközi szakirodalomban, csak a legutóbbi években lépett előtérbe, bár hazánkban már több évtizeddel ezelőtt is történtek ilyen irányú kísérletek. A biológusok túlnyomó többsége még ma is kizáróan florisztikai és faunisztikai vizsgálatokkal törekszik a termelés kérdését megoldani úgy, hogy a vizekben kialakuló növényi és állati cönobiumok kvalitatív és kvantitatív összetételét állapítja meg és az így kapott eredményekből törekszik a vizek termelőképességére következtetéseket vonni. Legyenek bár termelésbiológiai szempontból az ezirányú vizsgálatok igen fontosak, azok eredményei egymagukban csak mint indikátorok jöhetnek tekintetbe a vizek termőerejének megítélésekor, mert a vizekben mint magasabbrendű biológiai rendszerben végbemenő metabolizmussal kapcsolatosan az energia változásokról nem tájékoztatnak. Ezzel szemben korántsem akarjuk azt mondani, hogy a biocönológiai vizsgálatok a termelésbiológiai problémák megoldása körül nem játszanak fontos szerepet, ellenkezően, azok fontosságát különösen kiemeljük, mert a biocönózis kvalitatív és kvantitatív összetétele nem a véletlenen muló jelenség, hanem ama kölcsönhatások egész sorozatának eredménye, amelyek az élő szervezetek és az élettelen környezeti tényezők között, továbbá az élő lények egyes csoportjai között külön-külön és együttesen állandóan folyamatban vannak, ezért szoros kapcsolatban állanak az energetikai viszonyokkal is. A biocönózis mindenkori állapota tehát függvényszerű viszonyban áll az egész rendszer energiaváltozásaival, ez a kapcsolat azonban nem egyszerű arányosság, hanem meglehetősen bonyolult, mert míg a szervezetek testét felépítő szervesanyag más és más alakban többször is szerepel a metabolizmus folyamán, addig az energia csak egyszer értékesíthető és miután ez megtörtént, az a rendszerre nézve veszendőbe megy.

Ennek a ténynek figyelmen kívül hagyása oka annak is, hogy a vizek termelésbiológiai kutatása során a termelés fogalmának meghatározása tekintetében a kutatók között igen sok az ellentét és a legnagyobb bizonytalanság észlelhető. Maga Thienemann sem kivétel, annak ellenére sem, hogy a vizek korszerű termelésbiológiai vizsgálatának egyik úttörője, amennyiben a környezet és az életközösség közötti dinamikus kölcsönhatások felismerése főleg az ő nevéhez fűződik. A termelés fogalmának szabatos meghatározására vonatkozó meggondolásai során, valamely tó termelését az 1 év folyamán keletkezett és a biocönózisban résztvevő valamennyi szervezet testében felhalmozott szervesanyag mennyiségével óhajtotta kifejezni. Ez tulajdonképen a Demoll-féle (1927) biomasszával azonos fogalom. De mindjárt meg is állapítja, hogy ez az út nem célravezető, mert egyrészt a biomassza mennyiségének megmérése igen nagy nehézségekbe ütközik, másrészt pedig belátta hogy a biomassza nem tartalmazhatja az 1 év alatt termelt szerves anyagok teljes mennyiségét, mert a szervezetek életfolyamatai során termelt szerves

anyagok egyrésze exkrementumok alakjában azok testét elhagyja, másik része pedig az élő szervezetek elpusztulása után élettelen szerves anyaggá válik és részben elbomlik. Szerinte egyszerűbbek volnának a viszonyok, ha csak monociklikus, tehát legalább 1 évig élő szervezetek volnának jelen a biocönózisban. Ezzel szemben a valóságban éppen a policiklikus növények és állatok teszik ki a biocönózis túlnyomó többségét, amelyek számos generációja váltogatja egymást az év folyamán. Ezek a generációk az életközösségből véglegesen eltünnek. Végül az elhalt szervezetek testmaradványaiból és exkrétumaiból számos szervezet táplálkozik, minek folytán a már egyszer élettelenné vált szervesanyagok egyrésze ismét élő anyaggá alakul vissza és újból résztvesz a biomassza felépítésében. Mindezek alapján Thienemann (1941) arra a végkövetkeztetésre jut, hogy sem az egész biomasszából, sem pedig egyes részeinek mennyiségéből a termelés értékét szabatosan meghatározni nem lehet. Ez az úgynevezett Thienemann-féle *dilemma*, melynek csak egyetlen kiútja van, nevezetesen az, ha a termelést nem a többféle formában jelentkező szervesanyag mennyiségének meghatározása, hanem a csak egyszer kihasználható energia megmérése útján törekszünk megállapítani.

Már az eddigiekből is megítélhető, hogy a vizekben végbemenő metabolizmus folyamán szervetlen anyagokból szerves vegyületek keletkeznek. A szerves vegyületek egyrésze a biocönózisban részvevő valamennyi szervezet testében élőanyag alakjában raktározódik, másik része — mint fenntartó táplálék, — valamennyi szervezet energiaszükségletének fedezésére használódik el, harmadik részét pedig exkrementumok alakjában továbbá az élő szervezetek elhalása után élettelen szervesanyaggá válik és az elbontó szervezetek ismét szervetlen anyagokká bontják el. Ezt matematikai egyenlet formájában is kifejezhetjük a következő módon:

$$P = R + F + V, \tag{13}$$

ahol P az időegység alatt termelt szervesanyag mennyisége, R az ugyanazon idő alatt a szervezetek testében felhalmozódó szerves anyag, F az elhasznált fenntartó táplálék és V az elbontó szervezetek által oxidált és ezért az élettérre nézve veszendőbe menő szervesanyag mennyiségét jelenti. *Ez a teljes, vagy totális termelést fejezi ki, ami tehát magában foglalja mindazt a szervesanyag mennyiséget, amely adott vízi élőtérben élőanyag alakjában raktározódik (biomassza), amit a konstruktív és akkumulatív szervezetek életfolyamataik fenntartása céljából oxidálnak és végül, ami a szervezetek elpusztulása, valamint az exkrementumok útján élettelen szerves anyaggá válik, amit a dekomponáló szervezetek bontanak el.* Könnyen belátható, hogy ma még nincs olyan módszer, amelylyel a totális termelés mennyisége kísérleti úton meghatározható volna.

Lényegesen járhatóbb úton haladunk, ha a vizek *termelőképességét*, vagy ú. n. *potenciális termelését* óhajtjuk meghatározni, illetőleg valamilyen úton-

módon, annak számszerű értékét kifejezni. A termelőképesség, vagy potenciális termelés fogalmát az alábbi módon definiálhatjuk:

Valamely víz termelőképessége a nap sugárzó energiájának az a maximális mennyisége, amit a víz térfogategységében élő konstruktív szervezetek az időegységben potenciális energia alakjában halmoznak fel.

A szabadenergia tétele szerint a monofokális vízi élettér (mint eszményi határeset) termelőképességét, vagyis potenciális termelését, egyedül a benne lejátszódó redox körfolyamat kezdeti és végállapota szabja meg. Minthogy a kezdeti állapotot a víz hasznosítható széndioxid tartalma, a végállapotot pedig az oldott oxigéngáz koncentrációja tökéletesen határozza meg, nyilvánvaló, hogy a *potenciális termelés* értékéről a vízben oldott nitrogéntartalmú vegyületek koncentrációja nem nyújthat felvilágosítást, — miként azt a limnológusok nagyrésze még ma is véli, — hanem mint azt már említettük, kizárólag a hasznosítható széndioxid, vagy az oldott oxigéngáz koncentrációváltozásai adhatnak erre a kérdésre feleletet. Félreértések megelőzése végett hangsúlyozni kívánjuk azonban, hogy a *termelőképesség*, vagy *potenciális termelés*, nem az időegység alatt ténylegesen termelt, hanem az optimális feltételek mellett maximálisan termelhető szerves anyagok mennyiségét jelenti, miként az a fenti definícióból is következik. A potenciális termelés értékét a vizek tényleges termelése a valóságban legfeljebb csak megközelítheti, de azt teljesen sohasem éri el, mert a szervezetek életfolyamatait befolyásoló különböző tényezők intenzitása (mint pl. a fényerősség, a hőmérséklet és a rendelkezésre álló növényi tápanyagok, tehát a szervetlen nitrogén — foszforvegyületek mennyisége) állandóan változik és csak átmenetileg, de nem egyidejűleg optimális értékű.

Míg tehát a potenciális termelés a széndioxidon kívül a többi növényi tápanyagtól független, a tényleges vagy aktuális termelés valamennyi növényi tápanyag, tehát a nitrogén és foszforvegyületek mennyiségétől is függ, mert ha e vegyületek bármelyike nincsen kellő mennyiségben jelen a rendszerben, a tényleges termelés nem közelítheti meg a potenciális termelés értékét.

A már említett relatív értékeket szolgáltató eljárások a tényleges termelés kifejezésére nem alkalmasak, csupán arra használhatók fel, hogy a vizek halászati és haltenyésztési hasznosítása körül támpontokat nyújtsanak a természetes vizek és mesterséges halastavak optimális népesítésére vonatkozóan. A gyakorlati követelmények azonban ennél jóval többet kívánnak, amennyiben a halhústermelés eredményes irányítása végett igen kívánatos volna, ha a vizek ú. n. *természetes hozamát* elméleti úton tudnánk megállapítani. Ma ez a probléma még nincs megoldva, mert mint látni fogjuk, a feladat igen bonyolult, de a termelés kérdésének energetikai alapon való megoldására irányuló törekvések kilátásba helyezik, hogy belátható időn belül e téren is számottevő eredményekre jutunk.

A kérdés mai állásának ismertetése végett Hutchinson (1941) és Lindeman (1942) amerikai kutatók elméleti elgondolásaiból indulunk ki.

Hutchinson szerint, aki a tavak biocönozisának dinamikáját az energiaátvitel problémájaként fogja fel, — a tavak felszínét érő napsugárzás kinetikai energiája a fitoplankton-algák fotoszintézise folyamán termelt szerves anyagokban potenciális energia alakjában halmozódik fel. Ennek a potenciális energiának egy részét azonban az algák saját életfolyamataik fenntartására fordítják. A fitoplankton-algákkal táplálkozó állati plankton az algákkal felvett szervesanyagok egyrészét áthasonítja és élőanyagként raktározza testében, kisebb hányadát azonban ugyancsak fenntartó energia nyerése céljából oxidálja. A zooplanktonnal táplálkozó szervezetek, köztük a planktonevő halak, a táplálékkal felvett szervesanyagok egyrészét hasonlóképen testük gyarapítására fordítják, másik részét szintén energiaszükségletük fedezésére használják fel. Így tovább a planktonevő halakkal táplálkozó ragadozó halak hasonló módon értékesítik a felvett táplálékot. A fentiek szerint Hutchinson *több táplálék-, vagy ami egyre megy : energiaszintet különböztet meg*, melyeket (a »level« angol szó kezdőbetűje után) Λ betűvel jelöl meg. A kiindulási szintet, vagyis a napfény sugárzó energiatartalmát Λ_0-val, annak a fitoplankton által potenciális energia alakjában megkötött részét Λ_1-gyel, az elsődleges raktározó, vagyis a zooplankton lények testében felhalmozott potenciális energiát Λ_2-vel, a másodlagos raktározó, tehát a planktonevő halak potenciális energiakészletét Λ_3-mal, a harmadrendű raktározóknak tekintendő ragadozó halakét Λ_4-gyel és így tovább a következő magasabbrendű szintekét általánosan Λ_n-nel jelöljük. A különböző szintek megjelölése egyébként az 1. ábrán is látható.

Az elmondottak szerint tehát minden egyes szint potenciális energiakészletét a $\Lambda_n = \Lambda_{n-1} - \lambda_n$ egyenlettel fejezhetjük ki, ahol Λ_{n-1} az előző szinttől átvett potenciális energia mennyisége, λ_n pedig az n-nel jelölt szint fenntartó energia mennyisége, amit az előző szinttől átvett potenciális energiamennyiségből, mint energiaveszteséget le kell vonni. Már ebből is megítélhető, hogy a különböző szintekhez tartozó szervezetek termelésbiológiai értékűsége nem egyenlő, mert az egyes szintek potenciális energiatartalmát annál nagyobb fenntartó energiamennyiség terheli, minél távolabb esik Λ_n szint Λ_0 szinttől. Ha tehát valamely víz termelését a fitoplankton-algák testében felhalmozott szervesanyag mennyiségéből, vagy a zooplankton tömegéből óhajtjuk meghatározni, egymással össze nem hasonlítható eredményekhez jutunk, annál is inkább, mert a különböző szintek fenntartó energiája a szervezetek testében ugyanazon idő alatt felhalmozódó potenciális energia mennyiségéhez viszonyítva nagymértékben különbözik. Lindeman ugyanis Hicks és Juday vizsgálati eredményeiből kiszámította, hogy a vízi konstruktív szervezetek (Λ_1) fenntartó energiája a testükben egyidejűen felhalmozódó potenciális energiához viszonyítva 15-től 33%-ot tehet ki. A fitoplanktonra nézve ez az érték saját vizsgálataink szerint 20% körül mozog. Ivlev (1939) szovjet kutató igen szellemes módszerével kapott eredményeiből ugyancsak Lindeman számította ki, hogy ez a viszonyszám a Λ_2 szinthez tartozó növényevő *Tubi-*

*fe*kre nézve már 61.7%, az egynyaras planktonevő ($/\Lambda_3$) pontyivadékra nézve pedig 140%. W. G. Moore vizsgálatai alapján a *Lepomis cyanellus* naphalféleségre nézve 120%. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a fenntartó táplálék az egyes szintek megasságrendjével tetemesen növekedik. Ennek okát kétségkívül abban a körülményben kell keresni, miként azt Lindeman is megállapítja, hogy a szervezeteknek táplálékuk megszerzésekor annál nagyobb fizikai munkát kell végezniök, minél magasabbrendű szinthez tartoznak. Nyilvánvaló, hogy a fotoszintézissel asszimiláló, lebegő életmódot folytató fitoplankton-algáknak a vízben oldott és egyenletesen eloszlott széndioxid és egyéb növényi őstáplálék megszerzésekor végzett munkája sokkal kisebb, mint a velük táplálkozó raktározó szervezeteké, a $/\Lambda_3$ szinthez tartozó planktonevő halak pedig jóval kevesebb fizikai munkával szerzik meg táplálékukat, mint a velük táplálkozó ragadozók.

Az itt felsorolt néhány adat még nem elegendő ahhoz, hogy a vizek halhústermelésének számszerű kifejezésére alkalmas eljárást lehetne rájuk alapítani. Rámutatnak azonban arra az útra, melyen ez a kérdés a gyakorlati igényeket kielégítő módon megoldhatónak látszik. Evégből meg kell határozni még előzőleg az egyes szintekhez tartozó szervezetek fenntartó és növesztő táplálékának egymáshoz való viszonyát. Ezzel párhuzamosan gyomortartalom vizsgálatokkal ki kell kutatni a különböző víziszervezetek természetes táplálékát, továbbá a tápláló szervezetek testének kémiai összetételét és kalóriaértékét, hogy azok energiatartalmára vonhassunk következtetést. Az így kapott eredmények ismeretében remélhető, hogy a hidrobiológusok kollektív munkájával a vizek halhústermelésének problémája belátható időn belül megoldást nyer.

Az eddig előadottak általában a természetes vizekre és a mesterséges halastavakra egyaránt vonatkoznak. A mesterséges haltenyésztés terén kialakult gyakorlatban azonban a termelés fogalma némileg eltér a fentiekben előadott elgondolásoktól. A következőkben a két felfogás összeegyeztetését kíséreljük meg. A tógazda szempontjából ugyanis a termelés kizárólag az a halhúsmennyiség, amit adott tóterületről a termelési évad végén lehalászik, a tenyésztett halaktól fel nem falt összes többi szervezet testében felraktározódott szervesanyag (illetőleg annak energiatartalma) reá nézve kárbavesző táplálék. Ezt a veszteséget E. Walter (1926) nyomán a tógazdasági termelésben *közvetlenül kárbavesző táplálóknak* szokás nevezni, ellentétben a halak életfolyamatai fenntartására fordított ú. n. fenntartó táplálékkal, ami *közvetve kárbavesző táplálék* néven ismeretes. Mindezek teljes átértése végett meg kell ismerkednünk a vizek termelésében jelentős szerepet játszó egyik tényezőnek, a táplálékhozzáférhetőség (Greifbarkeit der Nahrung) fogalmával, amit Demoll (1939) vezetett be az irodalomba. A halak ugyanis nem képesek az összes rendelkezésükre álló táplálékot elfogyasztani, mert ahhoz különböző okoknál fogva nem férkőzhetnek hozzá. Az eleven haltáplálék egyrésze olyan helyen tartózkodik, ahová a halak nem jutnak el, az élettelenné vált szerve-

zetek testmaradványai pedig — amivel esetenként a halak szintén táplálkoznak — részben már azelőtt elbomlanak, mielőtt a halak rátalálnának.

A rendelkezésre álló táplálék egy bizonyos hányada tehát a halak részére veszendőbe megy. Ez a közvetlenül kárbavesző táplálék, ami nyilvánvalóan annál *kevesebb*, minél több *halszáj* kutat valamely tóban eleség után. Könnyen beláthatjuk, hogy a közvetlenül kárbavesző táplálék nemcsak a tenyésztett halakra, hanem a hutchinsoni szintek bármelyikére is vonatkoztatható, amely szinthez szájon keresztül táplálkozó akkumulatív szervezetek tartoznak. Ez a táplálékmennyiség tehát valamely adott szintre nézve kárbavész, de az egész élettérre nézve nem veszteség, mert élő vagy élettelen szervesanyag alakjában továbbra is fennmarad.

A táplálék hozzáférhetősége, mint környezeti tényező, egyébként szoros kapcsolatban áll a termelés egyik lényeges tényezőjével, az ú. n. *térfaktorral.* Minél nagyobb ugyanis valamely tó, annál több természetes haltáplálékot képes megtermelni, egyúttal azonban a halak annál nehezebben tudják azt felkutatni, tehát annál nagyobb a közvetlenül kárbevesző táplálék. Ez a megmaradó táplálék biztosítja azonban egyéni gyarapodásuk folytonosságát, mert az mint tartalék tápanyag mindig rendelkezésükre áll, ha valamilyen oknál fogva hozzáférhetővé is válik. Ez az oka annak, hogy az akváriumban tartott halak nem növekednek olyan mértékben, mint azonos korú testvéreik a tavakban. Az akváriumban ugyanis természetes úton nem keletkezik haltáplálék, a mesterséges úton odajuttatott táplálékot pedig a halak tökéletesen ki tudják falni, mert ahhoz könnyen hozzáférnek, nem marad tehát részükre tartaléktáplálék.

