B 1758

POLITRÓFIKUS VIZTÁROZÓK NÉHÁNY HIDROBIOLÓGIAI SAJÁTOSSÁGA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A VIZMINŐSÉGVÁLTOZÁSOKRA

I r t a

K Á D Á R G É Z A

E g y e t e m i d o k t o r i é r t e k e z é s

Készült

A PÉCSI VIZMŰ BIOLÓGIAI LABORATÓRIUMÁBAN

1978 - ban

1758

T A R T A L O M J E G Y Z É K

ELŐSZÓ	3 oldal
BEVEZETÉS	5 oldal
1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10 oldal
1.1. Szennyviztavak felosztása	10 oldal
1.2. Hazai kisérletek	14 oldal
2. KISÉRLETEK HELYE, IDŐSZAKA, ANYAG ÉS MÓDSZER	18 oldal
2.1. Kisérleti körülmények	18 oldal
2.2. A mintavétel	21.oldal
2.3. Fizikai mérések módszerei	21 oldal
2.4. Kémiai módszerek	22 oldal
2.5. Biológiai módszerek	26 oldal
2.6. Adatfeldolgozás	29 oldal
3. EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE	30 oldal
3.1. A tápanyag jellege	30 oldal
3.2. Fényviszonyok	35 oldal
3.3. A hőmérsékleti viszonyok	42 oldal
3.4. A tartózkodási idő hatása	46 oldal
3.4.1. A tarózkodási idő és a biomassza változások	48 oldal
3.5. A biológiai vizminőség változásai	51 oldal
3.5.1. Szaprobitás változása trofitássá	51 oldal
3.5.2. A biológiai produkció ismertetése	54 oldal
3.5.3. A termőképesség változásának hatása a viz kémiai tulajdonságaira /a technológiai vizminőségre/	62 oldal
3.5.4. Bakteriológiai vizminőség	75 oldal
3.5.5. Az utótisztitó tavak tisztitási hatásfokának kérdése	77 oldal
3.6. Az utótisztitó tavak technológiai kérdései	84 oldal

SZEGED

ÖSSZEFOGLALÁS 87 oldal

IRODALOM 91 oldal

MELLÉKLETEK

1. melléklet

Kémiai vizminőségváltozások

2. melléklet

A Cladophora glomerata tömeg produkciójának hatása a viz minőségére

3. melléklet

Ceratophyllum submersum L. /Sima tócsagaz/ tömegprodukciójának hatása a viz minőségére

4. melléklet

Lemna gibba /Pupos békalencse/ tömegprodukciójának hatása a viz minőségére

5. melléklet

Fajlista

6. melléklet

Fitoplankton mennyiségi változása a II. tóban

7. melléklet

I. tó fitoplanktonja

8. melléklet

I. tó algáinak biomasszája

9. melléklet

II. tó fitoplanktonja

10. melléklet

II. tó algáinak biomasszája

11. melléklet

I. tó makrofitonok biomasszája

12. melléklet

II. tó makrofitonok biomasszája

13. melléklet

Elsőleges termelési értékek és az a-klorofill hatásfoka

14. melléklet

Bakteriológiai vizminőségváltozások

15. melléklet

A két tó produkciójának /P/ és biomasszájának /B/, ezek arányának változása.

ELŐSZÓ

A kommunális és ipari vizigények egyre növekednek, viszont a hasznositható vizkészletek bizonyos határon túl nem növelhetők.
Magyarországon a hasznositható vizmennyiség 120 milliárd köbméter/év, ennek a vizmennyiségnek több, mint 90 %-át a Duna és vizrendszere szállitja, a további mennyiségek a Tisza, Dráva és a felszinalatti vizekből származnak /NAGY 1971/. Felszini vizeink 96-99 %-a a szomszédos országokból érkezik, minősége nagyban függ az ottani beavatkozásoktól.

Vizkészletünk mintegy hússzorosan haladja meg a vizigényeket, a vizmennyiségek egyenetlen eloszlása miatt azonban egyes térségekben a kitermelhető vizmennyiség nem növelhető lényegesen.
A vizhiány leküzdésére - egyéb lehetőségek mellett - felszini viztározókkal, ipari vizellátás céljára utótisztitott szennyviz visszaforgatással lehet megoldást találni /BENEDEK 1973/.

Pécs vizellátása is mennyiségi és minőségi problémákkal küzd, ennek a megoldására irányuló müszaki fejlesztési tervekben jelentős feladat az utótisztitott szennyviz felhasználása ipari célokra /MAJORLAKI 1974/.

A biológiailag tisztitott szennyviz utótisztitására alkalmazott technológiai módszerek: fizikai, kémiai és biológiai /ÖLLŐS 1971/, melyek közül az utóbbi, a tározó tavakba bocsátott biológiailag tisztitott szennyviz növényi tápanyagainak eliminálását, a viz újrahasznositását - vizminőségi optimalizálást - tüzi ki céljául.

A Pécsi Vizmü is folytat utótisztitó kisérleteket, erre a célra 1971 - 1972 -ben létesültek a kisérleti tározók.

Dolgozatom az ezekben a féltermészetes utótisztitó tavakban lejátszódó fontosabb hidrobiológiai jelenségekkel foglalkozik, és azokat a kisérleteket foglalja össze, amelyeket a fenti témában 1977-ig végeztem.

BEVEZETÉS

A kommunális és ipari vizfelhasználás növekedése egyre több szenny- és szennyezett vizet eredményez.
A legégetőbb feladatok áthidaló jellegü megoldása készszeritőleg hat a tározótavak, szennyvizkezelő-, utótisztitó rendszerek létesitésére és kutatására.
Bár a tavas szennyviztisztitás, szennyvizkezelés éghajlati adottságoktól nagymértékben függ, mégis az ilyen célu rendszerek először Európában létesültek.
A szennyviztisztitási célból létesült, un. stabilizáló és utótisztitó tavakban lezajló folyamatok tudományos és technológiai célból történő feltárása két-három évtizede kezdődött, de sok vonatkozásban még ma sem tisztázott /BENEDEK 1976/. Ez azonban nem jelentette azt, hogy félig empirikus alapokon ne tervezzenek és létesitsenek ilyen rendszereket.
Az alkalmazott szennyviztisztitási eljárások csak egy bizonyos mértékig képesek a szennyező anyagokat eltávolitani /TÓTH A. 1974/.
A szennyvizek, egyes mérgező ipari szennyvizek kivételével különféle biológiailag hasznositható anyagokat tartalmaznak. Az alakos szervesanyaggal állatok és baktériumok, a szervesanyag bomlásából származó szervetlen anyagokkal növényi szervezetek táplálkoznak. Ez más szóval annyit jelent, hogy a szennyvizekkel történő vizszennyezés mindenképpen a növényi életet serkenti: ha szervetlen anyagot tartalmaz közvetlenül, ha szervesanyagot, akkor közvetve, miután a szervesanyag megjárta a lebontás ciklusát. A vizszennyezés végső és tartós hatása tehát az eutrofizálódás.

A tisztitástechnológiák tökéletesitésével a fizikai, kémiai és biológiai módszerek kombinációjával a felszini vizek intenziv eutrofizálódása megállitható, vagy legalább is lassitható.
Napjainkban sok külföldi /FREY 1966, EDMONDSON 1968, SZÖLLŐSI 1973/ és magyar szerző /HERODEK és TAMÁS 1976, SCHMIDT et al. 1974, VÖRÖS 1976, TÓTH F. et al.1976/ beszámol a vizek eutrofizációs hatások következtében beálló károsodásáról. Ennek oka a mezőgazdaság, az ipar, a települések tisztitott, vagy tisztitatlan szennyvizeinek elsősorban foszfor /P/ és nitrogén /N/ tartalma /KOVÁCS 1977/.
A mezőgazdaság a túlzott mütrágyázással járul még hozzá a felszini vizek növényi tápanyag gazdagitásához.
Még a biológiailag jól tisztitott szennyviz is nitrogén, foszfor és összsó tartalmán túl, bakteriológiailag, virológiailag károsan befolyásolhatja felszini vizeinket, gátolja a viz ujrahasznositását /ÖLLŐS 1971/.
A szokásos második fokozatu biológiai úton tisztitott szennyviz, tehát az eleveniszapos vagy csepegetetőtestes rendszer utáni tisztitás három fő célja:

- felszini vizek /befogadók/ mentesitése a szennyező anyagoktól,
- a viz ujrahasznositása,
- közegészségügyi veszélyek csökkentése.

A fenti célok elválaszthatatlanok a vizminőség fogalmától, ami emberi kategória és arra utal, hogy valamely viz hasznosithatóság szempontjából megfelelő, vagy nem, de a vizügyi gyakorlat főként alloszaprobitást - külső szervesanyag szennyezést - ért alatta.

A biológiai vizminőség más fogalom, mert nem az emberi használat szerint minősiti a vizet, hanem a benne lejátszódó életfolyamatok szempontjából /FELFÖLDY 1974/.

Jelenleg négy tulajdonság-csoport vizsgálatával foglalkozik. Ezek:a viz biológiailag fontos szervetlenkémiai tulajdonságainak összessége a halobitás, a vizi ökoszisztéma növényi termőképessége a trofitás, az ekoszisztéma szervesanyag-bontó képessége a szaprobitás és a viz mérgezőképessége a toxicitás.

Ezeknek a tulajdonságoknak fontossága minden vizben más. Esetünkben pl. a toxicitás annak ellenére, hogy peszticidek, detergensek, esetenként NH_3, SH_2 kimutathatók az utótisztitó tavak vizéből, nem lényeges, mert tavainkban mindig élénken müködő élővilág volt megfigyelhető. A békalencse takaró állati elszegényesedés inkább fényhiánnyal, semmint mérgezéssel magyarázható.

A szervesanyag bontás, mivel biológiailag tisztitott vizről van szó, szintén kisebb jelentőségü, bár a heves növényi termelés elegendő szervesanyagot termel élénk szabrobiológiai folyamatok létrehozására. A szaprobiológiai elemzés és a Coli-biomassza index bizonysága szerint azonban a vizminőséget károsan befolyásoló szaprobitásról nem beszélhetünk /a növények által termelt oxigénkinálat ezt megakadályozza/.

Mivel az utótisztitó tavakban a tisztitott szennyvizben maradt szervesanyagok okozta szaprobitás olyan fokú trofitásba megy át, amilyenről az irodalmi adatok is alig számolnak be /poli-, sőt hipertrófia/ és az jellegzetesen tükröződik a viz kémiai tulajdonságain, elsősorban a trofitás, a halobitás és más kémiai mutatók összefüggéseivel foglalkozom.

József Attila Tudományegyetem Központi Könyvtára SZEGED

A trofitás a vizi ekoszisztéma /FELFÖLDY 1974/ elsőleges szervesanyagtermelésének intenzitása. A trofitás fokozatait és határértékeit több szerző megfogalmazta /WINBERG 1961, RODHE 1969, HERODEK 1976, 1977/. A regionális és klimatikus különbségek figyelembevételével született FELFÖLDY /1974/ javaslata.
Ennek javitott formája a Tihanyi Hidrobiológus Továbbképző Tanfolyam kiadványában /FELFÖLDY 1977/ jelent meg. /1. táblázat/

A trofitás mértékének mérőszámai:

1. az elsődleges termelés intenzitása alapján
2. az összes algaszám alapján
3. az a-klorofill mennyisége alapján
4. az összes baktériumszám alapján, ha a viz külső szerves szennyezést nem kap.

A trofitás fokozatai és határértékei

1. táblázat

		$mgC.m^{-2}$ nap^{-1}	összes algaszám $10^6 i.lit^{-1}$	a-klorofill $mg.m^{-3}$	összes baktériumszám 10^3 ml^{-1}
0	atrófikus	0	0	0	-
1	ultra-oligotrófikus	50	0,01	1	-
2	oligotrófikus	50-125	0,01-0,05	1-3	50-340
3	oligo-mezotrófikus	125-250	0,05-0,10	3-10	450-1400
4	mezotrófikus	250-500	0,1-0,5	10-20	-
5	mezo-eutrófikus	500-900	0,5-1,0	20-50	-
6	eutrófikus	900-1500	1-10	50-100	2000-8000
7	eu-politrófikus	1500-2500	10-100	100-200	60000
8	politrófikus	2500-4000	100-500	200-800	
9	hipertrófikus	4000	500	800	-

Napi termelés /mg C m^2/nap/ alapján /RODHE és HÜBEL 1971/ az alábbiak szerint csoportosit /2.táblázat/:

Napi termelési értékek és a trofitás fokozatai

2. táblázat

	oligotrof	mezotrof	eutrof	hipertrof
		mg C m^2/nap		
RODHE	30		900-1200	1500-3000
HÜBEL	100-300	300-700	700-2000	2000-4000

A vizügyi gyakorlatban legtöbbször az algaszámmal, illetve az a-klorofill mennyiségével jellemzik a trofitás fokát.
Az elsődleges termelésen alapuló trofitás meghatározásának fontos előnye, hogy általában az ökológiai folyamatok, az elsődleges termelés is sokkal szabályosabban alakul, mint az állományok pillanatnyi mennyisége /UHLMANN 1975/.
Véleményünk szerint /KÁDÁR et al. 1978/ a biológiai vizminőséget a vizi ökoszisztémán belül a különböző energiaszinteken lévő termelési értékekkel lehet jól jellemezni.
A modern vizminőségszabályozásnak elengedhetetlen része a kérdések biológiai oldalának vizsgálata, azonban önmagában ez nem elég, mert csak a vizminőségvizsgálat másik tudományával a vizkémiával együtt egészitik ki egymást.

A kisérletek célkitüzéseit igy foglalnám össze:

1. A tartózkodási idő és a biológiai vizminőség összefüggései /szaprobitás - trofitás váltás/.
2. A trofitás - változás összefüggésének vizsgálata a viz kémiai tulajdonságaival.
3. Az utótisztitó tározótavak hatásfokának megállapitása.
4. Technológiai, kutatási javaslatok.

A harmadik fokozat, amit utótisztitásnak is neveznek, fontos; a felszini vizek /befogadók/ védelme, a felszini vizekből való ivóviznyerés lehetőségének megóvása, a közegészségügyi veszélyek csökkentése, a viz ujrahasznositása, a vizminőség és a biológiai vizminőség szempontjából.

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A belvizek fogalomkörébe a kontinensek összes vizei beletartoznak. THINEMANN /SEBESTYÉN 1963/ a szennyvizeket a különleges hőmérsékleti és vegyi sajátságokkal kitünő vizek közé sorolja.
A természetes, valamint a szenny- és szennyezett vizeket többféle célból szokták tározni, /BERCZIK és SZABÓ 1972, GYÖRGY 1974/ azonban a szennyviztisztitás céljából az alábbi szempontok szerint létesitenek tározókat:

a./ magas szervesanyagtartalmu szennyvizeket tároznak kirothadásig, tehát öntisztulásig, /kender, len, cukor, keményitő, állattartó telepek szennyvizei /BENEDEK 1976, NÉMETH 1976, BENEDEK és VALLÓ 1976/.

b./ Olyan szennyvizet tároznak, melyek csak bizonyos higulási feltételek között engedhetők be a természetes vizekbe /BERCZIK és SZABÓ 1972/.

c./ A biológiailag tisztitott szennyviz utótisztitása /harmadik fokozat/ céljából elsősorban a N és P vegyületek eliminálása, - ipari vizhasznositás és a természetes vizek védelme - környezetvédelmi szempontok miatt /OAKLEY-CRIPSS 1969, ÖLLŐS 1971, DOBOLYI 1972/.

1.1. A szennyviztavak felosztása

A szennyviztisztitás és - elhelyezés négy féle tavat használ, a természetes befogadókat nem számitva. A hidrobiológusok álláspontja ugyanis nem lehet más, mint tóra nézve a zéró terhelés elve /FELFÖLDY 1974/.

1.1.1. Levegőztetett szennyviztavak
Első- és másodfoku tisztitásra szolgálnak; nagy felületü, mesterségesen levegőztetett, 2,5 - 3 m mély tavak, melyeknél iszaprecirkuláció nincs, az elúszó sejttömeg miatt szervesanyag eltávolitó hatásfokuk kisebb, mint az eleveniszapos rendszereké, vagy a csepegtetőtesté. Jelenlegi munkám szempontjából nem jelentősek.

1.1.2. Stabilizáló tavak
Első- és másodfoku tisztitásra szolgálnak, keverés és levegőztatés nélkül. Három, biokémiailag különböző formájuk van /BENEDEK 1973, 1976, NÉMETH 1976, BENEDEK és VALLÓ 1976/:

1.1.2.1. Az aeróbikus tavakban a folyamatok oxigén-igényét a fitoplankton fotoszintézise fedezi, melynek fényigénye miatt a tó sekély /max. 1 m. ált. 0,5-0,6 m/. Az oxigént termelő algák és a szervesanyagot bontó baktériumok ugyanabban a rétegben élnek. Az algák visszatartása a befogadóba engedés előtt nem megoldott.

1.1.2.2. A fakultativ tavak rétegzettek: felül a megvilágitott rétegben az algák fotoszintézise miatt napszakosan változó oxigén-tartalom van, alul elsősorban a fenéküledék oxigén-elvonó hatására anaeróbikus viszonyok uralkodnak. Tulterheléskor a felső réteg aeróbiája megszünik és szagártalmak lépnek fel. Mélységük 1,2 - 1,8 m.

1.1.2.3. Az anaeróbikus tavak szerves terhelése olyan nagyfoku, hogy oxigénes réteg nem tud kialakulni: a mélyebb és aránylag kisebb felületü tó egészében anoxikus viszonyok vannak. A biológiai bontás során először szerves savak, majd metán és egyéb gázok keletkeznek. Mélységük 2 m-nél is nagyobb.

Az előzőekben felsoroltakat a következő táblázat foglalja össze /BENEDEK 1973/:

A stabilizáló tavak jellemző adatai

3. táblázat

Stabilizáló tó-tipus jellemző adatai	Egység	Aerob	Fakultativ	Anaerob
Mélység	m	0,6-0,9	1,2-1,8	2-3
Tartózkodási idő	/nap/	2-6	7-30	6-60
BOI_5	kg/ha/nap	100-250	25-60	350-600
Tóhatásfok /BOI_5/	%	80-95	75-85	40-60
Algakoncentráció	mg/l	100	10-50	-

Jelenlegi munkám nem a stabilizáló tavakról szól.

1.1.3. Utótisztitó tavak

A biológiai tisztitómüvekről lekerülő, kevesebb szervesanyagot, de sok ásványos növényi tápanyagot tartalmazó viz alganeverő hatását vannak hivatva csökkenteni, vagyis harmadfoku tisztitásra szolgálnak.

1.1.3.1. Algás-tó /fitoplankton-tó/, ahol a tisztitott szennyviz növényi tápanyaga egysejtü, a vizben lebegő algák testébe megy át /planktonikus eutrofizálódás/. Az algák elválasztása az elfolyó vizből gondot okoz, de meg kell oldani, mert testükben viszik a növényi tápanyagot.

1.1.3.2. Hinaras-tó, melyben a növényi tápanyag rögzült, lebegő vagy a viz szinére terülő növények testébe épül. A nagytestü, rögzülten élő algák szövedéke hasonló értékü /bentonikus eutrofizálódás/. A felszint boritó növények elszaporodása nem kedvező. Egyébként az elfolyó viz jó minőségü /jobb minőségü, mint az az algás tóé/.

1.1.3.3. Nádas-tó /vizinövény ültetvény/ tulajdonképpen természetes vagy mesterséges nád, káka, gyékény, harmatkása, stb. állomány. A nádas ülepitő és tápanyagfelhasználó képessége elméletileg valamennyi tipus közül a legjobb. Az elfolyó viz egészen kitünő lehet. Müködésére nézve hazai adatok nincsenek.

1.1.4. Egyéb tavak

A szennyvizeket különféle céllal különéféle tipusu tavakba ereszthetik. Ezek közül megemlitjük:

1.1.4.1. Az érlelő tavak, amit különösen nagy, vagy nagyon ingadozó terhelésü szennyvizek ideiglenes, a tisztitómüre engedés előtti tárolására használnak /"kiegyenlitő tó"/ /BENEDEK 1973, 1976, NÉMETH 1976, BENEDEK és VALLÓ 1976/.

1.1.4.2. A visszatartó tó feladata az időszakosan termelődő szennyvizek összegyüjtése és olyan időben történő elengedése a befogadóba, mikor az kis kárcsinál /pl. áradáskor/ /GYÖRGY 1974/. Ha a szennyvizeket azért gyüjtik össze, hogy megegyezés szerinti időszakban bocsássák a befogadóba, minden kezelés nélkül, akkor is visszatartó tóval van dolgunk.

1.1.4.3. Halastavak

Ebben a disszertációban a 3. utótisztitó tavak algás és hinaras formájával foglalkozom, mert ezek tapasztalataim szerint emberi szabályozás nélkül, szabálytalan időközökben válthatják egymást, ugyanabban a medencében.

1.2. Hazai kisérletek

A szennyvizmennyiségek növekedése szükségessé tette a szennyviztisztitási eljárások intenziv fejlesztését és ez a körülmény a gyorsan és olcsón megvalósitható eljárások irányába hat /BENEDEK 1973/. Ezek az eljárások a tározó tavakkal történő szennyviztisztitás és utótisztitás.

A hazai gyakorlat először Debrecenben, majd Pécsett alkalmazott szannyviztisztitási célre tározó tavakat. Létesitésük az 1920-30-as évekre tehető. Ezek a rendszerek a fenti beosztást figyelembevéve aeróbikus stabilizáló tavaknek minősültek.

A hazai szennyviztisztitás-technológia algaorientációju megoldási lehetőségét ORLÓCZY és TÓTH /1966/ irja le, kitérve az algák okozta egyes vizkémiai mutatók kedvező változásaira.

CSANÁDY és GREGÁCS /1965/ adatai szerint önálló szennyviztisztitóként vagy utótisztitóként alkalmazhatók a tározótavak. A mechanikailag előtisztitott szennyviz aerob tó esetén 80-95 %-os BOI_5 csökkenést, 94-98 %-os N-tartalom csökkenést, 83-92 %-os P-tartalom, és 99 %-os baktériumszám csökkenést eredményezett, 10-30 napos átfolyási idő és 0,6-1,2 m tómélység mellett.

Félüzemi kisérletek kezdődtek 1972-ben és folynak szennyvizes halastóban Fonyódon /PONYI et al. 1973/. A szerzők beszámolnak a plankton egyenetlen eloszlásáról az egyes tavakban, valamint az oxigén-forgalom viszonyairól. Az iszap-viz határán lejátszódó biokémiai folyamatokról megállapitják, hogy azok reduktivak. A pécsi tározótavas kisérletekről KÁDÁR /1974, 1977/ KÁDÁR et al. /1978/ számol be.

NÉMETH 1976-ban végzett vizsgálatokat stabilizáló tavakkal. Megállapitást nyert, hogy a kémiai oxigénigény /KOI/ magasabb a vizben, mint a határérték /75 mg/l/. A biológiai oxigénigénnyel /BOI_5/ azonos lefutásuak a KOI értékek. A tavak hatékonysága foszfor és nitrogén eltávolitás tekintetében különböző. Az eltávolitás hatásfoka a nagyobb koncentráció tartományban alacsonyabb.

A Tiszai Vegyi Kombinát olefin és festékgyári szennyvizét az elveniszapos tisztitás után 6 tóból álló utótisztitásnak vetik alá.

Vizkémiai, algológiai-rendszertani és zooplankton vizsgálatokat végzett ANTAL, KISS, SZABÓ /1976, 1977, 1978/ az igy utótisztitott szennyviz Tiszába vezetése előtt. ANTAL 1976-ban végzett vizsgálatai, amely egyes vizkémiai mutatókra terjedtek ki, az alábbi eredményeket adták /4. táblázat/.

Utótisztitó tározótavak tápanyageltávolitó hatása

4. táblázat

Vizsgált komponensek	Tisztitott szennyviz	utótisztitó tavakban
Kalcium /mg/l/	60 - 80	30 - 40
Összes foszfor /mg/l/	2,0	0,4 - 0,8
Ortofoszfát /mg/l/	1,5	0,1 - 0,4
Ásványi nitrogén /mg/l/	1 - 19	0,3 - 0,5
Oxigén telitettség %	45 - 50	100 - 200

A tórendszer utótisztitó hatása nitrogén szempontjából sokkal jobb, mint foszfor vonatkozsásában.

A tavakban igen gazdag planktonegyüttes alakult ki /1-100 mill.ind/l, 20-100 mg/m3 a-klorofill/. Ez a tömeges elszaporodás kedvezőtlenül befolyásolta a vizminőséget, mivel ez az algatömeg végül is a Tiszába jutott.
A plankton együttest bentikus eutrofizáció követte, - a Cladophora állomány jelentős nitrogént és foszfort vont ki a vizből /KISS 1976/.
A Cladophora együttest több fajból álló vegyes hinárállomány váltotta fel. Nagy tömegben volt a Potamogeton pectinatus, P. crispus, Ceratophyllum submersum, C. demersum, - ezzel párhuzamosan javult a N és P megkötés.
KISS és SZABÓ /1977/ megállapitják, hogy az optimális élőlény együttes: algák, hinarak, nádas, zooplankton, halak, amelyet folyamatos kezeléssel kézben lehet tartani és igy a kivánt utótisztitó hatást el lehet érni.

A tavakat tulterhelés következtében mérgezés érte /KISS 1978/, gombafertőzés következtében a Cladophora állomány elpusztult, autoszaprobitás-fok emelkedés történt, a baktériumszám milliárdos nagyságrendüvé vált. Bár a tápanyag ellátottság bőséges, mégis szegényes az alga-együttes /0,8-1,7 millió ind./l/.

Hasonló eredményre jutottak KÁDÁR et al. /1978/ Lemna gibba tömeges elszaporodása okozta változásokat vizsgálva megállapitják, hogy a biomassza változásokat összehasonlitva a makroszkópikus növényzet alapvető környezeti változást /fény, oxigénhiány/ idéz elő, igy a különböző trofitási szintek "key-industry" szervezeteinek biomasszája minimumra csökkent.

Az irodalom egységesnek mondható abban a kérdésben, hogy a tározás során létrejövő alga-biomassza produkció jelentős /KOI/ emelkedést jelent, ezek összefüggéseire mutatnak rá /KÁDÁR 1974, VÖRÖS 1976, ANTAL 1976, KISS 1977/.

A N és P formák eltávolításának hatékonyságával kapcsolatosan eltérő vélemények vannak, azonban erre vonatkozó eredmények összevetésénél és értelmezésénél elengedhetetlenül szükséges a tározótavakban lévő alga, illetve makrofita együttesek okozta változások összehasonlitása /KÁDÁR 1977, 1978/.

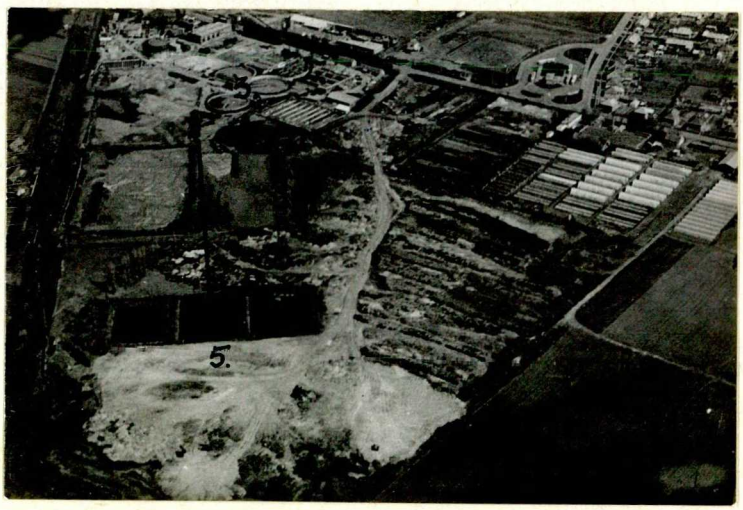
A bakteriológiai változások az össz csiraszám és E. coli szám változások, valamint patogén kórokozók Salmonella, Shigella mennyiségi értékei jelentős csökkenést mutatnak a tározást követően, a tápviz, illetve a tisztitott szennyvizhez képest, mint erre CSANÁDY és GREGÁCS /1965/, UHERKOVICH /1966/, KÁDÁR /1977/, KÁDÁR et al. /1978/ rámutattak.

A kedvező hatások stabilizálása lenne szükséges ahhoz, hogy megbizható technológiát lehessen kidolgozni a tározótavas eljárásokra. E probléma megoldásához feltétlenül ismerni kell az ilyen vizi ökoszisztéma anyag- és energiaforgalmát, szerkezetét és funkcióját.

2. KISÉRLETEK HELYE, IDŐSZAKA, ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Kisérleti körülmények

1971-1972-ben a pécsi szennyviztisztitó teleptől déli irányban három, egyenként 40 x 50 m-es különböző mélységü, de sekély vizmélységre tervezett földmedence létesült /1. kép/.



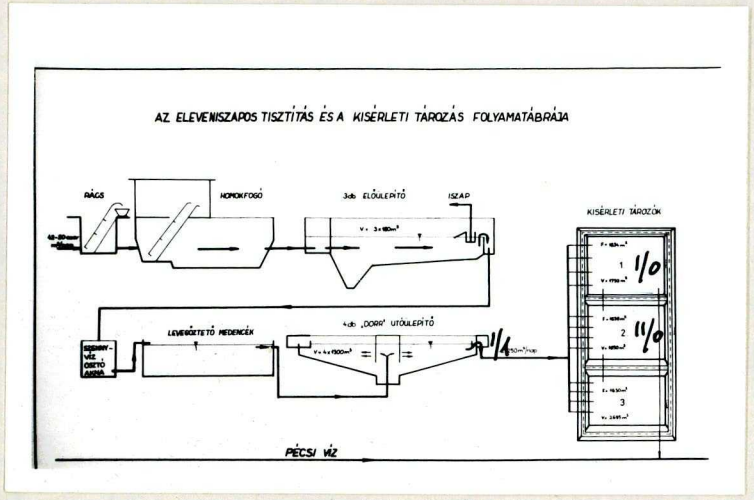
1. kép

Az 1. képen az I. II. III. jelzések a megfelelő tározótavakat jelölik, valamint a szennyviztisztitás mütárgyai és a kisérleti tározók elhelyezése látható.

