

KÖLCSÖNHATÁSOK A VIZEK ANYAGFORGALMÁBAN*

MAUCHA REZSÓ

Állattenyésztési Kutató Intézet, Haltenyésztési Osztály

(Érkezett: 1951. március 30.)

Ha a természetben bárhol vízfelhalmozódás keletkezik, az nem marad steril, hanem csakhamar víziszervezetekkel népesedik be, *biotóppá* alakul át. A biotóp fogalmát először a növényföldrajzban alkalmazták, ahol az az idiografiai értelmezésű *lelőhellyel* (Fundort) szemben az ökológiai jelentőségű *élőhely* fogalmát jelenti. A növényföldrajzban ugyanis biotópon azt a területet értjük, amelyen valamely növénytársulás kialakulására és tartós fennmaradására a szükséges életfeltételek rendelkezésre állanak. Az ugyancsak ökológiai alapokon felépült limnológiai kutatás a biotóp fogalmát szintén átvette, itt azonban annak dimenziója nem terület, hanem tér, mert a limnológiai vizsgálatok tárgyát képező biológiai folyamatok vízzel kitöltött háromdimenziós térben mennek végbe, melyek során a térnek, mint környezeti tényezőnek, jelentős ökológiai szerepe van, amit térhatásnak neveznek. A biotóp elnevezés azonban, a limnológiában ma már begyökeresedett, ezért használatától annak ellenére sem zárkozhatom el, hogy e tekintetben némi többértelműség észlelhető, ami abban is megnyilvánul, hogy a limnológusok egy része azt *élőhelynek* (Lebenstätte), másrésze pedig *élettérnek* (Lebensraum) fordítja. Az előadottakból nyilvánvaló, hogy a limnológiai kutatás szempontjából e fordítások egyike sem szabatos, ezért a későbbiek folyamán biotóp helyett megfelelőbbnek látszó más kifejezést hozok javaslatba, egyelőre azonban *Zernov*-val, a hírneves szovjetorosz hidrobiológussal egyetértően az általánosan használt biotóp kifejezést megtartom.

Thienemann volt az első, aki a biotópból és az azt benépesítő élőlények összességéből, a *biocönózisból* összetevődő rendszer valódi biológiai jelentőségét felismerte, midőn a korszerű limnológia alapvető tételét kimondotta, amely szerint *a természetes vizek magasabbrendű egységet, az egyed felett álló egészt (überindividuelle Ganzheit) képviselnek*. Ezt úgy kell érteni, hogy bármely vízfelhalmozódás, mint biotóp, a benne kifejlődött biocönózissal együtt olyan az egyednél magasabbrendű *szervezettség* (organizáció), mely mint egység vagy egész, önmagát fenntartani képes. *Friederichs* az ilyen szervezettségeket, tekintet nélkül arra, hogy azok szárazföldi vagy vízi biotópokra vonatkoznak, *holocönnek* nevezi. A különböző biotópok egymástól való elhatároltsága azonban nem tökéletes, miért is egymást kisebb-nagyobb mértékben kölcsönösen befolyásolják, ezért teljesen független holocön, vagyis eszményien önellátó biotóp földünkön

* Ezen értekezésem tartalma lényegileg azonos a Magyar Tudományos Akadémia IV. Osztálya 1950. március 30-i ülésén »*A dialektika szerepe a vízi-életter anyagforgalmában*« címen elhangzott előadásoméval. Az azóta eltelt hosszabb idő folyamán részemre hozzáférhetővé vált újabb szovjetorosz irodalom figyelembevételével szükségesnek tartottam azonban az eredeti szöveget kiegészíteni.

csak egyetlen vonatkozásban képzelhető el, és ez az egész bioszféra. Ezért javasoltam az egyes részlet-holocönöket az eszményitől való megkülönböztetés végett holocönszerű egységeknek, *holocönoidoknak* elnevezni. Valamennyi földi holocönoid közül a vízi biotópból kialakult egység közelíti meg leginkább az eszményi holocönt, mert valamennyi között a vízi biotóp elhatároltsága a leg-tökéletesebb.

Thienemann ezen tétele nagy lendületet adott a nemzetközi limnológiai kutatásnak. Így a Szovjetunióban *Szkadovszkij*, aki köré az 1917. évi forradalom után a fiatal orosz limnológusok csoportosultak, nagy lelkesedéssel csatlakozott a thienemanni eszmékhez, amire jellemző, hogy az általa alapított *zvenigorodi* új hidrobiológiai állomást azok hatása alatt »*vízéletteni*« intézetnek nevezte el, amivel mintegy a vízi holocönoid élőlényyszerű jellegét ójhatta kidomborítani. Itt említjük meg, hogy *Szkadovszkij* az elsők között volt, akik a vízvizsgálat terén a hidrogénionkoncentráció meghatározását alkalmazta, és általában igen széleskörű ökológiai irányú vizsgálatokat végzett, melyek nagyban hozzájárultak a korszerű limnológia kialakításához.

