

SZIG

0765

g.

Z Á R Ó J E L E N T É S

"A Bős-Nagymaros Vízierőmű építése kapcsán kialakult  
vízminőség  
vizsgálatára alkalmas ketreces hal biomonitoring rendszer"  
c. kutatás keretében végzett munkáról

A munka résztvevői:

Kufcsák Oszkár egyetemi tanársegéd, Láng Gabriella  
tudományos segédmunkatárs és Szegletes Tivadar MTA TMB  
aspiráns (a ketreces kísérletek végzése és laboratóriumi  
vizsgálatok).

Kufcsák Oszkár egyetemi tanársegéd és Nemcsók János  
tanszékvezető egyetemi docens (a jelentés összeállítása).

JATE Biokémiai Tanszék

Szeged, 1992.

### A munka előzményei

A környezet szennyeződésének három fő területe közül (talaj, víz, levegő) a József Attila Tudományegyetem Biokémiai Tanszékének Környezetvédelmi Kutatócsoportja a vizek szennyezettségét vizsgálja. Módszerünk az a korszerű biomonitoring módszer, mely a közvetlen víz analitikai méréseken túl, elsősorban a vizek kísérleti állatokra (esetünkben halakra) tett hatását vizsgálja. A biomonitoring módszer egyik fő értéke, hogy a különböző szövet- és szervkárosodásokat enzimatikusan tesztelve, valamint a halakat ért stresszhatást mérve lényegesen kisebb mérvű vízminőség változás detektálható, mint a hagyományos kémiai módszerekkel; a vizek állapotának romlása illetve javulása már olyan szinten észlelhető, amikor az még nem okoz irreverzibilis változást a kísérleti állatoknál.

A vízi környezetnek már igen csekély kedvezőtlen változását elsősorban olyan enzimaktivitás változások mutatják, amelyek jelzik az egyes szövetek nekrozisát, valamint az idegrendszer károsodását. Kísérleti rendszerünkben következő eljárásokat alkalmazzuk:

1. Szérum transzaminázok (GPT: EC 2.6.1.2., GOT: EC 2.6.1.1.) aktivitásának mérése elsősorban a máj és vese szövetkárosodás mértékének meghatározására.
2. Tejsav dehidrogenáz (LDH: EC 1.1.1.27.) aktivitás mérése az izomszövetkárosodás mértékének meghatározására.
3. Acetilkolineszteráz (AChE: EC 3.1.1.7.) aktivitás mérése az idegrendszert ért károsodás kimutatására.
4. Vércukorszint meghatározás az általános stresszhatás tesztelésére.

Több éves tapasztalatunk van laboratóriumi körülmények között, 100 literes akváriumainkban tartott halakkal, ahol a vízviszonyoknak mind hőmérsékleti, mind kémiai paramétereit tetszés szerint változtathatjuk. Így vizsgáltuk korábban jónéhány kemikália hatását, és mértük a halak életritmusának szezonális váltakozását is. Esetenként kísérleteztünk eltérő életmódú halakkal, mint a ragadozó harcsa (*Silurus glanis* L.) és a növényevő busa (*Hypophthalmichthys molitrix* V.), de tömegessége és beszerezhetősége miatt is a ponty (*Cyprinus carpio* L.) vált általános

teszt-állatunkká. (A Magyarországon tenyésztett halállomány közel 70 - 75 %-a ponty.)

Ilyen jellegű vizsgálatokat az elmúlt öt évben már szabadtéri kísérletekben is végzünk, elsősorban külső megbízókkal kötött szerződés keretében. Így vizsgáltuk többek között a Velencei-tó vízminőség változásait a Fejér-megyei MÉM-NAK, egy fenéküledék kezelési eljárás hatását az Orfűi-tavon a Déldunántúli Környezetvédelmi Igazgatóság, a Fehér-tó vízminőségének alakulását a közeli utak ólomszennyezésének függvényében a KTM, vagy a Bős-Nagymarosi Vízierőmű építése kapcsán kialakult vízminőség változásokat VIZITERV megbízásából.

### A vizsgálatok célja

Jelenlegi kísérleteink közvetlen folytatását képezik az 1990 és 1991 évben végzett vizsgálatoknak és végleges célként egy folyamatosan működő dunai biomonitring rendszer megalapozását szolgálják.

1992-ben a korábbi években végzett vizsgálatokkal azonos helyszíneken folytattuk kísérleteinket:

- I. Dunakilitiben a duzzasztómű területén
- II. Győrben a Mosoni-Dunán Bácsa térségében
- III. Szobon a WHO mérőállomás előtti Duna szakaszon

A szabadvízi kísérleteket május végén kezdtük el. Ebben az évben különösen nagy gondot fordítottunk a dunakiliti állapotokra, a C variáns kapcsán kialakuló esetleges vízminőség változás előrejelzése érdekében.

### Anyagok és Módszerek

#### Ketreces biomonitring vizsgálatok

1 m<sup>3</sup>-es, műanyag hálóval bélelt ketrecekben 7-7 db 800-1000 g tömegű pontyot helyeztünk ki a korábban megadott vízterületekre. 1992 május végétől kezdve havonta vérmintát vettünk valamennyi halból. A mintavétel a ketrecből kiemelt halak farki vénájából történt, ahonnan 2 ml vért vettünk heparinnal átöblített fecskendővel. Az így nyert vért jeges vízfürdőben tartott centrifugacsövekbe adagoltuk, majd saját mozgó laboratóriumunk eszközeit használva centrifugával (6000 rpm, 5 perc) választottuk el az alakos elemeket a plazmától. Az így elkülönített

vérszérumot azonnal fagyasztottuk ( $-12^{\circ}\text{C}$ -ra), majd ügyelve, hogy fel ne engedjenek, hűtőszekrényben szállítottuk szegedi laboratóriumunkba. Itt dolgoztuk fel a tiszta, hemolízismentes mintákat a következőkben ismertetett módszerek segítségével.