Visszatérve a totális termelést kifejező $P = R + F + V$ (13. számú) egyenletre, az abban szereplő különféle mennyiségeket az előadottak alapján most más alakban is kifejezhetjük. A/Λ_{n-1} szintről származó és a $/\Lambda_n$ szint raktározó szervezetei részére rendelkezésre álló szervesanyag (illetőleg a benne foglalt potenciális energia) mennyiségéből a közvetlenül kárbavesző táplálékot $R - \Sigma r = a$-nak számíthatjuk, ha R-el a/Λ_{n-1} szinten felraktározódott szervesanyagkészletet, r-el pedig a $/\Lambda_n$ szinthez tartozó egyes akkumulatív szervezetek testében felhalmozódó szervesanyagmennyiséget jelöljük. Ez az a szervesanyagmennyiség, amihez a/Λ_n szint raktározó szervezetei nem férnek hozzá. Ezt az anyagmennyiséget azonban közvetett táplálékveszteség terheli, nevezetesen az a táplálékmennyiség, amit a hozzá nem férhető táplálószervezetek időközben saját energiaszükségletük fedezésére fordítanak. Ezt a $F - \Sigma f = b$ egyenlettel fejezhetjük ki, ha F-el az összes közvetve kárbavesző, f-el pedig a $/\Lambda_n$ szinthez tartozó szervezetek egyéni fenntartó táplálékát jelöljük. A $/\Lambda_n$ szint raktározó szervezetei szempontjából a *b* közvetett táplálékveszteség is közvetlenül kárbavesző tápláléknak tekinthető éppen úgy, mint az időközben elhaló szervezetek elbomlott testmaradványai, amelyek ezáltal válnak hozzáférhetetlenné, és amit V-vel jelöltünk. A közvetlenül és közvetve kárbavesző

táplálék mennyiségét kifejező fenti két egyenletből következik, hogy $R = a + \Sigma r$ és $F = b + \Sigma f$. Behelyettesítve ezeket az értékeket a totális termelés fenti egyenletébe, az a következőképen módosul:

$$P = \Sigma r + a + \Sigma f + b + V, \text{ miből;}$$

$$\Sigma r = P - (a + b + V) - \Sigma f \qquad (14)$$

Az egyenlet ezen alakjában a hutchinsoni egyenletben Σr-nek λ_n, P-nek λ_{n-1} felel meg. P ugyanis a λ_1 szintén fotoszintézissel termelt szerves anyag azon része, amely a λ_{n-1} szinthez tartozó szervezetek testében táplálék céljából még rendelkezésére áll. Ebből azonban, mint azt fentebb látjuk $(a + b + V)$ mennyiség a λ_n szinthez tartozó szervezetek számára mint közvetlen táplálékveszteség szerepel. Ezt a veszteséget Hutchinson figyelmen kívül hagyja, pedig az levonandó P értékéből, mert az a λ_n szinthez tartozó akkumulatív szervezetek részére hozzáférhetetlen és ezért nem tudják azt értékesíteni.

Minthogy a szájon keresztül táplálkozó akkumulatív szervezetek állandóan táplálék után kutatnak, nyilvánvaló hogy annál kevesebb a közvetlenül kárbavesző táplálék, minél nagyobb a táplálék után kutató szájak, vagyis a a táplálkozó egyedek száma. Matematikailag ez úgy fejezhető ki, hogy a közvetlenül kárbavesző táplálék a szinthez tartozó akkumulatív szervezetek számával fordítva arányos. Ha ezt a számot ν-vel jelöljük, akkor a közvetlenül kárbavesző táplálék mennyiségét az

$$(a + b + V) = \frac{\alpha}{\nu}$$

egyenlet fejezi ki, ahol α arányosítási tényezők. Viszont a közvetve kárbavesző táplálék abban az esetben, ha az egyes egyedek fenntartó tápláléka azonos nagyságú, vagyis ha $\Sigma f = \nu f$ egyenesen arányos az egyedek számával. Ez a mesterséges halastavakban nagy közelítéssel meg is valósítható, ha tudniillik a tavakat egyenlő korú és fajta halakkal népesítjük. Ebben az esetben Σr is egyenlővé válik ν r-el. Ezeket az értékeket helyettesítve az 14. számú egyenletbe, az a következőképen módosul:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma r = \nu r = P - \frac{\alpha}{\nu} - \nu f, \\ \text{vagy a hutchinsoni formát használva:} \\ \lambda_n = \lambda_{n-1} - \frac{\alpha}{\nu} - \lambda_n, \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

ahol $\lambda_n = \nu f$. Ennek a függvénynek a $\nu = \sqrt{\frac{\alpha}{f}}$ helyen maximuma van. Mert ha a

$$\frac{d\Lambda_n}{d\nu} = \frac{d\Sigma r}{d\nu} = \frac{\alpha}{\nu^2} - f = 0$$

differenciálhányadost képezzük, akkor:

$$\frac{\alpha}{\nu^2} = f \quad \text{és} \quad \nu = \sqrt{\frac{\alpha}{f}}.$$

A termelés ebben az esetben maximális, mert a függvény második differenciálhányadosa

$$\frac{d^2\Lambda_n}{d\nu^2} = \frac{d^2\,\Sigma r}{d\nu^2} = -\frac{2\alpha}{\nu^3} < 0.$$

Ha tehát a termelés maximális, akkor $\frac{\alpha}{\nu^2} = f$, miből $\frac{\alpha}{\nu} = \nu f$, vagyis ugyanakkor a közvetlenül és közvetve kárbavesző táplálék egymással egyenlővé válik. Ezt egyébként E. W a l t e r *Wielenbachban* végzett kísérletei is igazolták. A 15. sz. egyenlet a természetes vizek és mesterséges halastavak termelőképessége és az egyes szintekhez tartozó szervezetek számbeli mennyisége közötti összefüggésről tájékoztat, ennél fogva módot nyújt arra, hogy megfelelő átalakítás után a vizek halakkal való optimális népesítését elméleti alapon, céltudatosan irányíthassuk. Az egyenletből ugyanis az optimális népesítés :

$$\nu = \frac{P}{r + 2f}. \tag{16}$$

Optimális népesítése esetén ugyanis — mint tudjuk —, $\frac{\alpha}{\nu} = \nu f$. Az előadottak szerint P nem egyéb, mint a Λ_{n-1} szintről átszármazó szerves táplálék és a Λ_n szint potenciális termelésének felső határa, a halastavak esetében ezért helyébe az úgynevezett természetes hozam tehető. r az egyes halegyedek testében a termelési idő folyamán felhalmozódott szervesanyagot jelenti. Minthogy ez a termelési idő alatt állandóan növekedik, nem követünk el durva hibát, ha helyébe a halak kihelyezési és lehalászási súlyának középértékét tesszük. Ha ezeket az adatokat r_1, illetőleg r_2-vel jelöljük, akkor $\frac{r_1 + r_2}{2}$ helyettesítendő r helyébe. Végül f helyébe a pontyok fenntartó táplálékát tesszük. G r i m a l s k i (1935) vizsgálatai szerint ez 20 C° környezetében az egynyaras pontyivadékra

nézve középértékben 4,7%-a, a kétnyaras tenyészpontyok esetében pedig 2, 8 %-a a testsúlynak. Ha ezt a relatív értéket φ-vel jelöljük, a pontyok fenntartó táplálékának abszolút értéke a termelési évad alatt :

$$f = \frac{(r_1 + r_2)\varphi}{200}$$

Mindezeket figyelembevéve az optimális népesítés számértékét, vagyis a területegységre kihelyezendő halak számát az alábbi képlet adja :

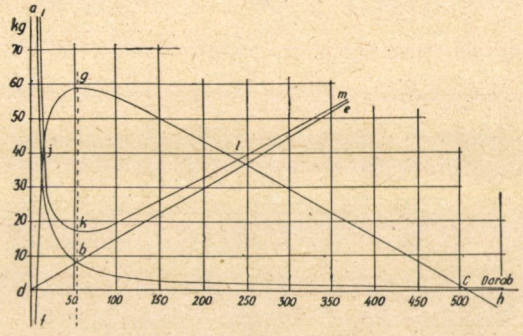
$$v = \frac{P}{(r_1 + r_2)\dfrac{100 + 2\varphi}{200}}$$

Ha valamely halastó természetes hozama katasztrális holdanként 80 kg és 5 dekás átlagsúlyú egynyaras hallal óhajtjuk azt benépesíteni, hogy a lehalászáskor 60 dekás kétnyaras továbbtenyésztésre alkalmas halat kapjunk, akkor a fenti képlet szerint számítva optimális népesítés céljából kat. holdanként $v = 225$ ivadékot kell kihelyezni. Ha pedig 50 dekás kétnyaras tenyészanyaggal kívánjuk a tavat népesíteni és 2 kg egyedsúlyú piaci halat akarunk termelni, akkor $v = 60.6$, kereken 60 halat kell holdanként kihelyezni.

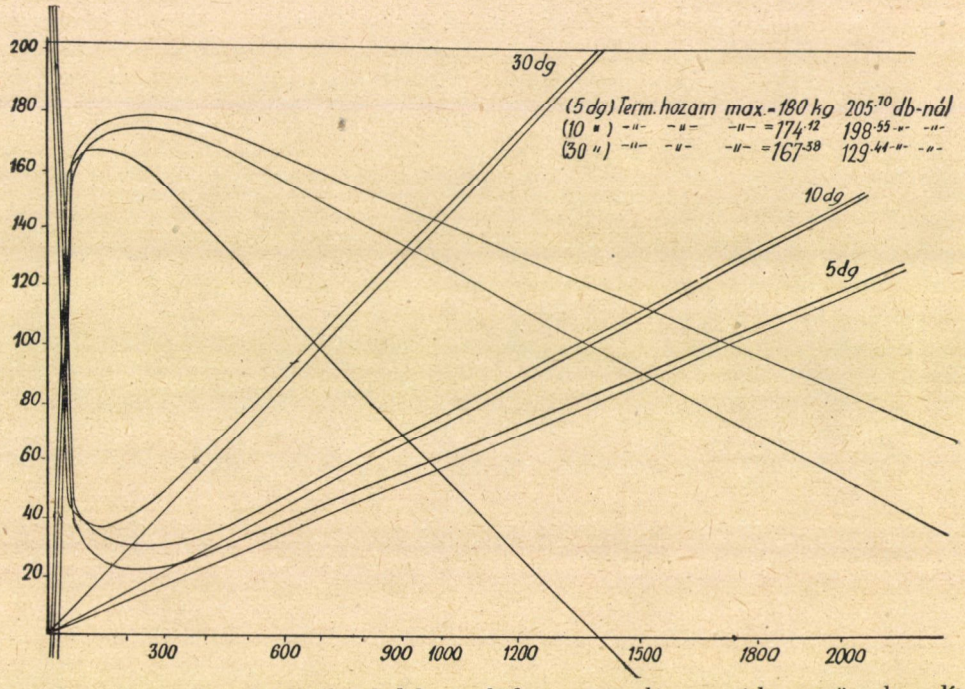
Az optimális népesítés kiszámítása az előadottak alapján ennél egyszerűbben is elvégezhető volna, mert mint láttuk $v = \sqrt{\frac{\alpha}{f}}$. Hogy azonban ezt a képletet is alkalmazhassuk, ismernünk kell α értékét, ami minden egyes tó jellemző állandója és előzetes biológiai vizsgálatokkal esetről-esetre állapítandó meg. Az erre vonatkozó megfelelő eljárások kidolgozása még a jövő feladata.

A fentiek könnyebb megértése végett a 12. ábrán a produkciós egyenlet grafikus ábrázolását tüntettük fel. A grafikonban az abszcisszára a tó területegységére kihelyezett halak számát, az ordinátára pedig azok együttes súlygyarapodását mértük fel. Az *a b c* hiperbola a közvetlenül kárbavesző, míg a *d b e* egyenes a közvetve kárbavesző táplálóknak a halak számával való változását ábrázolja, az *f g h* görbe pedig a halak testében felhalmozódó szervesanyag mennyiségét a termelési időszak alatt, vagyis a hozamot tünteti fel. Mint az a rajzból is kitűnik, a hozam akkor maximális, amikor a közvetlenül és közvetve kárbavesző táplálék mennyisége egymással éppen egyenlővé válik. Akkor népesítünk tehát optimálisan, ha területegységenként az abszcisszáról a maximális hozamnak megfelelő helyen leolvasható darabszámú halat helyezzük ki. Az *i j k l m* görbe a közvetlenül és közvetve kárbavesző táplálékok összegének, vagyis az összes veszteségnek a halak számával való változását mutatja. Ez a görbe *j* és *l* pontokban metszi az *f g h* hozamgörbét. Ha az abszcisszáról *j* pontnak

megfelelő helyen leolvasható számnál kisebb számú hallal népesítünk, a tó termőerejét nem használjuk ki gazdaságosan, mert annak nagyobb része megy veszendőbe, mint amennyit a halak testükben raktározni képesek, noha



12. *ábra.* A közvetlen és közvetett táplálékveszteség és a termelés közötti összefüggés grafikus ábrázolása



13. *ábra.* 5,10 és 30 dg kezdősúlyú halak növekedése esetén elért terméshozam összehasonlító ábrázolása *Erős Pál* szerint

a nemesített halak egyedi növekedése igen nagy. Az ilyen népesítést D e m o l l *pazarló népesítésnek* nevezi. Ha viszont az *l* pontnak megfelelő halmennyiségnél több halat helyezünk ki, akkor a túlnépesítés folytán a halaknak már nem jut elegendő táplálék ahhoz, hogy teljes növekedőképességüket kifejthessék.

Ezért a tó termőerejét ezek sem használják ki kellő mértékben, mert a táplálékkonkurrencia miatt növekedőképességüknek megfelelő mértékben nem tudnak gyarapodni. Ezt a népesítést D e m o l l koplaló népesítésnek nevezi. A termelési görbe és az abszcissza c-vel jelzett metszési pontja alatt a hozam negatívvá válik, vagyis a halak testsúlya nem növekedik, hanem csökken. Ilyen népesítéssel a halak csak rövid ideig volnának életben tarthatók, ezért a gyakorlatban nem fordul elő.

Végezetül rá kívánok még mutatni E r ő s P á l legutóbb különböző egyedsúlyú halakkal való népesítésre vonatkozó kísérleteire. E r ő s P á l a halak mesterséges takarmányozása, a természetes hozam és a takarmányhozam, valamint a közvetlenül és közvetve kárbavesző táplálék nagysága között fennálló kapcsolatot mutatott ki, mintegy 20 évi haltenyésztésből származó igen nagyszámú adat alapján. Ezek a kapcsolatok a fent ismertetett elmélettel teljes összhangban állanak. Eredményeit a 13. rajz tünteti fel grafikusan, amelyből a különböző egyedsúlyú halaknak megfelelő eltérő optimális népesítésnél a tavak termelőerejének kihasználási mértéke jól megítélhető. Vizsgálatai szerint ugyanis a kisebb egyedsúlyú halak használják ki legelőnyösebben a tavak termelőerejét, mert ezek esetében a területhozam a legnagyobb. Vizsgálati eredményei alapján kiszámítható az a legelőnyösebb vegyes népesítés, amelynél a halak piaci súlya és a területhozam a leggazdaságosabban irányítható.

Mint tehát láthatjuk, az energetikai alapon nyugvó produkciós-biológiai elméletből a gyakorlati gazdálkodás jól értékesíthető útmutatásokhoz juthat. Természetesen még e téren igen sok tennivaló van, de a limnológiai kutatásnak ez a fejezete még csak igen rövid multra tekinthet vissza és ezért remélhető, hogy ha a hidrobiológusok az eddigi morfológiai irányzat helyett a kísérletező kutatás terére lépnek, a vizek termelőképességének halászati és haltenyésztési kihasználása érdekében a közeli jövőben nagy léptekkel viszik előbbre tudásunkat.

IRODALOM

Andrejeva, T. F. 1951 : A fotoszintézis jelentősége a nitrátok megkötése és a fehérjeszintézisnél. Oroszul. Dokladi Akademii Nauk. Sz. Sz. Sz. R. LXXIX., 537.

Baranov, P. 1951 : A növényvilág keletkezése és fejlődése. Akadémiai Értesítő LVIII., 207. Budapest.

Boruckij, E. V. 1939 : Dynamics of Chironomus plumosus in the Profundal of Lake Beloie. Proc. Kossino Limnological Station. XXII. 190 (oroszul, angol kivonattal).

Boruckij, E. V. 1939a : Dynamics of the total Benthos-Biomass in the Profundal of Lake Beloie. Proc. Kossino Limnological Station. XXII., 216 (oroszul, angol kivonattal).

Demoll, R. 1927 : Betrachtungen über Produktionsberechnungen. Archiv für Hydrobiologie. XVIII. 460.

Demoll, R. 1939 : Was bedeutet »Greifbarkeit der Nahrung« für die Karpfenzucht? Fischerei Zeitung. Neudamm. XXIII. 538.

Elton, Ch. 1927 : Animal Ecology. London.

Fenninger, O. 1950 : Zur Terminologie der limnologischen Probleme. Archiv für Hydrobiologie XLIII., 171.

Fischer, H. (1915.) : *W. Nienburg:* Die Mikroflora des Süsswassers und ihre Bedeutung für den Haushalt der Gewässer c. munkája nyomán. Demoll-Maier's Handbauch der Binnenfischerei Mitteleuropas I. 85. (1924.)

Grim, J. 1950 : Zur Klärung einiger produktionsbiologischer Begriffe in der Seenkunde. Archiv für Hydrobiologie. XLIV. 1.

Grimalski, W. 1935 : Der Erhaltungsbedarf des Karpfens. Internat. Revue für d. gesamte Hydrobiologie und Hydrographie. XXXII. 1.

Halbfass, W. 1923 : Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde. Berlin.

Hutchinson, G. E. 1941 : Limnological Studies in Connecticut : IV. Mechanism of intermediery Metabolism in stratified Lakes. Ecology. XI. 21. Lindeman nyomán.

Hutchinson, G. E. 1942 : Recent Advances in Limnology. (Kéziratban.) Lindeman nyomán.

Ivlev, V. S. 1939 : Transformation of Energy by aquatic Animals. Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. XXXVIII. 449.

Ivlev, V. S. 1939 a : Balance of Energy in Carps. Zoologis, Zhurn. Moszkva. XVIII., 303. Lindeman nyomán.

Juday, C. and *A. Birge,* 1932 : Dissolved Oxygen and Oxygen consumed in Lake Waters of northeastern Wisconsin. Academy of Sciences, Arts and Letters. XXVII. 415.

Kalle, K. 1948 : Zur Frage der Produktionsleistung des Meeres. Deutsche Hydrographische Zeitschrift. I. 1. Macfadyen nyomán.

Karsten, G. 1905 : Das Phytoplankton des Antarktischen Meeres nach dem Material der deutschen Tiefsee-Expedition 1898—99. Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition. Bd. II., Teil 2. Marshall és Orr nyomán.

Lindeman, R. L. 1942 : The trophic-dynamic Aspect of Ecology. Ecology. XXIII., 399.

Lohmann, H. 1911 : Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleiner Wasserproben zur Gewinnung desselben in lebendem Zustande. Internat. Rev. d. ges. Hydrob. und Hydrograph. IV., 1.

Lwoff, A. 1951 : Biochemistry and Physiology of Protozoa. Academic Press Inc. Publishers. New York.

Macfadyen, A. 1950 : Biologische Produktivität. Archiv f. Hydrob. XLIII. 166.

Marshall, S. M. and *Orr, A. P.* 1927 : The Relation of the Plankton to some chemical and physical Factors in the Clyde Sea Area. Journ. of the Marine Biological Association of the United Kingdom. XIV. 837.

Marshall, S. M. and *Orr, A. P.* 1928 : The Photosynthesis of Diatom Cultures in the Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. XV. 321.

Maucha, R. 1924 : Upon the Influence of Temperature and Intensity of Light on the photosynthetic Produktion of Nannoplankton. Verhandl.d. Internat. Ver. f. Limnologie. II. 381. Innsbruck.

Maucha, R. 1930 : Sauerstoffschichtung und Seetypenlehre. Verhand. d. Int. Ver. f. Limnologie. V. 75. Bpest.

Maucha, R. 1937 : Über einige kosmische Faktoren der Phytoplankton-Produktion Arch. f. Hydrob. XXXII. 434.

Maucha, R. 1943 : Einige neuere Gesichtspunkte in der Hydrochemie. Arch. f. Hydrob. XL. 305.

Maucha, R. 1945 : Újabb szempontok a vizek termelőképességének megállapítására. Magyar Chemikusok Lapja. II. 293, 324, 350.

Maucha, R. 1949 : Einige Gedanken zur Frage des Nährstoffhaushaltes der Gewässer. Acta Hydrobiologica, Limnologica et Protistologica. I. 225. den Haag.

Maucha, R. 1952 : A vizek halgazdasági hasznosításának elméleti alapjai. Hidrológiai Közlöny XXXII. 442.

Minder, L. 1926 : Biologisch-chemische Untersuchungen im Zürichsee. Különlenyomat a Zeitschrift f. Hydrologie-ből III. 3—4. füzet.