A vízi biotópban, mint háromdimenziós térben és időben különféle fizikai, kémiai és biológiai folyamatok mennek végbe, melyeket együttesen *biológiai történéseknek* szokás nevezni. A biológiai történések során lejátszódó folyamatok egymással, valamint a biotóp abiotikus és biotikus tényezőivel külön-külön és együttesen is a legszorosabb *kauzális kapcsolatban* állanak. Mindezen tényezők, az ú. n. *környezeti (miliő) tényezők* szabják meg a biológiai történések lefolyását. Bármelyik tényező intenzitásának változása döntő módon befolyásolja a biológiai történések menetét. Legyen azonban bármilyen bonyolult is a biológiai történések a vízi holocönoidban, az végeredményben az alábbi egyszerű redox körfolyamatra vezethető vissza :



E körfolyamat lényegileg szerves vegyületek felépítését és azok elbontását fejezi ki. A felső nyíl irányában lefolyó szakasza *redukció*, tehát olyan kémiai átalakulás, mely energiafelvétellel jár. Az alsó nyíl irányában végbemenő második szakasz *oxidáció*, amely mint tudjuk, energiafelszabadulással megy végbe. Miként az egyenletről kitűnik, 6 Mól széndioxid vízfelvétellel 1 Mól szénhidráttá egyesül, miközben 6 Mól oxigéngáz szabadul fel. E folyamat lényege, hogy a redukcióra felhasznált fényenergiával egyenértékű potenciális energia (685.000 cal.) halmozódik fel az oxigénben szegényebb szénhidrátokban. Ez a potenciális energia a vízi holocönoidban lejátszódó biológiai történések kizárólagos energiakészlete. A fenti egyenlet tehát a vízi biotópban lejátszódó anyagátalakulást végeredményben energiaátalakulásra vezeti vissza.

A szóban forgó körfolyamatot a biocönózis táplálkozás-életteni szempontból egymástól élesen megkülönböztethető három csoportja együttesen bonyolítja le. A felső nyíl irányában végbemenő redukciót az autotróf módon, és pedig

elsősorban fotoszintézissel asszimiláló *termelők (producensek)* végzik. Az első nyíl irányában lezajló oxidációt általában a heterotróf módon táplálkozó szervezetek eszközlik. Ezek egyik csoportja táplálékát formált állapotban szájnyíláson keresztül veszi fel, tehát állati módon táplálkozik. Ezek a *fogyasztók* vagy *konzumensek*. Lényeges megjegyezni, hogy a konzumensek táplálékukat élő és elhalt testek alakjában egyaránt fogyasztják. A heterotróf módon táplálkozó szervezetek másik csoportja, a kizárólag szaprotróf módon táplálkozó *elbontó szervezetek* vagy *reducensek*. A konzumensek a testükbe felvett szerves anyagoknak csak kicsi hányadát oxidálják tökéletesen, t. i. csak annyit, amennyi életfolyamataik energiaszükségletének felszabadításához éppen elegendő. Ez egyébként *a producensekre is vonatkozik*, mert életfolyamataik fenntartásához azoknak is van szükségük energiára (disszimiláció). Ezzel szemben a reducensek az elhalt és ezáltal részükre hozzáférhetővé vált szerves vegyületek *egész mennyiségét* széndioxiddá és vízzé oxidálják, amivel tulajdonképpen a körfolyamat reverzibilitását biztosítják.

Az előadottak után most már reá térhetünk a vízi biotópban lejátszódó biológiai történet rövid vázolására. Abból a tapasztalati tényből indulunk ki, hogy a szabad természetben steril víz nem található, mert ha bárhol víz halmozódik fel, az csakhamar benépesül, biotóppá válik. Bár az élet csírái mindenütt jelen vannak, a csírák jelenléte egymagában még nem elegendő ahhoz, hogy a steril víz benépesedjék, mert a kémiai tisztaság hiába telepednének meg a csírák, ha azok ott táplálóanyagokat és oxigéngázt nem találhatnak. Nem tudnának ugyanis kifejlődni, sem pedig megélni, mert egyedül tiszta vízből táplálkozni nem tudnának, továbbá légzésükhöz oxigéngázra van szükségük. Hogy tehát a steril víz a biotóp magasabbrendű fokozatába emelkedjék, annak *conditio sine qua non*-ja, hogy a víz idegen anyagokat tartalmazzon. Erre a vizet igen nagy és főleg sokoldalú oldóképessége képesíti, minek folytán minden testből, mellyel érintkezésbe kerül, több-kevesebb idegen anyagot old ki.