#### GOT és GPT aktivitás meghatározása:

A GOT és GPT enzimek aktivitását Reitman és Frankel (1957) kolorimetriás módszere alapján a REANAL által gyártott tesztkészlettel határoztuk meg. A módszer elve a következő: az  $\alpha$ -ketoglutársav, az oxálecetsav és a piroszőlősav 2,4-dinitrofenil-hidrazinjainak lúgos oldata eltérő fényabszorpciós spektrumot mutat. A mérésnél a szubsztrátoldat L-aszparaginsavat (a GPT esetén DL-alanint) és  $\alpha$ -ketoglutársavat tartalmaz, az enzimatis reakció eredményeképpen L-glutaminsav és oxálecetsav (GPT esetén piroszőlősav) keletkezik. Mivel a GOT által katalizált reakcióban keletkezett oxálecetsav az adott körülmények között meghatározott arányban spontán dekarboxileződik piroszőlőssavvá, mindkét reakció végén a képződött piroszőlősav mennyiségét mérjük az enzimmentes összehasonlító oldattal szemben. Az így kapott értékeket a tesztkészletben megadott kalibrációs egyenes segítségével számítottuk át U/l egységre (U = az átalakított szubsztrát mólok száma percenként).

#### A GOT aktivitásának mérése:

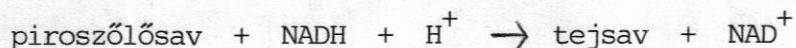
0.25 ml, 0.1 M koncentrációjú, pH=7.4 foszfátpufferhez, mely 0.1 M L-aszpartátot és 2 mM  $\alpha$ -ketoglutarátot tartalmaz, 0.05 ml vérszérumot (összehasonlítóanal deszt. vizet) adtunk. Az így összeállított elegyket 1 órán át  $37^{\circ}\text{C}$ -on inkubáltuk, majd 0.25 ml 1 mM koncentrációjú 2,4-dinitrofenil-hidrazin oldatot mértünk hozzá, és szobahőmérsékleten 20 percig állni hagytuk. Ezután 2.5 ml 0.4 M-os NaOH oldat hozzáadásával leállítottuk a reakciót, majd 5 perc elteltével 546 nm-en mértük a fényelnyelést.

#### A GPT aktivitásának mérése:

A mérés menete hasonló volt a GOT-éhoz, azzal az eltéréssel, hogy a szubsztrátoldat 0.1 M aszparaginsav helyett 0.2 M DL-alanint tartalmazott.

#### A LDH aktivitásának meghatározása:

a LDH az alábbi reakciót katalizálja:



A fotometriás mérés alatt a  $\text{NADH}_2$ -nak a reakció során bekövetkező extinkció csökkenéséből következtetünk az LDH aktivitására.

3.0 ml 52 mM-os pH=7.5 foszfát pufferhez - amely 0.63 mM piruvátot tartalmaz - 0.5 ml 11.0 mM  $\text{NADH}_2$  oldatot és 0.1 ml vérplazmát adunk. A vérplazma hozzáadását követően 340 nm-en mérjük az extinkció változást. Az aktivitást U/l-ben fejezzük ki.

#### Az AChE aktivitásának meghatározása:

Az acetilkolinesteráz enzim az acetil-tiokolinjodidot tiokolinra és ecetsavra hidrolizálja. A tiokolin -SH csoportja a DTNB-vel (5,5-ditio-bis-2-nitrobenzoesav) színreakciót ad. Az AChE aktivitás meghatározásához 2.0 ml 52 mM-os pH=7.2 foszfát pufferhez, amely 0.26 mM DTNB-t tartalmaz 0.05 ml 82.4 mM-os acetiltiokolin-jodidot adtunk. A reakciót 0.05 ml vérszérum hozzáadásával indítottuk, és 412 nm-nél 3 percig fényelnyelés-méréssel regisztráltuk (ezen időtartományban a változás lineáris). Az aktivitást U/l-ben fejeztük ki.

#### A vércukorszint meghatározása:

A vércukorszintet a Labor MIM által gyártott Contiflo automata analizátor rendszerrel határoztuk meg. A módosított Brown-Bitter-McLeary módszer alapján a glükóz alkalikus közegben a kupri-neurokuproin kelátot kupro-neurokuproin komplexé redukálja termosztált körülmények között. A dialízissel fehérjementesített szérumban az aszkorbinsav és a szulfhidril csoportok zavaró hatása kiküszöbölhető. Egyéb redukáló szénhidrátok zavaró hatása azok alacsony koncentrációja miatt elhanyagolható. A módszer érzékenysége 30 - 1000 mg/100 ml. A mérési eredményeket mg/100 ml egységben adtuk meg.

A méréshez mintáinkat 0.62 %-os halfiziológiás sóoldattal hígítottuk, majd a szérumot Elkay dializáló membránon keresztül fehérjementesítettük  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -tal. A mérést a továbbiakban OL-702 típusú analitikai glükóz modullal végeztük a gyári leírás szerint.

### Vizsgálataink elemzése és értékelése

Először a Duna három pontján elhelyezett ketreceinkről ejtünk néhány szót.

Dunakiliti térségében a korábbi évek tapasztalatain okulva sikerült úgy elhelyeznünk ketrecünket, hogy abban telepített halaink megfelelő számban és egészségi állapotban a Duna eltereléséig kiszolgálták kísérleteinket. Ekkor azonban a drasztikus vízszint csökkenés miatt a ketrecet át kellett helyezni, hogy halaink egyáltalán vízben legyenek. A hirtelen vízszint csökkenés alaposan megviselte a halakat, amint ez a mérési paraméterekből ki is tűnik. A kb. 30-40 cm-es vízszintet csupán 4 hal élte túl.

Győr alatt, a Mosoni-Dunán telepített ketrecünk a kísérleti időszak során hasonló problémákat okozott, mint a korábbi években. Igaz, hogy folyamatos segítséget kaptunk az Észak-Dunavölgyi Vízügyi Igazgatóság szakembereitől a ketrecek mélyebb vízbe helyezésével kapcsolatban és a mintavételek biztosításában, ennek ellenére - feltehetően csónakból kiemelve a ketrecet - a halakat több ízben ellopták. Így többszöri újraterelítés ellenére is csak 3 alkalommal tudtunk mintát venni.

A szobi ketrecet partközelségben, 3 - 4 m mélységben fenékre helyeztük. Itt minden alkalommal a Közép-Dunavölgyi Vízügyi Igazgatóság Kitűző hajói voltak segítségünkre a ketrec telepítésekor és kiemeléskor. Ezen a mérőállomáson a nyár folyamán egy alkalommal 6 (!) hal pusztult el, - az életben maradt 1 hal paramétereiből ítélve egy komolyabb, időleges szennyezés levonulása miatt. Az újraterelítés után a mérések zavartalanul folytak. Az utolsó mintavételkor (11.05.) a hajóútban bólyával jelzett ketrecünket kiemelve azt tapasztaltuk, hogy az összetörött, s a halak a nyílásokon elszabadultak. A tavalyi esetünkhöz kísértetiesen hasonló állapotokat találtunk, így most is az a feltevésünk, hogy a megfelelő jelzés ellenére egy hajó futhatott rá. Ennek ellenére egy élő halat találtunk a törött ketrecben, ez a víz lehűléskor feltehetően korábban elvermelt.