1. A mechanikai tisztitás /rács, homokfogó, előülepitő/ - az I. fokozatu szennyviztisztitás berendezései -,
2. levegőztető medencék /eleveniszapos/ és a II. fokozatu tisztitás berendezései,
3. Dorr rendszerü utóülepitők,
4. nyomóvezeték /a tisztitott szennyviz útja/,
5. I. II. III. tározótavak,
6. Pécsi-viz /befogadó/ láthatók.

A kisérlet során a III-as tározóban nem folytak vizsgálatok a nagyfoku szivárgás miatt.

Az eleveniszapos szennyviztisztitás és a kisérleti tározók kapcsolatát, az egyes technológiai lépéseket a 2. kép mutatja.

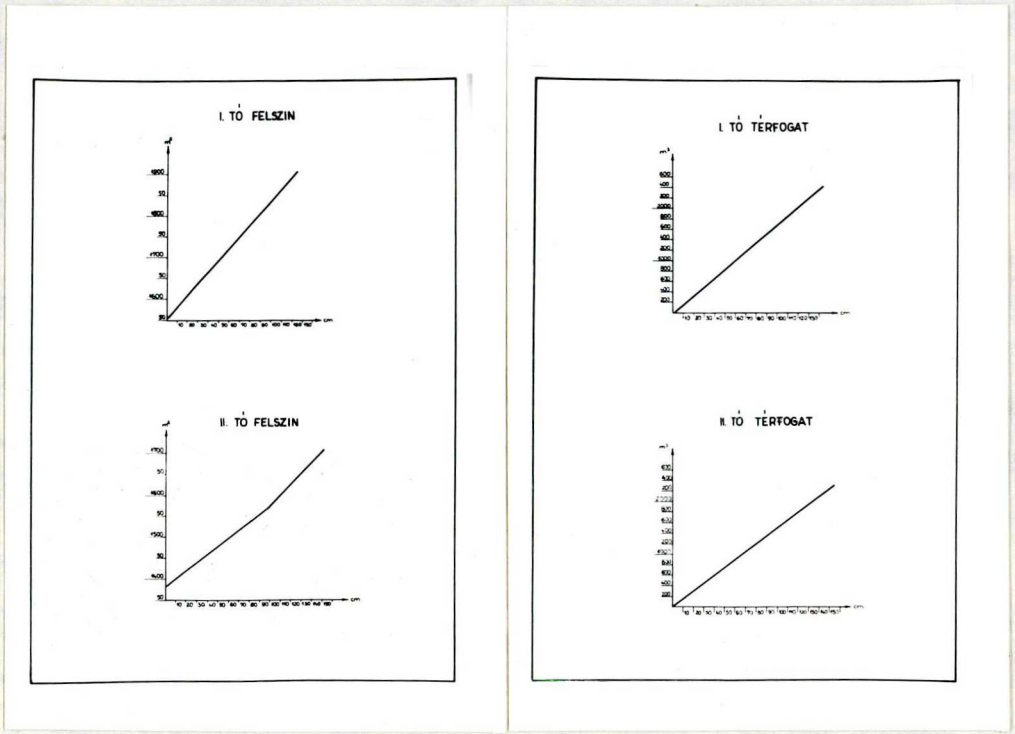


2. kép

A tavak tápvize, az eleveniszapos szennyviztisztitó berendezésből származó biológiailag tisztitott kommunális szennyviz, ami a "Dorr"-rendszerü utóülepitőkből szivattyuzással került a kisérleti tározókba /1. 2. kép/

A kisérleti üzem folyamatos volt. Naponta a terheléstől függően 100-200 m3 biológiailag tisztitott szennyviz az I. tározóba, innen gravitációval, vagy szivatytyuzással a II-be, majd a Pécsi-vizbe, mint befogadóba került az utótisztitott szennyviz.

Az I. tározóban a vizsgált időszakban az átlagos mélység 60-70 cm volt, ennek megfelelően a felszin 1725-1750 m^2, a viz térfogata 1010 m^3, illetve 1175 m^3 volt. / 3. kép/



3. kép

A II. tározó vizállása 130-140 cm volt, ennek megfelelően a vizfelszin 1651-1675 m^2 /3.kép/. A tározó vizállásának megfelelően 1930 m^3, illetve 140 cm-en 2100 m^3 vizet tartalmazott.

A 2. képen az I/1. jelzés a biológiailag tisztitott szennyviz a tápviz mintavételi helye, az I/O az I. tározó mintavételi helye, mig a II/O a II. tározó mintavételi helye.

A bemutatásra kerülő vizsgálati eredmények 1971. augusztusától 1977. október végéig terjedő időszakból származnak.

Ezen időszak alatt a vizsgálatok többször 2 - 3 hónapos időre megszakadtak, igy az értékelésnél csak a hosszabb vizsgálati időszakot vettem figyelembe.

2.2. A mintavétel

Mintavételek a 2. képen megjelölt pontokról történtek. Kémiai analitikai célokra vettünk az I/1, /tápviz/ I/O /I. tóból/ és II/O /II. tóból/ mintavételi helyekről, illetve azonos időben pontmintát oldott oxigén meghatározása céljára.
Planktonvizsgálatok céljára pontmintákat vettünk a tározókból, öt kijelölt helyről és azok homogenizátumát dolgoztuk fel.
Bakteriológiai vizsgálatok céljaira pontmintákat vettünk. Vertikális bakteriológiai vizsgálatok esetén 0,5 m-ként vettünk pontmintákat.
A kisérletek idején a mintavételek gyakorisága heti két alkalommal történtek, ekkor négy órás átlagmintákat vettünk.

2.3. Fizikai mérések módszerei

A vizhőmérsékletét 0,1 C^{o} beosztásu higanyos hőmérővel, vagy az Aquachek müszer termisztorával mértük. Hőmérő eszközeinket hitelesitettük és összemértük.
A viz optikai tulajdonságait EMKSZ gyártmányu T 80 tipusu Luxmérővel mértük a viz 20 cm-es rétegeiben. Az értékeket a felszini megvilágitás %-ában adjuk meg.

A halobitás általános jellemzésére szolgáló fajlagos vezetőképességet RADELKIS OK-102/1 tipusu konduktométerrel mértük. Az edénykapacitást hetente egy alkalommal 0,01 N KCl oldattal állapitottuk meg.
A befolyó /I/1/ vizmennyiség mérését a szivattyu nyomócsonkja után beépitett vizmérőórával végeztük. A vizmennyiség közvetlenül m^3-ben volt leolvasható a müszerről.

A tározótavakban /I. II./ mérőoszlopok segitségével a mindenkori vizmélység leolvasható és ennek ismeretében a vizmélységhez tartozó vizfelület és a tározott vizmennyiség a grafikonról / 2. kép / olvasható le.

2.4. Kémiai módszerek

A pH értéket RADELKIS müszerrel, OP 803 tipusu kombinált elektródával mértük.
A kalcium és magnézium meghatározását komplexometriával végeztük a KGST előirás szerint.
A nátrium és a kálium meghatározása szintén a KGST előirás szerint lángfotometriával történt /MOM 201 lángfotométer/.
A kloridot argentometriásan, KGST szerint mértük.
A hidrogénkarbonát és karbonát ion mennyiségét a lugosságból számitással kaptuk /KGST/.
A szulfát meghatározását kolorimetrikusan végeztük /Zeiss VSU-2P fotométerrel/ a Biológiai Vizminősités recepturája szerint.
Az oldott oxigént RADELKIS Aquachek OH 501 membrán elektródával elektrometrikusan mértük. A kapott O_2 % értékeket a hőmérséklet ismeretében számitottuk át mg $liter^{-1}$ értékre.

Oldott reaktiv foszfor meghatározását /oldott szervetlen PO_4-P/ fotometriásan Zeiss VSU-2P tip. fotométerrel, 665 nm hullámhosszon végeztük A kalibrációs görbét ammónium-molibdenát, aszkorbinsav reagenssel 0,0-2,0 mg/l értékek közöett vettük fel. A mintát szüréssel /0,45 µ pórusu SARTORIUS GMBM membránszürőlapon 1,5 atm. max. nyomáson/ a vizsgálathoz előkészitettük /KGST/.

Ammónium meghatározása
A kalibrációs görbe.felvétele:
ammónium-klorid törzsoldatból higitási sort készitettünk, 0,0-4,0 mg/l értékek között és az igy kapott oldatokhoz Seignette-só és Nessler reagenst adtunk és lemértük az extinkcióját. A kapott extinkció értéket a mg/l koncentráció függvényében ábrázoltuk /KGST módszer/.
A fotometrálást 425 nm-en Zeiss VSU-2P fotométeren végeztük.
Nitrit meghatározását szulfanilsavas alfa-naftilaminnal végeztük a Biológiai vizminősités /FELFÖLDY 1974/ szerint
A fotometrálást 520 nm-en végeztük Zeiss VSU-2P készülékkel.
Kalibrációs görbe felvétele:
nátrium-nitrit törzsoldatból higitási sort készitettünk 0,0-0,6 mg/l értékek között, az igy kapott oldatokhoz reagenst adva lemétük az extinkcióját. A kapott extinkciós értékeket a mg/l koncentráció függvényében ábrázoltuk.
Nitrát meghatározása:
a nitrátok kénsavas közegben nátrium-szalicilláttal sárga szint képeznek. A szin intenzitása 0,1-20,0 mg/l érték között arányos a nitrátion koncentrációval /KGST módszer/
Kálium-nitrát törzsoldatból higitási sort készitettünk 0,0-20,0mg/l között, az igy kapott oldatokból nitrátion meghatározást végeztünk. A kapott extinkciós értékeket a nitrátion koncentráció függvényében ábrázoltuk. A fotometrálást VSU 2P Zeiss fotométeren 410 nm-en végeztük.

Biokémiai oxigénigény /BOI_5/ meghatározását /FELFÖLDY 1974/ szerint végeztük. Biokémiai oxigénigény az az oxigénmennyiség, amely a vizsgálandó vizben a szerves anyagok aerob biokémiai lebontására meghatározott idő / 5 nap/ alatt felhasználódik.

A 20 °C-on való inkubáláshoz labor MIM hütő-fütő termosztátot alkalmaztunk.

Kémiai oxigénigény /KOI_{Cr}/ meghatározása /KGST módszer/.
A viz szennyezettségétől függően tartalmaz olyan anyagokat, amelyek erős oxidálószerekkel pl. $KMnO_4$-el és $K_2Cr_2O_7$-el oxidálhatók.
Az elhasznált oxigén mennyisége egyenértékü az oxidálószer mennyiségével, amelyet oxigénigénynek nevezünk /KOI_{Cr}/.

Keménység meghatározása.
Az összes keménység meghatározását valamennyi viz esetén komplexometriás módszerrel végeztük /KGST módszer/.

Klorofill meghatározás
Az elsődleges szervesanyagtermelést végző algapopuláció mennyiségének legegyszerübb megközelitése a fotoszintetikus pigmentek közül az "a" - klorofill meghatározása.

A felrázott, meritett mintából, amelyből a zooplanktont eltávolitottuk, ismert mennyiséget 50-100 ml-t nyomás alatt SARTORIUS 0,45/u pórusátmérőjü membrán szürőlapon átszürtük.
A szürőlapot vékony szeletekre vágva 10 ml metanolt tartalmazó 50 ml-es lombikba hullattuk, vizfürdőbe helyeztük és első forralásig /74 °C/ hevitettük. Kihülés után nuccson, közönséges szürőpapiron 25 vagy 50 ml-es mérőlombikba szürtük, a szürőt metanollal mostuk - jelig töltöttük metanollal.
VSU-2P Zeiss fotométerrel, 1 cm-es küvettákkal mértük az extinkciót, metanollal szemben. 750; 666; 653 nm hullámhosszon.

Számolás:

$$Ca\ mg.l^{-1} = 17,12\ E\ 666 - 8,68\ E\ 653$$ ebből:

$$a\text{-klorofill}\ mg.m^{-3} = \frac{m\ Ca\ 10^3}{M}$$, ahol

m = az extraktum térfogata /25 v. 50 ml/
M = az átszürt minta térfogata /ml/

Az elsődleges termelés meghatározása sötét-világos palack módszerrel /FELFÖLDY/1974/:

A módszer alkalmazásának feltétele: ha durva megközelitéssel 20 $mg.m^{-3}$ a-klorofillnak megfelelő fitoplankton állomány van.

Meghatározás menete:

Napfelkelte előtt vesszük a mintát, amelyet 6-os planktonhálón átszürünk.

Winkler szerint meghatározzuk az oxigént, ez a kisérlet nulla pontja.

Két-két lombikot a kivánt szinteken elhelyezünk.

A két lombikot aluminiumfóliába takarva - sötéten helyezzük el.

Az expozicios idő négy óra, aminek lejárta után a mintákban meghatározzuk az oldott oxigén mennyiségét.

Az elsődleges termelés nagyságát a mélységeket figyelembevéve 1 m^2 felület alatt termelt oxigén mennyiségéből az alábbi egyenlet segitségével számitjuk ki:

$$1\ mgO_2 = 0,3128\ mgC$$

Szeged

2.5. Biológiai módszerek

Fitoplankton vizsgálatok.

A lugololdattal rögzitett vizmintát a feldolgozásig hütőszekrényben tartottam, amennyiben a feldolgozás ideje 2-3 napon tul elhuzódna, a rögzitett mintákat formalinnal tartósitottam /végkoncentráció 2 % / .

A minőségi feldolgozáshoz kutatómikroszkópont használtam 300-2000-szeres nagyitással.

A szesztont alkotó szervezetek számát 1 ml vizben a centrifugált folyadék /2000 ford/perc/ mennyiségéből a centrifugacsőben maradt üledékből és a számlálókamra átvizsgált négyzetében megszámlált szervezet számából határoztam meg.

A Bürker kamrában a számlálást az alábbiak szerint végeztem:

$$x = \frac{100\,000 \cdot a}{n \cdot h \cdot d}$$

x = 1 ml eredeti vizminta egyedszáma

a = a kamra n négyzetében talált egyedszám /effektiv számlálás eredménye/

n = az átszámlált 1/25 mm^2 területü négyzet száma

h = kamra-magasság mm-ben

d = centrifugált minta térfogata osztva azzal a térfogattal, amelyikra a tömöritett üledéket beállitottam.

Az együttes kvantitativ és kvalitativ feldolozást 1977-ben UTERMÖHL módszerével /FELFÖLDY 1974/ forditott rendszerü plankton mikroszkóppal végeztem.

Az egyedszám és térfogati adatokból számitottam a szervezetek biomasszáját. A biomasszát $10^3\mu^3$/ml egységekben, illetve súly/tf. egységekben adtam meg olymódon, hogy az algák fs.-t egynek vettem.

$10^9\mu^3$ alga = 1 mg nedvessúlyú alga

Bakteriológiai vizsgálatok

Mezofil baktériumok számának meghatározása
A mezofil baktériumok /szaporodási optimum 37 °C/ fontos mutatója a vizek melegvérü állatok mikroflórjával való szennyezettségének. A mehatározást a Humán Oltóanyagtermeló és Kutató Intézet által gyártott Agar portáptalajjal végeztük.
Megjelölt 10 cm Ø Petri csészékben pipettával 1-1 ml megfelelően higitott mintát mértünk. A minta bemérése után azonnal 15 ml felolvasztott és 40-45 °C-ra lehütött Agar táptalajt öntöttünk rá, a lezárt csészében a táptalajt jól, gondosan összekevertük. A táptalaj megdermedése után a csészéket fedelükkel lefelé forditva termosztátba helyeztük, ahol azokat 24± 1 órán keresztül 37 ±0,5 °C-on inkubáltuk.
A kifejlődött telepeket megszámláltuk, s az eredményeket 1 ml-re adtuk meg.

Fekális szennyezést jelző Enterobacteriaceae családhoz tartozó baktériumok telepszámának meghatározása:
Az Enterobacteriáceae család baktériumai közé a Gram negativ, nem spóraképző, negativ citokromoxidáz próbát adó baktériumok tartoznak. Ezek a mikroorganizmusok a viz fekális szennyezésének mutatói.
A szürőberendezést /Zsigmondi szürő/ lánggal sterilizáltuk, s a megfelelő higitási mintából 10-100 ml-t SARTORIUS membrán szürőlapon keresztül szürtük.
A szürés befejeztével, steril körülményeket betartva a szürőlapot 7 cm átmérőjü Endo táptalajt tartalmazó Petricsészében helyeztük, szorosan hozzányomva a szürő felületet a táptalajhoz.
A lezárt csészéket fedelükkel lefelé 24 ± 1 órán keresztül 37 ±0,5 °C hőmérsékeleten inkubáltuk.

Az összes Endo-táptalajon nőtt és negativ citokromoxidáz reakciót adó telepeket megszámoltuk és 1 ml-re adtuk meg az eredményt.

Bakterioplankton, bakteriális produkció.

Preparátum készitésével a baktériumokat közvetlenül számlálva meghatározható a generáció idő és a baktériumok biomassza produkciója is.
Ebből a célból előzően a mintát zooplankton eltávolitása céljából átszürtük, majd üveghengerbe töltöttük, amelynek két vége membránszürőlappal van lezárva /OLÁH 1973/.
A mintát ilymódon visszahelyeztük a tóba 8-24 órára és ebből két óránként vettünk mintát.
A coccusok tömegét $1{,}1 \cdot 10^{-12}$ g-nak vettük /HORVÁTH 1970/.
A generáció időt /g/ a következő képlet alapján számoltam /VÁSÁRHELYI ed./:

$$g = \frac{t \cdot \log 1{,}6}{\log B - \log A}$$

A baktérium biomassza produkciót az idő függvényében az alábbi egyenlet szerint határoztam meg:

$$x = \frac{b}{g} \cdot \frac{b+B}{t}$$

x = bakteriális biomassza termelés egységnyi idő alatt
B = a baktériumok száma a kisérlet kezdetén
b = a baktériumok mennyisége t idő eltelte után
g = generáció idő, óra

Szaprobiológiai vizsgálat.

Szaprobiológiai vizsgálatra a mintákat élve vizsgáltam, a mintavétel után 3 óra elteltével, ha ez nem volt lehetséges, legfeljebb 24 óra hosszat hütőszekrényben 2-4 °C körüli hőmérsékleten tároltam.

A szervezetek tömöritését, ha erre szükség volt, a planktonvizsgálatoknál leirtak szerint végeztem.
Mikroszkópi vizsgálat során meghatároztam a fajokat és azok mennyiségét.
Minden szervezethez kikerestem a szabrobiológiai indikátor értéket /s/ a katalógusból /UHERKOVICH 1966, SZALAY 1967, SZABÓ 1969, GULYÁS ed. 1976/.

Pantle-Buck módszerében a vizi szervezetek mennyiségi értékelésére azok viszonylagos gyakoriságát /h/, valamint szaprobiológiai értéküket /s/ veszi figyelembe.

$$S = \frac{\sum /s \cdot h/}{\sum / h /}$$ S = szaprobiológiai index

Makrovegetáció biomasszájának meghatározása.

1 m^2-es fakeretet a viz felszinén a növényzet fölé helyeztünk, rögzitettük és a viz felszinén úszó, illetve alámerült növényeket a keret alatti vizhasábból kiemeltük /GULYÁS 1976, PONYI 1976/.

A növényeket a szennyeződéstől, idegen anyagoktól megtisztitva, nedves állapotban lemértük.

2.6. Az adatok feldolgozása.

Az adatok matematikai, statisztikai feldolgozását HORVÁTH I. /1974/ szerint, a regresszió analizist a 9810 A tip. HAWLETT-PACKARD programozható asztali számitógépen végeztem.

3. EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

A növényvilág, s ennek alacsonyabb rendü képviselői az algák szervetlen anyagokat szintetizálnak szerves vegyületekké. Ezen reakciók szintere a viz, melynek ionjait épitik be sejtjeikbe, ezáltal környezetükre kvalitative hatnak.

Az élővilág fajainak igénye, fénnyel, hővel, oxigénnel, a testét felépitő elemekkel szemben más és más, minden szervezetnek sajátos reakciótere, ökológiai valenciája van /SEBESTYÉN 1950/.

Az anyagfelvétel, az anyagcsere termékek leadása, a produkció és az elpusztult állomány szétesése, állandóan befolyásolja a környező viznek, mint oldatnak tulajdonságait.

A változás fajonként és a népességtől függően különböző mértékben jelentkezhet.

3.1. A tápanyag jellege.

A biológiailag tisztitott házi szennyvizek esetében minden növényi tápanyag rendelkezésre áll, - nem igy az ipari szennyvizek esetében, amelyeknél toxikus hatásokra is számitani lehet.

Az I. tóba kerülő biológiailag tisztitott szennyvizben a tápelemek koncentrációjának szélső értékeit az 5. tábláaat tartalmazza.

A biológiai szennyviztisztitás kémiai szélső értékei és a vizminőségi kategóriák határértékei.

5. táblázat

	Vezető-képesség /uS	pH	Ca^{++} mg/l	Mg^{++} mg/l	K^{+} mg/l	Na^{+} mg/l	Cl^{-} mg/l	HCO_3^{-} mg/l	SO_4^{--} mg/l	O_2 mg/l	Fe^{+++} mg/l
Mini-mum	880	7,5	44,5	24,6	22,0	78,0	54,2	2,2	50,0	0,3	0,04
I. viz-min. ka-tegória	1000 /össz. só/	6,5-8,5									5
Maxi-mum	1280	7,95	124,0	80,5	30,0	115,0	98,0	9,25	80,0	3,7	0,33
III.viz-min. ka-tegória	2000 /össz. só/	5-9	45 /e.é.%/	45 /e.é.%/	45 /e.é.%/	45 /e.é.%/					

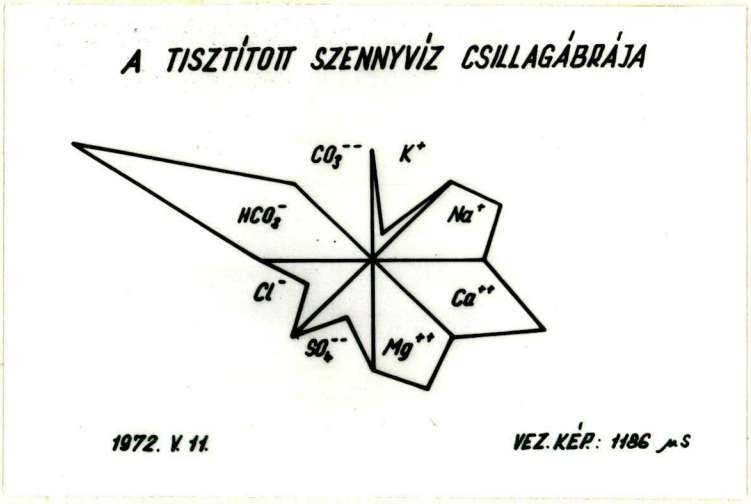
	PO_4^{3-} mg/l	P mg/l	NH_4^{+} mg/l	NO_2^{-} mg/l	NO_3^{-} mg/l	N mg/l	össz. kem. NK^{o}	K.O.I.$_{Cr}$ mg/l	B.O.I.$_5$ mg/l	lebegő a. mg/l	SiO_2 mg/l
Mini-mum	1,2	0,4	9,5	0,8	2,1	9,1	18,1	33,0	3,0	2,0	6,2
I.viz-min.kat.		2	2		20			50		100	
Maxi-mum	17,9	5,8	52,0	6,2	25,5	41,6	34,4	228,0	70,4	71,0	25,6
III.viz-min. ka-tegória		2	30		50			100		200	

A szennyviztisztitás mértékét a szennyvizbirságról szóló 28/1978./V.28./ Korm. számu rendelet irja elő.

A vizminőségi területek I-VI. határérték kategóriába vannak sorolva, amelyben az I. kategória a Balaton és vizgyüjtő területe, a kisérlet helye III. kategória, a Kapos vizgyüjtő területe; a Pécsi-viz - Feketeviz vizgyüjtő területe. A fenti vizminőségi kategóriákat /I.III./ az 5. táblázat tartalmazza.
Az 1974 évi tisztitott szennyviz havi átlagértékeit az 1. sz. melléklet I/1 jelzésü oszlopaiban láthatjuk.

Az algák életéhez az alábbi elemek szükségesek: C, H, O, N, P, S, K, Mg, Si, Na, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, V, /az aláhúzottak egyes rendszertani csaoportok számára nélkülözhetetlenek/ az elsőleges termelést nyomelemhiány is gátolhatja /GOLDMAN 1960/.

A halobitás fokát és a kémiai viszonyokra jellemző állapotot a Maucha-féle csillagdiagram mutatja /4. kép/



4. kép

A viz kalciumos és hidrokarbonátos, vezetőképesség alapján /1186 µS/ oligomezohalobikus.

Jósa András Tudományegyetem Központi Könyvtára SZEGED

A tápviz kémiai tulajdonságai alapján meghatározható az eutrofizálódási hajlam /VERDUIN 1964/, amelynek módositott egyenletét alkalmazva /FELFÖLDY 1977/:

$$Y = Y_{opt}/1-2^{-c}/ \cdot /1-2^{-n}/ \cdot /1-2^{-p}/$$

Y = vizsgált folyamat
Y_{opt} = a folyamat, ha minden adottság optimális
2 = term. log. alapszáma
c, n, p = hatótényezők erőssége

A biogén elemek optimális aránya:

C : N : P = 106 : 16 : 1

A befolyó viz mgC tartalma = /0,5 ±0,05/· mg hamumentes szárazanyaggal /FELFÖLDY 1963/ igy,

331 : 20,4 : 2,5
27,5 : 1,45 : 0,08 Mol.
343,7 : 18,1 : 1

Az ideális C : N = 6,63 : 1-hez, ami esetünkben 18,96 : 1-hez Ez azt jelenti, hogy a befolyó viz nitrogén /N/ tartalma nem teszi lehetővé a teljes szén /C/ mennyiség hasznositását. A feleslegben lévő szén /C/ tényezőerőssége

C = 7,04

ebből

$$\frac{18,96}{6,63} = \frac{7}{n}$$

A nitrogén /N/ tényezőerőssége n = 2,44

Az optimális foszfor /P/ nitrogén /N/ arány

1 : 16 - hoz, ami a befolyó vizben
1 : 18,1-hez, azaz

$$\frac{18,1}{16} = \frac{7}{p}$$

ebből a foszfor /P/ tényezőerőssége p = 6,18.

Az értékeket a VERDUIN képletbe helyettesitve:

$$Y = Y_{opt} \cdot /1 - 2^{-7}/ \cdot /1 - 2^{-2,44}/ \cdot /1 - 2^{-6,18}/$$

$$Y = Y_{opt} \cdot 0,9922 \cdot 0,8158 \cdot 0,9863 = 0,7983$$

Az algákban 8 % N tartalmat feltételezve /FELFÖLDY - TÓTH 1970/ 255 g/m^3 alga keletkeznék, de a fenti faktorral számolva 208 g/m^3 alga várható.

A méréseink szerint /13.sz. melléklet/ vertikálisan nincs inaktiv térfogat.
A várható alga mennyiség /208 g/m^3/ 4 %-a a-klorofill /8,0 g/m^3/ alapján a tározók hipertrófok lennének.

Az a-klorofill mérések alapján /13.sz. melléklet/ a tározó tavak eutrófikusak, mig az össz algaszám alapján politrófikusak, az elsőleges termelés mérései szerint hipertrófikusak.

A trofitások azonos tápanyagellátottság mellett 1977. IX. 13 - 26-ig csökkent /7, 9, 13. sz. melléklet/.

A fentiek azt támasztják alá, hogy az utótisztitó tavak igen jó tápanyagellátottságuak, az algák szempontjából biogén elemek közül a limitáló faktor a szervetlen nitrogén /N/.

3.2. Fényviszonyok

A vizben három tényező határozza meg a fényklimát:

a beeső napfény erőssége,
a lehatolás mélysége /a viz átlátszósága/,
a vizoszlop állandóan átkeveredő részén belül a sötét és világos viztér aránya.

A mi szélességi körünkön általában nem a fény limitálja a produkciót, hanem a tápanyag /HAJDU 1977/.

Vizsgáltuk a biológiailag tisztitott szennyviz extinkcióját az I. tározóban, valamint a II. tározótóban. Méréseinket a különböző mélységekben /6. táblázat/ a felszini megvilágitás százalékában fejeztük ki, a mérésekkel egyidejüleg elsőleges teremelés méréseket végeztünk /13. melléklet/, mértünk összalgaszámot és ebből biomasszát számitottunk /7, 8, 9, 10. melléklet/.