A víz a természetben két felületen érintkezik a környező külvilággal. Ezek a *víz tükre (felszíne)* és a *nedvesített mederfelület*. Előbbin a légkörrel érintkezik, ott tehát a légköri gázokat, utóbbin pedig a talaj kőzeteiből sótartalmát, vagyis az elektrolitokat oldja ki. Tudjuk, hogy a gázok és elektrolitok oldódása szintén megfordítható folyamat. Mindaddig, amíg a légköri gázok parciális nyomása nagyobb a feloldott gázok tenziójánál, gázmolekulák hatolnak a vízbe, ellenkező esetben a feloldott gázok molekulái vissza diffundálnak a légkörbe. Állandó légnyomás és hőmérséklet esetén csakhamar bekövetkezik a stacionárius állapot, másszóval, a *kinetikus egyensúlyhelyzet*, amikor az időegység alatt ugyanannyi gázmolekula hatol a légkörből a vízbe, mint amennyi onnan kilép, vagyis a víz oldott gáztartalma állandó marad, annak ellenére is, hogy a gázmolekulák kétirányú áramlása továbbra is folyamatosan fennmarad. Itt tehát *két egymással ellentétes irányú erő kölcsönhatásából eredő egyensúlyról van szó*, ami a természetben legfeljebb csak egy pillanatra valósulhat meg.

mert az arra hatást gyakorló környezeti tényezők (légnomás, hőmérséklet stb.) állandóan változnak. Ennélfogva az ilyen kinetikai vagy *dinamikus* egyensúlyi helyzetekre az állandó átalakulás jellemző.

Ugyanez áll a talajból felvett elektrolitokra is, ahol az ellentétes irányú erőket a sók oldási tenziója és a feloldott elektrolitok ozmózis nyomása képviseli. Ha pillantanyi egyensúly esetén az elektrolitok oldási tenziója, avagy a feloldott anyagok ozmózis nyomása bármi okból (pl. hőmérsékletváltozás) kifolyóan megváltozik, azonnal megindul megfelelő irányban a molekulák áthelyeződése a víz és a talaj között, ami mindaddig tart, amíg a stacionárius állapot újból helyre nem áll. Az egyensúly tehát ebben az esetben is dinamikus természetű.

Mindezek az átalakulások a steril vízben is folytonosan végbemennek, mert tudjuk, hogy a légnomás és a víz hőmérséklete a meteorológiai tényezők hatására állandóan ingadozik. Minthogy azonban a természetben steril víz nincs, itt egy harmadik felülettel is számolnunk kell, amelyen ugyancsak folytonos anyagkicserélődés megy végbe, és ez a vízben lebegő és a meder felszínére telepedett élő és élettelen testek együttes felülete. Ezen a felületen az anyagkicserélődés azonban lényegesen intenzívebb, mint az előbbi kettőn, nemcsak azért, mert ez a felület sok esetben nagyságrendileg is jóval terjedelmesebb amazoknál, hanem főleg azért, mert ezen a felületen veszik fel, illetőleg adják le az élő szervezetek a testükben lejátszódó és többnyire enzimáktól meggyorsított kémiai reakciók kiindulási anyagait és végtermékeit is. Ennek folyományaként a biocönózis élettani folyamatai állandóan befolyásolják az abiotikus tényezők hatására kialakult dinamikus egyensúlyi állapotot, aminek eredménye, hogy a biocönózis a víz közvetítésével szoros kauzális kapcsolatba kerül a külvilág abiotikus környezeti tényezőivel. Mindezekből nyilvánvaló, hogy a biocönózis a maga egészében hasonló kölcsönhatáson nyugvó dinamikus egyensúlyi viszonyban áll egyrészt a víz fizikai és kémiai tényezőivel, másrészt (a víz közvetítésével) a környező külvilág abiotikus tényezőivel is (meteorológiai viszonyok).