A halak változó testhőmérsékletű állatok, anyagcserefolyamataik sebessége nagymértékben hőmérsékletfüggő. Így az általunk vizsgált biokémiai paraméterek értékelésénél figyelembe kell venni az aktuális, évszaknak megfelelő vízhőmérséklet változásokat. Korábbi kísérleteink azt mutatták, hogy a téli időszakban a vizsgált enzimek aktivitása,

normális körülmények között átlagosan 30 - 60 %-a ugyanezen enzimek nyári időszakban mért aktivitásának. Ez az aktivitáscsökkenés természetesen folyamatos, így bizonyos mérvű, általános aktivitáscsökkenéssel már az őszi időszakban számolni kell.

Ugyanakkor a különböző környezeti hatások és toxikus ártalmak miatt bekövetkező szövetkárosodással járó kórfolyamatoknak is érzékeny jelzői az egyes enzimaktivitás értékek változásai a vérplazmában.

A toxikus anyagok méregtelenítése a májban történik, nagy mennyiségű toxikus anyag detoxikációja során a májsejtek egy része szétesik, nekrotizál. A májsejt lézió kimutatására legelterjedtebben a plazma glutamin-piroszőlősav-transzamináz (GPT) aktivitás mérése használatos. Ez az enzim ugyanis főleg a májban fordul elő, csak kisebb mértékben a vesében és az izmokban, így aktivitásának szintje a vérben a májparenchyma sejtek nekrozisakor növekszik meg. Normális értéke pontynál nyári időszakban 5 - 10 U/l (ez még nem utal májkárosodásra), a téli időszakban 1.5 - 5.9 U/l értékig csökkenhet a víz hőmérséklet függvényében.

A GPT kezdeti értékei Dunakilitiben és Győrben (2. illetve 7. táblázat és ábra) részleges májkárosodásra utaló mértékűek, mely azonban később helyreáll. Ezek - összevetve a többi paraméterrel - arra utalnak, hogy a halak állapota telepítéskor igen kedvezőtlen volt. (Megjegyezzük, hogy ez már a vásárláskor is feltűnő volt, de ez időszakban szinte az egész Dunántúlon nem lehetett pontyot kapni. Az Előre Halászati Szövetkezettől kapott információink szerint az első telepítéskor kapott halak Csehszlovák importból származtak.) A szobi GPT értékek (12. táblázat és ábra) kezdetben (bár kisebb mértékben) szintén hasonló tendenciát mutattak, a továbbiak során azonban az évszakos csökkenésen kívül külső eredetű változás nem volt észlelhető.

A plazma glutamin-oxálecetsav-transzamináz (GOT) minden szövetben előfordul, legnagyobb mennyiségben a szívben, májban és az izomzatban. Ebből következik, hogy a GOT aktivitása a vérplazmában csaknem minden szövetféleség szétesésekor megemelkedik. A GOT aktivitás értékek 30 U/l felett tekinthetők kórosnak a vérplazmában.

A kezdeti időszakban a GOT aktivitás értékek is ugyanarra a rossz állapotra utalnak mindhárom helyen (1., 6., 11. táblázat és ábra), mint amit már a GPT esetében is jeleztünk. Ezen túlmenően mindegyik kísérleti állomáson észleltünk extra kiugró értékeket is. Dunakiliti esetében (1.

táblázat és ábra) ez a Duna elzárását követően életben maradt halainkon volt észlelhető, de ez - mint az általános szövetnekrózis jelzője - teljesen érthető ilyen vízmélységben (30 cm) való tartáskor. A szobi ketrecünk esetében a megnövekedett GOT értékek szintén kísérleti állataink pusztulásával egy időre esnek (11. táblázat és ábra). Ekkor, mint már korábban jeleztük, egy hirtelen levonuló szennyezés feltételezhető, amit a vízkémiai mérések egyértelműen igazolnak. Ez a szennyezés a Duna Győr és Szob közötti szakaszán következhetett be, mint az a különböző mérési pontjaink eredményének összevetéséből kitűnik.

Hasonlóan magas, kiugró értéket észleltünk a győri ketrecben lévő halak esetében is (6. táblázat és ábra) a szeptember 10 -i mérés alkalmával. Ennek okáról és eredetéről feltételezéseink vannak (ezeket később kifejtjük), a pontos magyarázat azonban adataink vízkémiai adatokkal történő összevetésével adható meg.

A tejsav-dehidrogenáz enzim (LDH) minden sejtben előfordul, 5 különböző izoenzim formájában. Legtöbb a szívizomban, a májban, az izomzatban, a vesében és a vörösvérsejtekben található. Átlagos értéke a ponty vérplazmájában nyári időszakban 110 - 180 U/l. A viszonylag tág határok az olyan kisebb sérülésekből adódnak, amelyek a ketrec oldalához való ütődéssel magyarázhatóak, s ezt legérzékenyebben a különböző LDH izoenzimek megjelenése mutatja a vérplazmában.

Az LDH enzimaktivitás méréseink az esetek többségében normális, vagy ahhoz igen közeli értékeket mutatnak (3., 8., 13. táblázat és ábra). Ez alól három kivétel említhető meg. Az elsősorban izom- és bőrszövet károsodást jelző LDH szintje a dunakiliti és győri minták esetében (3., és 8. táblázat és ábra) - a többi paraméterhez hasonlóan - a telepítéskori legyengült, megtört állapotot jelzi. Kisebb mérvű aktivitás emelkedés látható a dunakiliti mintákban (3. táblázat és ábra) a Duna elzárását követően és a szobi mintában (13. táblázat és ábra) az említett szennyezés levonulása után a túlélőnél. Nem tapasztalható azonban szignifikáns emelkedés a győri minták esetében (8. táblázat és ábra) a szeptemberi mintavételkor sem (hasonlóan a GPT értékekhez). Ez azt jelenti, hogy az említett időpontban Győrben mért magas GOT értékek (amelyek mind máj, mind vese, mindpedig izom károsodást jelezhetnek) nem származhattak sem a máj-, sem az izomszövet nekrozisától. Ezek alapján



kijelenthetjük, hogy a Győrben szeptember 10 -én észlelt rendellenesség vesekárosító anyag jelenlétére utal a Mosoni-Dunán.