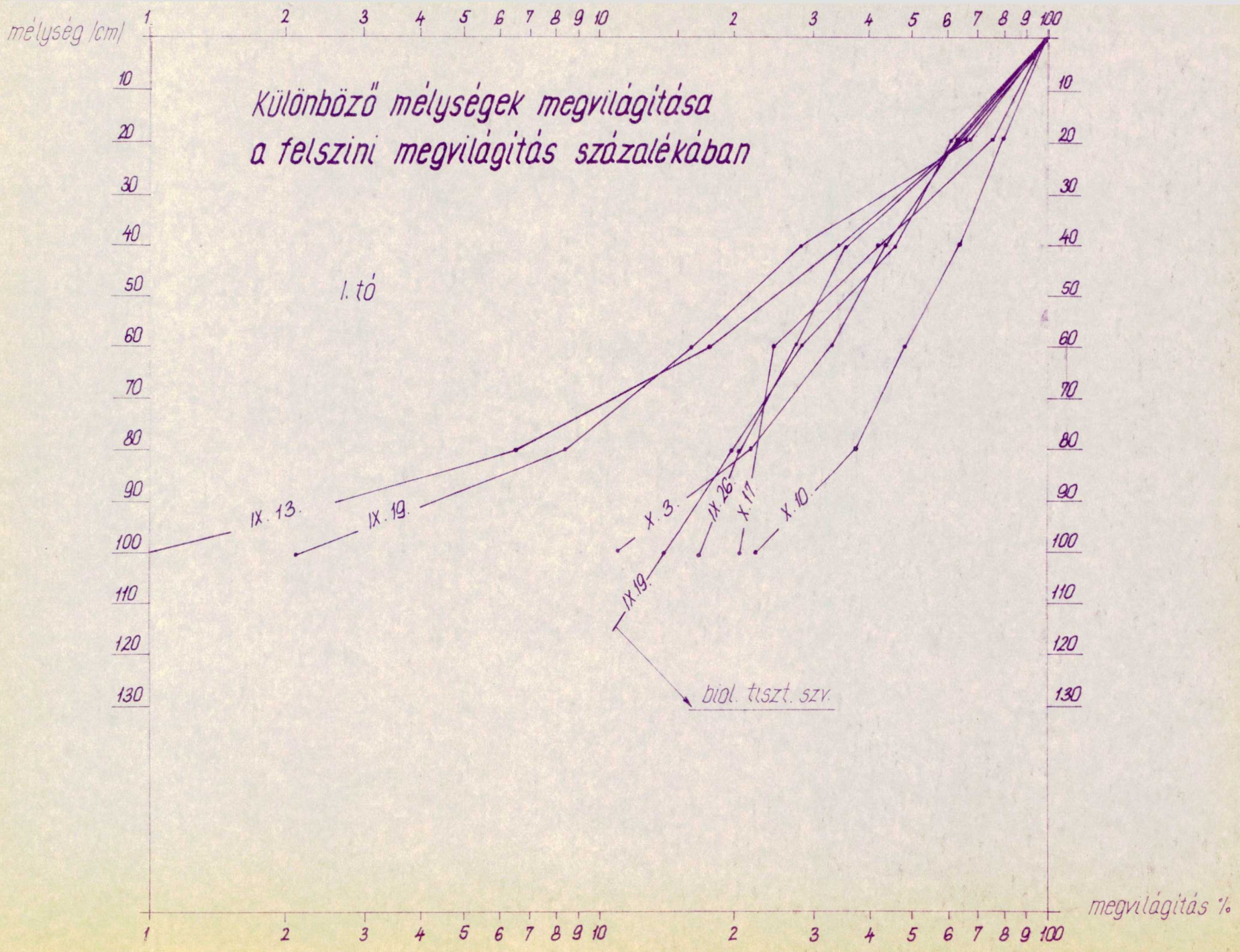
Megvilágitás különböző vizmélységekben, a felszini megvilágitás százalékában

6. táblázat

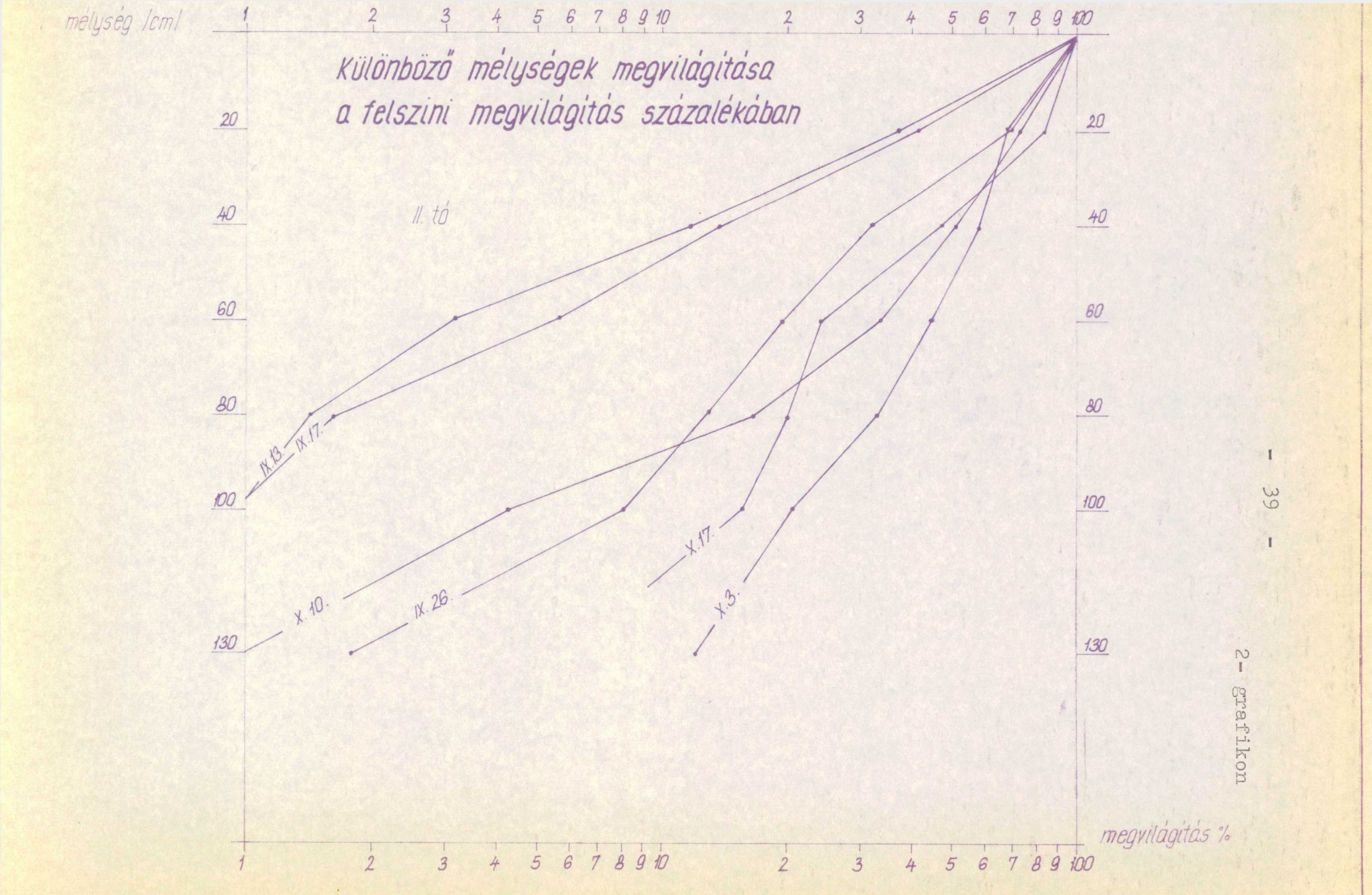
Vizsg. helye	Biol.t. szv.	I. t ó						II. t ó					
Ideje	1977. IX.19.	IX.13.	IX.19.	IX.26.	X.3.	X.10.	X.17.	IX.13.	IX.19.	IX.26.	X.3.	X.10.	X.17.
Felszini megv.(lux)	1000	1400	1000	800	182	270	182	1300	900	820	180	240	170
20 cm	61,1	61,5	64,1	65,0	63,6	79,6	74,9	36,8	41,4	69,5	68,9	70,8	83,5
40 cm	45,8	34,6	28,1	35,0	43,5	63,0	42,8	11,6	13,3	31,7	57,8	50,0	47,0
60 cm	27,8	17,4	15,9	27,5	32,6	48,1	24,6	3,9	5,6	19,5	44,4	33,3	24,1
80 cm	19,4	6,5	8,2	20,0	21,7	37,0	25,7	1,4	1,6	12,8	32,8	16,7	20,0
100 cm	13,9	0,1	2,1	16,2	10,9	22,2	20,3	0,6	0,3	8,0	20,6	4,2	15,3
130 cm										1,8	11,7	0	
Viz hőmérséklete /°C /	18,5	20,0	16,0	15,5	13,5	16,0	17,0	19,5	17,0	15,0	13,0	15,5	16,0

A tisztitott szennyvizben 100 cm-es vizmélységre a felszini megvilágitás 13,9 %-a jutott, ugyanakkor az I. tóban a fénynek már csak 0,1 %-a jutott le azonos vizmélységig /1. grafikon/.
Hasonlóan alakulnak a fényklima viszonyok a II. tóban /2. grafikon/.
IX. 13.-án és IX. 19.-én a fény nem jut le a fenékig, 100 cm mélységig a felszini megvilágitás erősségének 0,6 illetve 0,3 %-a jut le.
A megvilágitás maximuma IX. 13.-a és IX. 19.-e közötti időszakra esett /6. táblázat/, majd X.13-ig fokozatosan csökkent.
Ugyanezen időszakon belül IX. 19.-én volt az összalgaszám maximuma, ugy az I-es, mint a II. tóban.

A felszini megvilágitás csökkenésével az alga egyedszám és biomassza is a minimumra csökkent, azonos tendenciát mutatott az elsőleges termelési értékek változása, ami 9121,8 mg C $m^{-2}nap^{-1}$ értékről 697,5 mg C $m^{-2}nap^{-1}$ értékre az I. tóban, mig a II.-ban 9095-ről 1019 mg C $m^{-2}nap^{-1}$ értékre csökkent.
A termelési értékekkel együtt csökkent az a-klorofill hatásfoka, számitását FELFÖLDY /1963/ szerint végeztem /13. melléklet/.
A tározók produktivitási szempontjából a felszin alatti 60 cm-es vizréteg a dötnő, mert a szervesanyag termelés több, mint 90 %-a itt termelődik.


mélység /cm/
Különböző mélységek megvilágítása
a felszini megvilágitás százalékában
I. tó
IX. 13.
IX. 19.
X. 3.
IX. 26.
X. 11
X. 10.
IX. 19.
biol. tiszt. szv.
megvilágitás %

1. grafikon


mélység /cm/
Különböző mélységek megvilágitása
a felszini megvilágitás százalékában
II. tó
IX.13.
IX.17.
X.10.
IX.26.
X.17.
X.3.
megvilágitás %

2- grafikon

Vizsgáltam az összefüggés erősségét a fény és az elsőleges termelés, az algabiomassza és algaszám között /3. grafikon/.

A korrelációs együttható /r/ értékét /HORVÁTH I. 1974/ a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat

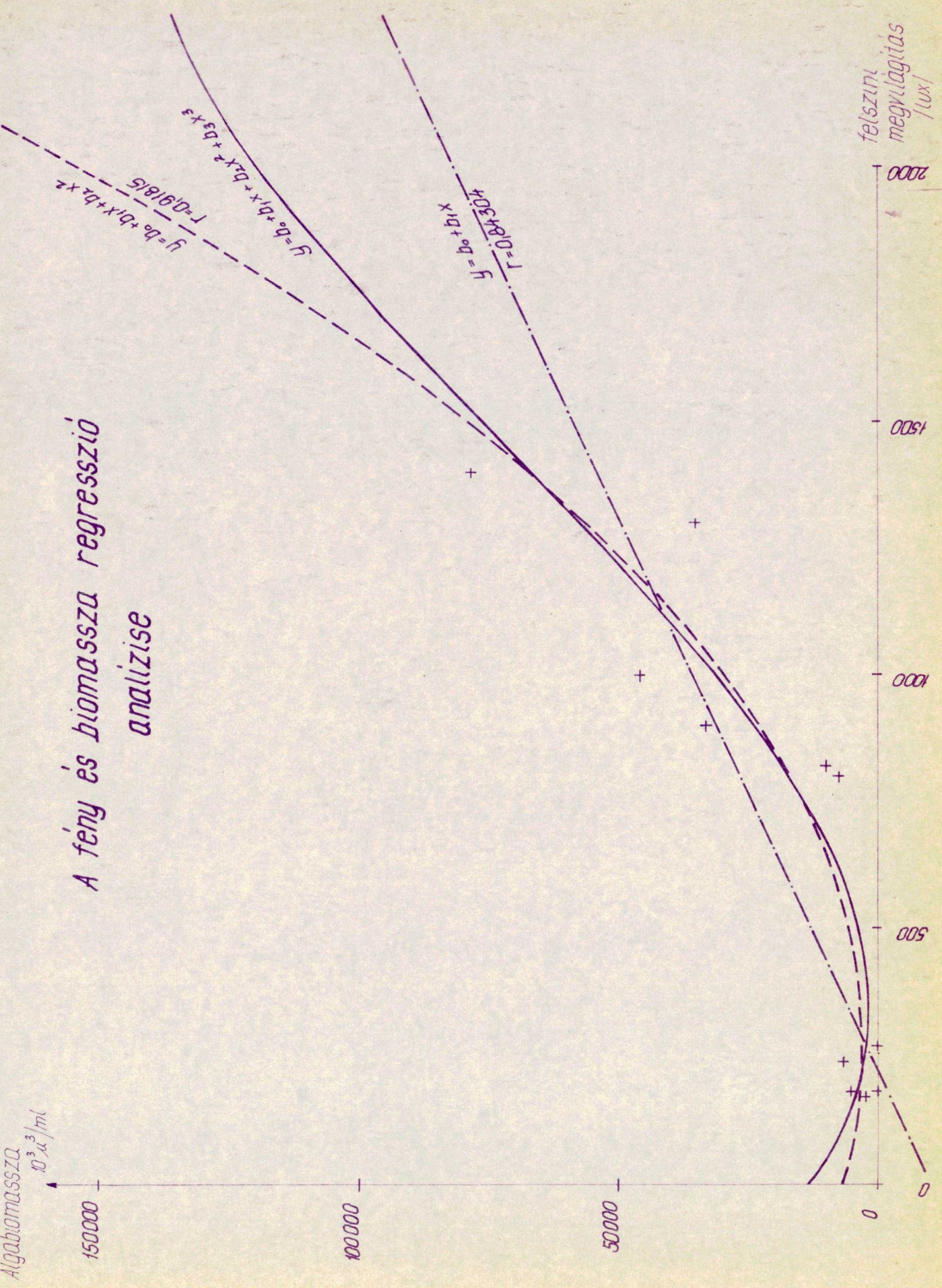
Korrelációs együttható értéke

	fény - elsőleges termelés	fény - alga - biomassza	fény - összalgaszám
lineáris /r/	0,9891	0,8430	0,7645
másodfoku /r/	0,9945	0,9181	0,8743

A megvilágitás erőssége, valamint az elsőleges termelés, algabiomassza, összalgaszám között igen szoros az összefüggés / r = 0,9945 - 0,8743 /. A viz átlátszósága /a fény lehatolásának mélysége/ az összalgaszám, - biomassza maximum időszakában a legkisebb. A produkciót döntően a fény határozza meg.

A kompenzációs pont 80-130 cm-es vizmélységben volt, itt a megvilágitás erőssége 8-13 lux. Ebben az esetben mindkét tóban magas az összalgaszám.

3. grafikon


A fény és biomassza regresszió analízise
Algabiomassza
$10^3 \mu^3/ml$
150000
100000
50000
0
felszíni megvilágítás /lux/
0
500
1000
1500
2000
$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$
$r = 0{,}91815$
$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3$
$y = b_0 + b_1 x$
$r = 0{,}84304$

3.3. A hőmérséklet

A hőmérsékletnek nagy szerepe van a tavak, tározók élővilágának kialakulásában, de az algák számára a a kémiai tényezők sokkal lényegesebbek. Sok alga - fajnak igen tág hőfok optimuma van, pl. Melosira sp. 1,7 - 4,9 és 18,5 - 23,3 °C intervallumok között ugyan úgy tenyészik.

A hőmérséklet hat a fotoszintézis oxigéntermelésére és a többi biológiai reakcióra. Mig az oxigén - termelés optimális 20°C-on, alsó és felső határa 4 °C, illetve 35°C-nál van.

A kémiai reakciósebességek durván megkétszereződnek minden 10°C hőmérséklet emelkedéssel és ez a szabály bizonyos korlátozásokkal érvényes a biológiai reakcióra is.

$$\frac{t}{t} = e^{c'\ /T_o - T/}$$

t = a T hőmérsékleten szükséges reakcióidő napokban
t_o = az eredeti reakcióidő T_o hőmérsékleten napokban
c = Van't - Hoff - Arrhenius egyenlet energia-hőmérsékleti állandója /0,0693/
T_o = az eredeti hőmérséklet C°
T = bármely más hőmérséklet 4-35°C-ig

A fotoszintetikus oxigéntermelés, ami az utótisztitó tározóknál döntő szerepet játszik, nem függ olyan mértékben a hőmérséklettől, mint pl. a metánképződés az üledékben.

Egyes hideg tengerek kitünnek magas planktontermelésükkel. Észak-Dakotában már 80 cm-es jégtakaróval fedett utótisztitó tározótavat is sikeresen üzemeltettek hideg teleken, bár az elfolyó viz BOI_5 értékei magasabbak, mint a melegebb évszakokban.

József Attila Tudományegyetem Központi Könyvtára SZEGED

Tapasztaltunk jég alatti mintákból több, mint 100 mg/m^3 össz-klorofill tartalmat.

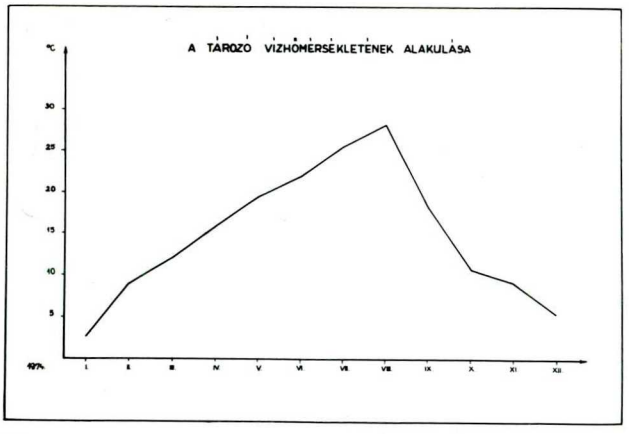
A sugárzások és a sugárzási mérleg Pécsett LOVÁSZ /1977/ szerint:

8. táblázat

Hónapok:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	kcal/cm^2 /globális sugárzás/									
	2,8	4,4	9,0	11,5	15,1	15,1	16,4	14,0	9,9	6,1

A nyári időszakban figyelembevéve a nagy sugárzási intenzitást, az algatavakban az üzem egészen csekély vizmélységgel és megfelelően rövid tartózkodási idővel megoldható ugyan úgy, mint a meleg égövben egész évben /BENEDEK 1973/.

A II. tározó vizhőmérsékletének havi átlageredményei az 5. képen láthatók, a havi átlagok adatait a 9. táblázat tartalmazza.



5. kép

9. táblázat

Hónapok 1974.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
°C	2,6	9,0	12,1	15,9	19,6	22,0	25,6	28,3	18,4	10,8	9,1	5,4

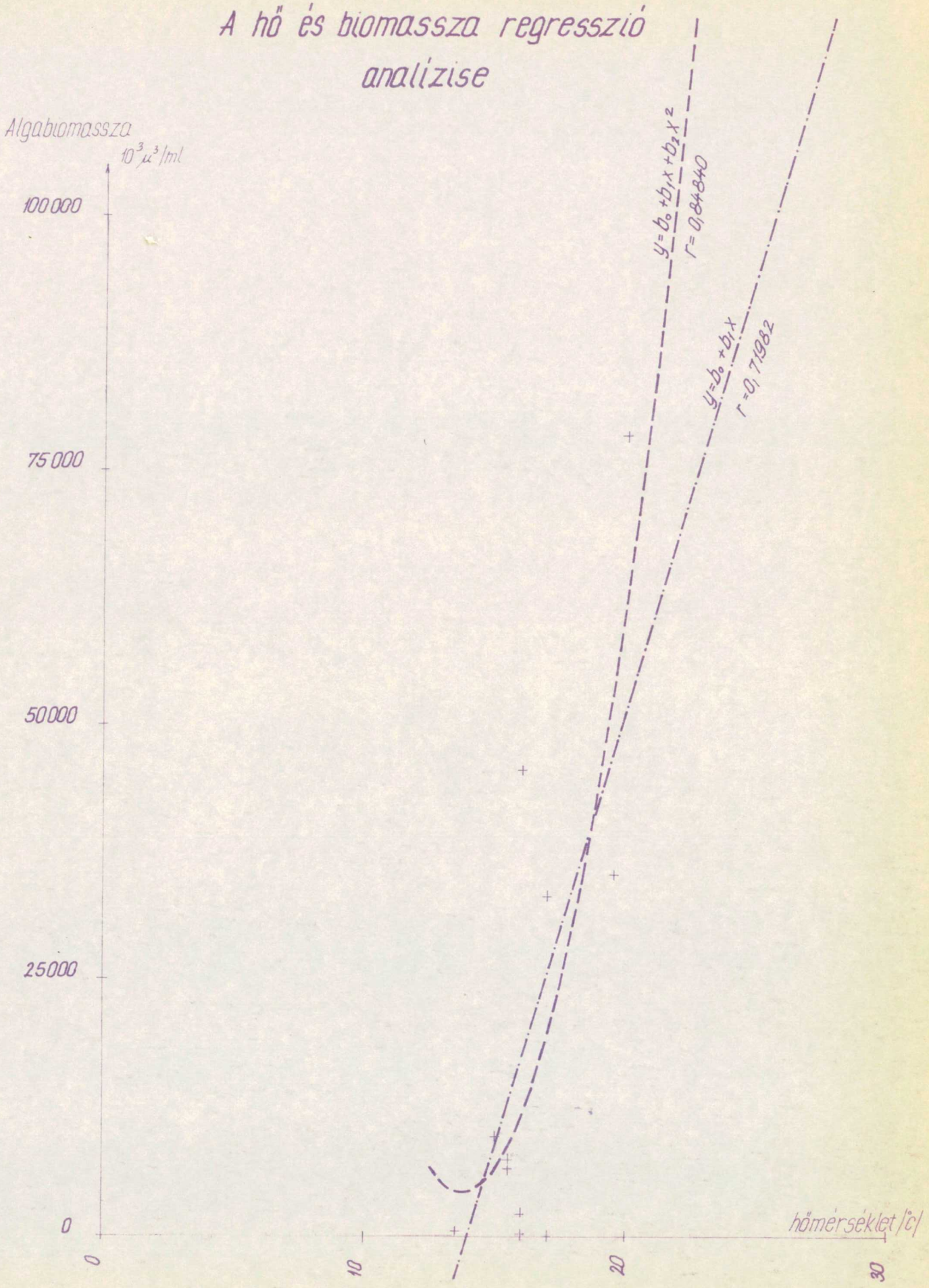
A tározótavak hőmérsékleti szélsőértékei az 1974 évi VIII. havi 28,3 °C, illetve téli befagyott állapot, amely 1977. december hónapban volt.
A biológiailag tisztitott szennyviz hőmérséklete nem mutat ilyen szélső értékeket, a nyári hőmérsékleti intervallum 18,0 - 19,5 °C között, mig a téli 13,0 - 16,0 °C között van. Ilymódon a tározók vizének hőmérséklete nemcsak környezeti tényezőktől, hanem a tározók hidraulikai terhelésétől is függ.
Téli időszakban nagyobb terheléssel /kisebb tartózkodási idővel/ magasabb hőmérsékletet lehet elérni.
1977. IX. 13. és X. 17. között vizsgált időszakban ugy az I-es, mint a II. tóban /7, 8, 9, 10. melléklet/ az összalgaszám és biomassza változások inkább a fényviszonyokkal, mint a hőmérsékleti változásokkal hozhatók összefüggésbe /7. táblázat/.
A hőmérséklet a produkció regresszióanalizisét a 4. grafikon, a korrelációs együttható /r/ értékeket a 10. táblázat mutatja:

10. táblázat

	hő - elsőleges term.	hő - algabiomassza	hő - összalgaszám
lineáris /r/	0,9742	0,7198	0,6714
másodfoku /r/	0,9870	0,8484	0,8194

4. grafikon

A hő és biomassza regresszió analízise



3.4. A tartózkodási idő hatása

A fény, hőmérsékleti, salinitási, abiotikus, biotikus viszonyokon túl az áramlási sebességnek, tartózkodási időnek, hidraulikai, hidrológiai voszonyoknak is hatása van a kialakuló élővilágra.
A vizben létrejövő alga-népesség nagysága tehát nemcsak a fény hő- és tápanyag ellátotságtól függ, hanem időtényező is hat rá. Az algák kétszereződési ideje kisérleti feltételek mellett 2-6 óra, de a természetben 24 óra és néhány nap között változik.
A folyamatosan terhelt tározókban az időfaktort a tartózkodási idő fejezi ki /FELFÖLDY 1969, 1977/.

Ilyen esetben a befolyó vizből számitott és napokban kifejezett átlagos tartózkodási idővel számolunk:

$$t_M = \frac{V}{MQ} \qquad \text{ahol}$$

t_M = átlagos tartózkodási idő /nap/
V = tározó térfogata /m^3/
MQ = a napi átlagos hozzáfolyás /m^3/nap/

A tartózkodási idők értékeit a 11. táblázat tartalmazza:

A tározótavak vizének átlagos tartózkodási ideje

11. táblázat

1. Algás tó /planktonikus eutrofizáció/			
É v	I. tó	II. tó	I+II. tó
1972.	11,1	20,4	31,5
1973.	12,9	25,3	38,2
1974.	12,3	17,1	29,4
1977.IX-X.	9,1	21,0	30,1

2.a./ Hinaras tó /bentikus autrofizáció/			
É v	I. tó	II. tó	
1975.VII-IX.	13,0	/Ceratophyllum submersum L./	
1976. V.	13,0		
1977.V-VI.		24,7 /Cladophora glomerata L./	

2.b./ Hinaras tó /pleusztonikus eutrofizáció/			
É v	I. tó	II. tó	
1977.VI-VIII.	9,6	20,7 /Lemna gibba L./	

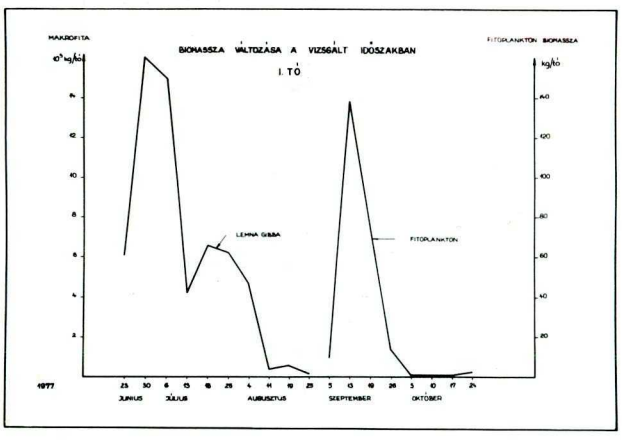
A tartózkodási idők szélső értékei 3,3 nap az I. tóban, mig 59 nap a II. tóban. Mindkét szélső érték esetében a tavak élővilágára a planktonikus eutrofizáció volt a jellemző.

Ceratophyllum submersum L. állomány 1975. VII-IX. és 1976. V. hónapban az I. tóban jelent meg, amelyben a viz tartózkodási ideje 13 nap volt.
A Cladophora állomány kizárólag a II. tóban 24,7 nap átlagos tartózkodási idő után jelent meg.
A Lemna gibba L. állomány az I. tóban 9,6 nap, a II. tóban 20,7 nap tartózkodási idő után volt jelen.
Az adatokból megállapitható, hogy a planktonikus eutrofizáció kialakulása a tartózkodási időnek 3,3 napon túl nincs meghatározó jelentősége.

A hinaras kialakulására kedvező a magasabb tartózkodási idő, Ceratophyllumnál 13 nap, Lemna esetében 9,6-20,7 nap, mig a Cladophora sp. kizárólag 20 nap felett jelent meg a tározóban.

3.4.1. A tartózkodási idő és a biomassza-változások.

Az 1977 évi biomassza változásokat az I. tóban a 6. kép mutatja.

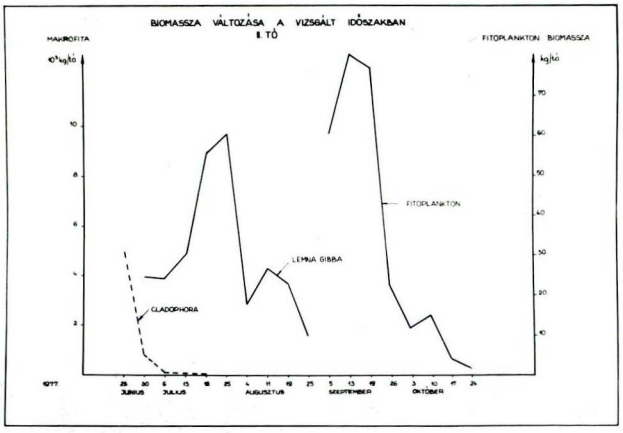


6. kép

Az I. tározó tó össz makrofita biomasszája junius 23-tól 30-ig nőtt, attól kezdve VII. 6-ig stagnált, majd a lehalászás következtében mintegy tizedére csökkent.
A junius 30.-i biomassza maximum idején 16.111/kg nedves sulyu Lemna gibba volt a tározóban, ennek száraz sulya 483 kg/tó volt /11. sz. melléklet/.