De a biocönózis egyes csoportjai egymással is ilyen dinamikus egyensúlyban állanak, mint azt az alábbiak igazolják. A víz és az abiotikus külvilág tényezőivel a közvetlen kapcsolatot a producensek tartják fenn, amire azokat *autotróf* táplálkozásmódjuk képesíti, mert ez a képességük teszi lehetővé, hogy a szerves világban önállóan meg tudjanak élni. A biocönózis másik két csoportját, a konzumenseket és reducenseket viszont heterotróf táplálkozásmódjuk a producensek szervesanyag termelésére utalja. A producensekre hárul tehát a feladat, hogy a vízi holocönoid egész szervesanyagszükségletét felépítsék és ezzel annak potenciális (hasznosítható) energiakészletét biztosítsák. Ezt az energiakészletet a fotoszintézissel asszimiláló producensek a napfény sugárzó energiájából merítik. (A kemoszintézissel asszimiláló producensek, [nitrifikáló, kén- és vasbaktériumok] ugyan szintén kimutathatók valamennyi vízi biotópban, ezek szervesanyag termelése azonban az előbbiekéhez viszonyítva elenyészően csekély, miért is inkább mint reducensek jönnek tekintetbe.)

A fotoszintézissel asszimiláló producensek közül kétségkívül a *fitoplanktonalgák* jelentősége a legnagyobb a vízi biocönózis szervesanyag szükségletének termelése szempontjából. Ez nemcsak abból következik, hogy a fitoplankton a természetes vizekben obligatoriusan és valamennyi producens közül rendszerint legnagyobb mennyiségben van jelen, hanem lebegő életmódja is arra mutat. Táplálékát ugyanis közvetlenül a vízből, diffúzió útján kénytelen felvenni. A fitoplankton tehát típusosan vízi producens és mint ilyen, már egymagában is alkalmas arra, hogy a vízi biocönózis szervesanyagszükségletét biztosítsa. A fitoplanktonnal szemben a *Phragmitetum*, továbbá a submerzus vízfőlő nem tekinthető kizárólagosan vízből táplálkozó növényzetnek, mert előbbieket nem is vízi szervezetek, hanem csak hidrofil szárazföldi vegetáció, mely táplálékát részint a légkörből, részint a talajból, vagyis a vízi biotópon kívül eső terekből szerzi be. A submerzus flóra pedig csupán a vízi életmódhoz alkalmazkodott, a vízi és szárazföldi flóra között álló növényzet, mert táplálékát csak részben meríti a vízből, gyökérzetével azonban a talajból táplálkozik. Ezek a növények egyébként nem obligatorikus kísérői a vízi biotópoknak, azok szervesanyagszükségletét ugyanis a fitoplankton nélkülük is képes biztosítani.

E megfontolások alapján a vízi biotóp anyagforgalmának lefolyására vonatkozó további szemléleteink során csak a fitoplanktonra leszünk tekintettel mint producensekre, mert ezek az autotróf vízi szervezetek egymagukban is képesek a független vízi biotópot vagy holocönt, *mint eszményi határesetet* megvalósítani. A vízből és fitoplanktonból álló rendszert ugyanis olyan makroheterogén kémiai rendszernek tekintjük, melynek folyékony fázisa a víz, vagyis a szóban forgó esetben hígított széndioxid oldat, a szilárd fázist pedig a fitoplanktonalgák képviselik. Az ilyen rendszerek reakciósebességét *Nernst és Brunner* szerint a folyékony fázisban oldott hatóanyag (a szóban forgó esetben a hasznosítható széndioxid) diffúziósebessége uralja.

Tudjuk azonban, hogy a diffúzió igen lassú folyamat, ezzel szemben az asszimiláció reakciósebessége igen nagy. Közismert tény, hogy a keményítő napfény hatására már rövid időn belül megjelenik a kromatofórákban. Hogy tehát az asszimiláció mindenkor zavartalanul mehessen végbe, annak előfeltétele, hogy azonos időtartam alatt mindenkor legalább annyi széndioxid diffundáljon az algasejtek belsejébe, amennyi ott az asszimilációhoz szükséges. *Fick* törvénye szerint az időegység alatt diffúzió útján helyét változtató anyagmennyiség arányos az anyag koncentrációjának a diffúzió irányában való esésével és azzal a felülettel, amelyen a diffúzió végbemegy. Adott koncentrációesés esetén tehát annál több széndioxid hatol az algasejtek belsejébe, minél nagyobb térfogatukhoz viszonyított felületük. A testek térfogatához viszonyított felülete viszont annál nagyobb, minél inkább csökkentjük a térfogatot. Ezért a természet mindenütt, ahol az anyagkicserélődés intenzitásának fokozása a cél, a felületnagyságot a testek térfogatának csökkentésével eszközli (pl. vörösvérsejtek, tüdőhólyagok, kopoltyúlemezek, hajszálerek, hajszálgökök stb.). Így történik

ez itt is. A fitoplanktonalgák nagyságrendjét tehát a vízi életmódhoz való alkalmazkodás következményének kell tekinteni, mert így válik lehetővé, hogy a széndioxid mindenkor az asszimiláció mértékének megfelelő mennyiségben diffundáljon az algasejtek belsejébe. Ez egyébként mint azt máshelyütt kimutattam, matematikai úton is igazolható.