Az AChE enzim aktivitásának csökkenése fontos jelzője az idegrendszer károsodásának. Ennek az enzimnek az esetében is észlelhető mindhárom mintavételi helyen (4., 9., 14. táblázat és ábra) a kezdeti fölfokozott idegállapot halainknál, amit a viszonylag magas AChE értékek mutatnak. Ez ismét csak a hosszadalmas szállításra és a természetes élőhelytől eltérő környezetben való huzamosabb tárolásra utal. Az értékek ezután a (a többi paraméterhez hasonlóan) minden esetben a normális szintre álltak be, egyik mintavételi helyen sem tapasztaltunk AChE bénító növényvédőszerből származó gátlást. Egyéb paramétereink normálistól eltérő szintje a kísérletek végén Dunakilitiben így egyértelműen és kizárólag fizikai hatásnak tudható be (drasztikus vízszintcsökkenés), a szobi szennyezésről pedig így módon megállapítható, hogy nem mezőgazdasági eredetű. (A többi paraméterrel összevetve inkább ipari jellegű, kőolaj származékokat, esetleg fenolt, aromás vegyületeket tartalmazó szennyezés lehetett.)

Ezt támasztják alá a szobi vércukor mérések is (15. táblázat és ábra). A vércukorszint - korábbi eredményeink, megfigyeléseink alapján - jól tükrözi a halakat ért általános stresszhatást, miként az emlős állatok esetében és az embernél is ismert jelenség. A szobi minták esetében jól látható, hogy a szennyezés levonulása nem a vércukorszint, az általános stresszhatás, növekedésében mutatkozik meg, ezek az értékek normális szinten maradtak az egész vizsgált időszak során. Ugyanezt mutatják a kezdeti dunakiliti és győri értékek is (5. illetve 10. táblázat és ábra), tehát ezen esetekben sem a stresszterheltség felelős a viszonylag rossz állapotért, hanem inkább a rossz tartási körülmények. A fent említetteken kívül a többi esetben mért értékek normálisnak tekinthetők, csupán a Dunakilitiben észlelt vízszintcsökkenés okozott némi vércukorszint emelkedést.

1. táblázat

GOT aktivitás alakulása DUNAKILTI 1992						
minta	aktivitás (U/l)					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10	10.21.	11.04.
1	44.01	43.30	70.40	33.68	20.47	78.96
2	68.26	52.12	44.01	42.75	7.63	62.56
3	71.83	52.57	60.51	40.13	12.62	71.12
4	76.98	53.28	39.84	29.85	31.62	
5	78.25	61.13	40.22	30.44	19.94	
6	85.38	70.40	47.78	22.61	22.46	
7	115.34	71.11	46.38	19.08	20.07	
átlag	77.15	57.70	49.88	31.22	19.26	70.88
szórás	19.76	9.54	10.55	7.95	7.02	6.70

2. táblázat

GPT aktivitás alakulása DUNAKILTI 1992						
minta	aktivitás (U/l)					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1		13.14	15.05	14.33	7.19	8.94
2	14.29	20.63	5.89	7.55	6.43	3.98
3	18.11	21.55	19.73	6.18	4.35	3.60
4	21.93	21.96	13.15	8.82	8.71	5.12
5	33.00	29.36	8.64	4.33	3.49	
6	35.30	31.21	7.79	11.27	2.17	
7	82.27	36.06	10.01	10.62	5.45	
átlag	34.15	24.84	11.47	9.01	5.40	5.41
szórás	22.80	7.18	4.45	3.12	2.08	2.12

3. táblázat

LDH aktivitás alakulása						
DUNAKILTI 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10	10.21.	11.04.
1	147.95	47.73	244.76	134.12	92.67	128.99
2	259.36	76.36	79.55	145.61	107.25	187.17
3	305.45	126.39	271.63	178.84	90.91	167.46
4	319.77	134.45	309.14	102.56	81.25	198.86
5	356.32	135.26	179.21	82.43	76.42	
6	389.23	176.59	122.87	90.11	66.65	
7	434.32	238.64	130.69	74.58	59.07	
átlag	316.06	133.63	191.12	115.46	82.03	170.62
szórás	86.65	58.05	79.45	35.55	15.23	26.52

4. táblázat

AChE aktivitás alakulása						
DUNAKILTI 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	63.05	46.88	64.66	72.15	41.45	37.59
2	82.44	55.96	41.45	34.94	38.95	49.74
3	90.53	67.12	72.11	46.31	46.86	46.19
4	93.26	82.44	39.25	40.05	51.23	64.66
5	100.36	91.26	41.16	42.68	38.72	
6	116.39	94.32	46.94	44.11	33.12	
7	129.32	100.23	55.67	39.04	61.00	
átlag	96.48	76.89	51.61	45.61	44.48	49.55
szórás	20.18	18.97	11.92	11.36	8.67	9.78

5. táblázat

Vércukor értékek alakulása DUNAKILTI 1992						
minta	c [mg/100 ml]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10	10.21.	11.04.
1	35.48	58.56	30.91	40.18	33.35	67.23
2	50.25	59.47	44.04	33.51	26.34	51.36
3	60.86	62.70	102.16	51.43	26.03	62.35
4	83.93	69.32	50.67	29.12	24.20	59.91
5	86.28	70.65	62.49	21.66	29.05	
6	132.84	71.02	78.84	57.34	44.31	
7	151.76	77.93	51.36	48.71	18.53	
átlag	85.91	67.09	60.07	40.28	28.83	60.21
szórás	39.62	6.55	22.04	11.97	7.58	5.75

6. táblázat

GOT aktivitás alakulása						
GYÖR 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	69.69	15.48	-	82.53	-	-
2	80.39	21.36	-	231.62	-	-
3	85.38	37.59	-	66.12	-	-
4	88.24	40.13	-	109.64	-	-
5	88.36	45.23	-	61.13	-	-
6	90.38	54.69	-	120.34	-	-
7	123.19	100.36	-		-	-
átlag	89.38	44.98	-	111.90	-	-
szórás	15.26	25.82	-	57.65	-	-

7. táblázat

GPT aktivitás alakulása						
GYÖR 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	14.67	6.65	-	19.64	-	-
2	21.16	16.20	-	37.59	-	-
3	23.07	16.96	-	10.47	-	-
4	33.00	18.11	-	2.07	-	-
5	36.95	18.11	-	6.65	-	-
6	40.26	21.93	-	11.24	-	-
7	94.87	23.46	-		-	-
átlag	37.71	17.35	-	14.61	-	-
szórás	24.83	5.00	-	11.56	-	-