Az algabiomassza maximum itt 139,8 kg/tó volt, s ennek mintegy 20 %-a / 27,96 kg / száraz súly.
Az I. tározó tóban az áltagos tartózkodási idő 9,6 nap volt Lemna gibba tömegprodukció esetében.
A IX-X. hónapokban, amikor a fitoplankton jellemezte a tó élővilágát, alig valamivel kevesebb 9,1 nap volt az átlagos tartózkodási idő.
A II. tóban 1977. VI. 23-án az I. tóval ellentétben még nem volt békalencse. A tó teljes felületét benőtte a Cladophora glamerata sürü szövedéke, egyes területeken a fenék közelében helyezkedett el, junius 30-án már a tófelszin 70 %-át Lemna gibba boritotta, s VII. 6.-án már 100 %-os volt a boritottság. E tározótavon nem halásztuk le a békalencsét, ennek ellenére augusztus 18-tól állomány gyérülni kezdett és egy héttel később a boritottság 35 %-os volt. /12. sz. melléklet/ A nedves sulyu biomassza maximum 9760 kg/tó volt.
A Cladophora glomerata mennyisége nedves sulyban 4928 kg volt a tóban junius 23-án, a száraz suly 567 kg. Ez utóbbi érték több, mint kétszerese a Lemna gibba száraz sulyának. A Cladophora glomerata szárazanyag tartalma lényegesen magasabb /9-15,5 %/, mint a Lemna gibbáé, átlagosan 12 %.

A fitobiomassza változásokat a 7. kép mutatja.



7. kép

A makrofita biomassza maximum az I. tóban 16.111 kg volt, mig a II. tóban 9760 kg. A fitoplankton biomassza maximum 139,8 kg/tó az I-ben, a II. tározótóban 70,48 kg/tó volt.
Szembetünő a biomassza maximumok különbsége, amelyek az I. tóban és a II. tóban adódtak.
Miközben a tartózkodási idő 9,6 napról /I.tó/ 20,7 napra /II.tó/ emelkedett - a Lemna fajok esetében -, a maximális biomassza produkció kb. 40 %-kal csökkent.

A fitoplankton maximum mennyisége is kb. 50 %-kal csökkent, miközben 9,1 napról /I. tó/ 21,0 napra /II.tó/ emelkedett a tartózkodási idő.

Sorba kapcsolt utótisztitó tavak esetében a fenti feltételek mellett a tartózkodási idő növekedésével csökken a maximális biomassza produkció.

3.5. A biológiai vizminőség változásai.

3.5.1. Szaprobitás változása trofitássá.

Szaprobiológiai vizsgálatokat a biológiailag tisztitott szennyvizből és az I. tározó tóból vett mintákból végeztem. A vizsgálati eredményeket az alábbiakban mutatom be: /12. táblázat, 5. grafikon/

Szaprobiológiai index:

12. táblázat

1972.	VIII.31.	IX.2.	IX.7.	IX.9.	IX.14.	X.16.	X.21.	X.26.
Biol. tisztitott szv.	3,49	3,42	2,82	3,48	3,46	3,51	-	-
I. tározó vize	2,92	2,60	2,76	3,10	3,26	2,95	2,66	2,50
a-klorofill mg m^{-3}	167	2260	968	1352	439	246	804	902

A biológiailag tisztitott szennyviz maximális szaprobiológiai indexe poliszaprob, átlagosan S = 3,36 alfa mezoszaprob intervallumba esik.

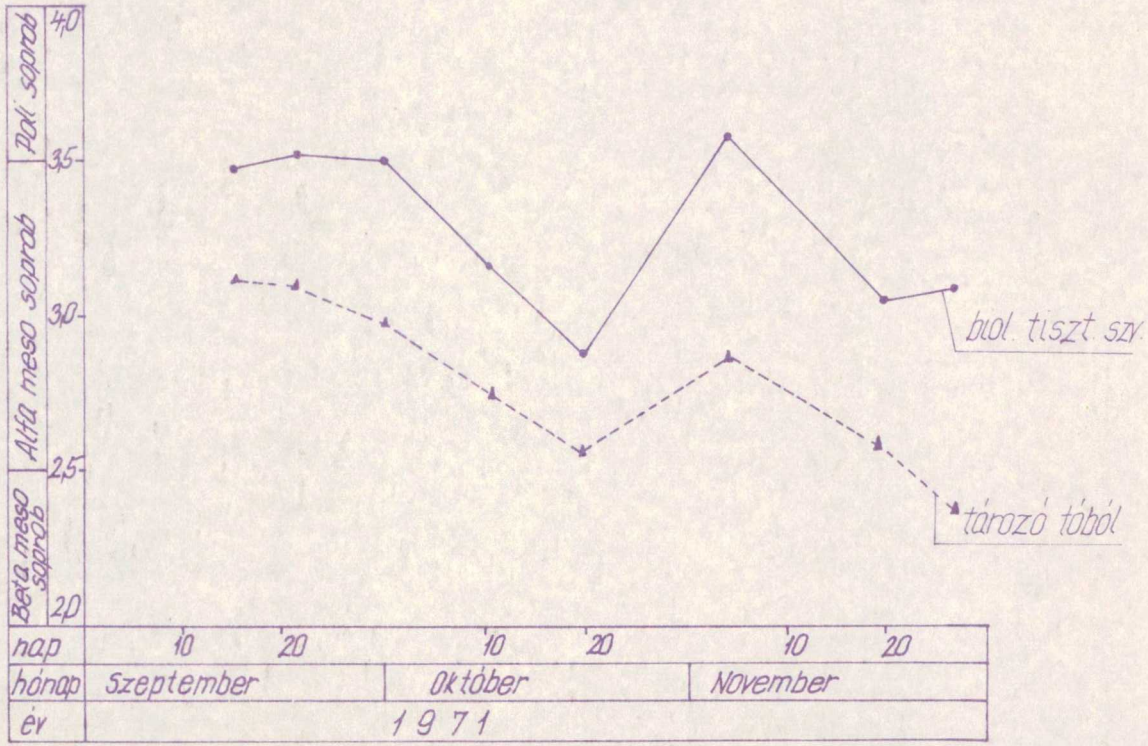
A tározótóban mért átlagos érték 2,84 alfa-béta mezoszaprob értéke csökkent, mig a minimális érték eléri a béta mezoszaprob határértéket, amely felszini vizminőségnek számit.

Szaprobitási viszonyok változását E.coli biomassza index alapján is mértük, amely a fentiekhez hasonló tendenciát mutat:

Biológiailag tisztitott szennyviz: 125,5 % K /pepton mg/l/
I. tározó tó vize: 91,5 % K /pepton mg/l/
II. tározó tó vize: 65,0 % K /pepton mg/l/

Fentiek alapján megállapitható, hogy a tározás során a szaprobitás csökken, mig a trofitás,az elsőleges termelés intenzitása jelentősen megnő.

Szaprobiológiai index változása a tározás során



5. grafikon

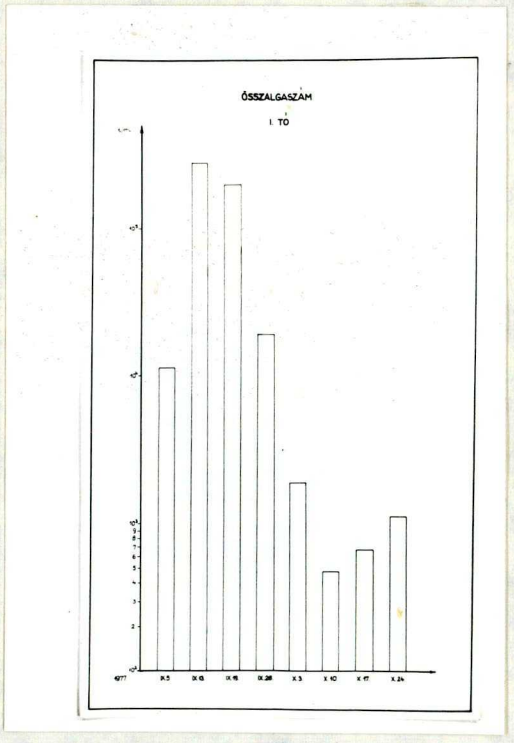
3.5.2. A biológiai produkció ismertetése.

3.5.2.1. Mikroszkópikus növényzet. Fitoplankton.

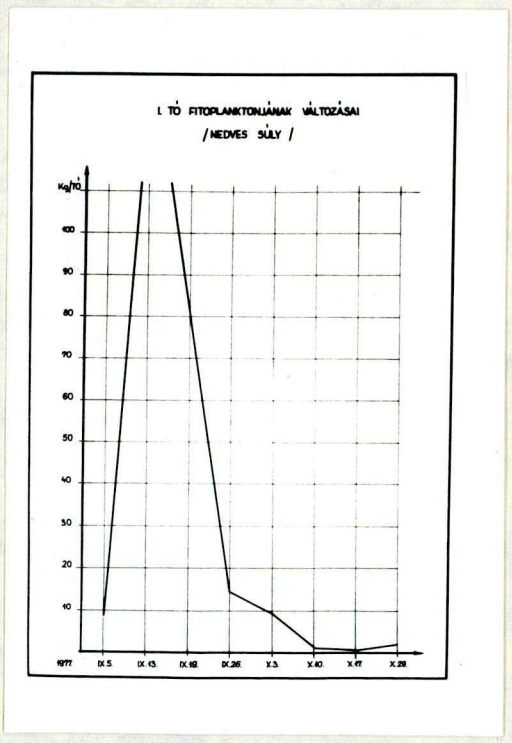
1974-től végeztem összalgaszám vizsgálatokat. 1977-ben az összalgaszám mellett az algák meghatározását is elvégeztem /BARTHA Zsuzsa et al. 1976, FELFÖLDY 1972, UHERKOVICH 1966, 1971, SZALAY 1967/.

I. tározó tó

A fitoplankton egyedszáma és biomasszája /7, 8. melléklet/ 1977-ben egy maximum szerint változott /8.a., 8.b. kép/



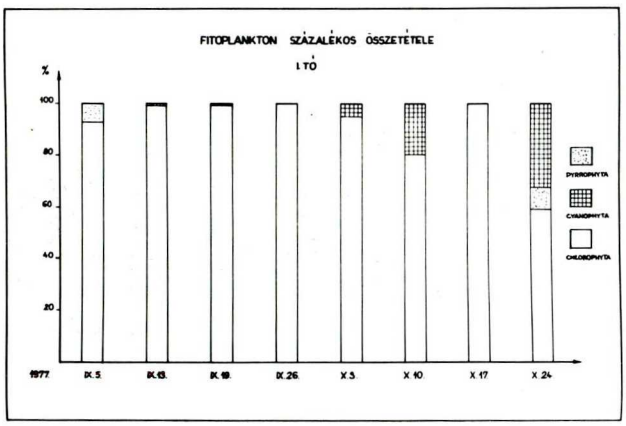
8.a.kép



8.b.kép

Az algák maximális egyedszáma megközelitette a milliliterenkénti 300 000-t, IX. 19.-én is 200 000 felett volt, IX. 26.-án 20 000, X. 3.-án mindössze 1 880 volt a milliliterenkénti egyedszám. Az algabiomassza az össz algaszámhoz hasonlóan változott a maximum 78,47 mg nedves sulyu alga egy liter vizben .

A fitoplankton százalékos összetételében a Chlorophyta az uralkodó /9. kép/



9. kép

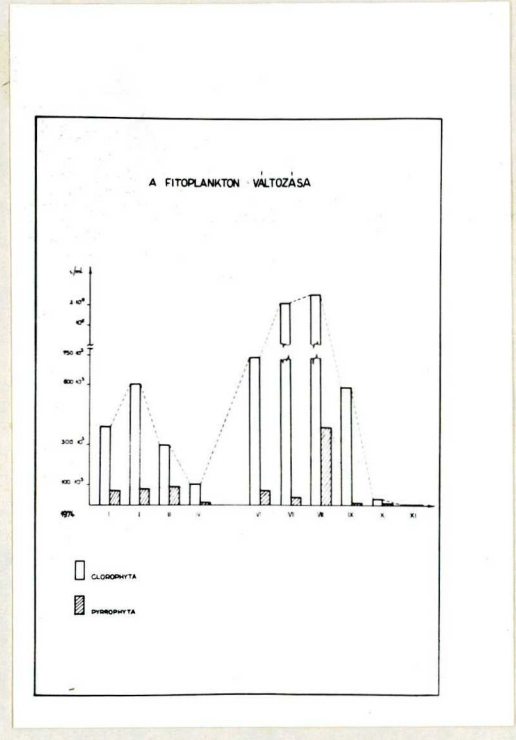
A tóban a legnagyobb számban az Ankistrodesmus convolatus Corda, a Chlorella minutissima Fott et. Novakova és a Chlorella simplex /Artari/ Migula fordult elő /7. melléklet/.

Attila József Tudományegyetem Könyvtára SZEGED

II. tározó tó

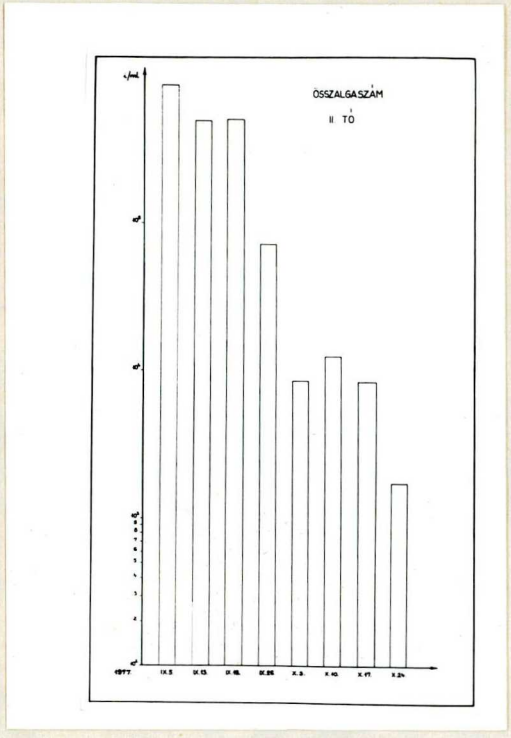
A legtöbb algát 1974. augusztusában észleltük: $3 \cdot 10^6$ iml^{-1} /10. kép/.

A 6.sz. melléklet az 1974-ben vizsgált összalgaszám vizsgálati eredményeit tartalmazza.

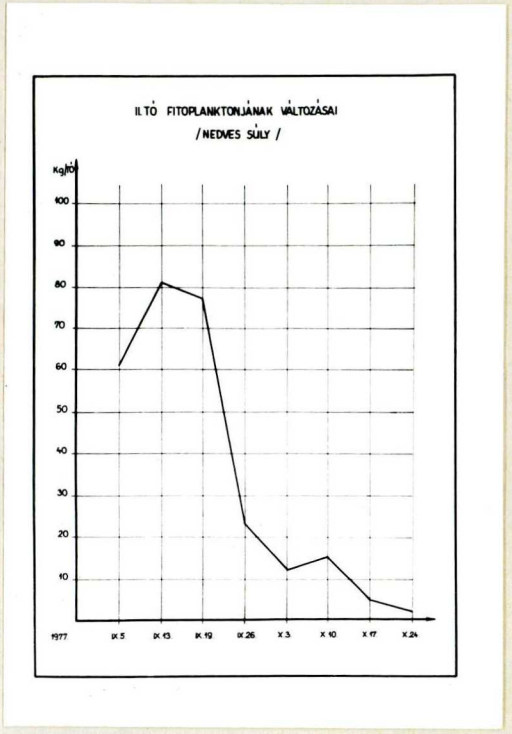


10. kép

1977. IX. 5.-én 100 000/ml, IX. 19.-én az egyedszám 600 000/ml, ettől kezdve erősen csökkent /11. a. 11. b. kép/.



11. a.kép



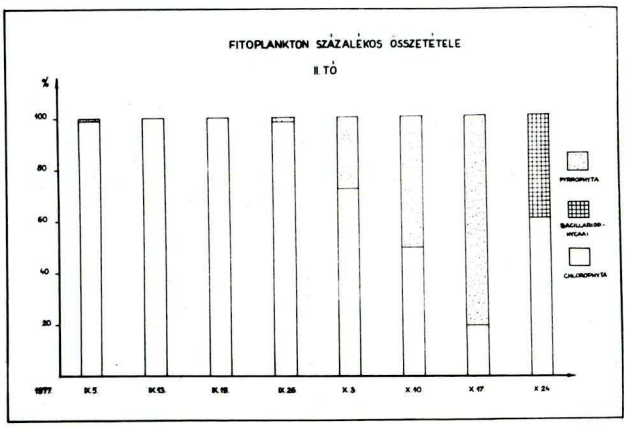
11.b. kép

Az összalgaszám változása hasonló tendenciát mutat mindkét tározó tóban, /11.a és 11. b.kép/ de a II. tóban közel kétszeres értéket mutat /8.,10.melléklet/.

Az algabiomassza változások hasonló tendenciát mutatnak az összegyedszám változásával, de a maximális biomassza 35,24 mg/liter, azaz mintegy fele az I. tározó tóban mért értéknek.

A magasabb egyedszám kisebb biomasszával párosul, ennek az az oka, hogy a tóban uralkodó szervezet a Chlorella minutissima Fott et Novakova és a még kisebb testü Ankistrodesmus convolutus Corda.

A fitoplankton százalékos összetételét a 12. kép mutatja, hasonlóan, mint az I. tározó tóban a Chlorophyta fordul elő magas százalékban, de X.3-tól jelentősen lecsökkent összalgaszám miatt kiegyenlitett a százalékos összetétel /9. melléklet/.



12. kép

Az előkerült taxonok száma mindkét tóból mindössze 30 volt /5. melléklet/. Az alacsony fajszám és a magas egyedszámok az ekoszisztéma labilis viszonyaira, annak szélsőséges voltára utalnak.

Azelőkerült taxonok közül 1 Cyanophyta, 4 Euglenophyta, 2 Bacillariophyceae, 4 Pyrrophyta és 9 Chlorophyta volt. Közülük legnagyobb számban a Chlorella minutissima Fott et Novakova, a Chlorella simplex /Artari/ Migula és az Ankistrodesmus Convolutus Corda fordult elő.

A várttól /HAJDU 1977/ eltérően alakult a tározótavakban a Shannon-féle diverzitás, ugyanis az I. tóban magasabb, mint a II. tározó tóban.

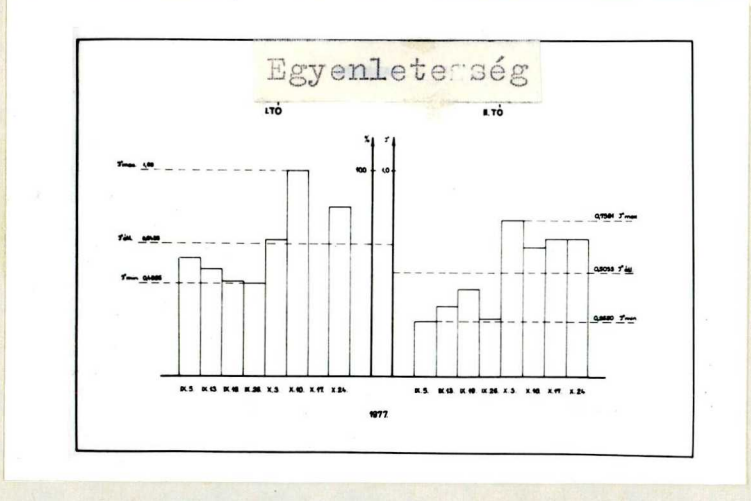
A diverzitás átlaga az I. tóban:

$H'' = - 1,6686$, mig a II. tóban $H'' = - 1,2468$

Hasonló képpen alakult az egyenletességi index

/ $J = \frac{H''}{\log s}$ / /13. kép/.

az I. tóban $J'' = 0,6435$, mig a II. tóban $J'' = 0,5033$



13. kép

A diverzitás vizsgálata utal e vizi ekoszisztéma labilitására.

A diverzitás a nagyobb algaszám, az erősebb fotoszintetikus hatásfoka, a nagy produkció esetén csökken /HAJDU 1977/. amit vizsgálataink is alátámasztanak.

3.5.2.2. Makroszkópikus növényzet

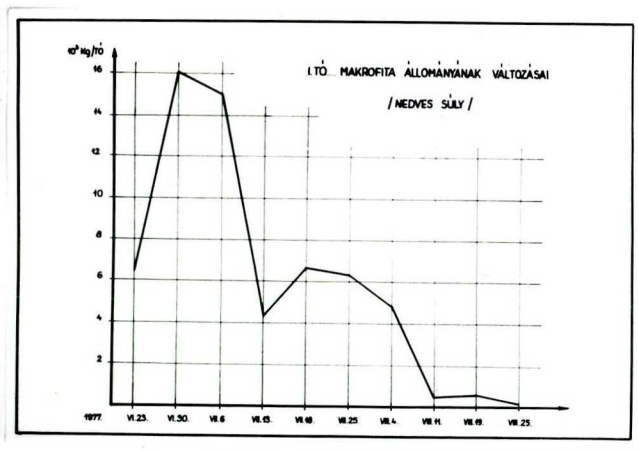
I. tározó tó

Makrofita állományt a tározás során először 1975. III. hónaptól kezdődően észleltünk.

Az állomány Ceratophyllum submersum L. /Sima tócsagaz/ volt. Juniusban a biomassza elérte a maximumot 7.800 kg/tó értékkel, átlagos 6,3 % szárazanyagtartalommal /491,4 kg/tó/, a tó teljes mélységét és felületét beboritva /3.sz. melléklet/ és csaknem teljesen kiszoritotta az algákat.

A Ceratophyllum állomány 1976-ban tavasszal ismét megjelent, de ugyanakkor a Lemna gibba is foltokban.

1977. VI. 23. - VIII. 10 között a tározó tó teljes felületét a Lemna gibba állomány boritotta, ekkor a zárt békalencse alatt pusztuló Ceratophyllum állományt figyeltünk meg. Augusztus 10.-én a békalencse jelentős részét lehalásztuk, emiatt 11.-én a boritás 10 %-os volt, ezt követően a békalencse állománya nem újult meg,hanem fokozatosan eltünt a tóból /14. kép/.



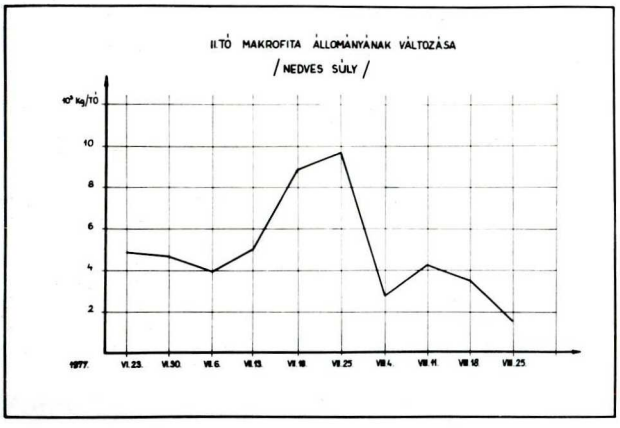
14. kép

A Lemna gibba nedves súlyának átlagos szárazanyag tartalma 3,35 %.

II. tározó tó

A II. tóban a Lemna gibba először 1976-ban szórványosan fordult elő.

1977-ben a tavaszi fitoplanktont május 23-tól junius 24-ig Cladophora glomerata L. váltotta fel /bentikus eutrofizáció/.
Junius végén /VI.30;/ a Lemna gibba 70 %-osan boritotta a felszint, rohamosan növekedett a biomassza mennyisége /15. kép/ amely teljes egészében lefedte a tó felszinét /12. melléklet/.



15. kép

A Cladophora állomány pusztulásnak indult a 100 %-os boritásu békalencse állomány alatt.

3.5.2.3. A-klorofill és az elsőleges termelés

A havi átlagos mérési eredményeket a 13. táblázat mutatja:

13. táblázat

	a -klorofill mg/m^3								
Hó	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
1973. I.tó	1019	858				86,5			
II.tó	1100	760				100,0			
1974.II.tó		183						246	170
1975. I.tó				162					
II.tó				148,5					
1976. I.tó							33,0	138	
II.tó					44,8	46,0	112,0	130,7	
1977. I.tó			12,0				67,2	49,7	
II.tó								73,6	

Az a-klorofill értékek alapján /1. táblázat/, a szélső értékektől /1973.II. III. hó/ eltekintve a tározótavak eu-politrofikus - politrófikusak.

Az elsőleges termelési értékek /13. melléklet/ alapján, amelyek csúcsértéke 9,1 gC m^{-2} nap^{-1} szintén politrofikus az elsőleges termelés intenzitása.

3.5.2.4. A két tó produkciójának /P/ és biomasszájának /B/ és ezek arányának változása.

A P/B arány összehasonlitása fitoplanton esetén az I. tározó tó egyensúlya valamivel stabilabbnak értékelhető /0,0697 - 0,2886 a P/B arány intervalluma/. Ezt támasztja alá a Shannon féle diverzitás és egyenletesség /13. kép/. A Daphnia produkció és biomassza alapján számitott P/B a II. tározóban mutat kiegyenlitettebb értéket.

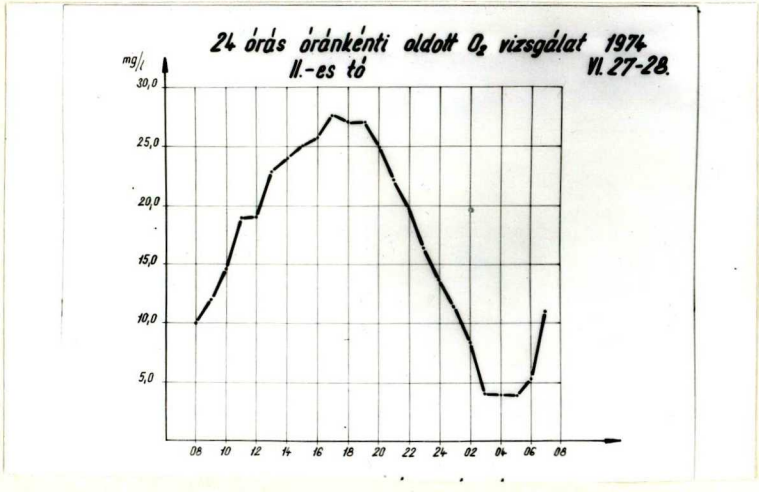
3.5.3. A termőképesség változásának hatása a viz kémiai tulajdonságaira /a technológiai vizminőségre/.

1972-1974. közötti időszakban az utótisztitó tavak /I. II./ algás tónak /fitoplankton tó 1.1.3.1./ minősültek.

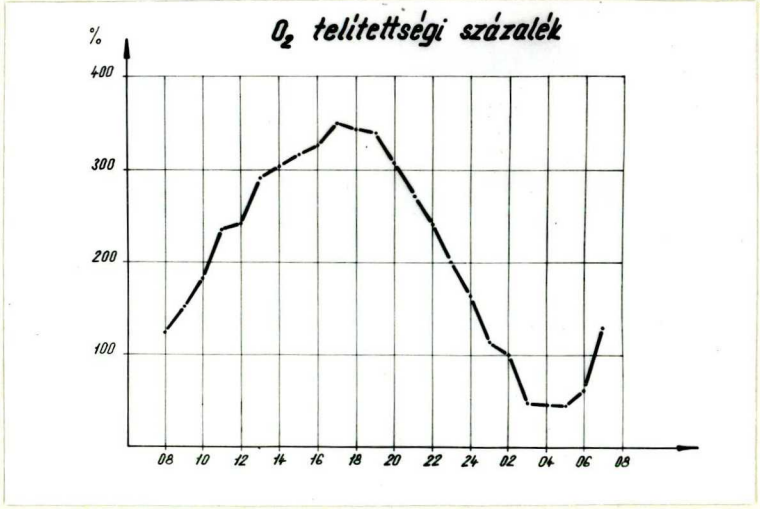
Ebben az időszakban történt vizkémiai vizsgálatokat az alábbiakban mutatom be; - reprezentativ adatsornak az 1974 évi vizsgálatok számitanak /1.melléklet/

Oxigéntelitettség és pH

A fotoszintézis során keletkezett oxigén nappal jelentős tultelitettséget okoz a vizben. Jellemzőek a napi oxigén maximum és minimum értékek /16. a.b.kép/.

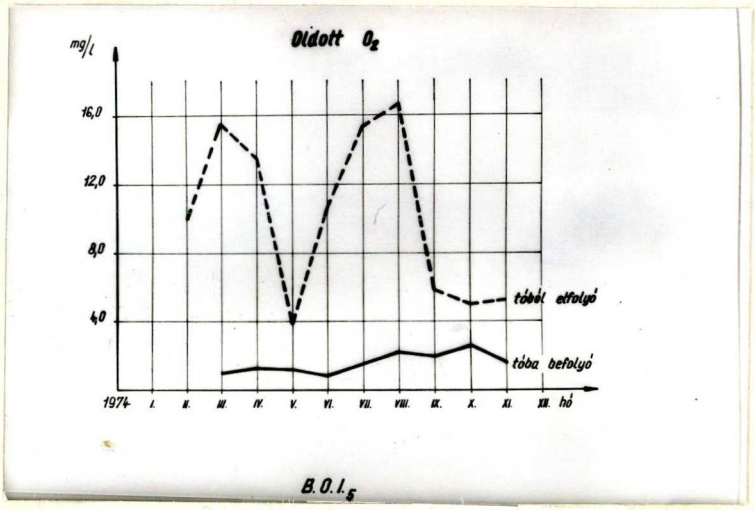


16. a. kép



16. b. kép

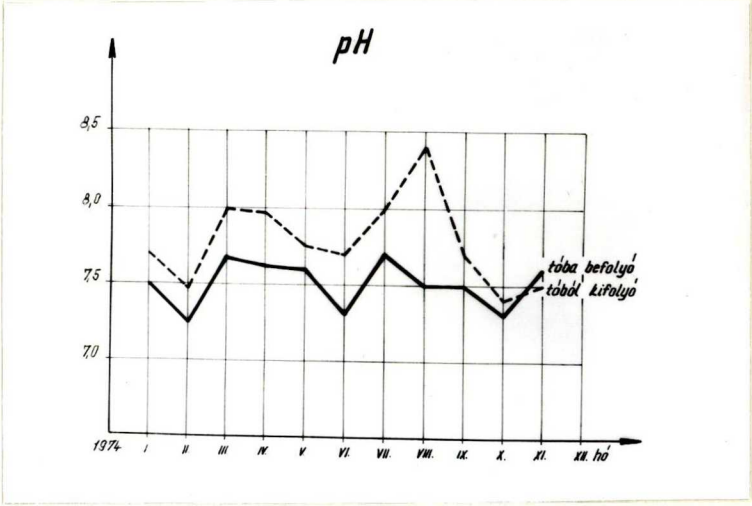
A 17. kép az éves délelőtti oldott oxigénmérések havi átlagainak grafikonját ábrázolja. A tisztított szennyviz oxigétartalmához képest az eltérés egy nagyságrendü a tározótavakban.