Az algasejtek kicsiny testméretei kizárják azonban, hogy bennük nagyobb mennyiségű szerves anyag halmozódjék fel. Intenzív asszimiláció esetén kénytelenek tehát gyorsan szaporodni, aminek viszont a széndioxid vízben való koncentrációja (külső koncentráció) szab határt. *Fick* törvénye szerint ugyanis — mint már említettük — a diffúziósebesség egyrészt a hatóanyag (itt a hasznosítható széndioxid) koncentráció esésével, másrészt avval a felülettel arányos, amelyen a diffúzió történik. Ha mármint az algák olyan nagymértékben elszaporodnak, hogy számuknál fogva megnagyobbodott együttes felületükön több széndioxid diffundál keresztül, mint amennyit a reducensek és konzumensek oxidációs tevékenységük során ugyanazon idő alatt termelnek, akkor az algák már a vízben oldott széndioxidkészletet fogyasztják, vagyis a külső és belső koncentráció (az algasejten belüli széndioxidkoncentráció) különbségét, tehát a széndioxidkoncentráció esését csökkentik, ami a diffúziósebesség és azzal karöltve a termelés, végeredményben tehát a szaporodás korlátozódását vonja maga után.

A természetben azonban ez rendszerint nem következik be, mert a vízi biocönózisban mindig jelen vannak a konzumensek, melyek közvetlenül, vagy közvetve fitoplanktonalgákból táplálkoznak, minek folyamányaként az algák számát állandóan csökkentik. Ha a konzumensek fogyasztása az algák szaporulatát túlszárnyalja, akkor már nemcsak a szaporulatot, hanem a termelő egyedek számát gyérítik, ami a termelőképeség rohamos visszaesésére vezet és végeredményben a konzumensek megélhetését kockáztatja. Nyilvánvaló tehát fentiekből, hogy a producensek és konzumensek kölcsönhatása szintén dinamikus egyensúlyi állapot kialakulásában nyilvánul meg.

A fogyasztóknak csak egy része táplálkozik közvetlenül producensekből, a többiek részint növényevő, részint pedig növényevő állatokkal táplálkozó konzumensekből élnek. Ilyen módon ú. n. élelmi lánc alakul ki a konzumensek között, amelynek egyes láncszemei a fentiekből érthető okoknál fogva szintén dinamikus egyensúlyi viszonyban állanak egymással. De a konzumensek egy része elhalt szervezetek testmaradványaival táplálkozik (nekrofágok és detritusz-evők), miáltal az a kizárólagosan szaprotróf módon táplálkozó reducensek táplálékának egy részét vonja el. Ezzel, valamint azáltal, hogy a bakteriofág konzumensek (Ciliáták és Flagelláták) magukat a reducenseket fogyasztják, tulajdonképpen a reducensek elbontótevékenységét korlátozzák, mert a már egyszer élettelené vált szerves anyagokat ismét élő anyaggá alakítják vissza és ezáltal a reducensek részére hozzáférhetetlenné teszik. Ezzel a dinamikus kölcsönhatás a konzumensek és reducensek között is feltétlenül kimutatható.