8. táblázat

LDH aktivitás alakulása GYÖR 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	295.91	105.00	-	251.20	-	-
2	372.27	125.12	-	108.47	-	-
3	400.23	152.73	-	194.81	-	-
4	405.63	171.82	-	183.57	-	-
5	448.64	189.36	-	232.82	-	-
6	510.68	198.32	-	122.38	-	-
7	687.27	276.82	-	-	-	-
átlag	445.80	174.17	-	182.21	-	-
szórás	115.94	52.11	-	52.44	-	-

9. táblázat

AChE aktivitás alakulása GYÖR 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	45.26	40.41	-	34.39	-	-
2	77.59	43.65	-	38.49	-	-
3	83.14	49.68	-	35.14	-	-
4	85.68	53.35	-	41.45	-	-
5	88.91	56.58	-	43.11	-	-
6	96.99	56.75	-	44.90	-	-
7	101.84	72.74	-	-	-	-
átlag	82.77	53.31	-	39.58	-	-
szórás	17.10	9.80	-	3.92	-	-

10.táblázat

Vércukor értékek alakulása GYÖR 1992						
minta	c [mg/100 ml]					
	07.02.	07.17.	08.10.	09.10.	10.21.	11.04.
1	80.70	55.78	-	106.90	-	-
2	108.39	68.24	-	89.81	-	-
3	180.98	78.36	-	83.10	-	-
4	195.13	78.98	-	82.18	-	-
5	228.82	87.98	-	60.82	-	-
6	232.51	95.23	-	62.96	-	-
7	246.35	152.22	-		-	-
átlag	181.84	88.11	-	80.96	-	-
szórás	59.45	28.73	-	15.74	-	-

11. táblázat

GOT aktivitás alakulása						
SZOB 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.07.	09.11.	10.22.	11.05.
1	44.72	11.20	44.72	28.54	41.16	35.45
2	63.98	20.36		21.46	14.05	
3	72.54	21.42		34.58	58.99	
4	73.26	31.17		43.12	22.51	
5	73.96	49.15		22.52	29.46	
6	74.68	55.36		36.47	19.18	
7	79.68	61.13				
átlag	68.98	35.68	44.72	31.12	30.89	35.45
szórás	10.80	18.02	0.00	7.73	15.21	0.00

12. táblázat

GPT aktivitás alakulása						
SZOB 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.07.	09.11.	10.22.	11.05.
1	16.58	20.02	7.42	5.64	0.12	1.02
2	16.58	25.63		2.48	1.25	
3	19.64	26.31		3.46	2.02	
4	22.31	26.51		4.52	0.58	
5	30.33	26.89		5.51	3.18	
6	41.02	27.63		6.17	4.01	
7	42.93	34.11				
átlag	27.06	26.73	7.42	4.63	1.86	1.02
szórás	10.38	3.81	0.00	1.30	1.38	0.00



13. táblázat

LDH aktivitás alakulása						
SZOB 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.07.	09.11.	10.22.	11.05.
1	248.18	119.32	207.51	102.24	127.27	101.12
2	257.73	123.54		153.67	144.87	
3	267.27	125.63		212.58	178.12	
4	272.05	171.82		160.07	100.93	
5	369.23	171.82		178.89	97.46	
6	381.82	175.12		194.36	111.22	
7	453.41	201.21				
átlag	321.38	155.49	207.51	166.97	126.65	101.12
szórás	73.82	29.83	0.00	35.09	28.09	0.00

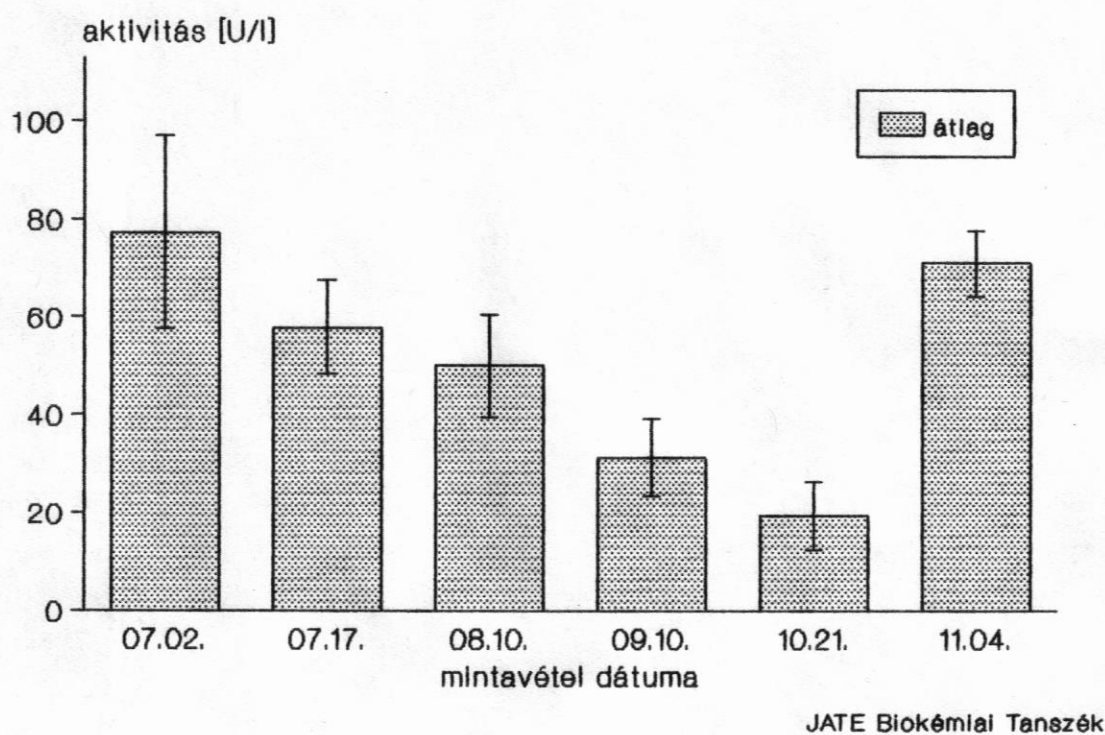
14. táblázat

AChE aktivitás alakulása						
SZOB 1992						
minta	aktivitás [U/l]					
	07.02.	07.17.	08.07.	09.11.	10.22.	11.05.
1	63.05	25.96	39.43	67.42	41.45	38.04
2	72.74	33.95		55.31	38.49	
3	74.36	42.98		70.12	55.74	
4	85.68	50.23		48.70	61.15	
5	95.38	54.00		46.12	44.32	
6	101.84	54.36		30.15	57.98	
7	109.92	86.00				
átlag	86.14	49.64	39.43	52.97	49.86	38.04
szórás	15.81	17.79	0.00	13.50	8.74	0.00