Nernst, W. und *Brunner, E.* 1904 : Zeitschrift für Physikalische Chemie XLVII. 52.

Nyezgovorova, L. A. 1951 : A széndioxid gáznak különböző növényektől sötétben és fényben való megkötéséről. Dokladi Akademii Nauk. LXXIX. 537.

Nyezgovorova, L. A. 1952 : A fehérjék lehetséges szerepéről a fotoszintézis folyamatában. Dokladi Akademii Nauk. LXXXV. 1387.

Ohle, W. 1938 : Chemische und physikalische Untersuchungen norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrob. XXVI. 386.

Ohle, W. 1952 : Die hypolimnische Kohlendioxyd-Akkumulation als produktionsbiologischer Indikator. Arch. f. Hydrob. XLVI. 153.

Oparin, A. I. 1936 : Az élet keletkezése a földön. Oroszul. Orvosbiologiai kiadó. Moszkva.

Oparin, A. I. 1952 : Az élet keletkezéséről szóló mendeli-morgani elképzelések tarthatatlansága. Harcban a reakciós mendellizmus-morganizmus ellen. 38. o. Bpest.

Pirson, A. 1950 : Neuere Beiträge zur Biochemie der Kohlensäureassimilation. Die Naturwissenschaften XXXVII. 241.

Rawson, D. S. 1952 : Mean Depth and the Fish-Production of Large Lakes. Ecology, XXXIII., 513.

Rylov, W. M. 1927 : Einige Gesichtspunkte zur Biodynamik des Limnoplanktons, Verh. d. Internat. Ver. f. Limnologie. III. 305. Moszkva.

Tansley, A. G. 1935 : The Use and Abuse of vegetational Concepts and Terms. Ecology. XVI. 284. Lindeman nyomán.

Thienemann, A. 1931 : Der Produktionsbegriff in der Biologie Arch. f. Hydrobiol. XXII. 616.

Thienemann, A. 1941 : Leben- und Umwelt BIOS. XII. köt. Leipzig.

Thienemann, A. 1947 : Zur Klärung einiger wichtiger Begriffe der allgemeinen Oekologie. Arch. f. Hydrob. XLI. 626.

Unger, E. 1936 : A haltenyésztés biológiai alapjai. Különlenyomat, a »Halászat« c. szaklapból. XXXVI. évf.

Vollenweider, R. H. 1951 : Aspekte moderner Limnologie, Festschrift zur 131. Jahres-Versammlung der Schweizerischen-Naturforschenden Gesellschaft, Luzern. Separatum.

Walter, E. 1926 : Allg. Fischerei Zeitung LI.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BALOGH JÁNOS, a biológiai tudományok kandidátusa

Maucha Rezső akadémikus előadása a szerző három évtizede folyó kutatásainak szintézisét adja. Ezek a kutatások új utakon járó elmélettel, eredeti metodikával úttörőek voltak az egész limnológiában; Maucha Rezső -nek pedig a legjobbak között biztosították a helyét ebben a tudományágban.

Az elhangzott előadásról az Akadémia tudományos fóruma előtt, illendő hűvös tárgyilagosság mellett is, csak a legmagasabb elismerés hangján lehet beszélni. A benne foglalt eredmények nemcsak a magyar biológiának, hanem az egész magyar tudománynak is kimagasló értékei.

Az előadásnak éppen úgy, mint az előadó egész tudományos munkásságának, egy manapság különösen megszívlelendő oldala van. Maucha Rezső, miközben a limnológia és produkciós-biológia legexaktabb törvényszerűségeit fogalmazza meg, ezeket a törvényszerűségeket azonnal alkalmazza a gyakorlatban, azonnal megmutatja népgazdasági felhasználhatóságuk lehetőségeit is. A biológiai történések fogalmából elindulva a fényintenzítás és a fotoszintézis összefüggésének tisztázásával elvezet bennünket — ragyogó elméleti megállapítások egész során át — a tógazdaságok gyakorlati problémájához: az optimális halhúshozam kérdéséhez. Eredményeit — amint azt Erős Pál egyik legutóbbi akadémiai előadásából hallottuk — a halgazdaságok máris alkalmazzák a hozam növelésében. Az előadás gyakorlati, halgazdasági vonatkozásaival nem kívánok foglalkozni; ennek megvitatására hivatottabb szakembereink vannak. Foglalkoznom kell azonban röviden az előadásnak azokkal a részleteivel, amelyek a szárazföldi produkciós-biológiát érintik.

A tudományt azok az elméleti megállapítások viszik nagy lépésekkel előre, amelyeket széles területen, egyszerre több tudományágban alkalmazni lehet. Az ilyen megállapítások problémákat vetnek fel, irányt mutatnak a rokon tudományszakokban is. Így irányítottak bennünket, szárazföldi produkciós-biológusokat, előbb Maucha Rezső irodalmi munkássága, majd a vele felvett közvetlen kapcsolatok a produkciós kérdések energetikai problémái felé. A szárazföldi produkciós-biológiában egészen a legutóbbi évekig az élőanyag fogalmazásának kérdése volt az előtérben. A vizsgálatok az előadásban kifejtett Thienemann-féle dilemma következtében egy helyben topogtak: zsákutcában voltak. Maucha Rezső munkássága alapján pár évvel ezelőtt a kérdés energetikai oldalának vizsgálatához kezdtünk hozzá, és rövid idő alatt sikerült — főkép az erdei talajképződés zoogén fázisában — több új eredményt elérnünk. A mostani előadás egész sereg új problémát vetett fel folyamatban lévő tervmunkákkal kapcsolatban: így fontosnak látszik, hogy az előadásban adott szempontok alapján a szárazföldi élelmi láncolatok egyes energiaszintjeit vessük alapos vizsgálat alá. Egyik korábbi dolgozatunkban megállapítottuk, hogy bizonyos szárazföldi raktározó szervezetek a kötött energia tárolásával valósággal »energia-adagolói« az életközösségnek. Ez a energia-adagolás azt jelenti, hogy az életközösségben egyszer már magas energiaszintre került anyag — szándékosan antropomorf hasonlattal élve! — igyekezik ezen a magasabb energiaszinten megmaradni. Az előadás a vízi raktározó szervezetek szerepével kapcsolatban ugyanezt hangsúlyozza.

Maucha Rezső mostani előadása után bizonyos fokig új megvilágításba kerültek a talaj szerves hulladékot fogyasztó szervezetei. A szaprofág fogyasztók a vízben — amint az előadásból hallottuk — részben a dekomponáló szervezeteket fogyasztják, részben az ilyen rendelkezésére álló élettelen szerves anyagokat. A vízben az így raktározott élőanyag és energia kevesebb-több lépcsőben — az ember számára hasznos halhús felé mozog. A talajlakó állatok azonban nem tartoznak bele egy, az ember számára közvetlenül hasznosítható élelmi láncolatba. Kérdés, milyen mértékben előnyös a talaj számára a lebontó szervezeteknek ez a korlátozása? Vajjon a biológiailag leromló talajokban a különféle élelmi láncszemek arányának mesterséges megváltoztatásával nem volna-e lehetséges a leromlást lassítani, vagy megszüntetni? Ezekhez hasonló kérdések egész sora merült fel bennünk Maucha akadémikus előadásával kapcsolatban, de a felmerülő kérdésekre csak részletekbe menő vizsgálatok után tudunk majd feleletet adni.

Az előadásban az elmondottakhoz hasonló problémák gazdag tárházát találjuk ; ezeknek megvitatása és a folyamatban lévő kutatásokba való beillesztése munkaközösségi megbeszélések, intézeti értekezletek elé kívánkozik. A magunk részéről élni fogunk ezzel a lehetőséggel.

Végül még azt szeretném elmondani, hogy a magyar biológia fejlődésében nagy segítséget jelentene, ha Maucha Rezső produkciós-biológiai irányú munkásságát az Akadémia könyv alakjában összefoglalva kiadná. Erre a könyvre mindnyájunknak, de különösen a most felnövő kutatógárdának sürgős szüksége van. Az idegennyelvű kiadás pedig világviszonylatban biztosítaná ezeknek a nagyhorderejű, az egyetemes biológia fejlődését is érintő kérdéseknek magyar elsőbbségét.

ERŐS PÁL, az agrártudományok kandidátusa

Igen tisztelt Akadémiai Nagygyűlés !

Maucha Rezső akadémikus elhangzott előadása, mint azt már az előttem szóló dr. Balogh János is kiemelte, a produkciós-biológiai elméletnek egy olyan új ágazatát öleli fel, amelynek térhódítása a nemzetközi irodalomban is egyre jobban érezhető. Ez az az irányzat, amely a termelésbiológiának kérdéseit energetikai alapon vizsgálja. Az energetikai alapon művelt produkciós-biológia már 30 éves multra tekinthet vissza, mert Maucha akadémikusnak első ilyenirányú kísérletei akkor láttak napvilágot. Az itt elhangzottak az egész elméletnek igen magas nézőpontból nyújtott áttekintését adták, amely nemcsak egy ünnepi akadémiai előadás, hanem azon túlmenően, úgy vélem, a magyar biológiai kutatás fordulópontját is jelenti. Amit ebben az előadásban kaptunk, az kitűzte a termelésbiológiai kutatás irányát talán évtizedekre előre, megkönnyítvén követőinek munkáját azzal, hogy az egész elméletről egy ilyen sokoldalú és magas szemszögből tekintett átfogó képet adott. Nem vagyok hivatva arra, hogy az ő nemzetközileg is az elsők között levő hírnevét méltassam. Erre a külföldi irodalomban széleskörű bizonyítékokat találunk. Szabadjon nekem csak követői, a Maucha -féle iskola tagjai nevében legnagyobb örömömet kifejezésre juttatnom, egyrészt az Akadémia vezetősége felé, hogy lehetővé tette ezen kérdéskomplexumnak a nagyheti előadás keretein belüli ismertetését, másrészt Maucha akadémikus felé, aki olyan perspek-

tivát rajzolt ebben az előadásában elénk, olyan sokoldalú megvilágításban amelyek az új gondolatok egész sorozatát keltik fel bennünk, és meggyőz arról hogy csak igen széleskörű és sokoldalú tudományos felkészültséggel rendelkező kutató képes az egész kérdéskomplexum összefogására és irányítására.

Itt a biológiai, matematikai, fizikai, kémiai alaptudományokban egyaránt jártassággal kell rendelkeznie a kutatónak, mert ma már a régi leíró morfológiai kutatások helyére az ökológiai, élettani és biokémiai problémák nyomulnak.

A produkciós-biológia ezen elmélete az anyagcsere kérdéseire vonatkozóan *általános érvényű természeti törvényt fektetett le.* Aminek, meggyőződésünk szerint, az a várható következménye, hogy egyrészt a legtágabb körökre érvényesíthető lesz, míg másrészt a vízi élet termelésének vizsgálatánál rohamos fejlődést fog maga után vonni, aminek majd a termelésben kifejezhető közvetlen erdményei még beláthatalan lehetőségeket rejtenek magukban.

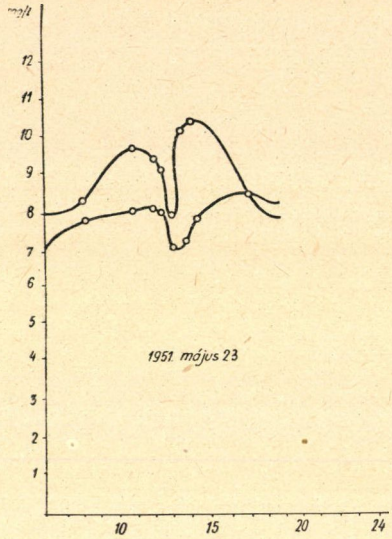
Igen jól érzékelhető módon a kúpszeletekkel hasonlítja össze a különböző élettereket és egyben a vízi életteret, amit a kúpszeleteknél a kör ábrázol, eszményi határesetnek tekinti. Itt hivatkoznom kell Rényi akadémikus szavaira, amelyekben azt fejtette ki, hogy a matematika alkalmazható a modellekre, vagy más szóval eszményi határesetekre akkor, ha mindíg figyelembevesszük a valóságnak ezen eszményi határesetektől való eltérését. Így az előadásban tárgyalt matematikai és kémiai megfontolások ezt a követelményt kielégítik, mert itt mindig az eszményi határesetre vonatkoznak. A következő kúpszeleteknél az ellipsziseknél a vízi élettér és a szárazföldi élettér kapcsolatai érzékelhetők és ez a kapcsolat annál nagyobb, minél távolabb esnek az ellipszis fókuszai egymástól. Ezen ellipsziseknél találjuk meg az első kapcsolatot Balogh János előttem elhangzott, de igen jól ismert munkásságával, majd a parabola már teljesen a szárazföldi élettér birodalma. De ezen túlmenően, bár az extrapolációnál óvatosan kell eljárnunk, úgy vélem, hogy a következő kúpszelet a hiperbola serege, a földalatti és a levegőben lezajló élet viszonyaira ad extrapolálási lehetőséget.

Az élet bölcsője a vízben ringott és nem tekinthető véletlennek, hogy az egész produkciós-biológiai irányzat is a vízből indul ki és az említett kúpszeleteken keresztül mindig bonyolultabb és bonyolultabb, de egymással okozati összefüggésben álló kapcsolatokat mutat.

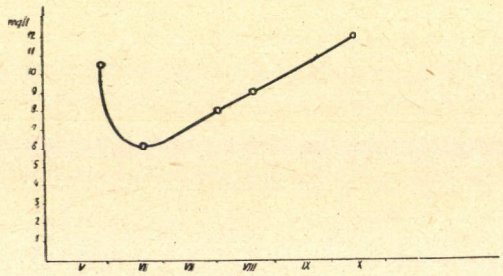
Igen érdekes az egyenlítőtől a sarkokig a vizek és szárazföldek termelőképességének összehasonlítása; úgy tűnik ugyanis, hogy ahol a szárazföld termelőképessége csekély, ott ezt a földünkön a víz termelőképességének emelkedése egyenlíti ki.

A nap fényenergiájának szerepe a fotoszintézis szempontjából már matematikailag is megfogalmazható egyenletekben fejezhető ki, nevezetesen a fitoplankton fotoszintétikus tevékenysége a fényintenzitással arányos mennyiség szinuszfüggvénye. Ezt az előadásban bemutatott külföldi kísérletek bizonyítják. Itt azonban ezen kísérletek mellé kiegészítésül szabadjon néhány ábrán bemutatnom azt, hogy a fény szerepe kísérletekkel mennyire kimutatható az egyes energiaszinteken keresztül.

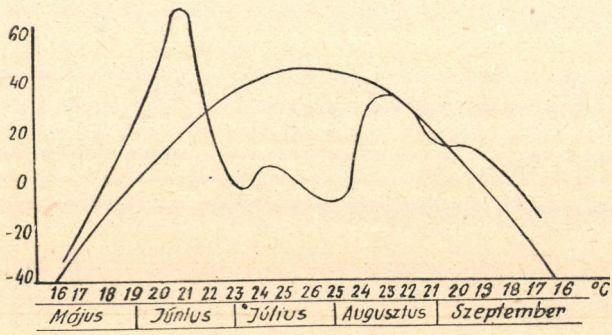
Kísérleteket végeztem a buzsáki és egyéb tógazdaságokban, és az *1. ábrán* feltüntettem az oxigénváltozásnak napi periodusát, 1951. V. 23.-án a buzsáki III. és V. tavon. Ebből láthatjuk, hogy május 23.-án is a déli órákban túl nagy a fényintenzitás, és ezért a sekély halastavakban az asszimiláció intenzitása visszacsökken.



1. ábra



2. ábra

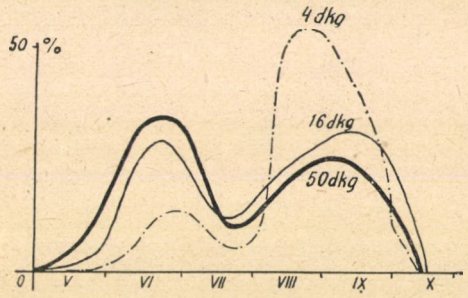


3. ábra

A *2. ábrán* 1951. május, június, július, augusztus, október hónapokban végzett napi periodikus oxigénváltozások déli maximumait tüntettem fel, amiből az a következtetés vonható, hogy VI. 21.-én, vagyis általában júniusban, amikor a legerősebb a napfény, az asszimilációs tevékenység kevesebb mint az előző és utána következő időszakokban, így tehát az oxigénváltozásnak nemcsak napi, hanem évi periódusai is vannak, amiket Donászy Ernő dr. kísérletei is alátámasztanak.

A *3. ábrán* a halastavak természetes hozamának egy éven belüli változását tüntettem fel és a nap fényintenzitásának változását mutató szinuszgörbét. Ebből nyilvánvaló, hogy júniusban és júliusban a túl erős fényenergia következtében a természetes hozam értéke erősen megcsappan, a fitoplankton megfogyatkozik, és az azokkal táplálkozó zooplankton mennyisége is visszafejlődik. Vajjon mi van ebben az időszakban a halakkal?

A *4. ábrán* a próbahalászat adataiból a somogyfajszi 1. tóba kihelyezett 3 féle nagyságú hal időszakos fejlődését tüntetem fel. A tóba kihelyezett 4 dekás,

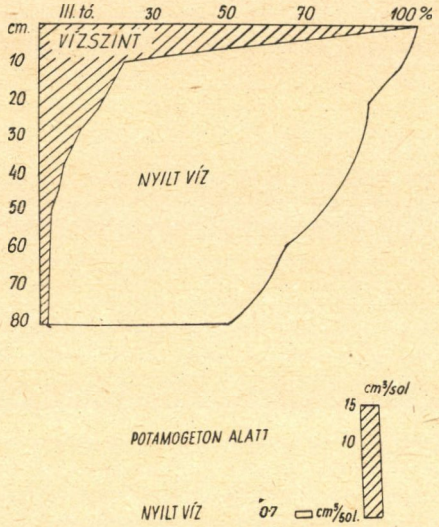


4. ábra

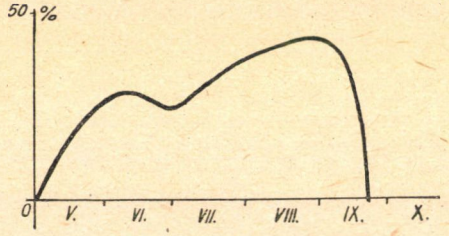
16 dekás és 50 dekás halak fejlődési üteme egymástól eltér. De egyben megegyezik, hogy mindhárom fajta halnak szabályosan megvan a nyári fejlődésvisszaesése, ugyanúgy mint azt az előző ábrákból az oxigéntermelésnél, valamint a természetes hozamnál láttuk. Itt felmerül az a kérdés, hogy vajjon tényleg a napfény okozza-e a halastavakban a fitoplankton és zooplankton nyári visszaesését.