Az előadottak után most már könnyen megérthető, hogy a konzumensek szerepe a vizek anyagforgalmában az eddigelé uralkodó általános felfogással szemben nem abban áll, hogy azok a producensektől felépített szerves anyagokat széndioxiddá, vízzé, továbbá szervesetlen nitrogén-, foszfor- és kénvegyületekké bontják el, vagyis a producensek őstáplálékává alakítják vissza, és ezzel a körfolyamatot reverzibilissé teszi. Ez a reducensek feladata. A konzumenseknek ezzel ellentétben éppen az a rendeltetésük, hogy a producensektől termelt szerves vegyületeket testükben élőanyagként minél nagyobb mennyiségben felraktározzva a reducensek elbontótevékenysége elől elvonják, és a biocönózis élettani folyamatai részére készletben tartásuk. Ezzel tulajdonképpen a holocönoid tartós fennmaradását biztosítják, mert a táplálékkal felvett szervesanyagokból csak egy kicsiny részt, éppen annyit bontanak el, amennyi saját energiaszükségletük felszabadításához szükséges. A fennmaradó részt ellenben nemcsak megtartani, hanem gyarapítani is törekszenek azért, hogy a producenseket fogyasztásuk révén fokozottabb termelésre készítetik, a reducensek elbontótevékenységét pedig akként fékezik, hogy a már életteleenné vált és elbontásra váró szerves anyagokat részben ismét élőanyaggá alakítják vissza. Nyilvánvaló tehát, hogy a konzumensek hasonló szabályzó szerepet töltenek be a vízi holocönoidban, mint az inga az órában. Azáltal ugyanis, hogy a reducensek szervesanyagelbontó tevékenységét — miként az inga az óra hajtósúlyának lefutását — fékezik, a szervesanyagok felépítésének és elbontásának ütemét a vízi holocönoid energiaforrásának, a napsugárzás intenzitása periódikus változásainak megfelelő ritmus szerint szabályozzák. Ha ez nem így volna, akkor a biocönózis potenciális energiakészletének kimerülése miatt a holocönoid csakhamar elnéptelenednék, mert a reducensek szervesanyagelbontó tevékenysége energiatermeléssel járó oxidációs folyamat, tehát önként, rohamosan menne végbe, ha a konzumensek annak lezajlását nem fékeznék.

A vízi biotóp anyagforgalmának lebonyolítása tehát az ingaóra, vagyis egy tisztán mechanikai szervezet működésével analóg, ami könnyen belátható, mert mindkét rendszer folyamatai végeredményben az energia megmaradása elvén alapulnak. A két rendszer között mégis mélyreható különbség is van, és ez részben abban áll, hogy a vízi holocönoid felépítése bonyolultabb, amennyiben az — mint láttuk — számos, egymással kölcsönhatásban álló körfolyamat láncolatossorozatából tevődik össze. Másrészt a két rendszer közötti különbség abban nyilvánul meg, hogy a vízi holocönoidnak önszabályozó képessége van. Bár az itt lejátszódó folyamatok is kizárólag abiotikus fizikai és kémiai tényezők hatása alatt mennek végbe, a környezeti tényezők intenzitásának változásaira a vízi holocönoid — az órával ellentétben — mindig megfelelő irányban és mértékben, tehát a legcélszerűbben reagál. Minthogy ez a reakció önműködően megy végbe, azt a holocönoid önszabályozóképességének nevezzük. Az önszabályozóképesség tulajdonképpen az élő szervezeteknek a környezethez való alkalmazkodó képességén alapszik. Ennek megvilágítására szolgáljon a követ-

kező példa. A környezeti tényezők időben és térben, vagyis periódikus és regionális viszonylatban egyaránt állandóan változnak. Legyünk e tényezők közül most csak a fényviszonyokra figyelemmel. Sajat, *Minder*, továbbá *Marshall* és *Orr* vizsgálataiból tudjuk, hogy a fitoplankton optimális fényintenzitása jóval alatta marad a víz felszínét érő napsugárzás fényerejének. Ez könnyen megérthető, mert a víz a napsugarak egy részét felületén visszaveri, a vízbehatoló energia egy részét pedig már aránylag vékony vízrétegen való áthatolás után abszorbeálja és ezért a víz tükre alatt, ahol a fitoplankton tartózkodik, a fényerősség mindig kisebb és a víz mélységével fokozatosan csökken. Ezért a fitoplankton soha sem asszimilálhatna optimális fényviszonyok között, ha az asszimiláció optimális fényerőssége nem volna kisebb a víz felszínét érő sugárzásénál. De a fényerősség nemcsak a vízmélységgel, hanem a felszínen a geográfiai szélességgel is csökken, és ez oknál fogva a nagyobb geográfiai szélességek alatt sem asszimilálhatna a fitoplankton optimális fényviszonyok között, ha az asszimiláció fényoptimuma a ténylegesnél nagyobb volna. Ezt a tapasztalat is igazolja, mert tudjuk, hogy a sarkvidékek közelében a fitoplankton közvetlenül a víztükör alatt található nagymennyiségben, mert ott nagymértékben szaporodik, jeléül annak, hogy ott optimális fényviszonyok között él. Ezzel szemben a trópusok alatt csak tekintélyes mélységben található legnagyobb mennyiségben.