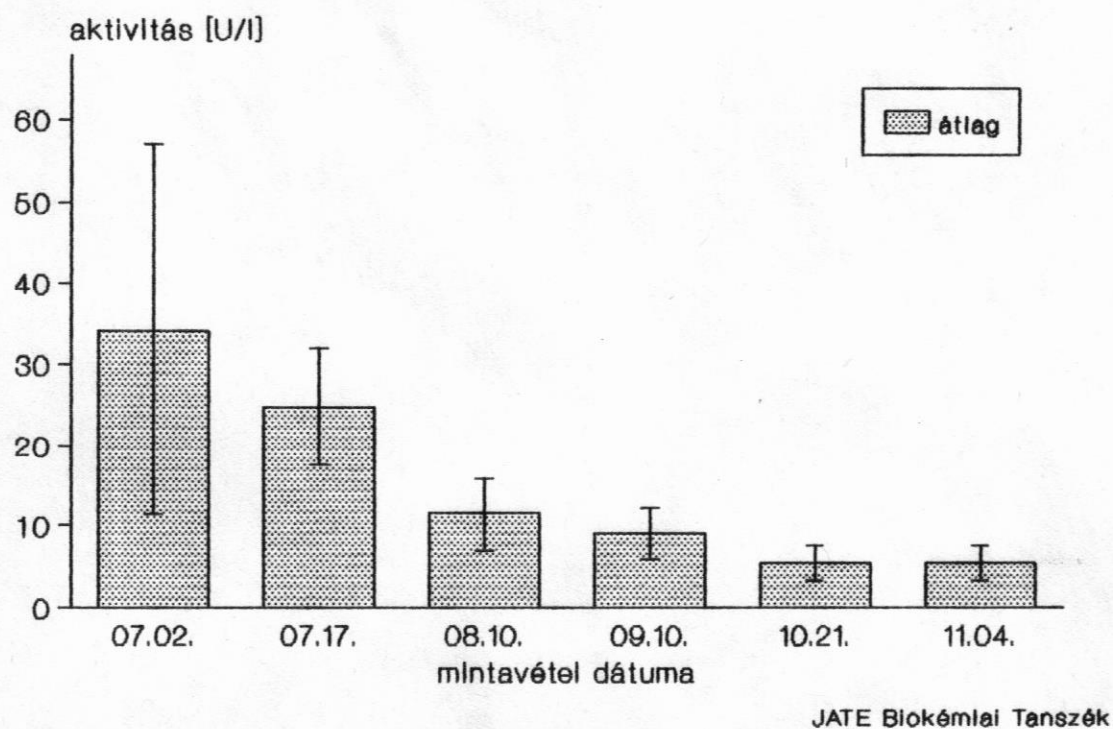
15. táblázat

Vércukor értékek alakulása SZOB 1992						
minta	c [mg/100 ml]					
	07.02.	07.17.	08.07.	09.11.	10.22.	11.05.
1	113.00	59.48	42.82	61.54	36.10	36.41
2	114.84	60.23		76.62	24.81	
3	142.07	60.40		31.94	25.73	
4	148.07	61.35		44.15	41.56	
5	196.06	62.24		30.00	19.95	
6	269.42	73.78		28.17	22.34	
7	280.50	78.26				
átlag	180.57	65.11	42.82	45.40	28.41	36.41
szórás	64.97	7.05	0.00	18.04	7.75	0.00

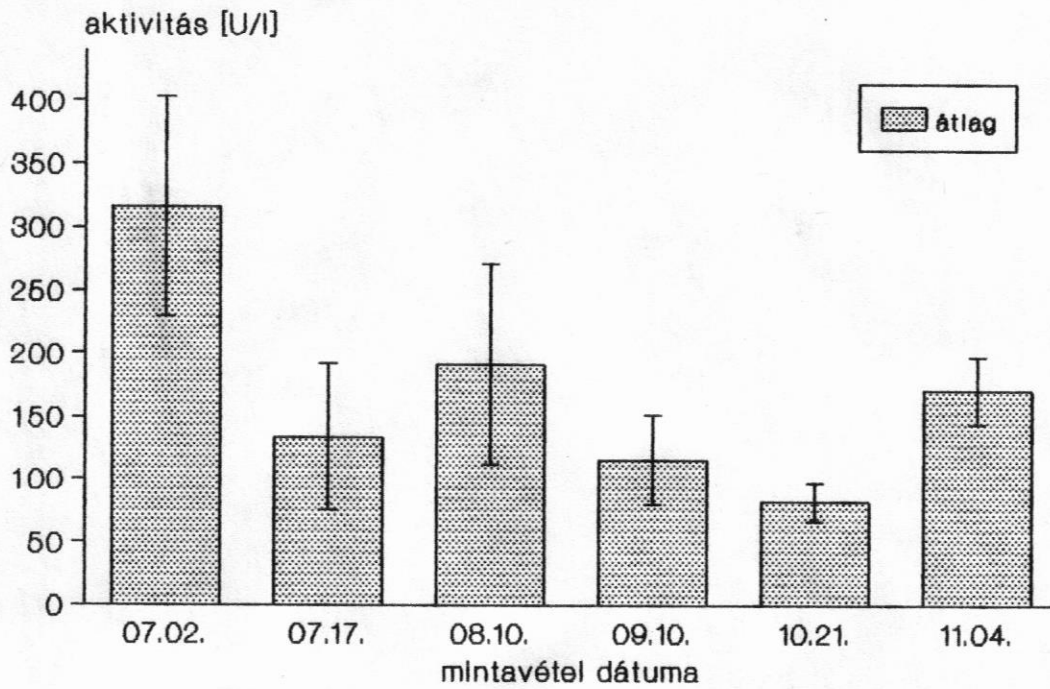
1.ábra  
**GOT aktivitás alakulása  
 DUNAKILITI 1992**