Erre vonatkozóan kísérleteket végeztem 1950. június, 21.-én éppen a napforduló időpontjában teljesen derült ég mellett. Megmértem a *5. ábrán* látható módon a tihanyi Biológiai Intézettől kapott fotocellás fénymérő műszerrel a víz színére eső fényenergiát és azt 100%-nak véve meghatároztam, hogy a tó 10—20—30 stb. cm. mélységeiben ezen 100%-ot kitevő fényenergiából mennyi jut. Láthatjuk, hogy 80 cm mélységben a fényenergia fele még bevilágítja a tó fenekét. Ez pedig az előadásban hallott adatok szerint az optimális fényintenzitás alacsony volta miatt, még mindig káros fényenergiának tekinthető, legalább is a nyár közepén. Megmértem a nyílt vízben élő plankton mennyiségét és azt találtam, hogy 50 liter vízből 0.7 cm^3 szeszton mennyiséget kaptam nyilt vízen, míg ugyanakkor a tó *Potamogeton pectinatus* (fésüs békaszőllő) által benőtt részein a fénybehatolási viszonyokat, ezeket az ábrán sráfozottan tüntettem fel. Megmértem a beárnyékolt részen a szesztont és a nyiltvízi 0.7 cm^3 menyiséggel szemben annak húszszorosát, 15 cm^3-t találtam. Ebből kézenfekvő az a feltevés, hogy ha a káros fényintenzitás idején a halastavakat időszakosan árnyé-

kolni tudnánk, akkor halainknak a nyár közepi fejlődés-visszaesése csökkenthető, illetve kiküszöbölhető volna. Erre vonatkozó megfigyeléseket végeztem a nagybajomi halastóban, ahol a háború következtében a halastó 1/5 részét még vadon nőtt fűzfák árnyékolták be. A fitoplankton és szeszton mennyiséget mértem a nyilt vízben és ebből kimutatható volt a nagy fényenergia idején az erős vissza-



5. ábra



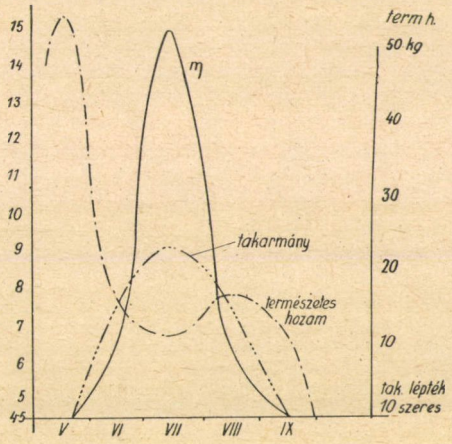
6. ábra

esés. Ugyanakkor azonban a próbahalászatoknál a halakat csak a fűzfával beárnyékolt részeken lehetett fogni. Ezek ugyanis a beárnyékolt helyeken a káros fényenergia idején élő nagyobb természetes táplálékmennyiséget keresték fel, és ezért, mint azt a *6. ábrán* láthatjuk, fejlődésvisszaesésük lényegesen csekélyebb volt a megszokottnál.

Kérdés, hogy haltermelésünkre ez a nyári fejlődésvisszaesés milyen hatással van? Lehet-e ezt vajjon takarmányozással pótolni. Erre magyarázatot a *7. ábra* ad, ahol a természetes hozam változását tüntettem fel, azonfelül ábrázoltam a takarmánymennyiség adagolását és a takarmányegyüttható változását. Az már rég tudott dolog, hogy a mesterséges takarmány értékesítéséhez egy bizonyos természetes tápanyaghányad szükséges. A káros fényenergia

idején kevés a természetes tápanyag, viszont a halak étvágya a környező víz hőfokától a van't Hoff törvény szerint függ, és így a júniusi meleg vízben a halaknak nagy az étvágyuk, a beadott mesterséges tápanyagot mohón elfogyasztják. De az a kérdés, hogy ezt a takarmányt milyen hatásfokkal értékesítik? Az ábrán láthatjuk, hogy amint a tó természetes hozama csökken, a takarmányegyüttható értéke rohamosan emelkedik, vagyis a takarmányértékesülés hatásfoka romlik. A normálisnak mondható 5—6 kg. kukorica helyett a káros fényintenzítás idején 15 kg. kukorica után kaptunk 1 kg halhúst, a közölt példában.

E kísérletsorozatot azért kívántam bemutatni, hogy érzékeltessem, mennyire érzékenyen reagál a vízi élettér termelésének minden egyes energiaszintje a fényenergia változásaira, és azért, hogy mennyire alátámasztja az előadásban elhangzott megállapításokat.



7. ábra

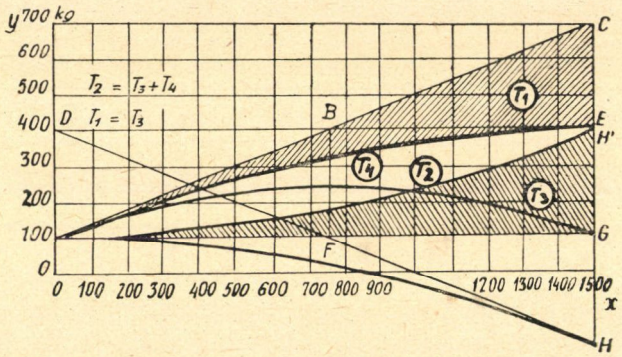
A produkciós-biológiai elméletnek az előadásban elhangzott megállapításai sok eddig nem tudott, illetőleg megmagyarázhatatlan kérdésre adnak választ. Az optimális fényintenzitás alacsony volta okozhatja a nyári halpusztulást. Nyáron ugyanis az erős fény a nappali órák legnagyobb részén optimumon felüli fényintenzitással világítja be a csekély és tisztavízű halastavak vizét, aminek az a következménye, hogy csak a hajnali és a késő délutáni órákban van rövid ideig tartó oxigéntermelés, a nap többi részén az oxigénfogyasztás folyamatai mennek végbe, míg oxigéntermelés vagy a teljes fényhiány, vagy a túl erős fény következtében szünetel. A halastavakban ez okozhatja a nyári halpusztulást, mert ekkor oxigénhiány lép fel. Nagyobb mélységű tavakban azonban mélyebb rétegekben mindig megtalálható az optimális fényintenzitás a nappal óráiban és itt oxigénhiány nem fordul elő. Az optimális fényintenzitás alacsony volta magyarázza meg továbbá télen azt a jelenséget, hogy a jég alatt a víz oxigéntartalma nem fogy el, mert akkor az optimális fényintenzitást jobban megközelítő fényenergia mellett intenzív oxigéntermelés megy végbe. De ha a jégre hó esik és a napsugarak behatolását meggátolja, akkor oxgiénhiány következtében a teleltetőkben halpusztulás áll elő.

Érdekes megemlíteni azt a körülményt, hogy ahol a természet élénk, nagy anyagkicserélődést akar elérni, ott a felületet nagyobbítja. Így van ez a

tüdő léghólyagocskáinál, vagy a halak kopoltyúinál. Itt a vízi életben a fitoplanktonnak jut ez a szerep. Talán feltűnő az a megállapítás, hogy a fitoplanktonnak a vízben élő magasabbrendű makrofita növényzettel szemben túlságos nagy jelentőséget tulajdonítunk. Azonban ezt egyszerű megfigyeléssel is alá lehet támasztani, ugyanis a submersus vízi vegetációval benőtt víz állandó árnyékolása miatt a fitoplankton nem fejlődhet ki oly mennyiségben mint állandóan beárnyékolt tavaknál, és ezek a tavak ezért rossz termőerőt képviselnek.

A produkciós-biológiának az a tétele, hogy a víz termelőképessége a lejátszodó redox körfolyamatban termelt oxigén és széndioxid mennyiségével jellemezhető, és ettől függ a rendszer potenciális termelése, szintén helytálló megállapítás; ennek bizonyítására dr. Donászy Ernő végzett kísérleteket.

Megmagyarázza az elmélet azt a körülményt is, amit már a gyakorlati megfigyelések is megállapítottak, hogy a nitrogéntrágyák nem hoznak semmi eredményt, ezért nitrogéntrágyázást halastavakban nem is alkalmazunk,



8. ábra

aminek magyarázata az, hogy a nitrogén nem kerül minimumba, mert állandóan forgalomban van, a levegőből pótlódik és a nitrogént gyűjtő baktériumok állandóan megkötik. Így a nitrogén körfolyamat az aktuális termelést nem befolyásolja.

Más a helyzet a foszforral, mert a víz mindig tartalmaz kalciumot, amely a foszforsavval trikalciumfoszfáttá alakul, és így a vízben gyakorlatilag oldhatatlan. Ez az oka annak, hogy a természetes vizek, halastavak csak néhány század miligramm foszfát-iónt tartalmaznak literenként, vagyis a foszfor állandóan minimumba jut. Ezért a foszfortrágyával eredményt lehet felmutatni. A foszfor az aktuális termelés szempontjából mint korlátozó tényező játszik szerepet.

Az előadott bizonyítékok mind alátámasztják a produkciós-biológiai elmélet helyességét. Szabadjon azonban még egy bizonyítékot felhozni. 1949-ben haltermelési adatok statisztikai feldolgozása alapján kidolgoztam egy új takarmányozási elméletet, ennek segítségével matematikailag is számítható lett a takarmányegyüttható változása, a halastavak hozama, mindkettő a tó természetes hozamától és a takarmányozás mennyiségétől függően, és egyáltalában sok eddig tisztázatlan kérdésre adott felvilágosítást. Akkor még a produkciós-biológiai elmélettel nem foglalkoztam. De ezek a gyakorlati adatokból felépült elméleti megállapítások önmaguktól is a produkciós-biológia elméletéhez vezettek és takarmányozási elméletem annak egy, a takarmányozásra általánosított része lett. A *8. ábrán* igyekszem szemléltetni röviden az elmélet

lényegét. Amidőn azt látjuk, hogy a takarmányozás emelkedésével a halhozamok nem lineárisan, hanem parabolikusan emelkednek, ugyanakkor T_1 és T_3 területek szerint a közvetlenül és közvetve kárbavesző energiamennyiségek növekednek. Így a tulajdonképeni tiszta produkció T_4 terület formájában jelentkezik, amely azonos fogalom a Mauch a-féle produkciós biológiai diagrammban a produkció görbéje és a kettős veszteségek görbéje által bezárt területtel, ami ott szintén a tiszta produkciót fejezi ki.

Így tehát a produkiós-biológiai elmélet és a gyakorlati adatokból kidolgozott takarmányozási elmélet, mint két ponton elindult alagútépítés a középen egymással összetalálkozott, éspedig olyan pontosan, hogy rájöttünk arra, hogy ez a két elmélet egymást annyira kiegészíti, hogy az egyikben nem szereplő gyakorlati adatokat a másik nyújtja, míg a két elmélet egyenleteivel kölcsönösen számolni lehet, és ami az egyik elméletből hiányzik, az a másikból kiszámítható. Ezzel magyarázható, hogy a produkciós-biológia egyenletei és a takarmányozási elmélet egyenletei alapján olyan kérdések váltak megoldhatóvá, mint az előadásban említett népesítés és vegyes népesítés kérdései, valamint a közvetve kárbavesző energia különböző súlyú halakra való kiszámítása is.

Mauch a professzor akadémikus a napsugárzás kinetikai energiájából kiindulva biológiai, kémiai, fizikai, és matematikai alapon elméleti úton vezette le megállapításait a gyakorlat felé. A takarmányozási elmélet gyakorlati adatokból kiindulva igyekezett elméleti megállapításokat tenni. E két elmélet összetalálkozása kölcsönösen igazolja és alátámasztja egymást és az elméletnek és a gyakorlatnak ezen kézfogása következményeiben még beláthatatlan fejlődési lehetőségeket rejt magában. De azt is bizonyítja, hogy a produkciós-biológia elméleti síkon történt megállapításai milyen hamar szolgáltattak gyakorlatilag is megfogható eredményeket. Ezeket a haltermelés már most is felhasználja, de a növénytermesztés és az állattenyésztés ágaira is érvényesen extrapolálható lesz.

A víz a benne élő alacsonyabbrendű szervezetekkel egy makroheterogén rendszernek tekinthető és mint ilyen, összehasonlítható a magasabbrendű állatok, sőt az ember vérével is úgy, hogy itt a fitoplankton végzi a vörösvérsejt funkcióit.

De az orvostudományban végzett munka-fiziológiai mérések is a termelt széndioxid mennyiség alapján állapítják meg a munkaközben felhasznált energia mennyiségét. Ez ugyancsak a produkciós-biológia alaptételének alapján áll. Csakhogy itt az energiát az emberi testben akkumulált és a napfényből közvetett úton felhalmozott potenciális energia szolgáltatja.

Így az élet keletkezésének analógiájára a produkciós-biológia is a vízből indult ki és egyre nagyobb és szélesebb határok között általánosítható a szárazföldi növényeknél és az állatvilágnál, és végső fokon az embernél is. A jövő feladata az elmélet általánosíthatóságának valamennyi területét felkutatni.

LENGYEL BÉLA, a kémiai tudományok doktora

Mauch a akadémikus előadása a kémikus számára is számos érdekes problémát vet fel. Csak helyeselni lehet azt a törekvést, amely a vizek termelésbiológiai vizsgálatában fokozott súlyt vet a biológiai történéssel kapcsolatos és attól elválaszthatatlan fizikai-kémiai folyamatokra, és különösen, hogy a kérdést energetikai és termodinamikai alapra helyezve igyekszik megvilágítani.

Az eredményt elméleti és gyakorlati vonatkozásban is igen pozitívnak érzem, noha ennek megítélésére nem tartom magam illetékesnek.

Az alábbi néhány megjegyzés célja csupán az, hogy egyrészt rámutasson a biológiai és a fizikai-kémiai szemlélet összekapcsolásának termékeny voltára, de másrészt utaljon azokra a nehézségekre is, amit a rendkívül bonyolult biológiai történésnek a fizikai-kémiai törvényekben megkívánt szabatossági igényekkel való összehangolása jelent.

Évégből csupán az alapfolyamatot, nevezetesen a monofokális vizi élettérben alapvető szerepet játszó fitoplankton asszimilációs és disszimilációs folyamatát kívánom közelebbről szemügyre venni, mint amelyre az előadó is megoldásait központosítja. Két kérdés merül fel: 1. Hogyan írható le a makroheterogénnek tekintett rendszerben CO_2-nek a reakciótérbe, vagyis az előadás által szilárd fázisnak tekintett algatestbe való bejutása és az asszimilációs reakció sebessége, 2. az asszimilációs reakcióra, majd pedig a reakció során keletkező keményítő elbomlása folyamatára milyen következmények adódnak a termodinamika tételeinek alkalmazásából.

A CO_2-nek az alga testében való megjelenése kétségkívül diffuziós folyamat eredménye, mely folyamatot az előadó a F i c k-féle törvénnyel írja le. Talán nem felesleges rámutatni arra, hogy a valóságban a viszonyok sokkal bonyolultabbak, mint a számítás alapjává tett modellben. Két folyamatot kell tekintetbe venni: a CO_2-nek egyrészt az alga felületére kell jutnia, másrészt a felületen átlépve a reakció lezajlásának helyére kell kerülnie. Ha ebből az előadó által adott feltételből indulunk ki, hogy az algában a reakció mint homogén fázisban játszódik le a diffuziónál sokkalta nagyobb sebességgel, e »belső« fázisban a CO_2 diffuziónak lényeges szerepet tulajdonítani nem lehet, mert a reakciónak már a határfelületi rétegben végbe kell mennie, és az asszimilációs folyamat sebességét a CO_2-nek a »külső« vízfázisban a felülethez való jutása, illetve a folyamat sebessége szabja meg. Kérdés, hogy ennek a diffuzióállandóval való jellemzését nem módosítja-e a víz termikus vagy mechanikai hatásokra visszavezethető konvekciója? A konvekció befolyása egyébként a protoplazma mozgása következtében az alga belsejében is jelentkezik. A F i c k-féle törvény alkalmazása esetén tehát messzemenő szkematizálás válik szükségessé, ami azonban nem érinti annak a megállapításnak a helyességét, hogy minél kisebb az algák teste, vagyis minél nagyobb fajlagos felületük, annál nagyobb mennyiségű CO_2 felvétele válik lehetségessé.

A felvetett második kérdést illetően abból kell kiindulnunk, hogy a termodinamika főtételeinek a tárgyalt biológiai folyamatra is érvényesnek kell lenniök. A viszonyok szabatosítása céljából vegyünk 1 liter, ismert CO_2 és O_2 tartalmú vízből, továbbá adott mennyiségű fitoplanktonból álló rendszert és vizsgáljuk az abban bekövetkező változást, ha a rendszer kívülről adott mennyiségű munkajellegű sugárzó energiát vesz fel, és a folyamat izoterm. A kiindulási *A* állapotból a rendszer az asszimiláció lezajlása után egy *B* állapotba kerül, melyet adott menyiségű keményítő, CO_2, O_2 tartalom jellemez. Figyelembe veendő még — bár úgy vélem, alárendelt jelentőségű — a reakcióban az izoterm felvétel folytán a környezettel esetleg kicserélt hő mennyisége is, ezzel azonban a *B* állapot energetikailag szabatosan és egyértelműen meg van határozva. Az I. főtétel értelmében a *A*-ból a *B* állapotba való átmenettel járó energiaváltozás független a reakció-úttól és ezért helyes az előadónak az az eljárása, hogy a rendszert e szempontból elemzi, vagyis a H e s s-féle tételt alkalmazza.

Az energiatétel alkalmazhatósága mellett azonban M a u c h a akadémikus a II. főtételből is következtetéseket von le annak feltételezése alapján, hogy ha az asszimilációs reakciót követő disszimilációs folyamatban a keményítő ismét vízzé és CO_2-vé bomlik át, izoterm reverzibilis körfolyamat valósul meg, és mivel ennek során a szabadenergia-változás 0, a rendszer szabadenergiája is egyértelműen változik, miközben az *A* állapotból *B*-be megy át.

E körfolyamat azonban termodinamikai értelmezésben nem tekinthető reverzibilisnek már azért sem, mert spontán játszódik le, ennek azonban éppen az irreverzibilitás a termodinamikai kritériuma. Következésképen a szabadenergia változás nem lehet 0, mert ha a rendszert a környezetével kicserélt energiákkal egyesítve zárttá tesszük, az eredmény az, hogy a körfolyamat során sugárzó energia eltűnik és ehelyett a disszimilációs folyamatban termelődő hőenergia jelenik meg. Az összes szabadenergiakészlet tehát csökkent és éppen ez a csökkenés a motor, amely a folyamat spontán lezajlását lehetővé tette.

Az irreverzibilitás mértéke különböző lehet, talán annak függvényében, hogy az algák enzimrendszere milyen sebességgel viszi a rendszert az *A* kiindulási állapotból a *B* állapotba, majd fordítva, a disszimiláció irányába. Ezért azt hiszem, hogy az előadásban megadott tényezőkből nem szabatosan, hanem csak közelítően lehet következtetni a szabadenergia-változásra, és ezzel annak a sugárzó energiából származó kémiai energiának a mennyiségére, amely az asszimiláció termékében mint hasznosított energia jelentkezik. Mindez természetesen mit sem von le azoknak a fontos elméleti megállapításoknak és gyakorlati eredményeknek az értékéből, melyekre M a u c h a akadémikus jutott, amidőn a problémát új utakon járva világította meg, és fenti észrevételeim csupán azt célozzák, hogy aláhúzzák a biológiai és fizikai-kémiai törvényszerűségek összekapcsolásának fontosságát, melyet az előadó oly eredményesen és úttörő módon kezdeményezett.

SOÓ REZSŐ akadémikus

Dicsérettel emlékezik meg M a u c h a R e z s ő akadémikus élete munkásságának eredményeiről és azok jelentőségéről. Kifejti, hogy produkciós-biológiai elmélete energetikai-termodinamikai elmélet, amely mind elméleti, mind gyakorlati téren a magyar biológia utolsó éveinek egyik legjelentősebb alkotása. A továbbiakban kérdéseket intéz az előadóhoz.

Kétségtelen, hogy a produkciós-biológia számára a fitoplankton által termelt szervesanyag döntő jelentőségű. Véleménye szerint az algavegetáció is jelentős mértékben hozzájárul a vizek szervesanyag termeléséhez. Különösen a zöld algák, édesvizekben a *Charák*, tengerekben a vörös és barna algák járulnak hozzá jelentős mértékben a víznek szervesanyag termeléséhez. Felteszi a kérdést, hogy milyen mértékben jelentenek a halgazdaság szempontjából a produkcióban felhasználható anyagot.

A következőkben az előadásban említett lágy flóra és kemény flóra kifejezések helyett a megfelelő magyar elnevezések : a hinár és a mocsári növényzet alkalmazását javasolja.