A fitoplankton regionális eloszlása tehát a fényerősség regionális változásaihoz alkalmazkodik. Miként azt *Minder* vizsgálataiból tudjuk, ugyanez periódikus vonatkozásban is fennáll, amennyiben e kutató megfigyelései szerint a fitoplankton a napmagasság évi változásai szerint annál mélyebben fekvő vízrétegben található legnagyobb mennyiségben, minél inkább közelíti meg a napfény erőssége a nyári napforduló alkalmával bekövetkező évi maximumát. A fitoplankton asszimilációs tevékenysége és annak folyamányaként szaporodási viszonyai mind regionális, mind pedig periódikus vonatkozásban a nap sugárzó energiájához alkalmazkodik. Ezzel szemben ugyanaz az ingaóra, ha az inga hosszúságát nem változtatjuk, a különböző szélességi fokok alatt, tehát regionálisan, eltérő időt mutat, mert tudjuk, hogy a gravitáció az egyenlítőtől a sarkok felé fokozatosan növekedik. Mi történnék mármost akkor, ha a föld tengelykörüli forgásának szögsebessége megnövekednék, ami a gravitáció csökkenését vonná maga után? Kétségtávol az összes ingaóra ahelyett, hogy a tényleges viszonyoknak megfelelően sietne, késni kezdene, vagyis rendeltetésének megfelelő céllal ellenkező értelemben reagálna. Nyilvánvaló mindebből, hogy az élettelen anyagokból felépített órák alkotóelemei nem képesek önműködően alkalmazkodni a környezeti tényezők változásaihoz. Annak ellenére, hogy az órában és a vízi holocönoidban egyaránt a fizikai, kémiai, illetőleg élettani stb. folyamatok hasonló természeti erők, az ú. n. *kvázi-elasztikus erők* hatására mennek végbe, a két rendszer működése között mélyreható különbség állapítható meg. A vízi holocönoidban ugyanis az órával ellentétben a folyamatok nem mechanikusak, mert e rendszernek önszabályozó képessége van, ami a biocönózisban

résztvevő élő szervezeteknek a környezethez való alkalmazkodóképességén alapszik. Bár az élőlények e tulajdonságának végokai ma még nincsenek felderítve, azzal, mint a korszerű biológia egyik alapvető tapasztalati tényével, számolnunk kell. Ezen alapszik ugyanis a fajok átalakulásának lehetősége is, ami a micsurini biológia és Liszenkó elméleti megállapításainak is sarokpontja.

A fentiekben ismertetett elméleti megfontolásokból az a végkövetkeztetés vonható le, hogy *Thienemann tétele*, amely szerint *a biotópból és biocönózisból összetevődő rendszer magasabbrendű biológiai egységnek, vagy szervezetségnek tekintendő, minden tekintetben helytálló*. E rendszerben az abiotikus és biotikus tényezők — a biocönózist is beleértve — külön-külön és együttesen, közvetlenül, vagy közvetve a legszorosabb kölcsönhatásban állanak egymással. Ha bármelyik tényező intenzitásában, vagy a biocönózis összetételében kvalitatív, vagy kvantitatív jellegű változások következnek be, az a rendszer önszabályozó képességének érvényesülése folytán annak teljes egészére kihatással van. Az egymással ellentétes irányú erők, illetőleg a kémiai, fizikai és biológiai okokra visszavezethető hatások ugyanis a pillanatnyi helyzet megváltozása folytán megbillent egyensúlyi állapot helyreállítására törekszenek, azt azonban tökéletesen és tartósan soha sem valósítják meg, mert maguk az egyes környezeti tényezők is állandóan változnak. *Az egyensúlyi helyzet ennél fogva soha sem statikus, hanem mindig dinamikus*. Ezért a vízben végbemenő biológiai történés színhelyét megjelölő *biotóp* elnevezés helyett célszerűbbnek és kifejezőbbnek tartanám a limnológiai kutatás terén a *biodinamikus tér* elnevezést bevezetni, mert ez az elnevezés reámutat a természetes és mesterséges úton létrejött vízfelhalmozódásokban, mint háromdimenziós térben és időben lejátszódó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok dinamikus jellegére. Ha ezt az elnevezést elfogadjuk, akkor a biotópból és biocönózisból álló magasabbrendű biológiai egység, a *holocönoid* logikusan *biodinamikus téregységnek* volna nevezhető.

Az értekezés tárgyát képező elméleti megállapítások a természetes vizek és mesterséges halastavak gazdasági hasznosítása terén végzett kísérleti kutatómunkásságom eredményein alapulnak. Ezért azok alkalmasak a vizek gyakorlati hasznosítása során megfigyelhető jelenségek, mint pl. a nyári és téli oxigénhiányra visszavezethető tömeges halpusztulások, a szennyvizek recipienséül felhasznált természetes vizekben végbemenő öntisztulási folyamattal kapcsolatos jelenségek stb. magyarázatára, főleg azonban a természetes vizek és mesterséges halastavak *termelőképességének kérdését* helyezik újszerű megvilágításba. Messze vezetne, ha ezzel a kérdéssel itt részletesen foglalkoznánk. Erre vonatkozó tanulmányomat a közeli jövőben szándékozom közzétenni.