17. kép

A tározás során gyakoriak a 100 %-ot meghaladó értékek, mértünk 434,6 %-os oxigéntelitettséget. A tározott viz ekkor hipertrofikus, benne az a-klorofill csúcsértéke 3.240 mg/m^3 volt. Az oldott oxigéntartalom csökkenése a betáplált vizhez képest akkor következik be, amikor olyan növény szaporodik el a tározókban /Lemna gibba/, amely lefedi a felületet és a fotoszintézissel termelt oxigén a levegőbe távozik, a békalencse takaró alatt viszont sötét van.
Ilyen esetekben a rendszer reduktiv irányba tolódik el, a nitrifikáció csökken, ami a vizminőség alakulása szempontjából káros folyamatokat eredményez.

A pH értéket a 18. kép mutatja, amely magasabb értékü a tározott vizben a betáplált vizhez képest.



18. kép

Kalciumion /Ca^{++}/, hidrokarbonátion /HCO_3^-/ karbonátion /CO_3^-/ magnéziumion /Mg^{++}/ össz keménység.

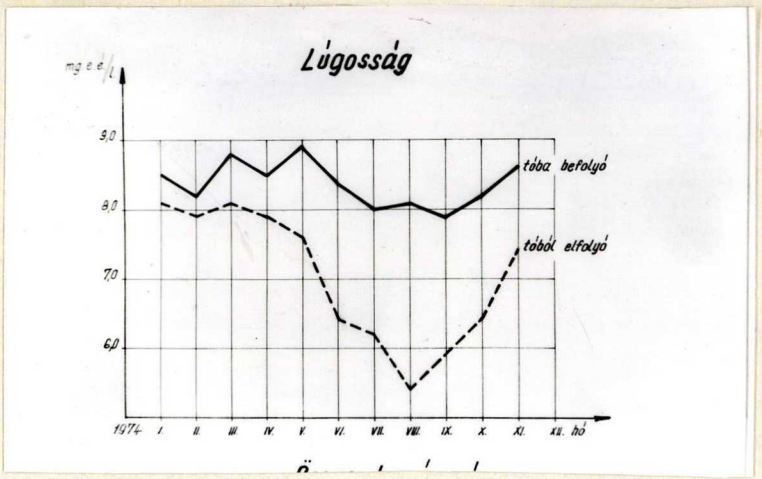
A vizben oldott kalciumion, hidrokarbonátion, karbonátion, valamint a szabad szénsav igen szoros kapcsolatban állnak egymással.

A legtöbb vizinövény nemcsak a vizben oldott szabad széndioxidot képes asszimilálni, hanem a hidrogénkarbonát ionok félig kötött széndioxid tartamát is.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca/HCO_3/_2$$

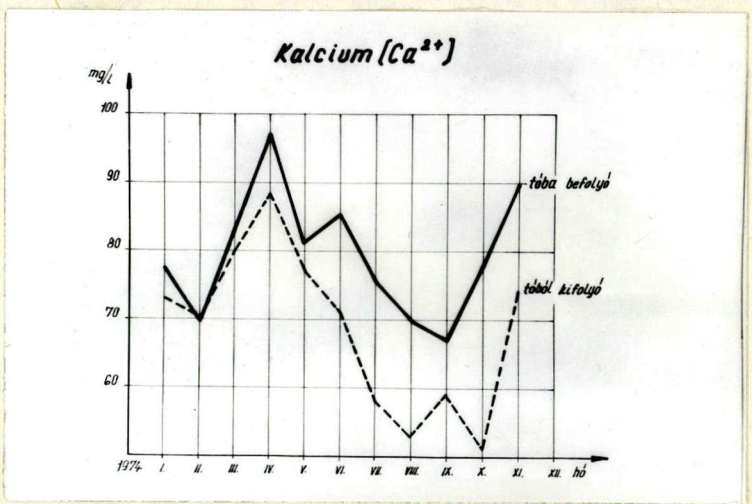
Ezen reverzibilis reakció $CaCO_3$ képződése irányában tolódik el. Az asszimiláció lugosodáshoz /18. kép/, tehát /H^+/ koncentráció csökkenéséhez - pH emelkedéshez vezet.

Ha a növény csak a szabad széndioxidot hasznositja, akkor a pH 8,7-ig, ha a /HCO_3^-/-t is felhasználja, 11 fölé is emelkedhet a pH, ha nátriumionok vannak a vizben /19.kép/.

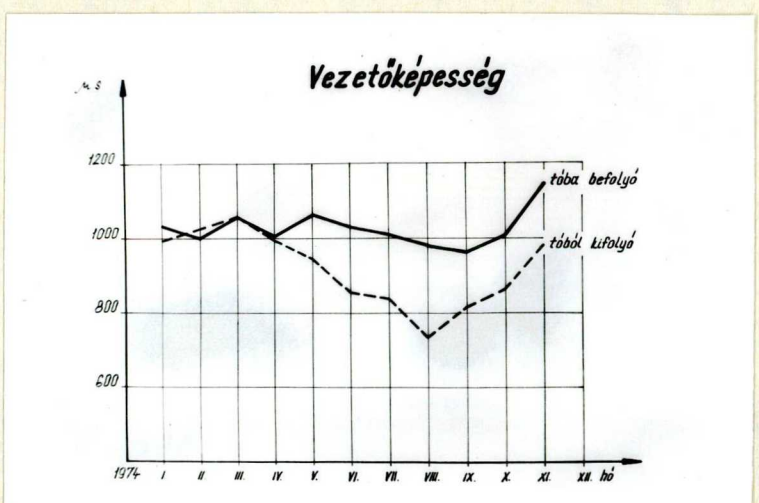


19. kép

A fenti folyamat eredményezheti a kalciumion /Ca^{++}/ kicsapódását /20. kép, 6. grafikon/ és a vezetőképesség csökkenését /21. kép, 8. grafikon/.

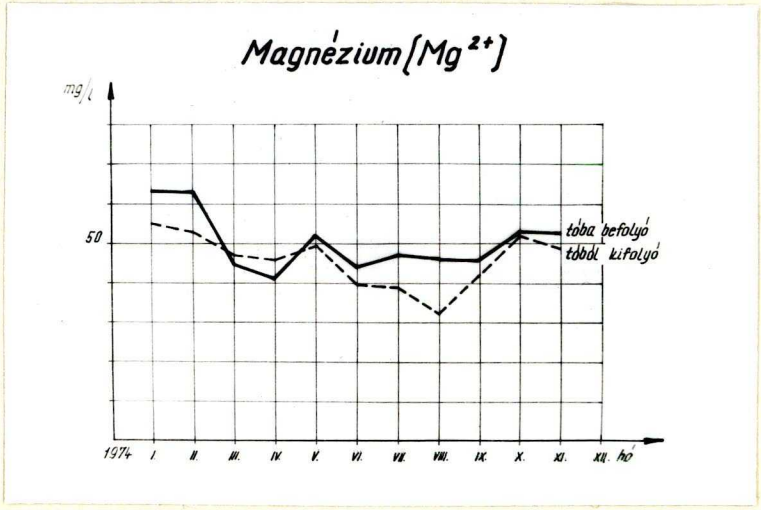


20. kép



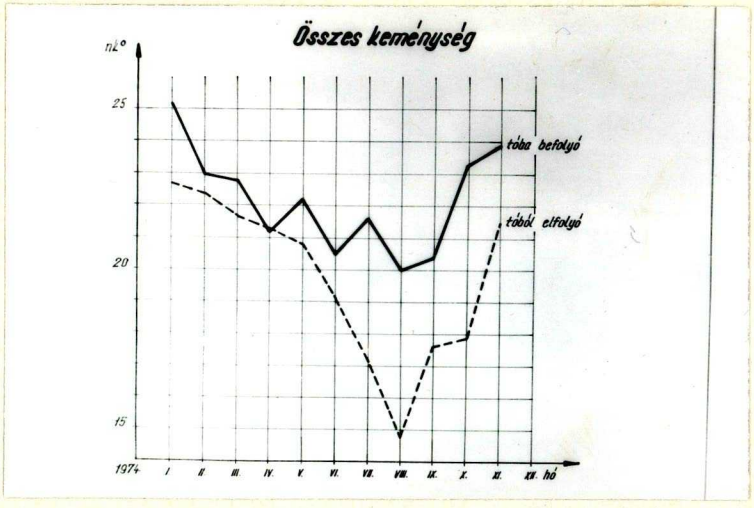
21. kép

A phytoplankton mennyiségi növekedése és a magnéziumion /Mg^{++}/ csökkenés között is tapasztalható összefüggés /20. kép, 6. grafikon/, legszembetünőbb a változás augusztusban.



22. kép

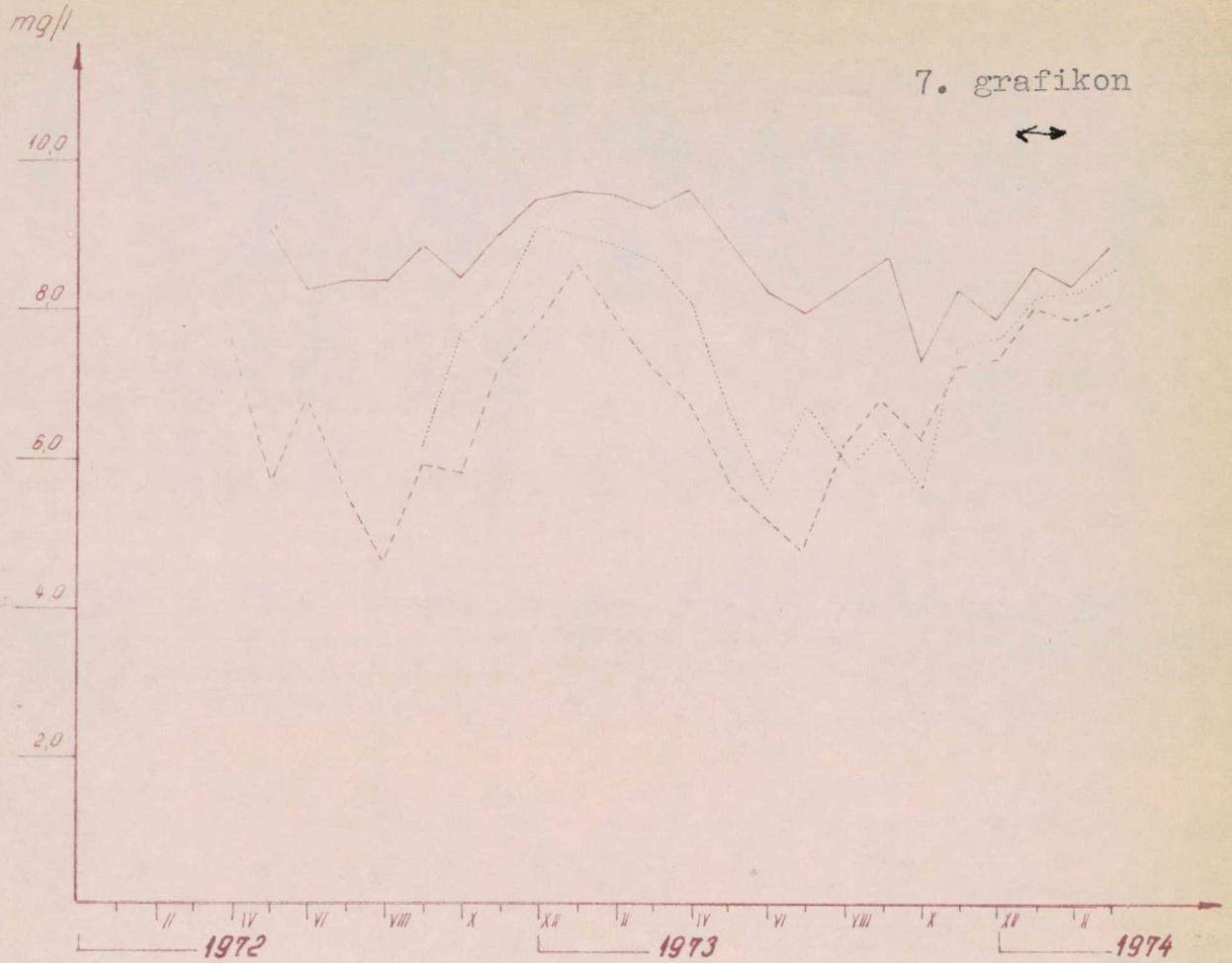
A kalcium és a magnézium, valamint a lugosság csökkenéséből következik, hogy csökken az össz keménység /23.kép,/ /7. grafikon/



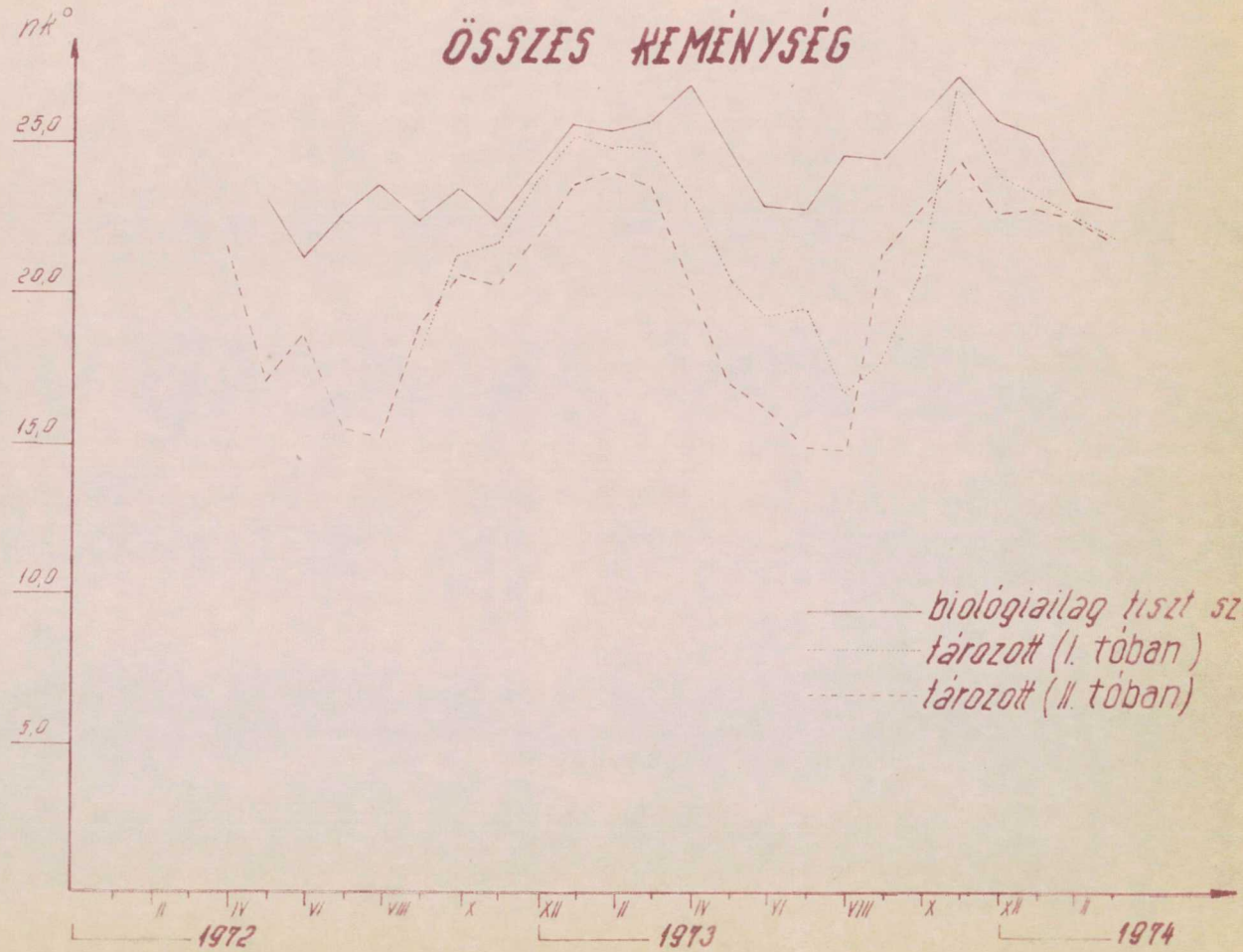
23. kép

M - LÚGOSSÁG

7. grafikon

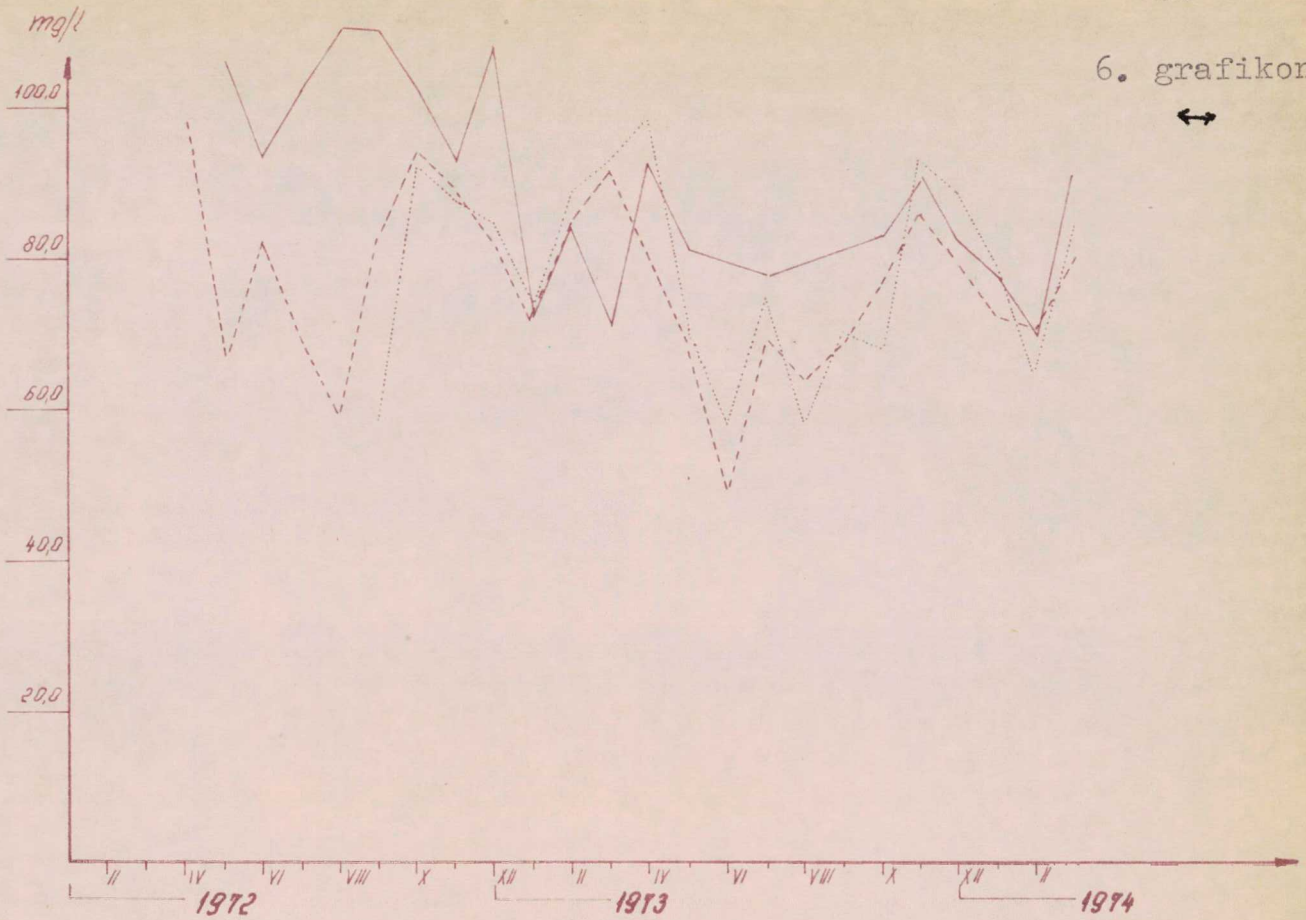


ÖSSZES KEMÉNYSÉG

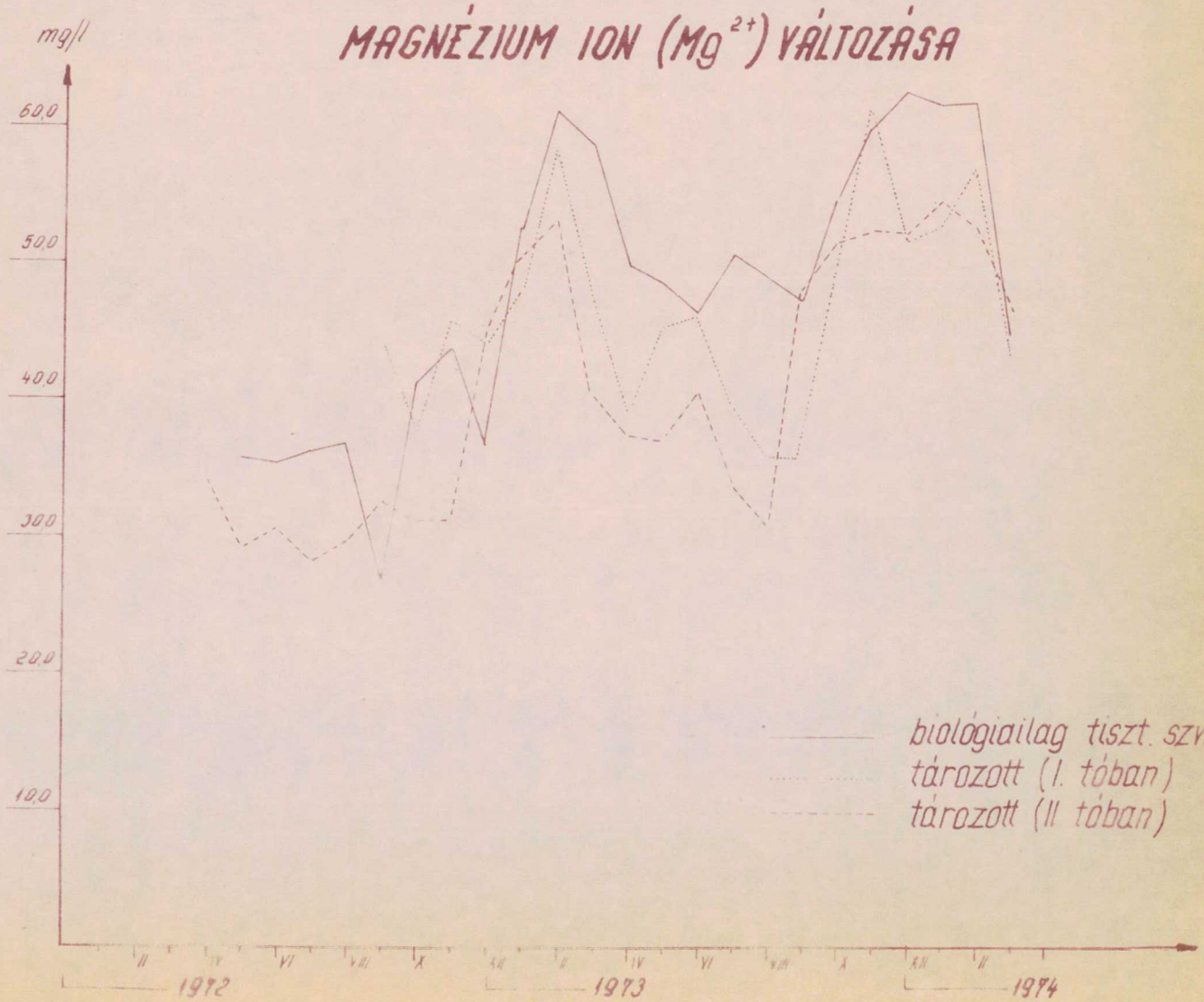


6. grafikon

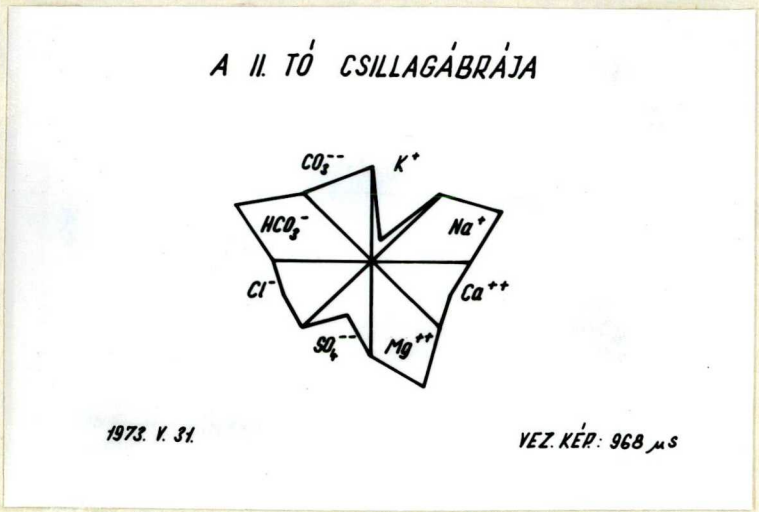
KALCIUM ION (Ca^{2+}) VÁLTOZÁSA



MAGNÉZIUM ION (Mg^{2+}) VÁLTOZÁSA



Az anionok és kationok váltzása a Maucha-féle diagrammon szemléletesen látható, tavaszi hónapban /24. kép/.



24. kép

A biológiailag tisztitott szennyviz kalciumos és hidrokarbonátos, vezetőképesség alapján /1186 µ S cm^{-1}/ oligomezohalobikus, mig a tározótó vize 968 µ S cm^{-1}/ alfa oligohalobikus és korábbi kémiai jelleg megváltozott /NaMg-HCO_3/.

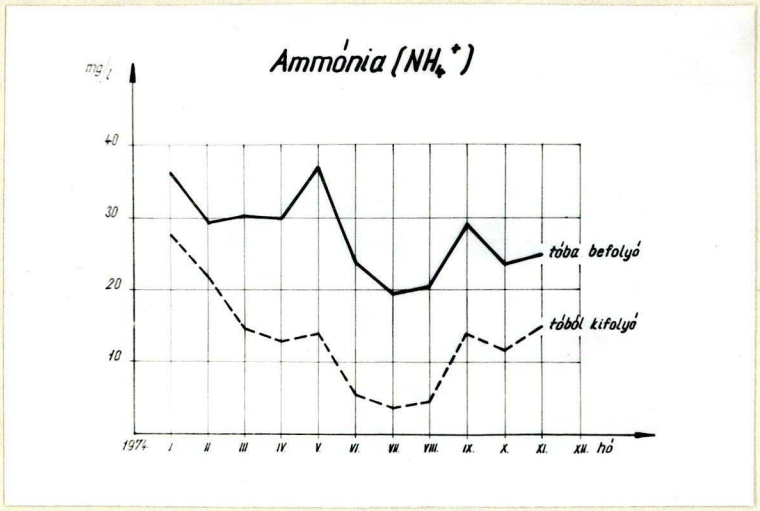
Az ammoniumion /NH_4^+/, nitrition /NO_2^-/ nitrátion /NO_3^-/

A nitrogénformák váltzását a tározás során több tényező befolyásolja:

- a nitrifikáció
- a bioszintézis /asszimiláció/
- a viz redox és pH viszonyai
- fizikai tényezők: hőmérséklet, nyomásviszonyok.

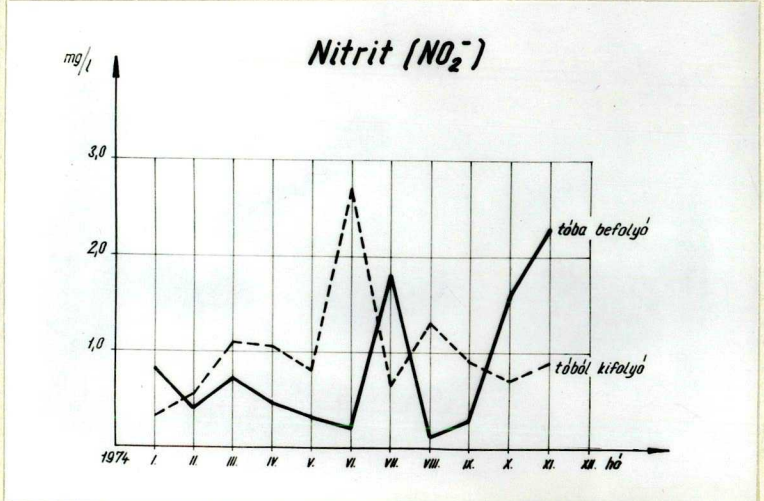
Szeged

Megállapitható azonban, hogy az ammoniumion /NH_4^+/ koncentráció minden évszakban csökken /25. kép, 8. grafikon/.