Másik kérdése, hogy a növények fotoszintézisének mind bonyolultabbá váló fizikája és biokémiája mennyiben befolyásolja a produkciós-biológiát.

Leszögezi, hogy a fotoszintézis a növényélettan legbonyolultabb folyamata. Kétségtelen, hogy a végső produktumok egyszerűbbek, mint a közbeesők vagy

az elsődlegesek. Mindezek tisztázása a növényi biokémia számára még sok megoldatlan feladatot jelent.

Nagy örömmel hallotta E r ő s kartárs hozzászólásából, hogy pozitív vizsgálatokat folytatott az irányban, hogy a vizekben az algák fotoszintézisfolyamatának intenzitása milyen viszonyban áll a fény erősségével. Kiemeli, hogy mind a vízi vegetációra, mind a szárazföldi növényzetre vonatkozóan részleges irodalom áll rendelkezésre, amelyek a hő, fény és CO_2 koncentráció különböző kardinális fogalmaival foglalkoznak (v. ö. L u n d e g a r d h és H. W a l t e r kézikönyveit).

Erős kartárs vizsgálatai során kiderítette, hogy június hó folyamán a termelés minimális, mivel ilyenkor a legnagyobb a fény. Ezzel kapcsolatosan további pozitív mérések alkalmazását tartja szükségesnek.

Végezetül jókívánságait tolmácsolja M a u c h a akadémikus felé és annak a reményének ad kifejezést, hogy M a u c h a akadémikus még sok-sok éven át fogja a hazai hydrobiológusokat és limnológusokat patronálni és irányítani. Felkéri őt, hogy adjon módot a hydrobiológusoknak és limnológusoknak arra, hogy az algahatározó munkájából is kivegyék részüket.

Jelzi, hogy a Szovjetunióban készült az édesvízi virágtalan növények határozója és a sorozatban megjelent *Diatoma*-feldolgozást S z t á l i n-díjjal tüntették ki. Szükségesnek tartja a produkciós-biológia alapvető kézikönyvének és a magyar édesvízi flórának megjelenését.

SEBESTYÉN OLGA, a biológiai tudományok kandidátusa

M a u c h a professzor elhangzott előadása limnológus számára magas szellemi élmény volt. Ez nemcsak azért van így, mert egy előtérben levő fontos probléma lényegét világosan feltárta, mert fogalmak tisztázásával utat nyit a megoldás felé, összefüggések megállapításával elindít azon, s a cél határozott megjelölésével mintegy iránytűt ad a kézbe, hogy a helyes úton járjunk.

Az előadás nagy jelentőségét abban is látom mindezek mellett, hogy egyben átfogó szintézisét is adta a vízi élet mibenlétének a tudomány mai színvonalán a modern biológiai szemlélet megvilágításában, mondhatnók fényében, eredeti és irodalmi adatok és meggondolások M a u c h a-féle mérlegelésével, összefüggések M a u c h a-féle meglátásával, meggyőző, bizonyító megvilágításával.

Egy ilyen szintézis keretében részletkutatások eredményei kiértékelődnek, némelyek megtalálják a maguk helyét és jelentőségét, mások lefokozódnak; kitűnik az is, hogy hol vannak hiányok, tévedések.

A dialektikus módszer ama alapvető tétele, hogy a természet nem egymástól elszakított, elszigetelt, egymástól nem függő tárgyak és jelenségek véletlen halmaza, hanem összefüggő egységes egész, mintegy testet ölt a vízi élet egységének elhangzott megvilágításában, vagy pl. a hideg tengerek planktonbőségének kauzális magyarázatában. Hogy a fitoplankton asszimilációs folyamatának lüktetése a naprendszer törvényszerűségeihez való alkalmazkodásnak tekinthető, szintén ilyen meglátás, mely arra is figyelmeztet, hogy a környezethez való alkalmazkodásban különböző szintek vannak, és az élővilág és környezet kölcsönhatásának vizsgálatában oda kell fejlődnünk, hogy megláthassunk térbeli és időbeli távlatokat feltételező összefüggéseket is.

Egy ilyen mélyenjáró és átfogó szintézistől, annak közkinccsé tétele után elvárhatjuk azt, hogy lökést ad a limnológia művelésében. Sor-sort követve

rá lehet mutatni arra, amint az előadó ezt meg is tette, hogy e szintézis tükrében hol mutatkoznak hiányok általában, de amit különösen szívüggyé kellene tennünk, hazai vonatkozásban is. Az előadás rámutatott a fitoplanktonszervezetek életműködésének alapvető fontosságára a vizek életében, pl. olyan vonatkozásban is, hogy az asszimilációs folyamatokkal termelt CO_2-mennyiségnek mértéke milyen szoros kapcsolatban van a víztér potenciális termelésének állapotával. Ebből az következik, hogy az algák fiziológiájának ismerete a termelőképesség mértékének értékelésében, a termelés irányításában is, alapvető szükségesség, és hogy éppen ezért ez a kutatási irány ma talán még fel sem mérhető jelentőségűvé fejlődhet talán a közeljövőben. Myers-nek (J. Myers: Physiology of the algae. Annual review of Microbiology, 5, 157—181, 1951) egy mikrobiológiai folyóiratban 1951-ben megjelent rövid, de átfogó, a tárgykör alapvető fejezeteire kiterjedő dolgozata s a hatalmas irodalmi lista már sejtteti a lehetőségeket.

Biocönotikai vizsgálatok a planktontársulás keretein belül, ha csak a trofikus összefüggésekre gondolunk is egyenlőre és talán elsősorban, arra mutatnak, hogy az autotrof táplálkozás kérdései itt is alapvetőek. Ez természetes. S ha úgy tűnik fel, mintha táplálkozásbiológiai területen, állati vonalon, annak sokrétűsége és nagy változatossága ellenére több részletet ismerünk, mint a bizonyos szempontból talán könnyebben megfoghatóbb algatáplálkozásból, ez utóbbi az a terület, amelyen lényeges kérdéseket elsősorban tisztázni kell.

Planktonállatok között, formált táplálékot illetően, halakhoz hasonlóan, a mindenevés, úgylátszik, általánosabb jelenség, mint gondolnók, és ez, valamint a biokémiai szinteknek a nagyságrenddel való kombinálódása valóságos szövevényt hoz létre a társulás trofikus összefüggéseiben. Nem tudom, hogy ez a körülmény nem hoz-e magával nehézségeket a Hutchinson-féle elsődleges táplálék- ill. energiaszint megállapításában vagyis a zooplanktonlények testében felhalmozott potenciális energiakészlet meghatározásában, vagy hogy szemelőtt tartjuk-e, hogy az összplanktonfalás tulajdonképpen mindenevés.

Az a meggyőződésem nekem is, hogy minden részlet-vizsgálat a táplálkozásbiológia területén végeredményben közelebb visz a produktivitás kérdéseinek megoldásához. Természetesen elsősorban akkor, ha nemcsak— egy síkon mozogva — adatokat gyűjtünk megfigyelésekkel, hanem ismert körülmények mellett kísérletes vizsgálatokat végezünk, aminek mívelésével víziszervezetek fiziológiájának megismerését is szolgáljuk. A tavi élet irányításának alapja nem lehet más, mint fennálló tények alapos megismerése, térbeli, anyag- és időbeli kauzális összefüggések megállapítása és mindezek célirányos alkalmazása.

DONÁSZY ERNŐ

A produkciós-biológia elmélete sok irányban indította el a kutatást. Az egyik irány a természetes vizekben az építő szervezetek biológiai folyamatainak intenzitását kutatja. Az asszimilációs tevékenységgel összefüggő kémiai változásokat mutatja ki a vízben és ebből következtet a biológiai folyamatok intenzitására. A produkciós-biológia ama megállapításaiból indulunk ki, hogy a fitoplankton algák asszimilációs folyamata a rezgő mozgással analóg, periodikusan végbemenő állapot. A víz O_2 és CO_2 tartalmából (legyen az közvetlenül, vagy közvetve hasznosítható CO_2) mindenkor következtetést vonhatunk a rendszer szabad energiájának változására.

A kémiai változások tanulmányozásával kezdtük- és pedig olyan természetes vizet választottunk ki e kérdés tanulmányozására, amelyben az oldott alkatrészek koncentrációjának megváltozása nem eredményez oldhatatlan vegyületek alakjában való kiválást, vagyis nem szöknek meg alkatrészek a rendszerből. Ilyen vizek a csekély Ca-tartalmú szikes vizek. A Velencei-tavon két éven át végeztük a vizsgálatokat- és a vizsgálatok eredményei nemcsak ahhoz adnak bizonyítékot, hogy a produkciós-biológia M a u c h a akadémikus által ismertetett elmélete a természetben végbemenő folyamatokból is igazolható, hanem más fontos következtetésekhez is jutunk. A Velencei-tó alfa-limno-halin típusú szikes víz, szabad CO_2-t nem tartalmaz. T i l l m a s , H e u b l e i n és M i n d e r vizsgálataiból kiindulva M a u c h a megállapította, hogy a természetes vizekben az asszimiláló vízi szervezetek a szükséges szabad, vagy félig-kötött széndioxidot tudják hasznosítani. A karbonátos vizekben szabad széndioxid nem lehet, mert az alábbi megfordítható kémiai reakció értelmében az ilyen vizekben keletkezett széndioxid a karbonáttal reakcióba lépve hidrokarbonáttá alakul. A széndioxidot asszimiláló építő szervezetek pedig a hidrokarbonátból az asszimilációhoz szükséges széndioxidot képesek lehasítani és az asszimilációhoz szükséges széndioxidot így közvetve szerzik meg. Az alábbi két egyenletre van szükségünk, hogy a karbonát-hidrokarbonát-ingadozás és a producensek közötti kölcsönhatásokat értelmezni tudjuk :

$$1.\ 2\ NaHCO_3 \rightleftarrows Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

$$2.\ 6\ CO_2 + 5\ H_2O + 685.000\ cal \rightleftarrows C_6H_{10}O_5 + O_2$$

Az első megfordítható reakcióegyenletből láthatjuk, hogy a szikes vizekben a karbonát széndioxid jelenlétében hidrokarbonáttá alakul. A hidrokarbonátból viszont a producensek széndioxidot képesek elvonni s ekkor a hidrokarbonát széndioxidot képesek elvonni, s ekkor a hidrokarbonát mennyisége csökken, a karbonáté növekszik. A másik megfordítható reakcióegyenletből pedig meghatározhatjuk a hidrokarbonátból elvont széndioxid mennyiségének megfelelő keményítő értéket, s a felszabaduló oxigén-mennyiséget.

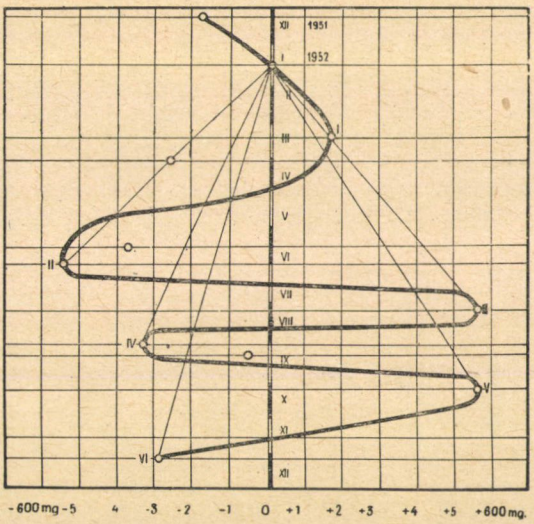
Ha mindkét egyenletben a grammegyenértéksúlynyi mennyiségeket helyettesítjük be, akkor ki tudjuk számítani 1. mennyi oxigénnek kell termelődnie az asszimiláció folyamán, 2. mennyi széndioxidra és mennyi energiára volt szükségük az építő szervezeteknek, és 3. ha ezt a széndioxidot az építők a hidrokarbonátból vonták el, mennyi hidrokarbonát kellett ehhez. 4. Mennyi hidrokarbonát keletkezett eközben, 5. mennyi széndioxid kell ahhoz, hogy meghatározott mennyiségű karbonát hidrokarbonáttá alakuljon stb. Ha a kalóriaértéket átszámítjuk erg-re, vagyis energiában fejezzük ki az asszimilációs energiaszükségletet, akkor kezünkben van a kulcs ahhoz, hogy a vízben végbemenő kémiai változásokból, a hidrokarbonát-karbonát ingadozásokból és az oldott oxigén-tartalom változásából egyik időponttól a másikig végbemenő biológiai folyamatok intenzitását energiamennyiségekben is megadhassuk.

A víz kémizmusában végbemenő változásokból ki tudjuk számítani a biológiai folyamatok intenzitását is.

Ha tetszik, bevezethetünk új mértékegységet is, melyet produkciós-biológiai egységnek nevezünk és egységül választjuk azt az energia-mennyiséget,

mely szükséges ahhoz, hogy 1, 376 g széndioxidból és megfelelő mennyiségű vízből az építő szervezetek 1 g oxigént tudnak előállítani, vagyis ez 3568 g-caloria, illetve 14237.10^7 erg.

A biológiai folyamatok intenzitásának kiszámításánál természetesen figyelembe kell venni a meteorológiai tényezők szerepét is, és a kémiai változásoknál a csapadékáltal okozott koncentráció-változást le kell vonnunk, hogy ténylegesen a biológiai hatásra létrejött kémiai változások számszerű eredményét kapjuk. Ezekre azonban most nem térek ki.



Nézzük meg a Velencei-tó 1952. évi hidrokarbonát diagrammját. Az ordináta tengelyre vittük fel az időt, az abszcisszára pedig a hidrokarbonát-ión mg/lit értékeit, de ennél úgy jártunk el, hogy az 1952. januári értéket 0-nak vettük és az ehhez viszonyított HCO_3-ión növekedést + értékkel jobbra, a csökkenést — értékkel balra vittük fel. Itt jobban előtűnik a hidrokarbonát ingadozás évi ritmusa. Tegyük fel, hogy a januári 0 érték egy inga fix-pontja, akkor az inga a következő lengéseket végzi: három lengés jobbra, három lengés balra. A lengések az év közepe felé nagyobbak, majd ismét kisebbek lesznek.

A produkciós-biológia elmélete alapján teljesen ezt a ritmust kell várnunk, mert a júniusig tartó hidrokarbonátcsökkenés tükörképe az építő szervezetek növekvő tevékenységének. A július-augusztusi hidrokarbonátnövekedés hűen mutatja, hogy a fényintenzitás erős megnövekedése, a káros-fény az építő szervezetek asszimilációs tevékenységének erős lecsökkenésével jár, és ezért nem vonják el a közvetve hasznosítható széndioxidot a hidrokarbonátból; ezért van erős hidrokarbonát-növekedés. Amikor azután a káros-fény korszaka megszűnik, újból lecsökken a hidrokarbonát mennyisége, mert az építő szervezetek asszimilációs tevékenysége megnövekszik. Az év elején és az év végén látható koncentráció-változás már a meterológiai tényezőkre vezethető vissza.

Az inga legnagyobb kilengése egyúttal jellemző a Velencei-tó vizében végbemenő energetikai változások intenzitására, a kereken kb. 1,2 g/lit hidro-

karbonát-különbség 0,268 g keményítő/lit szerves anyaggal és $4707{,}1.10^7$ erg-gel egyenértékű.

Amit elmondottunk, bemutatja az egyik irányt, mely felé haladunk jelenleg M a u c h a akadémikus elmélete alapján.

ENTZ BÉLA

M a u c h a akadémikus előadása a hidrobiológiai kutatómunka számára új irányt jelöl ki, egyúttal azonban megjelöli a módot is, ahogyan az új irányban a kutatómunkának haladnia kell.

Nem első eset, hogy az előadó munkássága iránytmutatóan gazdagította a hazai és a nemzetközi hidrobiológiai szakirodalmat. Hiszen alig néhány éve jelent meg M a u c h a akadémikus munkája a terepen alkalmazható félmikrovízanalízis módszereiről, melyet azóta európaszerte mindenfelé eredményesen alkalmaznak.

Szabadjon az előadással kapcsolatban felmerült néhány hazai, elsősorban balatoni vonatkozású gondolatomat vázolni.

Az előadás alapján új lehetőség nyílik a tavak típusokba való sorolására oly szempontból, hogy a termelő, vagyis építő szervezetek milyen arányban tagjai a fitoplanktonnak, illetőleg a makrovegetációnak. Hiszen ennek a viszonynak a kifejezésére igen alkalmas a M a u c h a akadémikus által említett bifokális rendszer két gyújtópontjának egymástól való távolsága, vagy akár a szóbanforgó ellipszis egyenlete. A Balaton esetében például hozzávetőleges megállapítás szerint a makrovegetáció termelése alig 1%, míg a fitoplankton termelése meghaladhatja a 99%-ot. Hasonlóképen megállapíthatók volnának ezek az arányok más magyarországi édesvizeknél is, melyek alapján ezeket termelési típusok szerinti osztályokba lehetne sorolni.

Hallottuk, hogy az algák kis termete a széndioxid diffúziójával, valamint az asszimilációs folyamatokkal függ össze. Önként felvetődik az a kérdés, hogy vajjon nincsenek-e optimális algaméretek adott fényviszonyok és adott széndioxid-koncentráció mellett? Feltehető lenne például, hogy a magas széndioxid-koncentráció erős fényintenzitással karöltve a nagyobbtermetű algák, ellenkező viszonyok viszont a kisebbtermetű algák számára optimálisak. Valószínűleg nem véletlen például, hogy a Balaton bentoszában télen óriási tömegben előforduló kovamoszatok zömének átlagos nagysága mintegy 6000 μ^3-ra volt tehető, amint ez 1952 januárjában és márciusában végzett vizsgálatainkból kitünt.

E r ő s kartársnak a vizek árnyékoltságára vonatkozó megállapításaival kapcsolatban rá szeretnék mutatni arra, hogy az árnyékoltságot nem csupán a makrovegetáció idézheti elő, hanem jelentős, sőt esetleg döntő mértékben befolyásolhatja a víz zavarossága is. Véleményem szerint országunk területén a víz fokozott zavarossága a termelés fokozását eredményezheti.

Rá szeretnék még mutatni röviden a vizek szelektív fényelnyelő-képességére. Hiszen tudjuk, hogy a piros, valamint a sárga fénysugarakat különösen a legfelső vízrétegek nyelik el nagymértékben. A sarki tengerekben — amint az előadásban hallottuk — éppen azért oly gazdag az élővilág, mert a fényviszonyok a felszínen, vagy közvetlenül a felszín alatt optimálisak. Javasolnám az elhangzottak alapján, oly skála felfektetését, mely a sarkvidéktől az egyenlítőig

feltüntetné azokat a zavarossági, illetőleg árnyékoltsági körülményeket (fokokat), melyek optimális viszonyok kialakulására vezethetnek a felső vízrétegekben és így végeredményben optimális építési (termelési) viszonyokat eredményezhetnek.

Utalni szeretnék még a plankton-vándorlás problémájára, mely az elhangzottak alapján mennyiségileg is megfogható és megoldható kérdésnek tűnik fel.

Végezetül M a u c h a akadémikus felé azt az óhajomat és kívánságomat szeretném még kifejezni, hogy minél tovább folytathassa rendkívül értékes kutató-munkásságát és hogy ehhez számára a jövőben egyre fokozottabban és egyre több idő álljon rendelkezésre.

JACZÓ IMRE

Tisztelt Akadémia!

Összefoglaló és elvi szempontokat lerögzítő előadásában M a u c h a akadémikus természetesen nem térhetett ki a részletproblémáknak az érdekességére. Az energiaszintekben egy speciális csoport, az élősködők csoportja mindenütt jelen van. Ezek különleges helyet foglalnak el, amit bonyolulttá tesz az átalakulással történő fejlődésük során gyakran mutatott változatos gazdacseréjük. Ugyanis ugyanaz az élősködő egyed fejlődése során különböző szinteknek a tagja, de anélkül, hogy a magasabb szintbe kerülve, mint felhasználható energiaforrás szerepelne, mivel az őt elfogyasztó állatban nem emésztődik, hanem abban is tovább, mint élősködő él és növekedése, életműködése során csökkenti a gazdája számára hasznosítható energiakészletet. Tehát az élősködők testének felépítése során az energiaszintek nem élősködő tagjai számára haszontalan, sőt káros termelés folyik. Mindezek mind elméleti, mind az ember számára fontos termelés szempontjából érdekes kérdéssé teszik a paraziták szerepének kutatását a produkciós-biológiai vizsgálatok során.