2.ábra  
**GPT aktivitás alakulása  
 DUNAKILITI 1992**

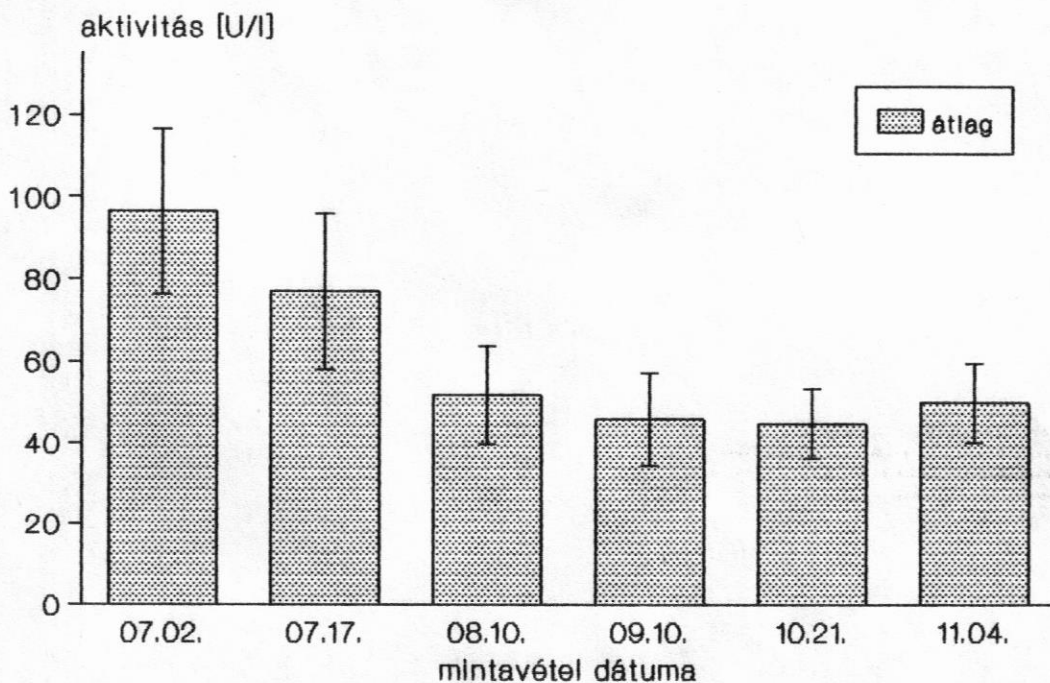


3. ábra  
LDH aktivitás alakulása  
DUNAKILITI 1992



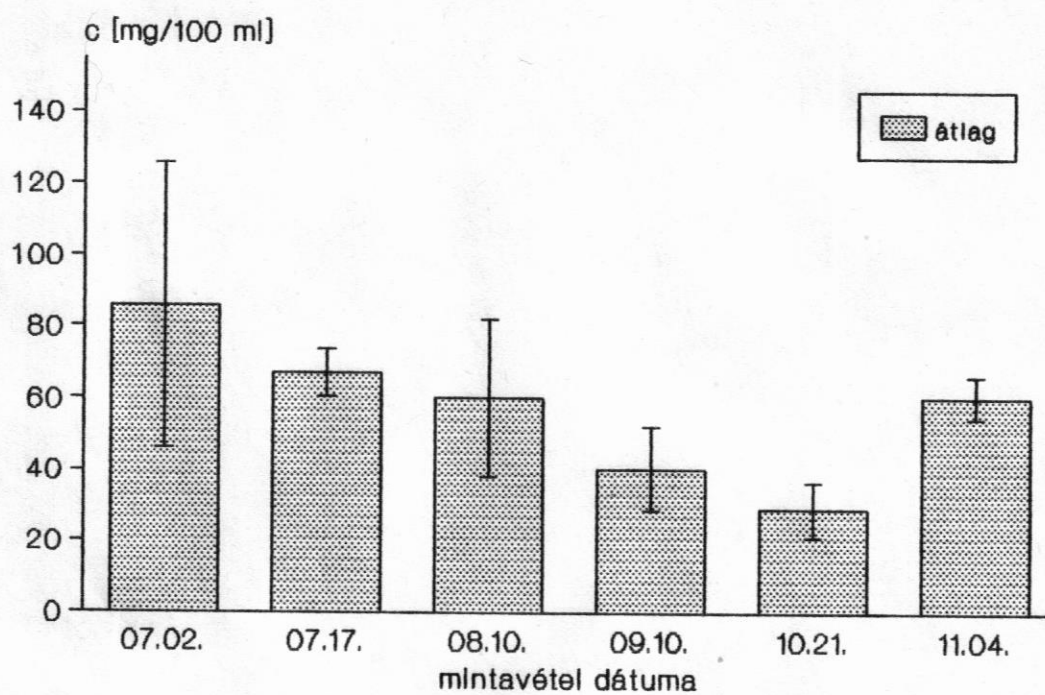
JATE Biokémiai Tanszék

4. ábra  
AChE aktivitás alakulása  
DUNAKILITI 1992