25. kép

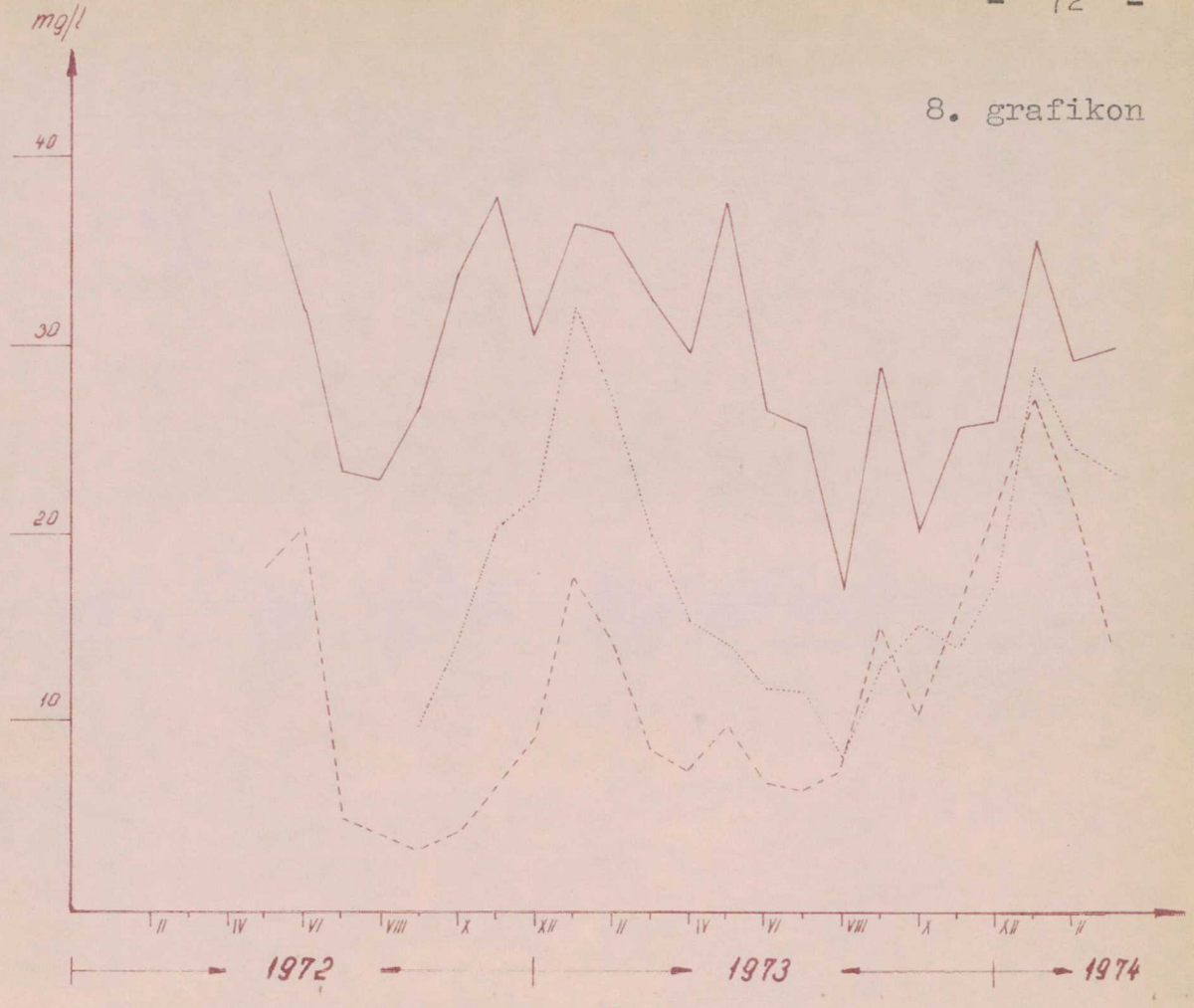
Az ammoniumion /NH_4^+/ és a nitrátion /NO_3^-/ a vizsgált időszakban mindig csökkent. Az eltávolitás mértéke a téli időszakban decemberben és januárban a legkisebb. A nitrition /NO_2^-/ koncentráció nőtt, a legnagyobb mértékben 0,1 mg/l-ről 1,3 mg/l-re akkor, amikor az átlagos algaszám a legnagyobb volt /26. kép/
A nitrátion /NO_3^-/ cc. azért nem nő, mert a keletkező nitrátot a gazdagabb alganépesség azonnal felhasználja, - beépiti.



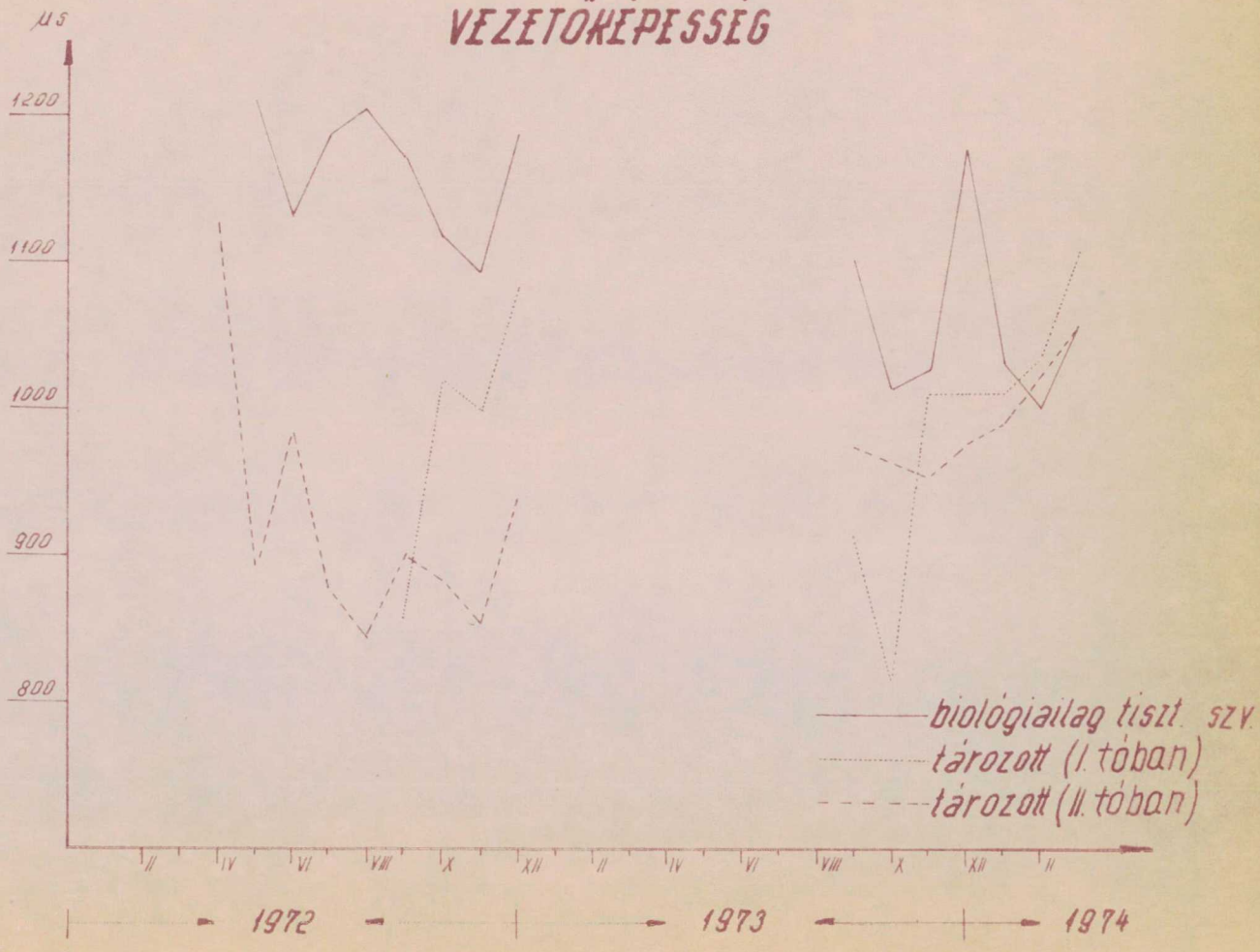
26. kép

8. grafikon

AMMÓNIUM ION (NH_4^+) VÁLTOZÁSA

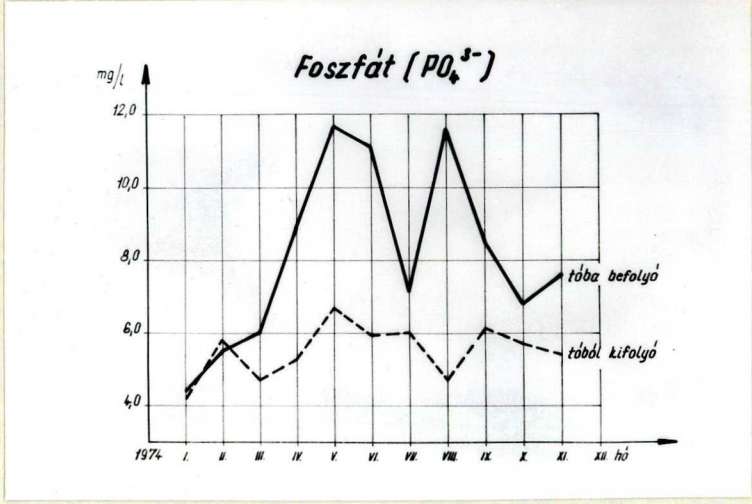


VEZETŐKÉPESSÉG



Foszfátion /PO_4^{3-}/

A foszfátion csökkenés hasonló dinamizmust mutat, mint az ammoniumion, csak ez a csökkenés kisebb mértékü /27. kép/



27. kép

A foszfátion csökkenésére részben a növényi sejtekbe való beépülés, részben pedig kalcium és magnézium sók formájában történő kicsapódás ad magyarázatot.

A fent tárgyalt kémiai változások körül a fitoplanktonra jellemző szélső értékeket 1974. augusztusában mértük, a Ceratophyllumra sp-re 1975. 1976-ban /3. melléklet/, a Clodophora és Lemna tömegprodukciójának hatását 1977-ben mértük /2., 4. melléklet/.

A kémiai paraméterek a következőképpen alakultak:

14. táblázat

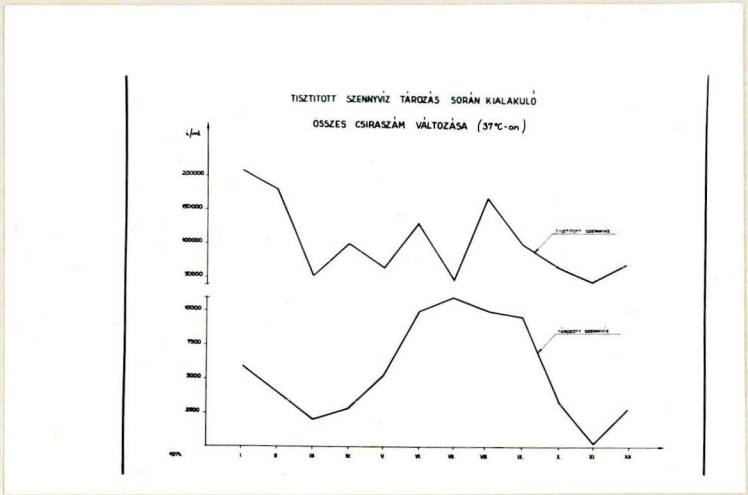
Komponens	Fito-plankton	Cerato-phyllum sp.	Cladophora sp.	Lemna sp.
Vezetőképesség /uS	734	764	713	9 49
pH	8,4	8,9	8,8	7,06
Oldott oxigén mg/l		7,7	17,4	1,3
BOI_5 mg/l	46,6	5,5	12,2	13,7
Ammonium mg/l	3,7	1,2	0,4	10,1
Nitrit mg/l	1,3	0,63	0,4	0,6
Nitrát mg/l	2,0	2,0	5,9	5,6
Kalcium mg/l	53,3		65,3	89,20
Magnézium mg/l	32,4		37,0	36,6
Össz keménység	17,2	17,5	18,1	20,6
Foszfát mg/l	4,7	2,4	1,2	5,74
a-klorofill mg/m^3	>50	nem mérhető	nem mérhető	nem mérhető

A kémiai, illetve technológiai vizminőség - a hasznosithatóság szempontjából jelentős az ammónium /NH_4^+/ cc. csökkenése, a foszfát /PO_4^{3-}/ az össz keménység /Ca^{2+}; Mg^{2+}/ csökkenése.

A legnagyobb mértékben a Cladophora sp., a Ceratophyllum sp. és a fitoplankton hat a vizminőségre, mig a Lemna alig, vagy negativ minőségváltozást eredményez.

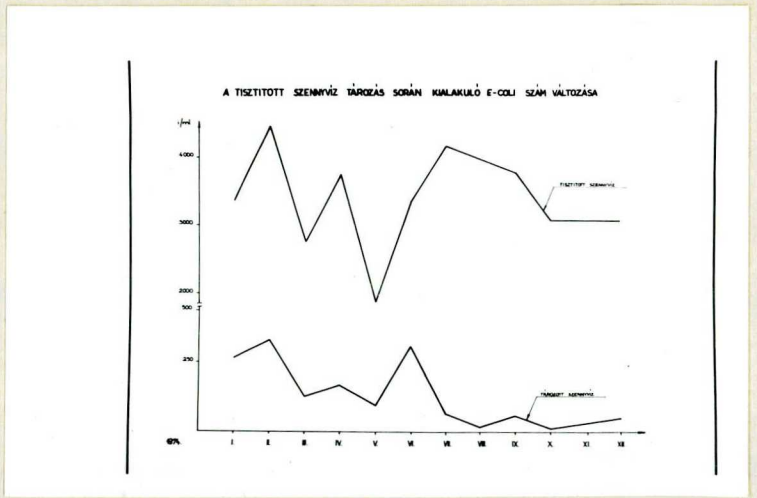
3.5.4. Bakteriológiai vizminőség

1974. augusztusában a tisztitott szennyviz össz csiraszáma 40.000/ml-ről 11.000/ml-re, mig a maximális hatásfok mellett 193.800/ml-ről 4.000/ml-re csökkent a tározás során . Az 1974 évi bakterioló-giai változáso értékét a 14. melléklet és a 28.kép mutatja.



28. kép

A Coliform szám változás értéke: maximálisan 4.200 E.coli/ml-ről 74 E.coli/ml-re, illetve 2.800 E.coli/ml-ről 360 E.coli/ml-re csökkent /29. kép/.



29. kép

Mig a csiraszám eltávolitás hatásfoka igen kiegyenlitett az egész év folyamán, addig a bakterioplanktonra jellemző dinamizmust mutat a csiraszám julius, augusztusi maximummal. Megállapitható, hogy a trofitás növekedésével nő a tározókban a csiraszám, azonban a tisztitott szennyvizhez képest a csökkenés igen jelentős.

1977-ben a 20°C-on vizsgált össz csiraszám és coliformszám változás hasonló eredményre vezetett /15. táblázat/.

15. táblázat

1977.		VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
Össz csira/ml	biol. tiszt. szv.	41.867	70750	116514	71450	91411	71600
	II. tározó tó	7823	8475	24972	24257	11280	8234
Coli-form/ml	I/1.	3533	10150	14914	12696	19422	8300
	II/2.	12	1009	35	163	150	15

A baktériumok generáció ideje az I. tározó tóban 8,9 óra, a II. tározó tóban 36,6 órának adódott 1977. májusában. Az ebből számitott bakteriális biomassza produkció 840 mg C $m^{-2}nap^{-1}$, a II. tározó tóban ennél lényegesen alacsonyabb 146,6 mg C m^{-2} nap^{-1}-nek adódott.

3.5.5. Az utótisztító tavak tisztitási hatásfokának kérdése.

A tározás során az egyes komponensek eltávolitásának maximális hatásfokát, a tavakban kialakult növényvilág hatékonyságának mértéték a 16. táblázat mutatja.

16. táblázat

Növény / Komponens	Fitoplankton 1977.VIII.	Ceratophyllum sp. 1975-1976.	Cladophora sp. 1977.V-VI.	Lemna sp. 1977.VI-VIII.
Vezetőképesség %	25,3	28	23,8	2,8
pH %	-12	- 14,8	- 23,9	2,4
BOI_5 %	-26,6	- 15,4	20,8	44,8
NH_4^+ %	88,1	93,6	96,8	43,2
NO_2 %	-1300	- 8,6	50	41,0
NO_3 %	83,4	- 81,8	- 11,3	59,0
Ca^{2+} %	23,6		23,3	5,4
Mg^{2+} %	30,4		4,6	15,9
Össz.kem. %	30,3	31,1	12,6	10,4
PO_4^{3-} %	59,5	66,2	81,5	5,1
O_2 %	-654,5	-670,0	-544,4	27,8
KOI_{Cr} %	-110,6	50,5	13,6	- 10,5
Összcsira/ml %	79,3 VII.hó	99,3	98,4	81,3
Coliszám/ml %	98,3 VII.hó		99,7	99,8

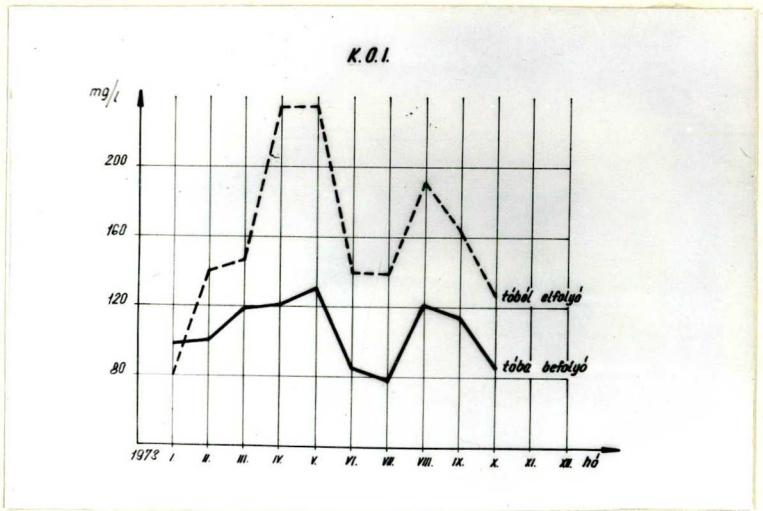
Megjegyzés: + cc. csökkenés
- cc. növekedés

A legkedvezőbb változásokat a vizminőség alakulása szempontjából a Cladophora glomerata tömegprodukciója idézte elő.
Különösen az NH_4^+ cc. és PO_4^{3-} eltávolitás hatásfoka kiemelkedő. Hasonlóképpen fontos a vizminőség megitélése szempontjából a KOI_{Cr} cc. eltávolitásának pozitiv hatásfoka és a bakteriológiai vizminőség.
A Lemna gibba sp. a vezetőképességet és a PO_4^{3-}cc-t alig, de az oldott oxigént és a szervetlen N formákat jelentősen csökkenti.
Az NH_4^+, összkeménység, a KOI_{Cr} és a BOI_5 %-os változását algás tóban a 9, 10, grafikon mutatja.

A pozitiv és negativ változások követik a kialakuló növényvilág dinamizmusát, - a biomassza változásokat.

3.5.5.1. Szervesanyagtermelés, - eliminálás.

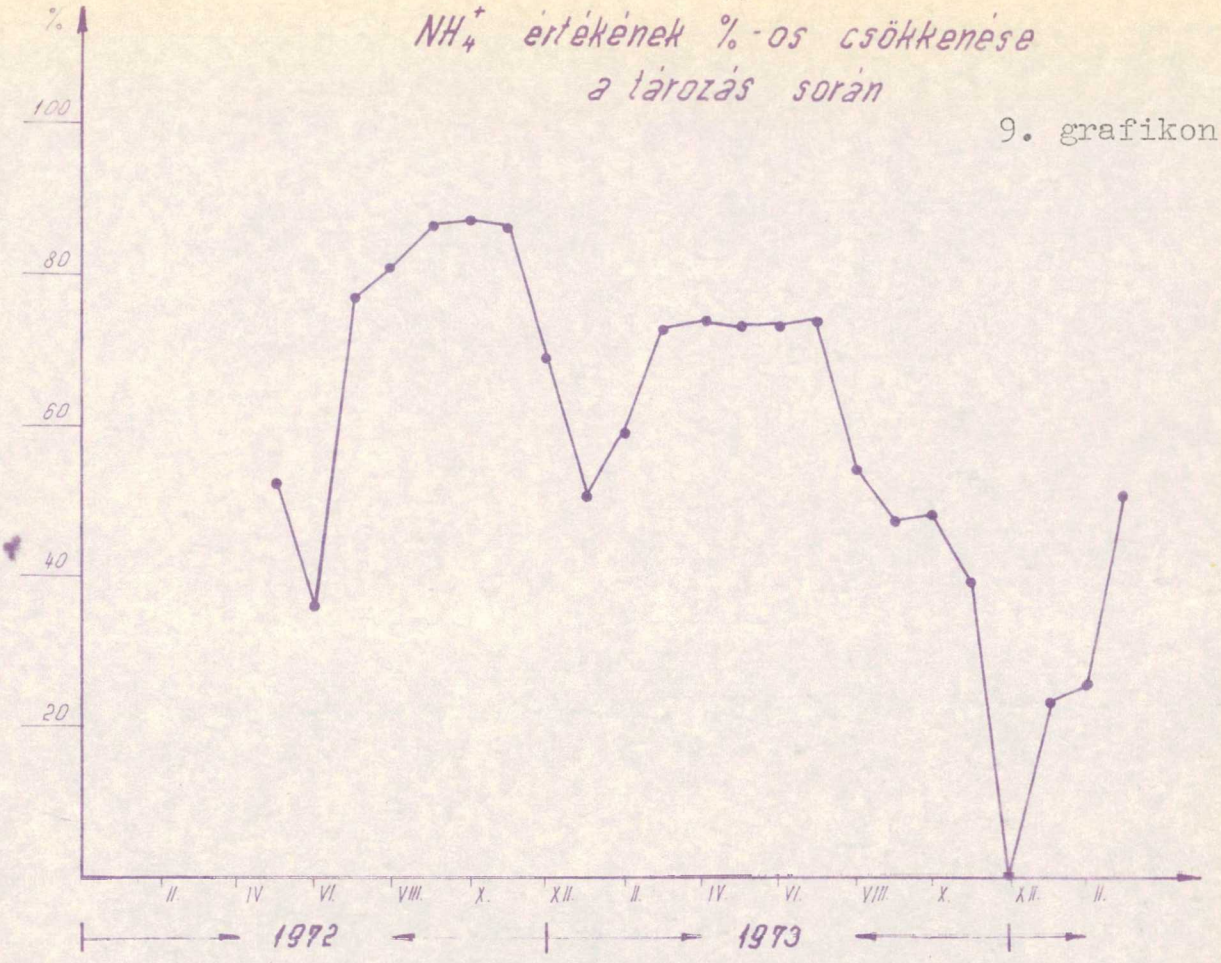
Kémiai oxigénigény /KOI_{Cr}/
A kedvező változásokkal szemban a KOI_{Cr} és lebegőanyag értéke jelentősen megnő a tározott vizben 30. kép, grafikon/, planktonikus eutrofizáció következtében.