Még számos más részletkérdést lehetne felvetni, de célom csupán az, hogy ezzel a példával is rámutassak arra, miszerint M a u c h a R e z s ő akadémikus munkássága és az erről szóló most elhangzott előadása egy olyan bedobott kő a biológiai tudományok vizébe, melynek hullámai nem csak néhány, hanem minden irányban megmozgatják és előbbreviszik a korszerű biológiai kutatásokat.

WOYNAROVICH ELEK, az agrártudományok doktora

Tisztelt Nagygyűlés!

M a u c h a akadémikus előadásában rávilágított arra, hogy a fitoplankton-algák gyors szaporodásának és ezzel az építőtevékenységük fokozódásának a hasznosítható széndioxid koncentrációja szab határt. Megállapította továbbá, hogy a fitoplankton-algák a vizek igazi építőszervezetei, tevékenységüktől függ a vízben termelt és felraktározott szervesanyag — többek között a halak testében is felhalmozódott szervesanyag mennyisége. Ebből a megállapításból önként kínálkozik az a következtetés, hogy ha a halastavak halhústermelését indirekt úton fokozni akarjuk, akkor az idevezető legbiztosabb és legrövidebb

út : *az építő növények számára biztosítani a megfelelő hasznosítható széndioxid koncentrációt.* Röviden tehát széntrágyázást kell bevezetni. Éppen Maucha akadémikusnak a fenti megállapításai és vizsgálatai indították meg a Haltenyésztési Kutató Intézetben azokat a kísérleteket, melyek e feladat technikai megoldására irányulnak. Ez az út a tógazdasági nagy termések biztosításához vezethet, mert hiszen éppen az elhangzott fejtegetések során Maucha akadémikus bebizonyította, hogy a vizekben a másik fő termelési tényezőnek, a fénynek optimális viszonyai mindenütt létrejöhetnek.

Maucha akadémikussal folytatott számos eszmecserénk során, az ő elméletére építve egy másik, a gyakorlatban értékesíthető részletre szeretnék rávilágítani. Möbiusz 1877-ben a következőket mondja a vizek biocönozisának kialakulásáról : »minden biocönotikus téregységben valamennyi generációs időszakban a legnagyobb mérvű életközösség alakul ki, amelyet az kifejleszteni és eltartani képes. Minden ott jelenlévő szerves vegyületté feldolgozható anyagot, az ott kifejlődő életközösség teljes mértékben igénybevesz.« Möbiusznak ezt a megállapítását azonban sokan kétségbevonták és »nem teljesen foglalt« »telítetlen« biocönózisokról is beszéltek. Thienemann például legnyomósabb érvként a biocönózisok telítetlenségére *a sikeres betelepítési kísérleteket* hozza fel. Maucha akadémikus szerint — ami az előadásból is kitűnik — Möbiusznak a megállapítása nyer igazolást, azzal azonban, hogy újabb faj minden további nélkül betelepíthető bármelyik életközösségbe anélkül, hogy produkciós-biológiai szempontból lényeges változás következne be. A betelepítéssel változás áll be a biocönózisban, megváltozhat az életközösség energia forgalma, de ez csupán szerepcserét, szerepeltolódást jelent. Pl. egy újabb raktározó szervezet kerül be az életközösségbe, mely vagy eddig még teljesen fel nem használt tápanyagforrást merít ki és nem engedi azt, hogy az élettelenné váló szerves anyagot dekomponáló szervezetek bontsák el, vagy esetleg korlátoz egy másik raktározó szervezetet. Mindez azonban a telítettség vagy telítetlenség kérdésén nem változtat, mert az építés, a raktározás és az elbontás energetikailag a milliő tényezők által megadott és biztosított keretek között a legnagyobb mértékű lesz. Itt nem az egyes fajok és egyedek a fontosak, hanem az egyes biológiai csoportoknak az együttműködése és összekapcsolódása. Tehát a magasabbrendű egység összműködése. Más kérdés az ember szempontjából történő gazdasági megítélés, mely viszont nem lényeges a biocönotikai egység mint önálló egész szempontjából. Ha az új, betelepített szervezet a víz gazdasági kihasználása céljából hasznos, akkor az ember nyilvánvalóan emelheti vele a víz gazdasági értékét. Ezzel lehetőség nyílik természetes vizeink állatvilágának az ember szempontjából hasznosabb irányú megváltoztatására, új hasznos állatfajok, elsősorban haltáplálék-állatok betelepítésére. Elsősorban nagyobbtestű törmelékevő és növényevő szervezetekre gondolhatunk, mely szervezeteknél az energia-átvitel a halak felé a legjobb. Ha összehasonlítjuk a tenger és az édesvizek állatvilágát, akkor azt találjuk, hogy a tengerben minden élőhelynek megvannak a legmagasabbrendű raktározó szervezetei. Ez magyarázható azzal, hogy míg a tengernek őstörténeti múltja van, és többmillió év alatt a totális biocönózis kialakulhatott, addig a rövid életű édesvizekben éppen a történeti múlt rövid volta és a földrajzi elválasztottság következtében éppen azokkal a magasabbrendű raktározó szervezetekkel való benépesülés hiányos, melyek halgazdasági szempontból közvetve hasznothajtók volnának. Bizonyos, főként a nagy őstörténeti múltra visszatekintő édesvizekben azonban vannak olyan aklimatizálódott szervezetek, melyek gazdasági szempontból föltétlenül

emelik az illető víz értékét. Mivel a földrajzi elválasztottságot ma az ember le tudja győzni, a betelepítésnek nincsen további akadálya. Előbb-utóbb el kell jönni annak az időnek, amikor a halasvizek termésének fokozása érdekében ez a lehetőség mély kihasználást nyer.

Maucha akadémikus rendkívül értékes előadása élénk bizonyíték arra, hogy a helyesen kifejtett elmélet alkalmazása a gyakorlatban milyen szélesre tárhatja az új lehetőségek kapuit.

VARGA LAJOS, a biológiai tudományok doktora

Maucha akadémikus nagyon újszerű és értékes előadásában egy eszményi biotopot, olyan tavat vett figyelembe, amelyben az életközösség önellátásához szükséges mindhárom élőlénycsoport együtt van, és amelyek tökéletes egységbe kapcsoltan egészítik ki egymást. Ezek a csoportok (én még az eddigi megjelöléseket használom) a producensek, konzumensek és reducensek. Ezek munkásságának energetikai szempontból való figyelembevétele, a produkciós-biológiai viszonyoknak energiák mérésével való új meghatározása — amint az előttem elhangzott szép hozzászólások is bizonyítják — új utakat nyit mind a limnológiában, mind a gyakorlati haltenyésztésben.

Sok olyan biotop van azonban, amelyekben az életközösség három csoportja közül valamelyik hiányzik, tehát a biotop *nyílt*, életközössége pedig *függő*. Ilyen pl. a talaj, az erdei alomtakaró, barlangok nagyon kevés vízben is megélő vizi szervezeteinek sokszor igen gazdag biocönózisa. Ezekben hiányoznak a producensek, a tőzeglápokban pedig igen csekély a producensek mennyisége : ezek a biocönózisok mégis élnek, fennmaradnak.

Kérem a kíváló előadót, terjessze ki vizsgálatait az ilyen biotopokra is. Ezek produkciósbiológiai viszonyainak és törvényszerűségeinek felderítése is Maucha akadémikushoz méltó feladat lenne.

MAUCHA REZSŐ válasza a hozzászólásokra

Tisztelt Akadémiai Nagygyűlés!

Szíves engedelmükkel mindenekelőtt általánosságban válaszolok az elhangzott hozzászólásokra, és elsősorban is hálás köszönetet mondok valamennyi igen tisztelt hozzászóló kartársnak elismerő szavaiért. Őszintén szólva a hozzászólásoktól egyes megállapításaimmal kapcsolatban több kritikai ellenvetést vártam, ezzel szemben inkább elismerő szavak hangzottak el. Ebből semmiesetre sem óhajtom azonban azt a következtetést levonni, hogy itt elhangzott elméleti elgondolásaim tökéletesen fedik a természetes valóságot. Jól tudom ugyanis, hogy minden elmélet csak mankó, amely a jelenségek bonyolult útvesztőjében való bolyongásunkat könnyíti meg, és csak addig használható, amíg áthághatatlan akadályokba nem ütközik, vagyis ellenkezésbe nem kerül a tapasztalattal. Ebben az esetben a mankót el kell hajítanunk és új, jobbal kell helyettesíteni. A tudomány fejlődésében előbb-utóbb minden elméletnek ez a sorsa, mert a természetben lejátszódó folyamatok olyan sokrétűek, hogy lehetetlen olyan elméletet felállítani, amellyel még a legegyszerűbb jelenségeket is tökéletesen meg lehetne magyarázni. Különösen áll ez valamely többé-kevésbbé

zárt rendszerben, tehát a vizi élettérben végbemenő biológiai történésre is. Ezért az előadásomban elhangzottak csak nagy megközelítéssel, bizonyos hibahatárokon belül, egészen általános érvényű törvényszerűségek felismerését teszik lehetővé. Ezek előrebocsátása után reátérek az egyes hozzászólások megválaszolására.

Balogh János a biológiai tudományok kandidátusa, igen tisztelt kartársam, a szárazföldi életterekben maga is a korszerű energetikai alapon nyugvó produkciós-biológiát műveli úttörő kutatásaiban. Ezért mint az e munkaterület minden részletében otthonos kutatónak elismerő szavaiért különös köszönettel tartozom. A produkciós-biológia szempontjából igen nagyjelentőségűek azon megállapításai, amelyek a szövőlepke hernyójának nitrogén-kötő képességét bizonyítják. Valószínűnek látszik, hogy a vizi élettérben is kimutathatók volnának ilyen nitrogénmegkötésére képesített heterotrof módon táplálkozó szervezetek. Kívánatos volna ilyen irányú kutatásokat végezni, mert azok várható eredményei nagyban hozzájárulnának a vizi élettér nitrogén-körforgalmának tisztázásához.

Erős Pál a mezőgazdasági tudományok kandidátusának a buzsáki tógazdaság halastavaiban mért oxigéntartalmak napi és évi periódikus változásai alátámasztják a fitoplankton asszimilációs folyamatának fényintenzitási optimumára vonatkozó kísérleteim és elméleti elgondolásaim eredményeit. A gyakorlat szempontjából igen jelentősnek tartom azon megfigyeléseit, melyek szerint az oxigéntartalom ingadozásaival párhuzamosan nemcsak a természetes haltáplálék mennyisége, hanem a halak súlygyarapodása is egyértelműen változik. Minthogy a mesterséges takarmány értékesülése a halaknak rendelkezésre álló természetes haltáplálék mennyiségének függvénye, a gyakorlati haltenyésztés szempontjából igen fontos következtetéseket von le Erős Pál a próbahalászatok eredményeiből, melyek szerint az évi legnagyobb fényerősségek idején a takarmányok értékesülési együtthatója igen nagy mértékben megromlik. Ennek figyelembevételével ugyanis a takarmányozás céltudatos irányításával a halhústermés előállításában számottevő költségmegtakarítás érhető el. Végül gyakorlati adatokra támaszkodó elméleti megállapításai a gazdaságosan előállítható tógazdasági hozam tekintetében más úton levezetett megállapításai saját eredményeimmel lényegileg megegyeznek. Ez mindenesetre odamutat, hogy elméleti meggondolásaim nem szakadtak el a gyakorlattól, amiért Erős Pál kiegészítő hozzászólásáért hálás köszönetet mondok.

Lengyel Béla professzor igen értékes hozzászólásáért, amelyben a kérdést az elméleti kémia szempontjából világította meg, ugyancsak nagy köszönettel tartozom. Minthogy a hasznosítható széndioxid kétségkívül az algák testfelületén keresztül diffúzió útján hatol a sejtek belsejébe, nyilvánvaló, hogy a Fick törvény értelmében a diffúzió-sebesség az algasejtek testfelületének nagyságával és az asszimilációnál felhasznált széndioxidnak a sejtfalon kívüli és belüli koncentrációjának különbségével arányos. A széndioxid sejtfalon belüli koncentrációja nyilván az asszimilációs folyamat intenzitásának, vagyis reakció-sebességének függvénye. Ha ez nagyobb a diffúzió-sebességnél, akkor az asszimilációs folyamat a szükséges széndioxid-utánpótlásának hiányossága miatt korlátozódik, esetleg teljesen el is enyészik. Véleményem szerint a víz, avagy a protoplazma termikus és mechanikai hatásokra visszavezethető konvekciója lényegesen nem befolyásolja a diffúzió-állandóval jellemzett diffúzió-sebesség értékét, mert ezek a konvekciós jelenségek aránylag lassú lefolyásúak és adott rövidebb időtartam alatt

jelentéktelenek. Feltehető tehát, hogy adott időtartam alatt az asszimilációs folyamat intenzitását a diffúzió-sebesség nagysága szabja meg. Ez nem egyéb, mint a makroheterogén kémiai rendszerekre érvényes Nernst-Brunner féle szabály. Ezért vélem azt alkalmazhatónak a fitoplankton asszimilációs folyamatára is.

Miként azt az előadásomban is kifejtettem, a háromféle anyagcseretípusú viziszervezetek, az építő, raktározó és elbontó szervezetek, egymással dialektikus kölcsönhatásban álló anyagcserefolyamata folytán a vizi élettérben lejátszódó biológiai történés egy zárt, redox körfolyamatra vezethető vissza, amely teljes megterheléssel, vagyis maximálisan és reverzibilisen megy végbe. Ezt a raktározó szervezeteknek az elbontók tevékenységét fékező befolyása teszi lehetővé. Ennek alapján nemcsak a termodinamika első főtételén alapuló Hess-féle törvényt, hanem az általánosabb érvényű második főtételt, tehát a szabad energia tételét is alkalmazhatónak vélem a vizi élettérre, mint zárt rendszerre. Ez egyébként, miként előadásban arra rámutattam, a tapasztalattal is összhangban áll.

Nagy köszönettel tartozom Soó Rezső akadémikus elismerő szavaiért. Kétségtelen, hogy a fitoplankton mellett úgy a tengerben, mint az édesvizekben a nagytestű algák (vörös és barna algák a tengerben, *Charak* az édesvizekben) is hozzájárulnak a szervesanyag termeléséhez, hiszen mint kifejtettem, a természetben tulajdonképen csak bifokális vizi élettér fordulhat elő. Az eddigi becslések szerint azonban még a sekélyebb tavakban is a nagytermetű algák és a makrovegetáció jelentősége, szerves anyag termelése tekintetében a fitoplanktoné mellett eltörpül. Az egyes növénytársulások megjelölésére a korszerű növényföldrajzi elnevezéseket, mint *Phragmitelalia*, *Potametalia* és *Fitoplankton* terminuszokat alkalmaztam, mert azok a társulások összetételét félreértés nélkül jellemzik. Helyenként azonban egyszerűség okából, és talán megszokásból is a limnológia irodalomban még ma is világszerte — a Szovjetunióban is — használatos kemény-, illetőleg lágyflóra elnevezéseket is használtam a hinár és mocsári növényzet kifejezések helyett.

Sebestyén Olga kandidátus felette értékes hozzászólásáért és elismerő szavaiért őszinte köszönetet mondva, főleg arra az igen nagyjelentőségű megállapítására óhajtok kitérni, amely szerint a *hutchinsoni* szintek revizióját tartja szükségesnek, főleg a *zooplankton* táplálkozásviszonyainak szabatos megállapításánál. E tekintetben teljes mértékben osztom Sebestyén Olga véleményét, mint akinek a zooplankton táplálkozásmódja terén bőséges tapasztalatai vannak. Feltétlenül igaza van abban, hogy a zooplankton *mindenevő*, ezt bizonyítják Naumann svéd limnológusnak a disztrof vizekben végzett vizsgálatai is, mely szerint a *Daphniák* táplálékául az e vizekre jellemző allochthon detrituszt jelölte meg. Ezzel szemben a fitoplanktonban gazdag hazai vizekben túlnyomórészt a klorofilltartalmú algák képezik e lények főtáplálékát, amit a bélcsatorna élénk zöld színe is elárul. Feltétlenül tisztázni kell tehát, hogy milyen mértékben vesznek részt a fitoplankton-algák és a detritusz a zooplankton táplálásában. Valószínűnek tartom, hogy ez a különféle víztípusok szerint változik, de annak végleges tisztázása még a jövő feladata. Amennyiben ez a kérdés tisztázódik, feltehető, hogy a különböző típusú vizek szerint eltérő szintekbe kell majd sorolni az egyes planktonszervezeteket. Ez azt bizonyítja, hogy a természetben a viszonyok sokkal bonyolultabbak, semhogy egyszerű skatulyázással oldhatnók meg a problémát.

Donászy Ernőnek a *Velencei-tó* produkciós-biológiai vizsgálatára vonatkozó kutatási eredményei újabb tapasztalati bizonyítékokat nyújtanak a fitoplankton asszimilációs folyamatának intenzitása és a fényerősség kapcsolatára. Miként az az előadásban ismertetett produkciós-biológiai elmélettől várható, a *Velencei-tó* karbonát- és hidrokarbonát-ión tartalmának évi periódikus változásában három-három egymással ellentétes irányú kilengés jelentkezett az 1952. évi vizsgálatok folyamán. A kilengéseket nyilván a nap fényerejének növekedésével, majd csökkenésével járó optimális és az optimálisnál erősebb káros fényintenzitás törvényszerű változása okozza, ami az elméletnek megfelelő időpontokban lépett fel. Ennek felismerését Donászy Ernőnek igen szellemes grafikus ábrázolása lényegesen megkönnyítette.

Entz Béla értékes hozzászólásában több olyan új szempontot vet fel, amelyek a jövőben végzendő produkciós-biológiai vizsgálatok során újabb eredményekkel kecsegtetnek. Így például a bifokális rendszer kapcsán lehetségesnek tartja a tavak produkciós-biológiai tipizálásának újszerű módját kidolgozni. A Balatonra nézve például saját tapasztalatai alapján megállapítja, hogy a makrovegetáció szervesanyag termelése hozzávetőlegesen 1%, míg a fitoplanktoné meghaladja a 99%-ot. Ez az adat nagymértékben alátámasztja az előadott elméleti elgondolást. Több más értékes gondolatáért és elismerő szavaiért hálás köszönetet mondok.

Jaczó Imre rendkívül érdekes kérdést vetett fel, midőn felhívja a figyelmet a mindenütt jelenlevő élősködők produkciós-biológiai szerepének különleges voltára. Ezek szerepét a vizi élettérben lejátszódó biológiai történés során igen bonyolulttá teszi az átalakulásukkal kapcsolatos gazdacseréjük. Megállapítja, hogy ugyanaz az individuum a gazdacsere folyamán több szinten is szerepelhet anélkül, hogy felhasználható energiaforrássá válnék. Ennélfogva az energiaszintek részére haszontalan szervezetek, sőt a különböző szintekhez tartozó gazdájuk részére is káros hatásúak. Ennek az elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt érdekes kérdésnek felvetéséért Jaczó Imrét különös köszönet illeti meg.

Woynarovich Elek a mezőgazdasági tudományok doktora, produkciós-biológiai elméletünk alapján a széntrágyázás bevezetését tartja olyan mesterséges beavatkozásnak, amellyel a halastavak hozama a fitoplankton szervesanyagtermelésének fokozása útján közvetve lényegesen emelhető. Ilyen kísérleteket már be is állított, amelyek eredményei a közeli jövőben várhatók.