IRODALOM

1. *Birge E. A. and Juday Ch.* : The inland Lakes of Wisconsin. The dissolved Gases of the Water and their biological Significance ; Wisconsin Geological and Natural-History Survey. Bull. 22., 1911.
2. *Elton Ch.* : Animal Ecology. London, 1927.

3. *Friederichs K.* Ökologie, als Wissenschaft von der Natur, oder biologische Raumforschung. Jena, 1937.
4. *Lohmann H.* : Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleiner Wasserproben zur Gewinnung derselben in lebender Zustände. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie. 4. 1. 1911.
5. *Marshall S. M. and Orr, A. P.* : The Relation of the Plankton to some chemical and physical Factors in the Clyde Sea Area. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. XIV. 837. (1927.)
6. *Marshall, S. M. and Orr A. P.* : The Photosynthesis of Diatom Cultures in the Sea—Journal of the Marine Biological Association of the United Kindom. XV. 321. (19/8.)
7. *Maucha R.* : Upon the Influence of Temperature and Intensity of Light on the photosynthetic Production of Nannoplankton. Verhandl. d. Intern. Vereinigung f. Limnologie. 2., 1924.
8. *Maucha R.* : Zur Theorie d. Assimilations- und Dissimilationsprozesses des Phytoplanktons. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie. 17. 1927.
9. *Maucha R.* : Das Gleichgewicht des limnischen Lebensraumes. Archiv f. Hydrobiologie. 39. 1942.
10. *Maucha R.* : Über einige kosmische Faktoren der Phytoplankton-Produktion. Arch. f. Hydrobiologie. 32. 1937.
11. *Maucha R.* : Einige neuere Gesichtspunkte in der Hydrochemie. Arch. f. Hydrob. 40. 1943.
12. *Maucha R.* : A vizek életgyensúlyának törvényszerűségéről. Általános Közlemények. 40. 1943.
13. *Maucha R.* : Die Photosynthese des Phytoplanktons vom Gesichtspunkte der Quantenlehre. Hydrobiologia. Acta Hydrobiologica, Limnologica et Protistologica. 1. 1948. Den Haag.
14. *Maucha R.* : Einige Gedanken zur Frage des Nährstoffhaushalts der Gewässer. Hydrobiologia. Acta Hydrobiologica, Limnologica et Protistologica. 1. 1949. Den Haag.
15. *Minder, L.* : Biologisch-Chemische Untersuchungen im Zürichsee. Zeitschrift. f. Hydrologie. III. 3—4. füzet. (1926.)
16. *Nernst u. Brunner* : Zeitschr. f. Physikalischen Chemie. 47. 1904.
17. *Pütter A.* : Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena, 1909.
18. *Szkadovszkij S. N.* : Über die Aktuelle Reaktion der Süßwasserbecken und ihre biologische Bedeutung. Verh. d. Internat. Ver. f. Limnologie. 3. 1926. Moszkva.
19. *Thienemann A.* : Der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefseewassers und der Zusammensetzung der Tiefenfauna unserer Seen. Internat. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 6. 1913.
20. *Thienemann A.* : Untersuchungen über die Beziehung zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. Arch. f. Hydrob. 12. 1920.
21. *Thienemann A.* : Der See als Lebensinheit. Die Naturwissenschaften. 13. 1925.
22. *Thienemann A.* : Die Binnengewässer Mitteleuropas. 1925. Stuttgart.
23. *Thienemann A.* : Der Sauerstoff im eutrophen und oligitrophen See. Die Binnengewässer. 4. 1928.
24. *Thienemann A.* : Lebensgemeinschaft und Lebensraum. Unterrichtsblätter f. Mathematik u. Naturwissenschaften. 41. 1935.
25. *Thienemann A.* : Grundzüge einer allgemein ökologie. Arch. f. Hydrob. 35.
26. *Thienemann A.* : Leben und Umwelt. Bios. 12. 1942.
27. *Zernov S.* : Zur Geschichte der Entwicklung der Limnologie im Russland und im Verbande der Soc. Sowj. Rep. Verhandl. d. Internat. Ver. f. Limnologie 3. 1927. Moszkva.
28. *Zernov S.* : Общая Гидробиология (Általános hidrobiológia.) Moszkva-Leningrad. 1949.