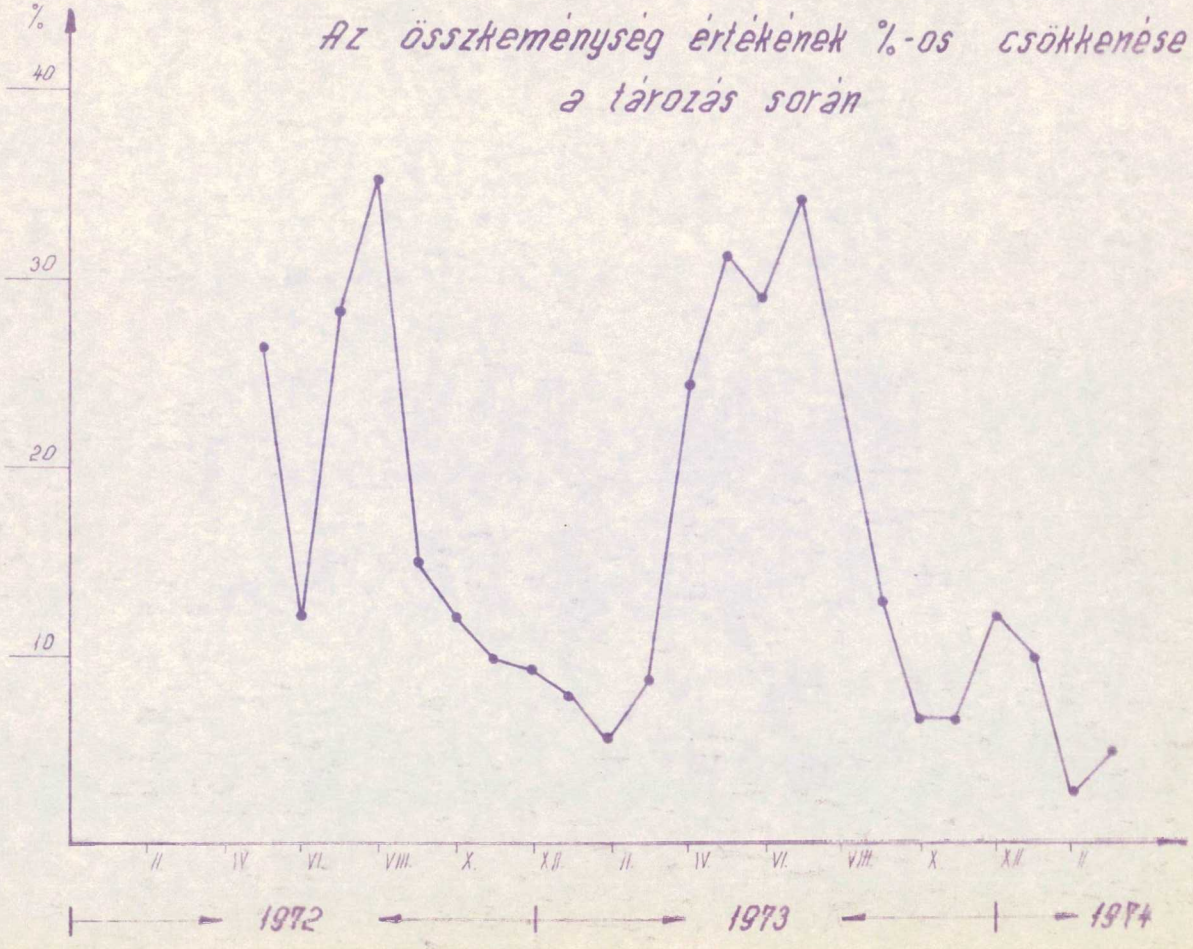
30. kép

NH_4^+ értékének %-os csökkenése
a tározás során

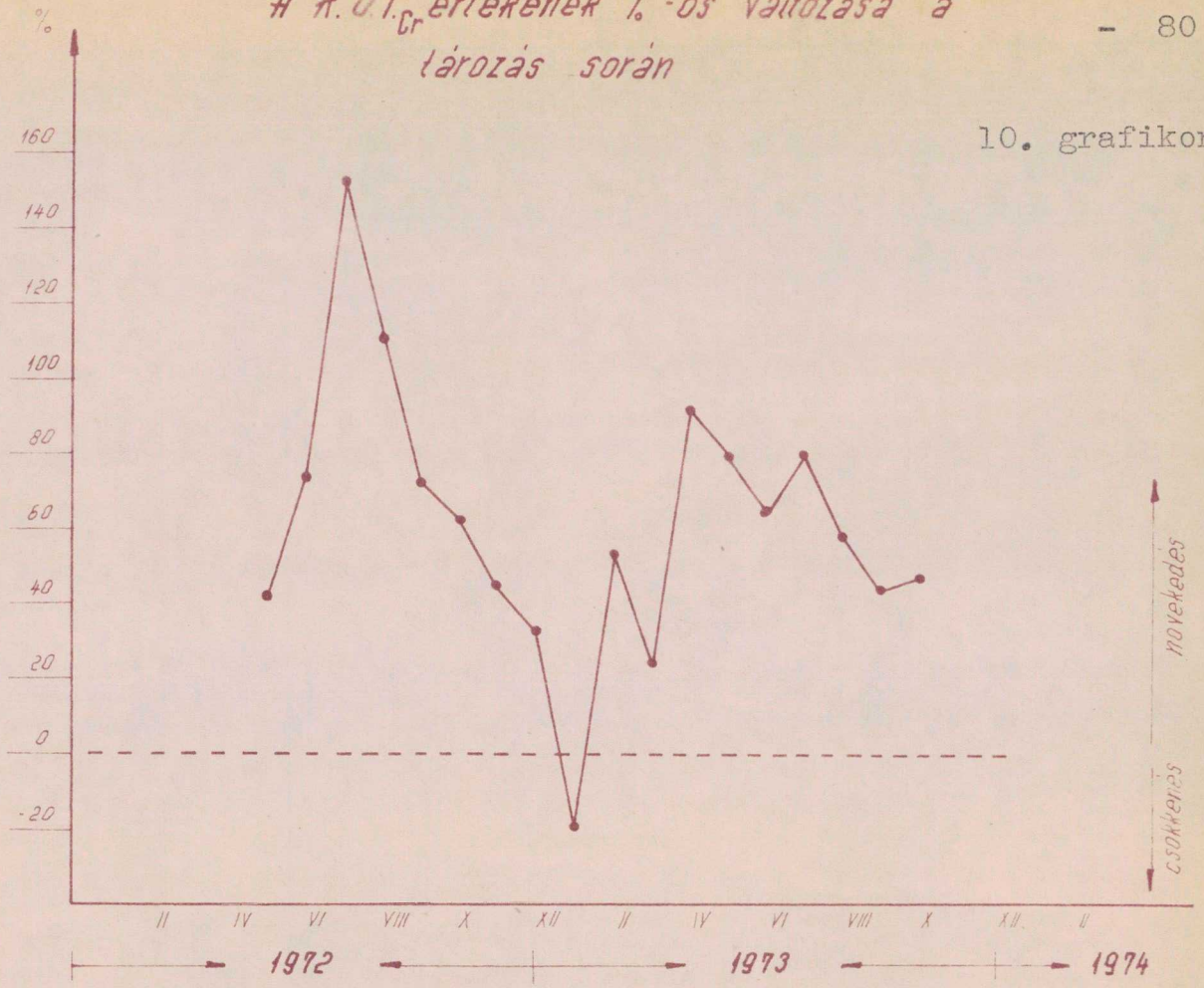
9. grafikon

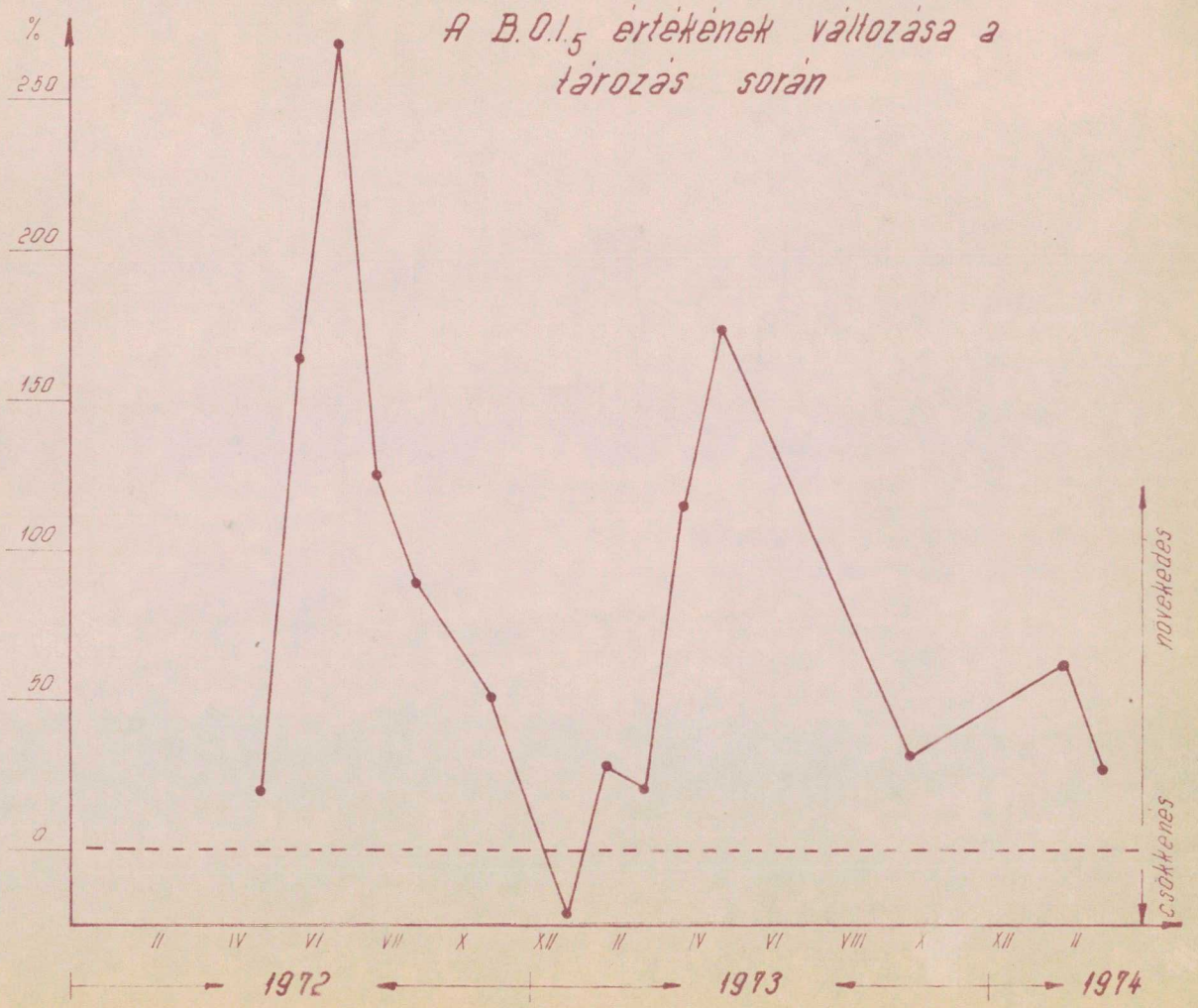


Az összkeménység értékének %-os csökkenése
a tározás során



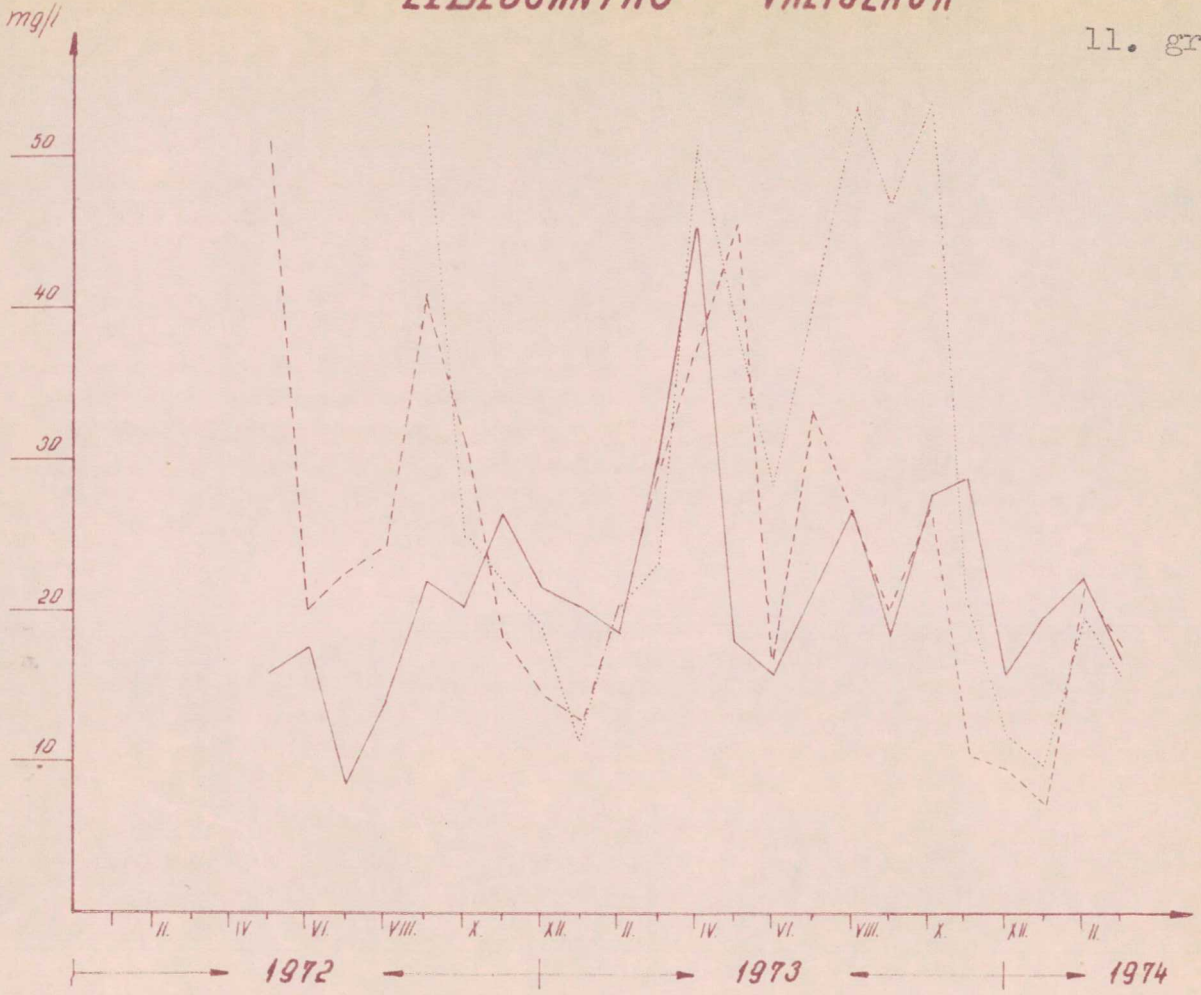
10. grafikon


A K.O.I.$_{Cr}$ értékének %-os változása a tározás során
%
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
növekedés
csökkenés
II IV VI VIII X XII II IV VI VIII X XII II
1972
1973
1974

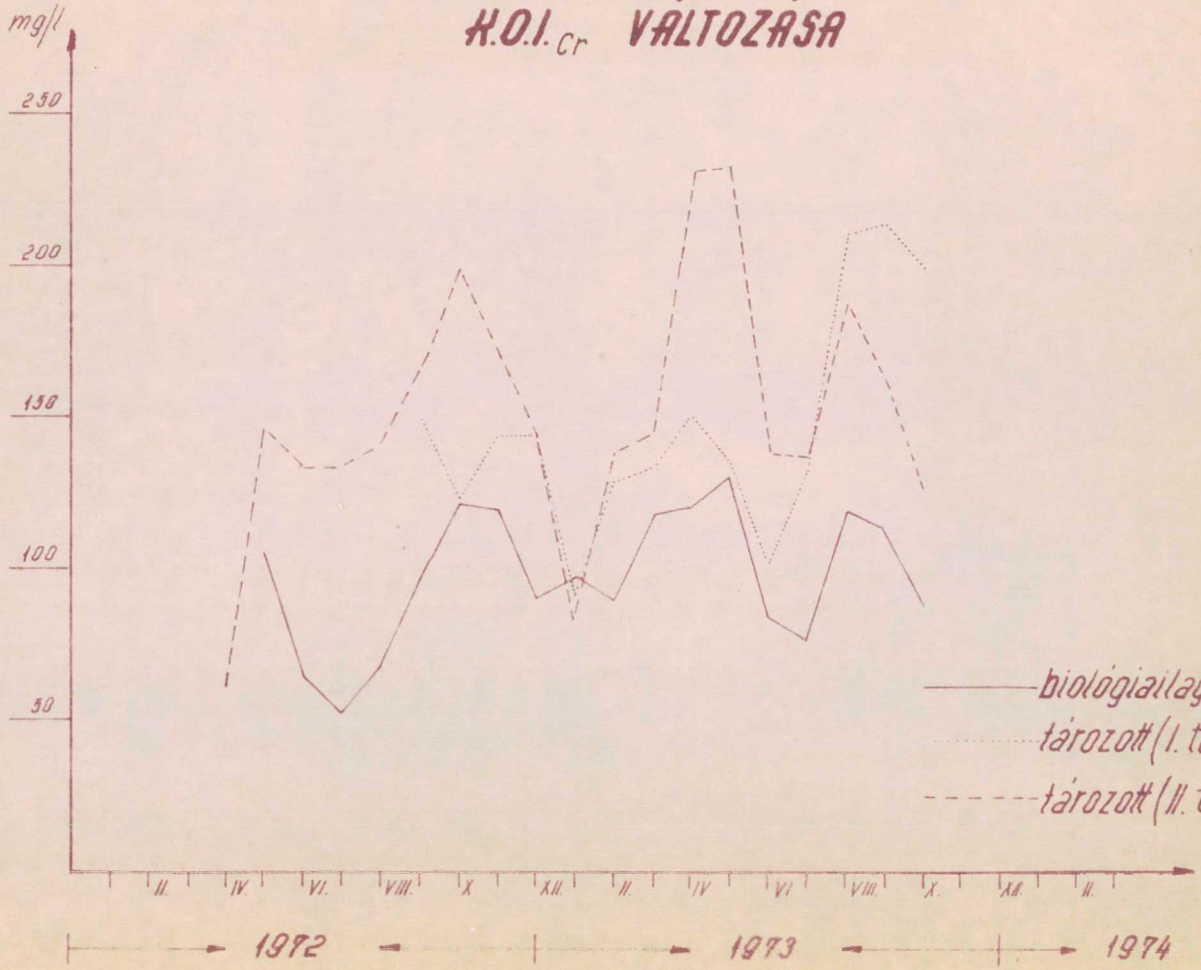

A B.O.I.$_5$ értékének változása a tározás során
%
250
200
150
100
50
0
növekedés
csökkenés
II IV VI VII X XII II IV VI VIII X XII II
1972
1973
1974

LEBEGŐANYAG VÁLTOZÁSA

11. grafikon



K.O.I.$_{Cr}$ VÁLTOZÁSA

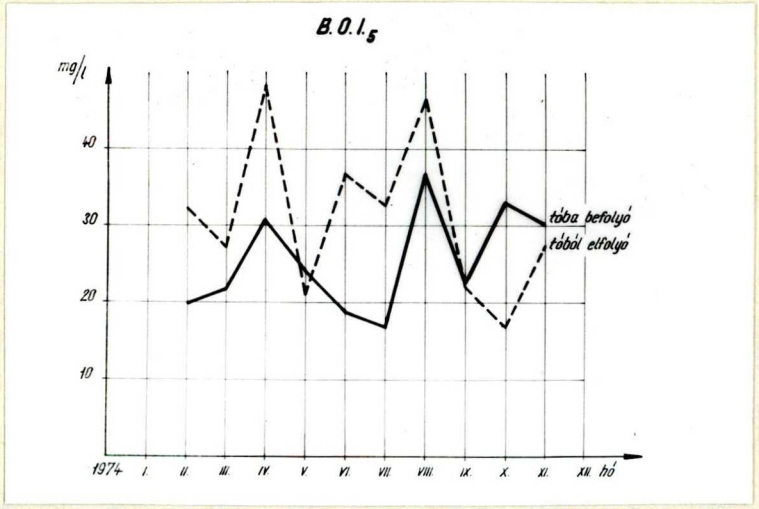


A legnagyobb mértékü KOI_{Cr} növekedést a nyári hónapban mértünk, 110,6 %-os értékkel.
A KOI_{Cr} csökkenés a téli, decemberi hónapban következett be és jelentéktelen mértékü volt.
A KOI_{Cr} és az a-klorofill mennyisége között igen szoros összefüggés mutatkozott, a korrelációs együttható értéke 0,97, hasonló összefüggést tapasztalt VÖRÖS /1976./ az orfüi tározókban.

Az összehasonlitott adatsorok: 16. táblázat

Vizsgálat ideje: 1972. VII. 9 - X. 1.								
a-klorofill	mg/m^3	167	2260	968	1352	439	246	804	992
KOI_{Cr}	mg/l	54	242	151	237	104	67,5	124	188

A tározótavakban a KOI_{Cr} értékhez hasonló dinamizmust mutatott a BOI_5 /31. kép/ értéke is.



31. kép

Az alkalmazott vizminősitésben a kémiai oxigénigényt /oxigénfogyasztást/ általában ugy kezelik, mint a viz szervesanyag-terhelésének, szennyezettségének, azaz alloszaprobitásának mérőszámát, elhanyagolva a primer produkció során termelődő szervesanyagokat.

A kérdés ilyen formában történő meghatározása csak ott jogos, ahol a trofitás foka elhanyagolhatóan kicsi az alloszaprobitáshoz képest, ugyanis a szervesanyagtartalom változásánál/KOI_{Cr}, KOI_{Ps}/ mindenkor, esetről-esetre el kell dönteni, hogy külső eredetü, vagy az ekoszisztémában termelt szervesanyag-okozza-e a szaprobitást.

A korrelációs összefüggésen tul azt, hogy az algák okozzák a KOI_{Cr} nagyfoku növekedését az is bizonyitja, hogy az autochton szennyezést okozó algák szüréssel történő eltávolitás után a KOI_{Cr} cc. 70 %-kal csökkenthető.

Hasonló képpen csökkenthető szüréssel a lebegőanyagtartalom.
Az algákkal ellentétben a bentikus eutrofizáció /Cladophora sp. Ceratophyllum sp./ nem okozott KOI_{Cr} növekedést.

SZEGED

3.5.5.2. Növényi tápanyag eliminálás

A tavakban mért jellemző, legkedvezőbb ásványi N és reaktiv P cc. értékeket és a tavak hatékonyságát a 17. táblázat mutaja.

17. táblázat

Komponens / Növény	Szervetlen N		Reaktiv P /PO_4-P/	
	mg/l	%	mg/l	%
Fitplankton	3,71	77,3	1,5	59,5
Ceratophyllum sp.	0,5	97,2	0,4	89,0
Cladophora sp.	0,8	96,0	0,1	94,6
Lemna sp.	9,1	55,1	2,8	9,7

A növényi tápanyagok eltávolitásának mértéke részben a növényi biomassza függvénye, amelyet az algabiomassza és az ásványi N közötti korrelációs hányados /r = - 0,37/, valamint a reaktiv P közötti összefüggés értéke mutat /r= -0,26/.

3.6. Az utótisztitó tavak technológiai kérdései.

Az utótisztitó tavak-rendszere, a vizminőségre gyakorolt kedvező hatását csak akkor tudja betölteni, ha a fentiekben tárgyalt kedvező körülményeket stabilizálni lehet.
A tavákban négy fő vegetáció tipus alakult ki, amelyek követték és kölcsönösen kizárták egymást;

1. tipus: Planktonikus alga - planktonikus eutrofizáció
2. tipus: Fonalas alga /Cladophora sp./
   - bentikus eutrofizáció
3. tipus: Hinaras /Ceratophyllum sp./
   - bentikus eutrofizáció
4. tipus: Vizfelszinen úszó /Lemna sp./
   - pleusztonikus eutrofizáció

Az 1-3. tipus kedvezően hat a vizminőségre, kivéve a planktonalgákat, amelyek a KOI_{Cr}-t növelik.

A 4. tipusu /Lemna sp./ csökkenti ugyan a szervetlen N mennyiségét és minimálisan a reaktiv P-t, azonban anaeróbiát idéz elő és ezzel kedvezőtlen vizminőségváltozásokat okoz.
Ha nem avatkozunk be, akkor a tavakban a planktonikus, bentikus és pleusztonikus eutrofizáció váltja egymást.
A legkedvezőbb hatása a bentikus eutrofizációnak van /Cladophora glomerata és Ceratophyllum submersum L./, azonban szük ökológiai valenciájuk miatt /beta-mezoszaprob indikátor/ állományuk fenntartására feltehetően kevés a remény.

Mindezek alapján az utótisztitó tórendszerek kutatásánál a plankton rendszerek vizsgálatát kell szorgalmazni;
- a plankton rendszeren belül a secunder produkció vizsgálatát,
- a bentikus eutrofizáció fenntartásának lehetőségeit viszgálni.
- Nádas tó, mesterséges vagy természetes nád, káka, gyékény, stb. állomány hatását kutatni. Az ilyen jellegü tavak müködésére hazai adatok nincsenek.

Az eddigi eredmények alapján az utótisztitó tavak egész évben történő hatékony müködése csak plankton rendszerrel képzelhető el.
A tavakat sorba kapcsolva célszerü üzemeltetni, az optimális tartózkodási idők figyelembevételével.

Kettőnél több tó sorbakapcsolása szükséges, ugyanis igy egyre kevesebb szervesanyag termelés várható a tórendszer végén.

Ki kell dolgozni azokat a gazdaságos biotechnikai beavatkozásokat,/hal, zooplankton- szürőszervezetek, kagylók, perifiton, stb./ amelyekkel a tavi rendszerek szerkezete és funkciója folyamatosan fenntartható és a célnak leginkább megfelel.

ÖSSZEFOGLALÁS

1. Abiotikus tényezők.

A kisérlet alatt az utótisztitó tavak /I.,II./ sorba voltak kapcsolva, amelyekben a viz tartózkodási ideje 3,3 - 38,2 nap volt.
A hinaras kialakulására kedvező a magasabb tartózkodási idő /Ceratophyllum sp.-nál 13 nap, Lemna sp.-nál 9,6-20,7 nap, Cladophora sp.-nál 20 nap felett/.

A biológiailag tisztitott szennyviz igen gazdag növényi tápanyagokban. Az algák szempontjából a limitáló tényazó a szervetlen nitrogén.

A vizsgált időszakban a biomassza változás inkább a fényviszonyokkal /r=0,9181/, mint a hőmérsékleti változással hozható összefüggésbe /r=0,8484/.

Az algabiomassza és összalgaszám növekedésével a tavak átlátszósága csökken a tápvizhez képest /a kompenzációs pont 80-130 cm vizmélységben van/.

2. A biológiai vizminőség változásai.

A szaprobitás értéke a biológiailag tisztitott szennyvizben alfa- mezo- poliszaprobikus, ez a tározó tóban béta-mezoszaprobikusra csökkent.
A trofitás növekedésével csökkent a szaprobitás.

A tározó tavak trofitása,a-klorofill, összalgaszám, elsőleges termelés átlagértékei alapján eu-politrófikus-politrófikusak.

Az elsőleges termelés maximuma a tározó tavak felszin alatti 40 - 60 cm-es vizrétegében van /9,1 g C $m^{-2}nap^{-1}$/.

A tavakban négy vegetáció tipus alakult ki:

1. Fitoplankton - planktonikus eutrofizáció
2. Ceratophyllum sp. - bentikus eutrofizáció
3. Cladophora sp. - bentikus-, planktonikus eutrofizáció
4. Lemna sp. - pleusztonikus eutrofizáció.

Az alga taxonok száma 30, ezek közül 1 Cyanophyta, 4 Euglenophyta, 2 Baciollariophyceae, 4 Pyrrophyta, 19 Chlorophyta volt.

A makrofita állományt a Ceratophyllum submersum L. és a Lemna gibba L. alkotta. Az I. tározó tó fitoplankton és makrofita biomassza mennyisége mintegy kétszeresére a II. tározó tóban lévőnek.

A különböző vegetáció tipusok egyrészt azonos, másrészt különböző vizminőségváltozást eredményeztek.

3. Kémiai /technológiai/ vizminőség.
Planktonikus és fonalas algák esetén a tározó tavak oxigénviszonyaira a napi kiugró maximum-minimum O_2 cc.-k a jellemzőek, ezzel szemben a Lemna gibba 100 %-os borításnál anaerobiát, reduktiv körülményeket idéz elő.
A pH az alga fotoszintetizáló tevékenysége következtében emelkedik a tározó tavakban /pH 8,9/.

Az össz keménység, ezzel összefüggésben a kalcium, megnézium cc. csökkent, maximum 30,3 %-kal.

a./ CO_2-t az alga kiveszi
b./ $CaCO_3$ keletkezik és kicsapódik
c./ az összes keménység csökken

Tehát a Ca és $MgCO_2$ kicsapódása miatt csökken az összes keménység.

Lugosság, ezzel összefüggésben a hidrogénkarbonát mennyisége csökkent, a viz tipusa ha Mg-HCO_3-os lett.
A vezetőképesség maximum 28 %-kal csökkent, a tározó tavakban - halobitás változás következett be; oligomezohalobikusról - alfa oligomezohalobikusra, illetve IV. osztályuról III. osztályu vizminőségüre javult.

Az ammoniumion csökkenés maximuma fitoplankton fajok népesség maximuma esetében 88, 1 %-os volt, mig a Ceratophyllum sp. tömegprodukciónál 95,6 %-os, a Cladophora sp. tömegprodukciónál 96,8 %-os értékü volt. Az NH_4^+- ion szempontjából a vizminőség a kategórián kivüli minőségről III. osztályu minőségre javult.
Az össz ásványi nitrogén minden évszakban csökkent, 55,1-97,2 %-kal.
A foszfát-ion csökkenés maximuma 81,5 % Cladophora fajok tömegprodukciója esetében, mig a fitoplankton fajok tömegprodukciónál mért érték 59,5 %-os volt.
A Lemna csak 5,1 %-os PO_4 cc. csökkenést eredményezett.

Kisebb hatékonysággal, mint az ásványi N a reaktiv P tartalom is csökkent, 9,7-94,6 %-kal.
Lemna fajoknál a változás nem volt jelentős.

A kémiai oxigénigény /KOI_{Cr} / az autochton szennyeződés következtében nő /max. 110,6 %-kal/ amelyet az a-klorofill és a KOI_{Cr} közötti magas korrelációs együttható /0,97/ bizonyit. Szüréssel a KOI_{Cr} értéke jelentősen csökkenthető.

Fonalas algák /Cladophora sp./ és Ceratophyllum fajoknál a KOI_{Cr} csökken /max. 50,5 %-ban/, ugyanis fitoplankton nincs, emiatt a KOI_{Cr} értéke nem nőtt.
A biokémiai oxigénigény változások dinamizmusa, a KOI_{Cr} értékhez hasonlóak, fitoplankton fajok esetében általában nő a BOI_5 /26,6 %-kal/, a makrofita fajok esetén 68,7 %-os maximális értékkel csökken.

4. Bakteriológiai vizminőségváltozások.
A 20°C és 37°C-on inkubált összcsiraszám maximálisan 99,3 %-os csökkenést eredményezett, hasonlóképpen az E.coli szám változás is 99,7 %-os volt.
A tározótavakban a csiraszám változásban egy tavaszi és nyári maximum mutatkozik, amely követi a planktonikus algák, illetve a biomassza maximumokat.

5. A technológiai problémát a keletkező nagy mennyiségü biomassza és a viz elválasztása jelenti, ami a bentikus autrofizáció esetén a tavakban megtörténik.

A produkció vizsgálati adatok megerősitik, hogy a vizi ekoszisztémák müködésének jobb megértését, állapotának felmérését produkció vizsgálatokkal jól lehet jellemezni. Szervesanyag-, energiában egyre szegényebb rendszer, vizminőség megitélése szempontjából kedvezőbb.

I R O D A L O M

ANTAL Z.
1976: Utótisztitó tórendszer hidrobiológiai vizsgálata. Kémiai vizsgálatok.
XVIII. Hidrobiológus Napok Tihany. 1976.

BARTHA Zsuzsa, FELFÖLDY L., HAJDU L., HORVÁTH Klára, KISS K., SCHMIDT A., TAMÁS Gizella, UHERKOVICH G. és VÖRÖS L.
1976: A zöldalgák Chloroceccales rendjének kishatározója
Vizügyi Hidrobiológia 4. 1-343.

BENEDEK P.
1973: Biológiai szennyviztisztitó rendszerek.
VMGT 56. 1-248.

BENEDEK P.
1976: Harmadfoku szennyviztisztitó módszerek.
VMGT 57. 1-315.

BERCZIK Á. és ifj. SZABÓ Z.
1972: Hidrobiológia és szennyvizbiológia.
BME Könyvkiadó

BENEDEK P. és VALLÓ S.
1976: Viztisztitás, szennyviztisztitás zsebkönyve.
Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 5-694.

BRINGMANN, G. und Renate Kühn
1968: Die Biomassen - Titer von Spaltpilzen als Masstab der Belastug des Wassers durch nicht mineralisierten stikstoff.
Ges.-lug. 79, 329-333.

CSANÁDY M. és GREGÁCS Margit
1965: Szennyviztisztitó berendezések müködése hazánkban.
Hidrológiai Közlöny 44, 185.

DOBOLYI E.
1972: Tápanyag /P és N/ eltávolitás a szennyviztisztitás harmadik lépcsőjében.
VMGT 39, 1-230.

EDMONDS, TH,W.
1968: Water-Quality Mangement and Lake Eutrophicationn: The Lake Washington Case
University of Wasington Press 139-178.

FELFÖLDY L.
1963: A klorofill mérés módszertani és elvi kérdései, balatoni eredményeinkkel kapcsolatban.
Annal. Biol. Tihany 30, 137-165.

FELFÖLDY L. és TÓTH L.
1967: A mezőgazdaság kemizálásának hatása a vizgazdálkodásra. I. Peszticidek. - Vizügyi Világszint Beszámolók 18, 1-184.

FELFÖLDY L.
1969: Felszini vizek eutrofizálódásáról.
Vizügyi Közlemények 352-362.

FELFÖLDY L.
1972: Kékalgák /Cyanophyta/ kishatározója.
Vizügyi Hidrobiológia 1. 3-257.

FELFÖLDY L.
1974: A biológiai vizminősités.
In.FELFÖLDY L. /szerk./: Vizügyi Hidrobiológia 3. 1-242.

FELFÖLDY L.
1974: A hidrológia szerepe a vizminőségszabályozásban.
Hidrológiai Közlöny 54, 347-350.

FELFÖLDY L. /szerk./
1977: 1. Elsőleges termelés.
Hidrobiol. Továbbképző Tanf. Tihany 1976. nov. 1-6. és 1977. szept. 18-22., p.1-321.

FELFÖLDY L.
1977: A Borsodgeszti tározó előleges termelésének előrejelzése
In.:FELFÖLDY /szerk./: Hidrobiol Továbbképz. Tanf. Tihany, 286-294.

FREY, G.F.
1966: Limnológia
Indiana USA /297-320/

GOLDMAN, C. R.
1960: Molybdenum as a factor limiting primary production in Castle Lake, California.
Sciense 132, 1016-1017.

GULYÁS P./szerk./
1976: KGST Egységes Vizvizsgálati módszerek III. Biológiai módszerek.
VITUKI, Bp. 1-250.

HAJDU L.
1977: Szemelvények az algakutatás eredményeiből.
A biológia aktuális problémái. 10, 43-107.

HAJDU L.
1977: Planktonalgák az alsőleges termelésben.
In: FELFÖLDY L./szerk./: Hidrobiol. Továbbképz. Tanfolyam
Tihany, 62-123.

HAJDU L.
1977: Eutrofizáció és diverzitás.
XIX. Hidrobiol. Napok 1977. okt. 7-9.

HERODEK S. és TAMÁS Gizella
1976: A fitoplankton tömege, termelése és a Balaton eutrofizálódása.
Hidrol. Közlöny. 56. 219-228.

HERODEK S.
1977: Az elsőleges termelés és a trofitás viszonyáról.
In: FELFÖLDY /szerk./: Hidrobiol.Továbbkéző Tanfolyam
Tihany, 25-30.

HORVÁTH János
1970: Mikrobiológia.
Mezőgazdasági Kiadó Bp. 5-317.

SZEGED

HORVÁTH István
1974: Kvantitativ mikrobiológiai eljárások.
Akadémiai kiadó Bp. 9-233.

HÜBEL, H.
1971: Primärproduktion des Phytoplanktons
VEB G. Fischer Verl. Jena 1-11.

KÁDÁR G.
1974: Klorofill meghatározás jelentősége egy eutrof viz minősitésénél.
Budapesti Müszaki Egyetem Kézirat.