Nem kevésbbé értékesek azok az elvi elgondolásai, amelyeket újabb fajoknak valamely vízbe való betelepítésére vonatkozóan vetett fel. Möbiusz szerint ugyanis a természetes vizekben, mint biocönetikus téregységben, mindenkor a maximális életközösség alakul ki, ami másszóval azt jelenti, hogy a természetes vizek élőszervezetekkel mindenkor telítetteknek tekintendők. Ezzel szemben Thienemann ennek ellenérveként a sikeres betelepítési kísérleteket hozza fel. Thienemann itt is dilemmája befolyása alatt áll, amennyiben helyesen állapítja meg Woynarovich, hogy a betelepítéssel produkciós-biológiai szempontból változás nem áll be a biocönozisban, mert annak energiaforgalma változatlan csupán csak szerepcserét jelent az idegen fajok betelepítése, amennyiben az anyagcsereforgalom lebonyolításába más szervezetek is bekapcsolódnak anélkül, hogy a víz totális termelése változást szenvedne. Új fajok betelepítésével, miként azt Woynarovich a *Limnomysis Benedeni*-nek a Balatonba való vitelével meg is kísérelte, a vizek termelő-

képessége gyakorlati szempontból minden valószínűség szerint előnyösebben használható ki.

Varga Lajos a biológiai tudományok doktora arra az elméleti szempontból érdekes tényre mutat rá, hogy vannak olyan biotopok, mint például a talaj, az erdei alomtakaró, a barlangok, amelyekben a vízben is megélő szervezetek biocönózisa igen gazdag, noha építő szervezetek itt a fény hiánya miatt nem élhetnek meg. Erre vonatkozólag megjegyzem, hogy valószínűleg itt is a kemoszintézissel asszimiláló autotrof szervezeteknek jut szerepük, miként azt Dudich Endre akadémikus annakidején az aggteleki cseppkőbarlangra nézve kimutatta.

Befejezésül ismételten köszönetet mondva valamennyi hozzászóló igen értékes és gondolatokban gazdag hozzászólásáért, röviden ki szeretnék még térni egy a Nagygyűléssel kapcsolatosan többszörösen felmerült kérdésre, nevezetesen a morfológiai és kísérletező irányú biológiai kutatás kérdésére. Már előadásomban is kidomboritottam, de itt is hangsúlyozni kívánom, hogy a morfológiai, illetőleg szisztematikai kutatás egyenrangú a kísérletező biológiai munkával, ha azt nem önmagáért, hanem az általános biológiai kutatás továbbvitele érdekében végezzük. Utalok arra, hogy hol tartana ma a hidrobiológia ha azzal karöltve morfológiai és szisztematikai vizsgálatokat nem végeztek volna? Az ezirányú vizsgálatokat a jövőre nézve is szükségesnek tartom, természetesen ökológiai, élettani, fejlődéstani stb. vizsgálatokkal kapcsolatosan. Az ilyen irányú morfológiai és szisztematikai vizsgálatok a kísérletező biológia körébe tartoznak.

A kiadásért felel: Mestyán János

Műszaki felelős: Farkas Sándor

Kézirat beérkezett: 1953. VII. 7. Terjedelem: 13¼ (A/5) ív + 1 melléklet, 26 ábra.

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-u. 2. — 25823/53 — Felelős vezető: ifj Puskás Ferenc

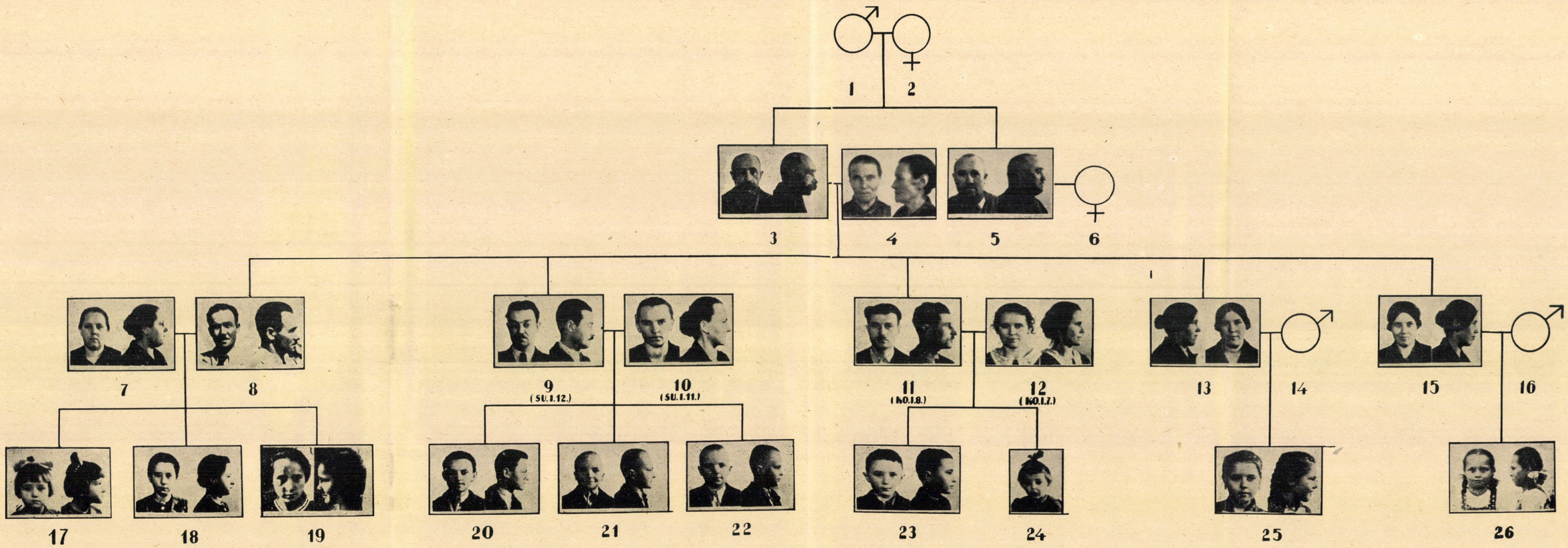
XXXVIII. TÁBLÁZAT

Ivádon megvizsgált egyének típusmegoszlása jellegegyüttesek alapján

Idegenek																				Hadak	Ivádyak																								Megjegyzés
Megjegyzés	%	Összesen	Meghatározatlan		VIII.		VII.		VI.		V.		IV.		III.		II.		I.			I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.		VIII.		Meghatározatlan		Összesen	%	
			absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%		absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%			
	100,0	40	8	20,00	6	15,00	—	—	—	—	—	—	6	15,00	12	30,00	8	20,00	—	—	Antal	24	60,00	—	—	10+	25,00	4	10,00	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5,00	40	100,00	+Protoeuropid
+ Az idegenek nagyrésze anyai ágon Ivády	100,0	110	24	21,80	—	—	—	—	4	3,60	—	—	8	7,3	14	12,70	17	15,50	43+	39,10	Bialos	138	53,07	60	23,07	15	5,76	3	1,15	—	—	7	2,67	3	1,15	3	1,15	31	11,92	260	99,98	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Birka	11	55,00	5	25,00	2	10,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	10,00	20	100,00	+Fáli jelleg
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Borsos	18	45,00	9	22,50	4+	10,00	3	7,50	—	—	2	5,00	—	—	—	—	4	10,00	40	100,00	
	100,0	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	16,70	—	—	14	46,70	11	36,5	Dávid	53	53,00	19	19,00	9	9,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	19,00	100	100,00	
Lapponoid jellegek is + Egyrésze anyai ágon Ivády	100,0	70	2	2,90	6	8,60	—	—	5	7,10	—	—	—	—	15	21,40	29+	41,40	13	18,60	Epró	33	47,14	15	21,42	8	11,42	—	—	4	5,71	—	—	—	—	—	—	10	14,28	70	99,97	
	100,0	80	15	18,80	5	6,20	2	2,50	—	—	—	—	—	—	22	27,50	18	22,50	18	22,50	+Esküdt	105	48,09	50	21,72	22+	10,00	3	1,36	—	—	—	—	—	—	—	—	40	18,18	220	100,00	+Proteuropid elem
	100,0	30	—	—	5	16,70	—	—	—	—	10	33,33	10	33,33	—	—	5	16,70	Hegyi	72	65,45	7	6,36	10	9,09	5	4,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	14,54	110	99,98	
	100,0	10	4	40,00	6	60,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Ignác	14	28,00	21	42,00	8	16,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	14,00	50	100,00	
	99,9	30	8	26,70	—	—	4	13,33	—	—	—	—	—	—	4	13,30	4	13,30	10	33,33	Kovács	80	57,14	9	6,42	4	2,85	—	—	—	—	—	—	2	1,42	5	4,27	40	28,00	140	100,00	
	100,0	10	5	50,00	—	—	5	50,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Kutri	71	64,54	22	20,00	4	3,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	11,81	110	99,98	
	100,0	10	3	30,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	70,00	—	—	Laci	25	31,25	22	27,50	10	12,50	8	10,00	—	—	2	2,50	—	—	—	—	13	16,25	80	100,00	
	100,0	30	8	26,70	5	16,70	—	—	2	6,66	—	—	—	—	—	—	10	33,30	5	16,70	László	190	61,29	66	21,29	34	10,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	6,45	310	99,99	
	100,0	60	7	11,70	7	11,70	—	—	—	—	—	—	—	—	15	25,00	11	18,30	20	33,30	Példeák	96	50,52	37	19,47	15	7,89	—	—	—	—	—	—	—	—	5	2,63	37	19,47	190	99,98	
	100,0	30	6	20,00	4	13,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	26,70	12	40,00	Péter	45	56,25	25	31,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	12,50	80	100,00	
	100,0	20	1	5,00	—	—	—	—	4	20,00	—	—	—	—	—	—	8	40,00	7	35,00	Sulyok	150	48,38	91	29,35	27	8,70	3	0,96	—	—	16	5,16	—	—	—	—	23	7,43	310	99,98	
	100,0	30	—	—	—	—	5	16,70	10	33,33	—	—	—	—	3	10,00	3	10,00	9	30,00	Sütő	52	43,33	35+	27,50	8	6,66	—	—	—	—	—	—	3	2,50	—	—	22	18,33	120	99,99	+Esetenként europoszibirid
	100,0	20	—	—	—	—	—	—	7	35,00	—	—	—	—	3	15,00	10	50,00	—	—	Tamás	15	75,00	3	15,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	10,00	20	100,00	
	99,9	30	7	23,40	—	—	—	—	7	23,40	—	—	—	—	—	—	16	53,30	—	—	Veres	49	61,25	22	27,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	3,75	80	100,00	
Összesen absz.	99,9	640	98	15,32	39	6,09	19	2,96	41	6,40	—	—	29	4,54	98	15,32	163	25,46	153	23,90		1241	52,90	518	22,09	190	8,10	29	1,25	4	0,18	27	1,16	8	0,35	13	0,55	314	13,40	2350	99,99	Összesen absz.

Ivádyak és idegenek együttesen

I.		II.		III		IV.		V.		VI.		VII.		VIII.		Meghatározatlan		Összesen	%
absz. sz.	%	absz sz	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz,	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%	absz. sz.	%		
1394	46,71	681	22,84	288	9,65	58	1,94	4	0,13	68	2,28	27	0,90	52	1,74	412	13,80	2990	99,99



39. ábra. Ivádi típusok. A Sulyok had egy részlegének három generációja. A számok alatti hivatkozások a fényképes családfa más lapjaira utalnak. A 9 és 10-es rokonházasságot kötött

XXXVI. TÁBLÁZAT

Az ivádi férfiak hat fontosabb embertani jelleg alapján megállapított jellegkombinációi

Kombináció Nr.	Testmagasság	Hosszúság-szélességi jelző	Morfológiai arcjelző	Orrjelző	Szemszín	Hajszín	Hadak (kezdőbetűkkel rövidítve)	Előfordulás abs.	Előfordulás %	
1	magas	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	Pá (1), Es (1), Lá (2), Ko (1)	5	3,75	
2	«	«	«	«	kevert	«	Ku (1), Lá (1), Ig (1), Id (1)	4	3,00	
3	«	«	«	«	kék	«	Lá (1), Id (2)	3	2,25	
4	«	«	«	mesorrhin	barna	«	Pé (1)	1	0,75	
5	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«	Pé (1), Es (1), Lá (1), H (2), Id (1)	6	4,51	
6	«	«	«	«	kevert	«	Es (1), A (1), La (1), Lá (1)	4	3,00	
7	«	«	euryprosop	«	barna	«	Lá (2), Pé (1), Ko (1)	4	3,00	
8	«	«	mesoprosop	mesorrhin	barna	«	Bi (1), A (1), Ko (1)	3	2,25	
9	«	«	euryprosop	leptorrhin	kevert	«		—	—	
10	«	«	«	mesorrhin	barna	«		—	—	
11	«	mesocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«	D (1)	1	0,75	
12	«	«	«	«	kevert	«		—	—	
13	«	«	«	mesorrhin	kék	«	Ep (1), A (1)	2	1,50	
14	«	«	mesoprosop	leptorrhin	kevert	«	D (1)	1	0.75	
15	«	«	euryprosop	mesorrhin	kevert	«		—	—	25,51%
16	középmagas	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	D (1), V (3), Ku (2), Pá (1), Ko (2), Es (1), Su (2), Id (3)	15	11,27	
17	«	«	«	«	kevert	«	Ep (1), Es (1), Lá (1), La (1), Ig (1), T (2), Sü (2), Ko (2), Su (2)	13	9,77	
18	«	«	«	«	kék	«	D (1), Es (2), Sü (1)	4	3,00	
19	«	«	«	mesorrhin	kevert	«	Es (1), Bi (2), Id (1)	4	3,00	
20	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«	Es (1), Lá (2), Bo (1), A (1), Pá (1), V (1), Su (1), Id (1)	9	6,76	
21	«	«	«	«	kevert	«	Lá (1), Bi (1), D (1), Su (1), Id (1)	5	3,75	
22	«	«	«	«	kék	«	D (1), Bi (1), Su (1)	3	2,25	
23	«	«	«	mesorrhin	barna	«	Sü (1), Ep (1), Es (1), Lá (1), Su (2)	6	4,51	
24	«	«	«	«	kék	«	Bi (1)	1	0,75	
25	«	«	euryprosop	leptorrhin	barna	«	Pá (1), Ku (1), Es (1), Lá (1), La (2), A (1), Su (2), Id (1)	10	7,57	
26	«	«	«	«	kevert	«	Gy (1), Id (1)	2	1,50	
27	«	«	«	«	kék	barna	D (1), Sü (1), Es (1), Lá (1)	4	3,00	
28	«	«	«	mesorrhin	barna	barna-fekete	A (1), Su (1)	2	1,50	
29	«	«	«	«	kevert	«	Bi (1), Id (1)	2	1,50	
30	«	mesocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«	Pá (1)	1	0,75	
31	«	«	«	«	kevert	«	Pé (1)	1	0,75	
32	«	«	«	«	kevert	szőke		—	—	
33	«	«	«	«	kék	barna-fekete		—	—	
34	«	«	mesoprosop	mesorrhin	kevert	«	Ep (1)	1	0,75	
35	«	«	«	leptorrhin	barna	«		—	—	
36	«	«	«	«	kék	szőke		—	—	62,38%
37	alacsony	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	Su (1), Id (1)	2	1,50	
38	«	«	«	«	kevert	«	Id (1)	1	0,75	
39	«	«	«	«	kék	«	Bo (1)	1	0,75	
40	«	«	«	mesorrhin	kevert	«	V (1)	1	0,75	
41	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	
42	«	«	«	«	kevert	«	Pá (1), Sü (1), V (1), Pé (1)	4	3,10	
43	«	«	«	mesorrhin	kevert	szőke	Bi (1)	1	0,75	
44	«	«	euryprosop	leptorrhin	barna	barna	Pá (1), D (1), Id (2)	4	3,00	
45	«	«	«	«	kék	barna-fekete	Id (1)	1	0,75	
46	«	«	«	mesorrhin	barna	«		—	—	
47	«	«	«	«	kevert	«		—	—	
48	«	«	«	«	kék	«		—	—	
49	«	mesocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	
50	«	«	mesoprosop	«	kevert	szőke	Ep (1)	1	0,75	
51	«	«	«	mesorrhin	barna	barna-fekete		—	—	
52	«	«	euryprosop	mesorrhin	kevert	«		—	—	
53	«	dolichocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	12,10%

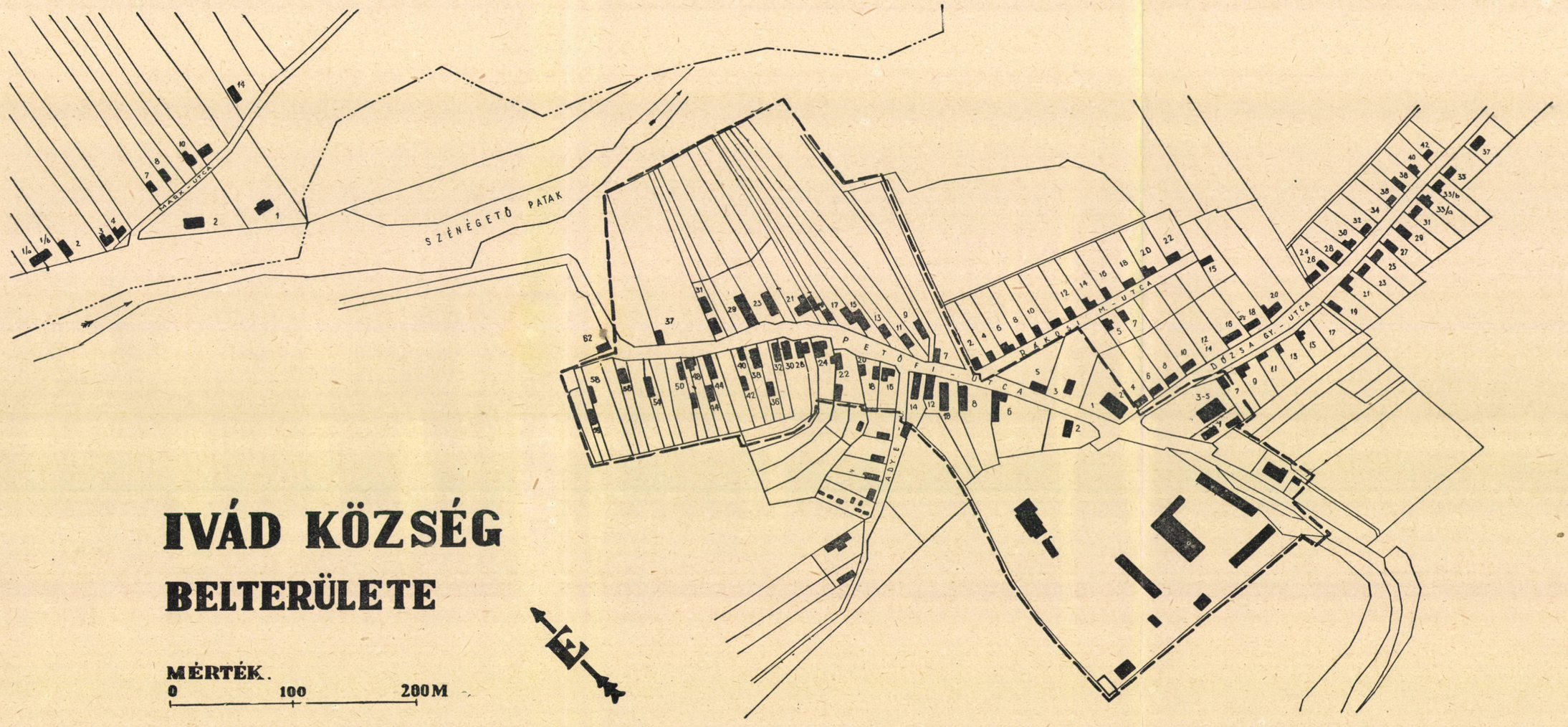
XXXVII. TÁBLÁZAT

Az ivádi nők hat fontosabb embertani jelleg alapján megállapított jellegkombinációi

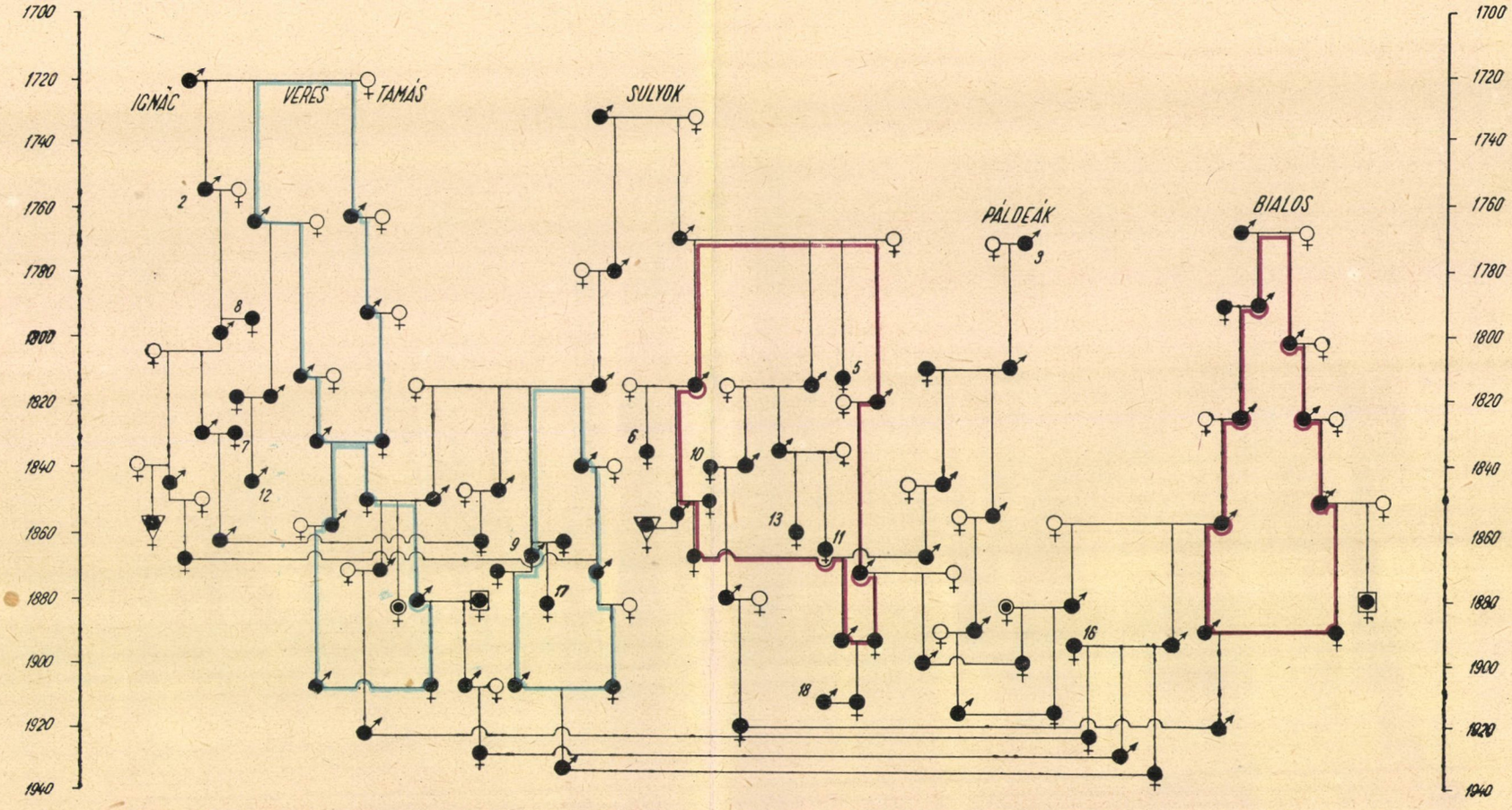
Kombináció Nr	Testmagasság	Hosszúság-szélességi jelző	Morfológiai arcjelző	Orrjelző	Szemszín	Hajszín	Hadak (kezdőbetűkkel rövidítve)	Előfordulás abs.	Előfordulás %	
1	magas	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	Ko (1), Pá (1), Es (2), Ig (2), Su (1) Id (3)	10	6,66	
2	«	«	«	«	kevert	«	D (1), Su (1)	2	1,33	
3	«	«	«	«	kék	«	Pá (1), Es (1), Id (1)	3	2,00	
4	«	«	«	mesorrhin	barna	«		—	—	
5	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«	Ko (2), Ig (1), Id (2)	5	3,33	
6	«	«	«	«	kevert	«	Ku (1), Id (1)	2	1,33	
7	«	«	«	«	kék	«	Pé (1)	1	0,66	
8	«	«	«	mesorrhin	barna	«		—	—	
9	«	«	euryprosop	leptorrhin	barna	«	Su (1), Bo (1), Lá (2), Id (3)	7	4,66	
10	«	«	«	mesorrhin	barna	«	Bi (1)	1	0,66	
11	«	mesocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	
12	«	«	«	«	kevert	«		—	—	
13	«	«	«	«	kék	«		—	—	
14	«	«	mesoprosop	leptorrhin	kevert	«		—	—	
15	«	«	euryprosop	mesorrhin	kevert	«		—	—	20,63%
16	középmagas	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	Pá (2), Bi (1), V (1), Es (1), Lá (2), Ku (1), Ko (1), Id (10)	19	12,73	
17	«	«	«	«	kevert	«	Es (1), Bi (1), Pá (2), Su (2), D (1), Id (1)	8	5,33	
18	«	«	«	«	kék	«	Su (1), Bi (1), Lá (1), Id (4)	7	4,66	
19	«	«	«	mesorrhin	kevert	«	Su (1), Bi (2), Ig (1), Id (1)	5	3,33	
20	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«	Pá (5), Bi (1), Lá (2), Su (2), Pé (1), La (1), Id (4)	16	10,66	
21	«	«	«	«	kevert	«	Lá (2), Su (1), V (1), Es (1), Pá (1), Gy (1), Id (3)	10	6,66	
22	«	«	«	«	kék	«	Ko (1), Id (1)	2	1,33	
23	«	«	«	mesorrhin	barna	«	Bi (1)	1	0,66	
24	«	«	«	«	kék	«		—	—	
25	«	«	euryprosop	leptorrhin	barna	«	Sü (2), Su (2), Pá (1), Id (4), La (1), Ko (1)	11	7,39	
26	«	«	«	«	kék	«	Su (1), La (1), V (1), Sü (1), Ko (1), Bi (1), Es (1), Id (5)	12	8,00	
27	«	«	«	«	kék	szőke	Id (1)	1	0,66	
28	«	«	«	mesorrhin	barna	barna-fekete	Sü (1), Id (1)	2	1,33	
29	«	«	«	«	kevert	«	Id (1)	1	0,66	
30	«	mesocephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	
31	«	«	«	«	kevert	«		—	—	
32	«	«	«	«	kevert	szőke		—	—	
33	«	«	«	«	kék	barna-fekete		—	—	
34	«	«	«	mesorrhin	kevert	«		—	—	
35	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«		—	—	
36	«	«	euryprosop	leptorrhin	kék	szőke	Id (1)	1	0,66	64,06%
37	alacsony	brachycephal	leptoprosop	leptorrhin	barna	barna-fekete	Pá (3), Su (1), Id (2)	6	4,00	
38	«	«	«	«	kevert	«	Su (1), Bi (1), Id (2)	4	2,66	
39	«	«	«	«	kék	«	Gy (1), Id (1)	2	1,33	
40	«	«	«	mesorrhin	kevert	«		—	—	
41	«	«	mesoprosop	leptorrhin	barna	«	Bi (1), V (1), Id (1)	3	2,00	
42	«	«	«	«	kevert	«	Bi (1)	1	0,66	
43	«	«	«	mesorrhin	barna	«		—	—	
44	«	«	euryprosop	leptorrhin	kevert	«	Es (1), Su (1), Id (1)	3	2,00	
45	«	«	«	«	kék	«	Su (1)	1	0,66	
46	«	«	«	mesorrhin	barna	«	V (1), Id (1)	2	1,33	
47	«	«	«	«	kevert	«	V (1)	1	0,66	
48	«	«	«	«	kék	«		—	—	15,30%

IVÁD KÖZSÉG
BELTERÜLETE

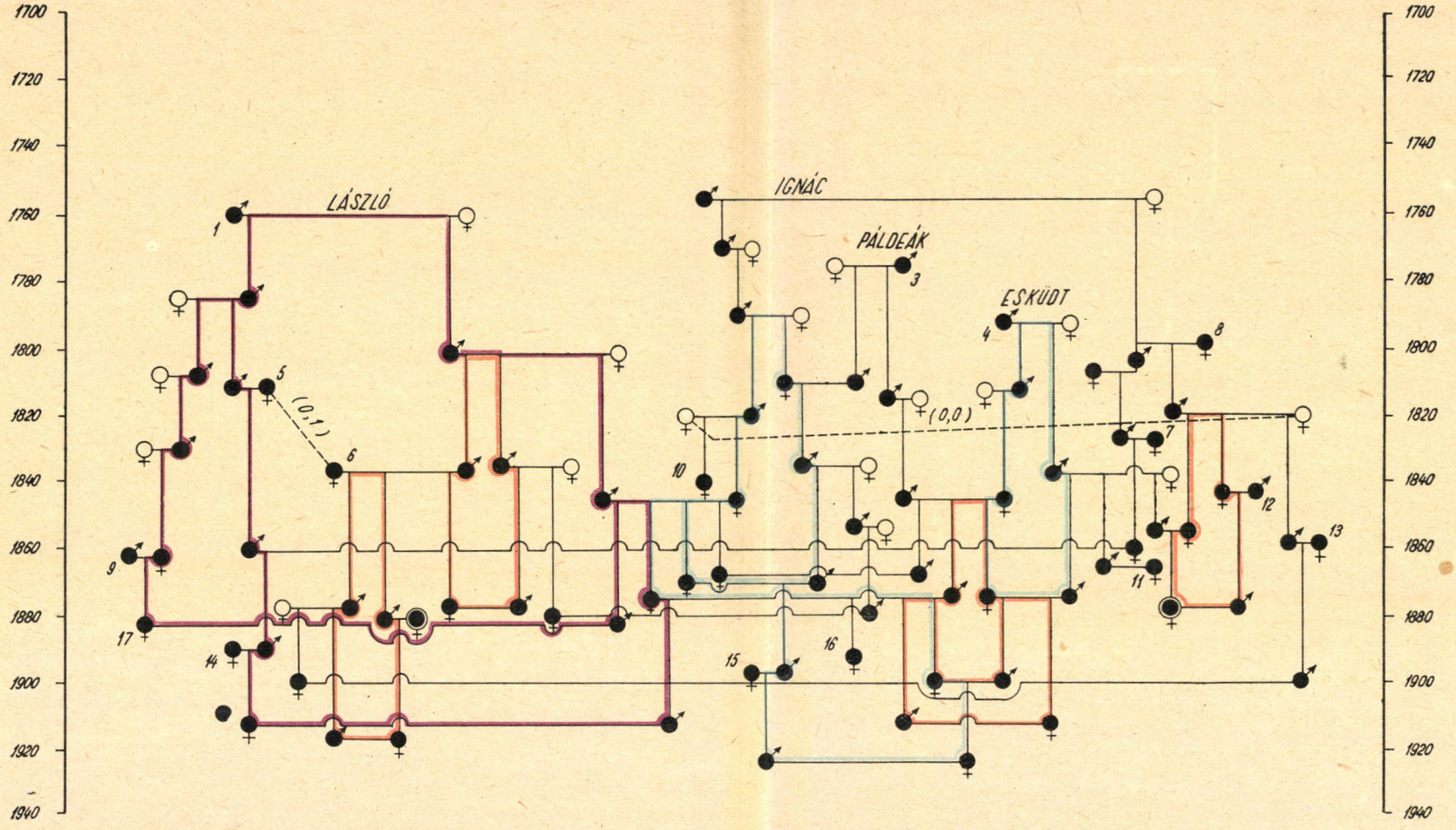
MÉRTÉK.
0 100 200 M



3. ábra



26. ábra. A 25. ábrához kapcsolódó családszövevény-részleg többszörös rokoni házassággal. Az egyes jelzések és számok magyarázatára vonatkozólag lásd a 24. és 25. ábra szövegét



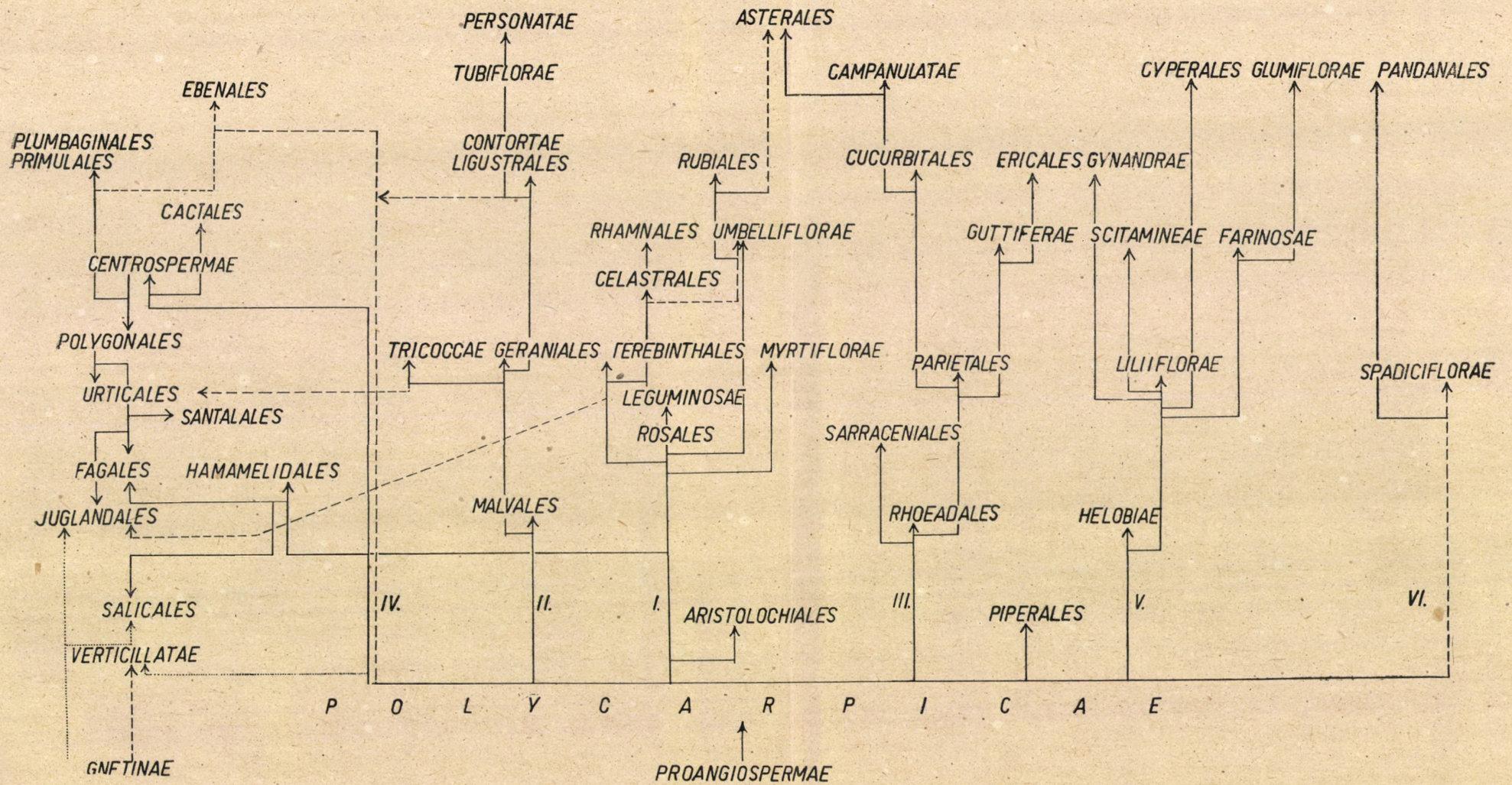
25. ábra. Példa a rokoni házassági kapcsolatokra az Ivády családszövevényben, a család endogám tendenciájú hadain belül és azok között. Az évszámok leolvasására vonatkozólag lásd a 24. ábra szövegét. Piros jelzés: (1+1) unokatestvéri házasság; kék jelzés: (2+1) és (2+2) rokoni házasság; lila jelzés: (3+2, (3+3), (4+2) és (4+3) rokoni házasság. Az előforduló (0, 0) jelzés testvéri kapcsolatot, a (0,1) jelzés pedig nagynénje-unokahuga kapcsolatot jelent. Az azonos jellel (pl. háromszög, kettős kör, stb.) megkülönböztetett személyek az ábrán két helyen szerepelnek, a túlságos összebonyolódottság elkerülése céljából. Az egyének mellett álló számok a 25. és 26. ábrán egyaránt ábrázolt személyek azonosítására szolgálnak.

XIV. táblázat

Lárvák	1950								1951																													Összesen
	VI. 1.	VI. 20.	VI. 1.	VI. 17.	VII. 22.	VI. 17.	VI. 20.	VII. 22.	III. 29.	IV. 19.	V. 11.	VI. 26.	VII. 23.	VII. 31.	VIII. 31.	IV. 19.	V. 12.	IV. 19.	VII. 23.	VII. 31.	IV. 19.	V. 12.	VI. 26.	VII 23.	VIII. 31.	IV. 19.	V. 12	VI 26.	VII. 23.	VII. 28.	VIII. 31.	X. 1.	V. 11.	VII. 23.	VII. 31.	IV. 19.	V. 12.	
	Sásos mocsár		Levezető árok			Halastó szegélye	Ásott gödör	Mesterséges tó	Berek, rét							Fás mocsár		Levezető árok			Sásos mocsár					Balaton parti rét						Berek, nádas			Füzes közti pocsolyák	Betongyűrű	
Anopheles bifurcatus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
Anopheles maculipennis	24	5	14	62	2	1	136	1	—	—	24	40	—	8	7	—	2	—	33	6	—	2	17	19	14	13	7	8	31	—	6	—	—	—	—	—	—	482
Theobaldia alascaënsis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	—	—	—	—	—	23
Theobaldia annulata	—	—	—	—	—	23	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	27
Aëdes cantans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
Aëdes caspius	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	15	32	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	16	39	—	—	—	1	—	—	—	199
Aëdes cinereus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	3
Aëdes diversus	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Aëdes dorsalis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	14	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42
Aëdes leucomelas	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Aëdes variegatus	—	—	—	—	—	—	—	—	29	35	—	—	—	—	—	3	—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110
Aëdes vexans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	1	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	4	33	191	—	—	—	1	—	4	—	259
Culex apicalis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Culex hortensis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3
Culex modestus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	10	—	—	—	—	8	—	—	—	7	2	11	—	—	—	1	—	5	—	—	—	—	—	—	48
Culex pipiens	—	—	—	—	—	1	117	—	—	—	9	145	7	99	139	—	—	—	107	—	—	—	11	1	1	—	17	33	81	1006	147	—	2	1	12	—	201	2137

VI. táblázat

| Lárvák | 1950 | | | | | | | | | | 1951 | | | | | | | | | |



3. ábra. A zárvatermők sorozatainak törzsfája (Soó 1947 átdolgozva 1951) A szaggatott vonalak a különösen bizonytalan kapcsolatokat jelentik, az ábra baloldalán a *Gnetineae* ősökre mint lehetőségre is utalnak. Az azonos magasságban írt nevek, mintegy azonos fejlődési fokot jelen tenek.