KÁDÁR G.
1977: Szennyviztisztitás harmadik fokozata a Pécsi Vizmü technológiai fejlesztésében.
In: RÓNAKI L./szerk./: Magyar Hidr.Társ. Pécsi Csop. Jubileumi Évkönyve 105-118.

KÁDÁR G.
1977: Biológiailag tisztitott szennyviz utótisztitása tározással.
Kézirat, Pécs

KÁDÁR G., PONYI J. és VÖRÖS L.
1978: A Pécsi Vizmü utótisztitó tavainak hidrobiológiai viszonyai.
In:"Hidrobiológia: tudomány a gyakorlat szolgálatában. XX. Hidrobiológus napok 82-84.

KISS K.
1978: Fitoplankton együttesek szennyviztisztitó tavakban.
In: Hidrobiológia: tudomány a gyakorlat szolgálatában. XX. Hidrobiológus napok 70-72.

KOVÁCS Margit /szerk./
1977: A környezetvédelem biológiai alapjai.
Mezőgazdasági Kiadó Bp. 1-333.

LITERÁTHY P. /szerk./
1975: KGST Egységes vizvizsgálati módszerek
I. Kémiai módszerek.
VITUKI Bp. 1-2. 1-443.

LOVÁSZ GY. /szerk./
1977: Baranya megye természeti földrajza.
Baranyai Levéltár Pécs 5-384.

NAGY L./szerk./
1971: A vizgazdálkodás fejlődése.
TIT Bp. 19-803.

NÉMETH Á.
1976: Stabilizációs tó a szennyviztisztitásban.
VITUKI Vizminőségi és viztechnológiai kutatási eredmények
3. 129-146.

OAKLEY, H. R. CRIPPS, T.
1969: Britisch Practice In The Tertiary Treatment Wartewater
JWPCF. 41. 1.a. 36-50.

OLÁH J.
1973: A bakterioplankton biomasszája és produkciója a
Balatonban.
Hidrol. Közl. 8. 348-358.

ORLÓCZI I. TÓTH J.
1966: Szennyviztisztitás algákkal.
Hidrológiai Közlöny 46. 256-272.

ÖLLŐS G.
1971: A harmadik szennyviztisztitási fokozat.
Vizügyi Közl. 1971. 361-396.

PONYI J.
1976: Vizbiológiai gyakorlatok.
Tankönyvkiadó Bp. 3-191.

PONYI J. BIRÓ P. OLÁH J. ZÁNKAI N. TAMÁS G. CSEKEI T.
1973: Limnological investigations of a fish-pond supplied sewagewater in the viciscity of Lake Balaton.
Annal. Biol. Tihany. 40. 277-282.

RODHE, W.
1969: Crystallizacion of eutrophication concepts in Northern EUROPE
In: Eutrophization, canses, consequenes, corsectines.
Natl. Acad. Sci., Washington D.C. 50-64.

SEBESTYÉN O.
1950: A Balaton biológiai kutatásának korszerü szempontjai.
Hidrol. Közl. XXXI. /1951/ 20-23.

SEBESTYÉN O.
1963: Bevezetés a limnológiába.
Akadémiai Kiadó Bp. 1-235.

SCHMIDT A. SIMOR I. és UHERKOVICH G.
1974: Dunai szennyvizhullám észlelésével kapcsolatos tapasztalatok.
2. 57-61. Hidr. Közl.

SZABÓ A.
1976: Utótisztitó tórendszer hidrobiológiai vizsgálata. III. Zooplankton vizsgálatok.
XVIII. Hidrobiológus Napok.

SZALAY M.
1967: Biológia a mérnöki gyakorlatban.
Müsz. Kiadó Bp. 5-539.
SZÖLLŐSY GY.
1973: A Palicsi tó elhalása és felujitása
Subotica 1-121.

TÓTH A.
1974: A szennyviztisztitás nemzetközi helyzetének feltárása.
VITUKI Témabeszámoló 3.4. 214. 1-47.

TÓTH F. VÖRÖS L. és NÉMETH J.
1976: A-klorofill és fitoplanktonvizsgálatok a Balatonon.
Balatoni Ankét 3. A Balaton 5-11.

UHERKOVICH G.
1966: Die Scenedesmus-Arten Ungarns.
Akadémiai Kiadó Bp. 1-166.

UHERKOVICH G.
1966: Hidrobiológia /Vizbiológia/
Tankönyvkiadó Bp. 5-123.

UHERKOVICH G.
1971: A Tisza fitoszesztonja.
Szolnok Múzeum.

UHLMANN, D.
1975: Hydrobiologie
VEB G. Fischer Verl. Jena 1-345.

VÁSÁRHELYI R. /szerk./
1977: KGST Egységes vizvizsgálati módszerek
IV. Bakteriológiai módszerek 5-173.

VERDUIN, J.
1964: Principles of primary productinity
In: Jackson, P.F. Algae and Man Plenum
Press, New York, 221-237.

VÖRÖS L.
1976: A fitoplankton mennyisége, minősége és szerepe a Duna mohácsi szakaszán.
Egyetemi doktori értekezés /kézirat/

KÉMIAI VIZMINŐSÉGVÁLTOZÁSOK

Mintavétel ideje:		1974. I.hó			1974.II.hó			1974.III. hó			1974. IV. hó			1974, V. hó			1974. VI. hó		
Mintavétel helye:		I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %
Komponens:																			
Vezetőképesség	μScm^{-1}	1032	991	4,0	1000	1025	- 2,5	1057	1057	0	1005	995	1	1061	946	10,8	1028	857	16,6
pH		7,5	7,7	-	7,2	7,4	-	7,6	8,0	-	7,6	7,9	- 4,6	7,6	7,7	- 2,1	7,3	7,7	- 5,5
Oldott O_2	mg/l	-	-	-	-	9,9	-	1,0	15,4	-	1,29	13,5	-	1,2	3,8	-	0,85	10,5	-
BOI_5	mg/l	-	-	-	19,8	32,1	- 62,0	21,6	27,2	- 26,0	30,6	48,4	- 58,2	24,0	20,8	13,3	18,6	36,7	-97,3
Ammonium /NH_4^+/	mg/l	31,6	27,5	23,9	29,4	21,9	25,5	30,1	14,7	51,2	29,8	12,8	57,0	36,8	13,9	62,3	23,7	5,4	77,2
Nitrit /NO_2^-/	mg/l	0,81	0,32	-70,0	0,39	0,54	38,0	0,72	1,09	51,0	0,46	1,05	-128,3	0,32	0,81	-153,1	0,20	2,70	-
Magnézium /Mg^{++}/	mg/l	63,0	54,8	13,0	63,7	52,9	17,0	44,6	46,8	- 4,9	41,2	46,2	- 12,1	51,8	49,0	5,5	44,0	39,4	10,5
Kalcium /Ca^{++}/	mg/l	77,3	72,8	5,9	69,0	70,2	- 1,8	91,1	79,7	12,6	97,2	88,3	9,2	82,4	77,0	6,6	85,3	70,6	17,3
Lugosság/m/	mg.e.é./l	8,54	8,07	5,3	8,2	7,8	4,2	8,8	8,0	8,7	8,5	7,9	7,1	8,9	7,6	14,7	8,4	6,4	23,9
Össz.keménység	NK^o	25,2	22,7	10,0	23,0	22,4	2,7	22,8	21,7	4,9	21,2	21,3	- 0,4	22,2	20,8	6,4	20,5	19,1	6,9
Foszfat /PO_4^{3-}/	mg/l	4,4	4,2	4,6	5,5	5,8	- 5,4	6,0	4,7	21,7	8,9	5,3	40,5	11,7	6,7	42,8	11,1	5,9	46,9
Lebegőanyag	mg/l	20,0	7,5	62,5	22,5	22,0	2,3	17,0	18,0	- 5,9	22,0	36,1	- 64,1	15,2	16,0	- 5,3	19,0	22,6	- 18,9
Detergens /ANA/	mg/l	1,62	1,40	-	1,51	1,41	-	1,16	0,85	-	1,30	1,30	-	0,98	0,75	23,50	1,04	0,90	13,50
"a"-klorofill	mg/m^3	-	-	-	-	-	-	-	234,5	-									

Mintavétel ideje:		1974. VII. hó			1974.VIII. hó			1974, IX. hó			1974. X. hó			1974. XI. hó		
Mintavétel helye:		I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %	I/1.	II/2.	Hatásfok %
Komponens:																
Vezetőképesség	μScm^{-1}	1011	839	7,1	982	734	25,3	963	817	15,2	1010	862	14,7	1148	981	14,5
pH		7,7	8,0	- 3,9	7,5	8,4	- 12,0	7,5	7,7	- 2,7	7,3	7,4	- 1,4	7,6	7,5	1,3
Lebegőanyag	mg/l	15,9	13,4	15,8	17,9	14,2	20,7	23,8	10,0	58,0	36,0	8,9	75,3	23,5	10,9	53,6
Oldott O_2	mg/l	1,5	15,3	-	2,2	16,6	-	2,0	5,8	1,0	2,6	5,0	-92,3	1,6	5,2	-
BOI_5	mg/l	16,8	32,6	-94,0	36,8	46,6	- 26,6	22,4	22,0	1,8	32,9	16,9	48,5	30,1	27,2	9,6
Ammonium /NH_4^+/	mg/l	19,5	3,7	88,1	20,4	4,5	78,0	28,9	13,8	52,2	23,5	11,5	51,1	25,0	14,9	50,4
Nitrit /NO_2^-/	mg/l	1,80	0,65	64,0	0,10	1,30	-	0,30	0,90	-	1,6	0,7	56,2	2,3	0,9	70,9
Kálcium /Ca^{++}/	mg/l	75,5	57,6	23,7	69,8	53,3	23,6	67,0	58,9	12,1	77,7	51,1	34,2	89,9	74,5	17,1
Magnézium /Mg^{2+}/	mg/l	47,4	38,7	18,4	46,5	32,4	30,3	46,4	41,4	10,8	53,2	52,5	1,3	53,1	48,5	8,7
Lugosság/m/	mg.e.é./l	8,0	6,2	22,5	8,1	5,4	33,3	7,9	5,9	25,3	8,2	6,4	22,0	8,6	7,4	14,0
Össz. keménység	NK^o	21,6	17,2	30,4	20,0	14,8	26,0	20,4	17,6	13,7	23,3	17,9	23,2	23,9	21,5	10,0
Foszfát /PO_4^{3-}/	mg/l	7,1	6,0	15,5	11,6	4,7	59,5	8,5	6,1	28,2	6,8	5,7	16,2	7,6	5,4	29,0
Detergens /ANA/	mg/l	0,9	0,6	33,4	1,1	0,7	36,4	0,9	0,5	44,4	0,7	0,4	42,9	0,5	0,3	40,0

Jelmagyarázat: I/1. = Biológiailag tisztitott szennyviz
II/2. = A II. tározóból vett minta

A CLADOPHORA GLOMERATA /L./ KÜTZ. TÖMEGPRODUKCIÓJÁNAK HATÁSA A VIZ MINŐSÉGÉRE /II.TÓ/

Vizsgálat ideje: 1977. május 23 - 1977. junius 24.

Mintavétel helye:		Biol.tiszt. szennyviz	I. tó	II. tó	hatásfok % tiszt.szv. és II. tó között	hatásfok % I-II. tó között
Komponens:						
Vezetőképesség /uScm^{-1}		940,0	935,0	713,0	24,2	23,8
pH		7,3	7,1	8,8		
Oldott O_2	mg/l	2,1	2,7	17,4		
BOI_5	mg/l	23,6	15,4	12,2	48,3	20,8
Ammonium /NH_4^+/	mg/l	17,9	12,5	0,4	97,8	96,8
Nitrit /NO_2^-/	mg/l	2,4	0,8	0,4	83,4	50,0
Nitrát /NO_3^-/	mg/l	13,1	5,3	5,9	55,0	- 11,3
Foszfát /PO_4^{3-}/	mg/l	6,2	6,5	1,2	80,7	81,5
KOI_{Cr}	mg/l	68,9	60,1	51,9	24,7	13,6
Össz.keménység	NK^o	22,1	20,7	18,1	18,1	12,6
Kalcium /Ca^{++}/	mg/l	92,6	85,1	65,3	29,5	23,3
Magnézium /Mg^{++}/	mg/l	45,6	38,8	37,0	12,9	4,6
Össz.csira/37°C/	i/ml	132310		2372	98,2	
Fitoplankton	i/ml		ø	ø		
Vizhőfok	^oC			21,5		
Vizszint	cm			118,0		
Befolyás	m^3			70,0		
Elfolyás	m^3			ø		
Térfogat	m^3			1730,0		
Felszint	m^2			1622,0		
Tart. idő	nap			24,7		
Hidr. terh.	m3/ha x nap			431,0		
BOI_5 terh.	kg/ha x nap			6,6		

2. sz. melléklet

CERATOPHYLLUM SUBMERSUM L. /SIMA TÓCSAGAZ/ TÖMEGPRODUKCIÓJÁNAK HATÁSA A VIZ MINŐSÉGÉRA

Vizsgálat ideje:		1975. VII.-IX. hó			1976. V. hó		
Mintavétel helye: Komponens		Biol.tiszt. szv.	Tározóból elfolyó	Hatásfok %	Biol.tiszt. szv.	Tározóból elfolyó	Hatásfok %
Vezetőképesség	μScm^{-1}	1058	764		1178	929	
pH		7,7	8,9		7,8	7,6	
Oldott O_2	mg/l				1,0	7,7	
BOI_5	mg/l	17,6	5,5	68,7	11,0	12,7	- 15,4
Ammonium $/NH_4^+/$	mg/l	23,2	2,3	90,1	18,7	1,2	93,6
Nitrit $/NO_2^-/$	mg/l	0,58	0,63				
Nitrát $/NO_3^-/$	mg/l	1,1	2,0		4,3	7,4	
Foszfát $/PO_4^{3-}/$	mg/l	7,1	2,4	66,2	7,1	2,8	60,6
KOI_{Cr}	mg/l	117,7	58,3	50,5	75,9	57,0	25,0
Össz.keménység	NK^o	25,4	17,5		24,5	20,0	
Lebegőanyag	mg/l	31,4	16,8				
Fitoplankton	i/ml		210			200	
Vizhőfok	^oC					16,2	
Vizszint	cm					97	
Befolyás	m3					130	
Elfolyás	m3					70	
Térfogat	m3					1630	
Felszin	m2					1818	
Tartózkodási idő	nap					13	
Hidr.terh.	m3/ha x nap					715	
BOI_5 terh.	kg/ha x nap					7,7	

3. sz. melléklet

LEMNA GIBBA L. /PUPOS BÉKALENCSE/ TÖMEGPRODUKCIÓJÁNAK HATÁSA A VIZ MINŐSÉGÉRE

Vizsgálat ideje:		1977. junius 13 - 1977. augusztus 4.		
Mintavétel helye:		Biol.tiszt.szennyviz	I.tározóból elf.	Hatásfok %
Komponens:				
Vezetőképesség	/uScm^{-1}	976,00	949,00	2,80
Oldott O_2	mg/l	1,8	1,3	
pH		7,23	7,06	
Ammonium /NH_4^+/	mg/l	17,50	10,10	43,20
BOI_5	mg/l	24,80	13,70	44,80
Nitrit /NO_2^-/	mg/l	1,05	0,62	41,00
Nitrát /NO_3^-/	mg/l	13,90	5,60	59,70
Foszfát /PO_4^{3-}/	mg/l	6,05	5,74	5,10
KOI_{Cr}	mg/l	72,10	79,70	- 10,50
Össz.keménység	NK^o	23,00	20,60	10,40
Kalcium /Ca^{++}/	mg/l	94,30	89,20	5,40
Magnézium /Mg^{++}/	mg/l	43,50	36,60	15,90
Fitoplankton	i/ml		nem mérhető	
"a"-klorofill	mg/m^3		0,0	
Vizhőfok	^oC		22,70	
Vizszint			98,50	
Befolyás	m^3		150,00	
Elfolyás	m^3		70,00	
Térfogat	m^3		1655,00	
Felszin	m^2		1822,00	
Tart. idő	nap		11,00	
Hidr.terh.	m3/ha x nap		823,00	
BOI_5 terh.	kg/ha x nap		20,41	

4.sz. melléklet

5. sz. melléklet

F A J L I S T A

FITOPLANKTON

CYANOPHYTA

Lynbya limnetica Lemm.

EUGLENOPHYTA

Euglena viridis Ehrenberg

Euglena proxima Dang.

Euglen oxyuris Schmarda

Phacus laugicauda /Ehr./ Dujardin

BACILLARIOPHYCEAE

Navicula sp.

Nitzschia palea /Kütz./ W. Smith

PYRROPHYTA

Chroomonas acuta Utermöhl

Cryptomanas erosa Ehrenberg

Cryptomanas ovata Ehrenberg

Cryptomanas sp.

CHLOROPHYTA

Ankistrodesmus convolatus Corda

Ankyra ocellata /Kors./ Fatt

Ankistrodesmus falcatus /Corda/ Ralfs

Cladophora fracta /Dillw./ Kütz.

Cladophora glomerata /L./ Kütz.

Chlorella minutissima Fott et Novakova

Chlorella simplex /Artari/ Migula

Coelastrum microporum Näg.

Chlamydomonas sp.

Didymocystis plactonica Kors.

Kirchneriella lunaris /Kirchn./ Möb.
Kirchneriella obesa /W. West/ Schmidle
Kirchneriella intermedia Kors.
Oocystis sp.
Richteriella batryoides /Schmidle/ Lemm.
Scenedesmus acutus Meyen
Scenedesmus acutus f. Hernatus Meyen
Scenedesmus acuminatus /Lag./ Chod.
Scenedesmus obtusiusculus Chodat
Schroecleria setigera /Schröd./ Lemm.
Tetrastum glabrum /Roll/ Ahlstr. et Tiff

MAKROPHYTA

Ceratophyllum submersum L.
Lemna gibba L.
Phragmites communis L.

6. sz. melléklet

A FITOPLANKTON MENNYISÉGI VÁLTOZÁSA A II. TÓBAN

Vizsgálat ideje	Chlorophyta i/ml	Pyrrophyta i/ml	Összesen i/ml
1974. I. hó	71964	435714	507678
1974. II. hó	76500	620000	696500
1974. III. hó	95208	272916	368124
1974. IV. hó	2000	127000	129000
1974. V. hó	-	-	-
1974. VI. hó	72375	754167	826542
1974. VII. hó	39656	218125	257781
1974. VIII. hó	433125	2637500	3070625
1974. IX. hó	7844	576562	584406
1974. X. hó	1661	28571	30232
1974. XI. hó	Ø	Ø	Ø
1974. XII. hó	Ø	Ø	Ø

I. TÓ FITOPLANKTONJA

Mintavétel ideje:		1974. IX.5.	1974. IX.13.	1974. IX.19.	1974. IX.26.	1974. X. 3.	1974. X.10.	1974. X.17.	1974. X.24.
Taxon:	i/ml								
Cyanophyta									
Lyngbya limnetica	i/ml						94		
Englenophyta									
Euglena proxima	i/ml								94
Pyrrophyta									
Cryptomonas erosa	i/ml		188						
Cryptomonas ovata	i/ml								94
Chroomonas acuta	i/ml	846		188					
Baccillariophyceae									
Nitzschia palea	i/ml								188
Navicula sp.	i/ml					94			94
Clorophyta									
Ankistrodesmus convulutus	i/ml	1504	203040	78960	9400				
Ankyra ocellata	i/ml						94		
Chlorella minutissima		3854		92120	3008	1222			564
Chlorella simplex	i/ml	2256	86480	35720	4888	470	94		94
Coelastrum microporum		94	3948	3008	752				
Chlamydomonas sp.	i/ml						94		
Kirchneriella obesa		94			752				
Kirchneriella lunaris				188					
Kirchneriella intermedia				376					
Oocystis sp.	i/ml	3008	1692	1880	1128	94			
Scenedesmus acutus	i/ml			188					
Scenedesmus acuminatus			188						
Schroederia setigera							94		
Tetrastrum glabrum	i/ml			188					
Egyéb	i/ml							658	
Összesen:	i/ml	11656	295536	212816	19928	1880	470	658	1128

7.sz. melléklet

I. TÓ ALGÁINAK BIOMASSZÁJA /10^3 /μ^3/milliliter/

Mintavétel ideje:	1974. IX.5.	1974. IX.13.	1974. IX.19.	1974. IX.26.	1974. X. 3.	1974. X.10.	1974. X.17.	1974. X.24.
Taxon:								
Cyanophyta								
Lyngbya limnetica						9		
Euglenophyta								
Euglena proxima								658
Pyrrophyta								
Cryptomonas erosa		282						
Cryptomonas ovata								235
Chroomonas acuta	169		37					
Bacillariophyceae								
Nitzschia palea								47
Navicule sp.					39			39
Chlorophyta								
Ankistrodesmus convulutus	16	2233	868	103				
Ankyra ocellata						39		
Chlorella minutissima	127		3039	99	40			18
Chlorella simplex	1570	60190	24861	3402	327	65		65
Coelastrum microporum	337	14169	10796	2699				
Chlamydomonas sp.						65		
Kirchneriella obesa	4			30				
Kirchneriella lunaris			47					
Kirchneriella intermedia			15					
Cocystis sp.	2752	1548	1720	1032	86			
Scenedesmus acutus			118					
Scenedesmus acuminatus		52						
Schroederia setigera						23		
Tetrastrum glabrum			75					
Egyéb fajok							22	
Összes alga	4976	78475	45578	7366	493	203	22	1063

8. sz. melléklet

II. TÓ FITOPLANKTONJA

Mintavétel ideje:		1974. IX.5.	1974. IX.13.	1974. IX.19.	1974. IX.26.	1974. X.3.	1974. X.10.	1974. X.17.	1974. X.24.
Taxon:	i/ml								
Pyrrophyta									
Cryptomonas sp.	i/ml	564							
Chroomonas acuta	i/ml				376	2444	6768	7520	
Bacillariophyceae									
Navicula sp.	i/ml								752
Chlorophyta									
Ankistrodesmus convulutus		188000	94000	208680	65800				
Ankyra ocellata	i/ml				188	1316	3572	940	376
Chlorella simplex	i/ml	376	16920	18048	10528	3760	1316	376	752
Coelastrum microporum	i/ml		1316	1692	188	188	564		
Chlorella minutissima	i/ml	752000	470000	345920					
Didymocystis planctonica	i/ml	188		188					
Kirchneriella obesa	i/ml				940				
Cocystis sp.	i/ml	752	1692	752	752	564	752		
Scenedesmus acutus	i/ml		940	188	188	188			
Scenedesmus acuminatus	i/ml	188							
Schroederia setigera	i/ml					376	188		
Egyéb fajok									
Összes alga	i/ml	942068	584868	575468	78960	8836	13160	8836	1880

9.sz. melléklet

II. TÓ ALGÁINAK BIOMASSZÁJA /10^3 /u^3/milliliter/

Mintavétel ideje:	1974. IX.5.	1974. IX.13.	1974. IX.19.	1974. IX.26.	1974. X. 3.	1974. X.10.	1974. X.17.	1974. X.24.
Taxon:								
Pyrrophyta								
Cryptomonas sp.	113							
Chroomonas acuta				75	488	1353	1504	
Bacillariophyceae								
Navicula sp.								316
Chlorophyta								
Ankistrodesmus convulutus	2068	1034	2295					
Ankyra ocellata				78	550	1493	393	157
Chlorella simplex	262	11776	12561	7327	2617	916	261	523
Chlorella minutissima	24816	15510	11415	723				
Coelastrum microporum		4723	6072	674	675	2024		
Didymocystis planctonica	7		7					
Kirchveriella obesa				37				
Cocystis sp.	688	1548	688	688	516	688		
Scenedesmus acutus		654	118	118	118			
Scenedesmus acuminatus	53							
Schroederia setigera					94	47		
Összes alga	28006	35245	33158	9723	5059	6522	2158	996

10. sz. melléklet

I. TÓ MAKROFITONOK BIOMASSZÁJA

Mintavétel ideje:		1974. VI.23.	1974. VI.30.	1974. VII.6.	1974. VII.13.	1974. VII.18.	1974. VII.25.	1974. VIII.4.	1974. VIII.11.	1974. VIII.19.	1974. VIII.25.
Taxon:											
Lemna gibba											
nedves suly	g/m2	3372	8857	8303	2310	3669	3435	2554	2033	1819	2000
száraz suly	g/m2	101,1o	265,7	249,o	92,4	165,1	103,o	63,8	81,3	45,48	80,o
boritás	%	100	100	100	100	100	100	100	10	15	3
Ceratophyllum submersum											
nedves suly	g/m2	170,o									
száraz suly	g/m2	4,8									
boritás	%	100									
Tófelszin	m2	1824	1819	1817	1819	1804	1814	1824	1829	1822	1819
Összes növény											
nedves suly	kg/tó	6461	16111	15087	4202	6619	6231	4658	371	497	109
száraz suly	kg/tó	193	483	452	168	298	187	116	15	12	4

11.sz. melléklet

II. TÓ MAKROFITONOK BIOMASSZÁJA

Mintavétel ideje:	1974. VI.23.	1974. VI.30.	1974. VII.6.	1974. VII.13.	1974. VII.18.	1974. VII.25.	1974. VIII.4.	1974. VIII.11.	1974. VIII.18.	1974. VIII.25.
Taxon:										
Lemna gibba										
Nedves suly g/m^2		3480	2420	3094	5693	6021	1730	2680	3287	2794
száraz suly g/m^2		139	84	124	142	151	61	80	82	98
boritás %	0	70	100	100	100	100	100	100	70	35
Cladophora glomerata										
nedves suly g/m^2	3040	2451		650	428					
száraz suly g/m^2	350	380		58	51					
boritás %	100	20		10	10					
tófelszin m^2	1621	1621	1616	1597	1577	1621	1606	1611	1616	1616
összes növény										
nedves suly kg/tó	4928	4744	3910	5045	8985	9760	2778	4317	3718	1580
száraz suly kg/tó	567	281	136	199	225	245	98	129	93	55

12. sz. melléklet

13. sz. melléklet

ELSŐDLEGES TERMELÉSI ÉRTÉKEK ÉS AZ "A"-KLOROFILL HATÁSFOKA

Vizsgálat ideje	Minta-vétel helye	"a"-klorofill mg/m^3	vizszint	"a"-klorofill hatásfoka	mgCm^{-2}nap^{-1}
1977.IX.13.	I.tó	72,9	20 cm	20,71	3271,4
			40 cm	19,34	3771,8
			60 cm	5,54	1765,5
			fenék(80cm)	1,51	351,1
			átlag:	11,71 mg C/mg	9121,8
	II.tó	64,6	20 cm	34,37	5938,5
			40 cm	7,59	1572,9
			60 cm	5,11	1059,3
			fenék "	2,17	524,3
			átlag:	12,30 mg C/mg	9095,0
1977.IX.19.	I.tó	62,5	20 cm	8,32	1086,4
			40 cm	8,00	1301,2
			60 cm	3,68	712,4
			fenék "	0,48	78,1
			átlag:	5,12 mg C/mg	3178,1
	II.tó	82,5	20 cm	6,79	1463,9
			40 cm	3,52	907,6
			60 cm	0,97	244,0
			fenék "	0,36	91,1
			átlag:	2,90 mg C/mg	2706,6
1977.IX.26.	I.tó	24,6	20 cm	5,43	199,3
			40 cm	3,26	153,3
			60 cm	5,43	298,9
			fenék "	1,09	46,0
			átlag:	3,80 mg C/mg	697,5
	II. tó		20 cm	4,07	249,1
			40 cm	5,28	367,9
			60 cm	4,47	321,9
			fenék "	0,81	80,5
			átlag:	3,70 mg C/mg	1019,4

BAKTERIOLÓGIAI VIZMINŐSÉGVÁLTOZÁSOK

Mintavétel ideje:		1974. I.hó	1974. II.hó	1974. III.hó	1974. IV.hó	1974. V. hó	1974. VI.hó	1974. VII.hó
Össz csiraszám/ml /37°C-on/	I/1.	266460	193795	59238	102988	62713	126810	40010
	II/2.	6013	4024	2123	2708	5144	10217	11023
Coliszám/ml	I/1.	3969	4258	2806	3818	1872	3368	4197
	II/2.	317	384	369	304	115	367	74

H A T Á S F O K

	1974. I.hó	1974. II.hó	1974. III.hó	1974. IV.hó	1974. V. hó	1974. VI.hó	1974. VII.hó
Össz csiraszám	97,8 %	97,9 %	96,6 %	97,6 %	91,8 %	92 %	79,3 %
Coliszám	92,1 %	91,0 %	85,9 %	92,1 %	93,9 %	89,2 %	98,3 %

Jelmagyarázat: I/1. = Biológiailag tisztitott szennyviz

II/2. = Tározott, tisztitott szennyviz a II. tóban.

14. sz. melléklet

A KÉT TÓ PRDUKCIÓJÁNAK /P/ ÉS BIOMASSZÁJÁNAK /B/,
EZEK ARÁNYÁNAK VÁLTOZÁSA /1977./

	I. tó			II. tó		
	P g C $m^{-2}nap^{-1}$	B g/m^3	P/B	P g C $m^{-2}nap^{-1}$	B g/m^3	P/B
Fitoplankton						
1977.IX.13.	9,121	78,47	0,1162	9,950	35,24	0,282
IX.19.	3,178	95,57	0,0697	2,706	33,15	0,081
IX.26.	0,697	7,36	0,0947	1,019	9,72	0,104
X. 3.	0,127	0,44	0,2886	0,262	5,05	0,051
	P g/hónap	B g/m^3	P/B	P g/hónap	B g/hónap	P/B
Zooplankton Daphnia sp.						
1977.szept.	13,49	0,83	16,25	9,46	1,05	9,18
1977.október	2,35	0,33	2,17	9,26	1,21	7,64

15. sz. melléklet