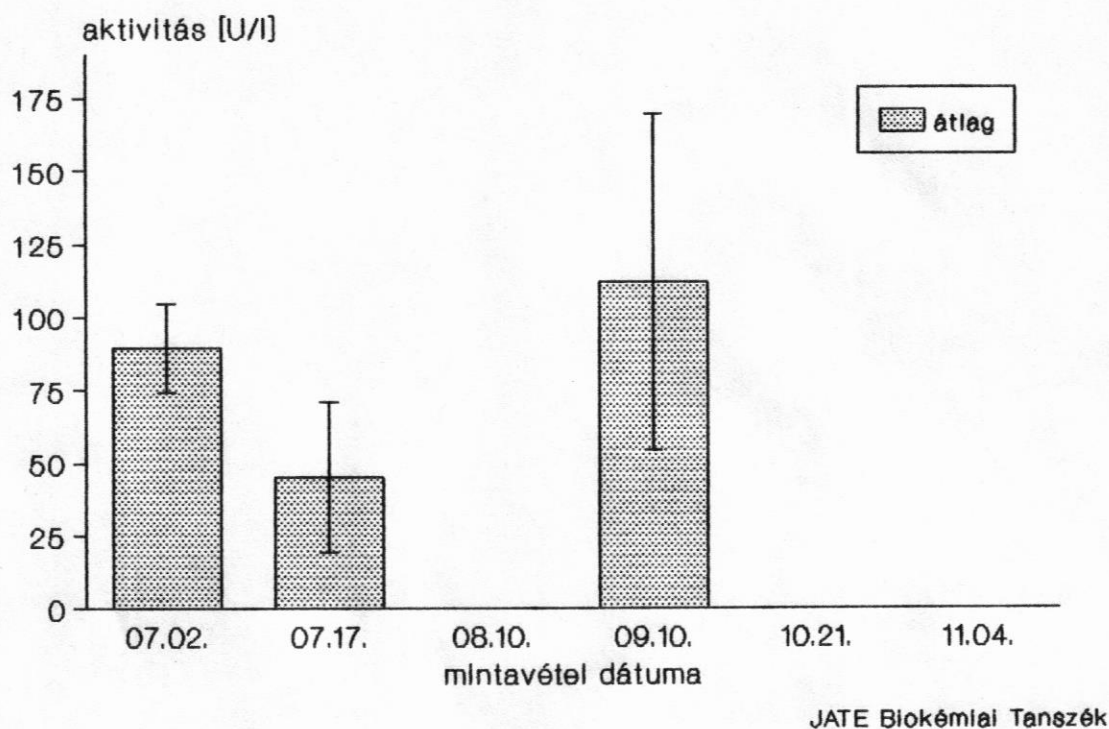
JATE Biokémiai Tanszék

5. ábra  
Vércukor értékek alakulása  
DUNAKILITI 1992

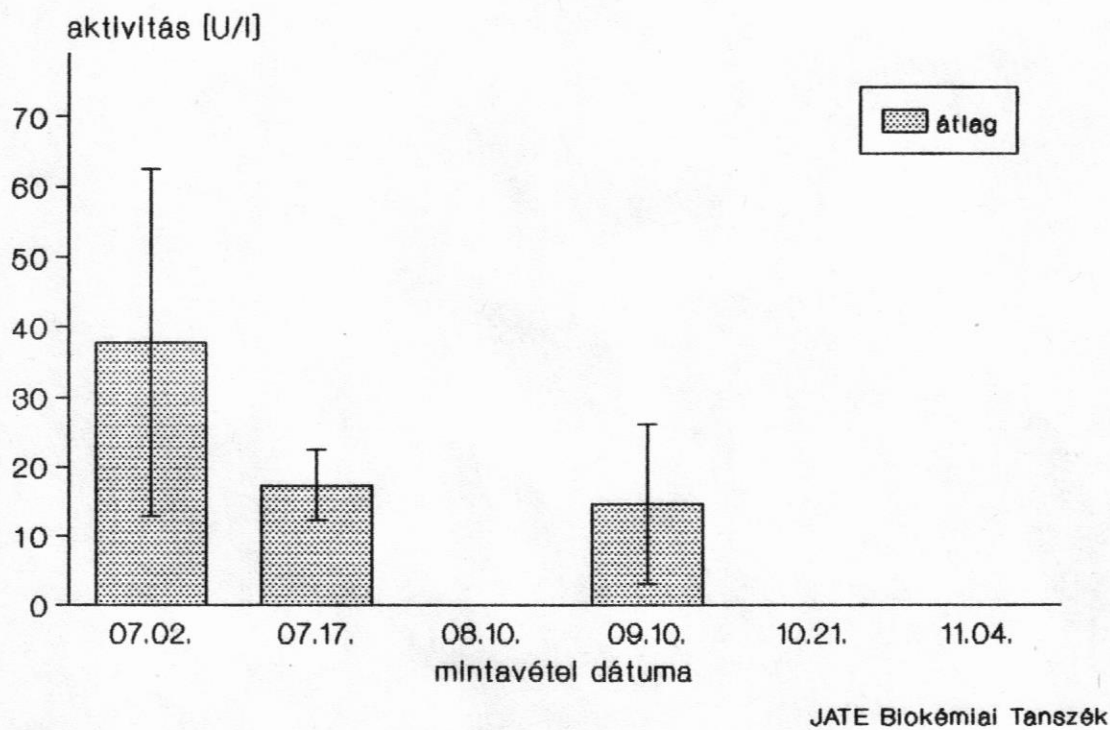


JATE Biokémiai Tanszék

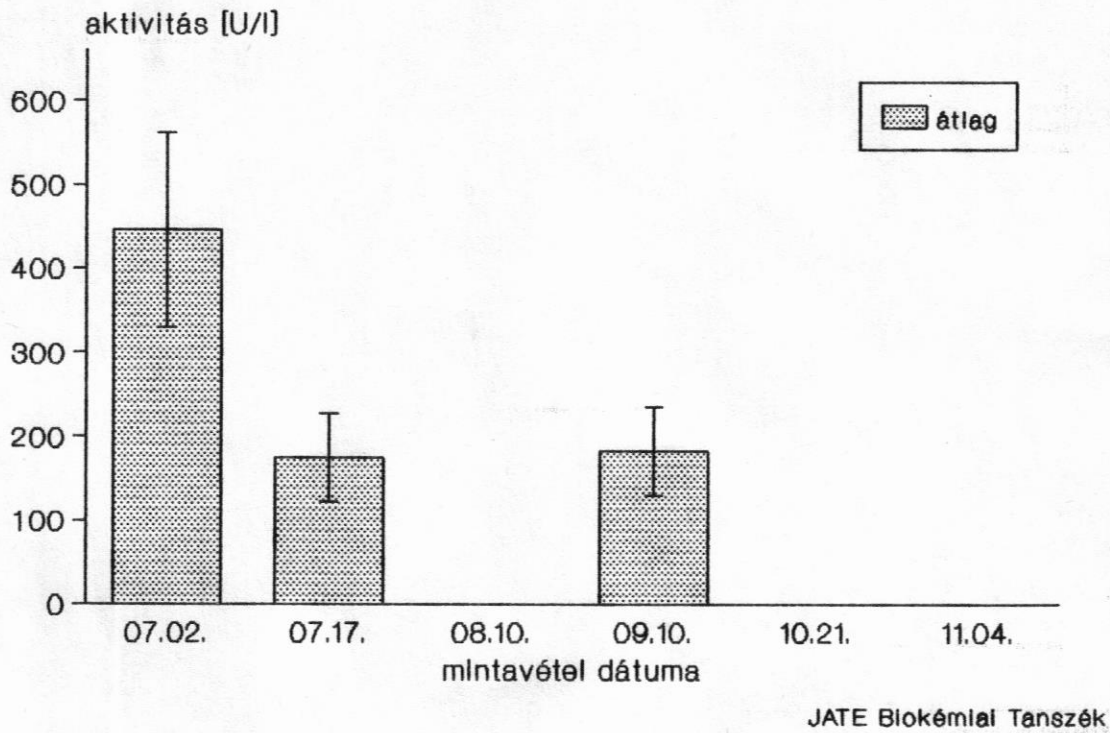
6.ábra  
**GOT aktivitás alakulása  
 GYÖR 1992**



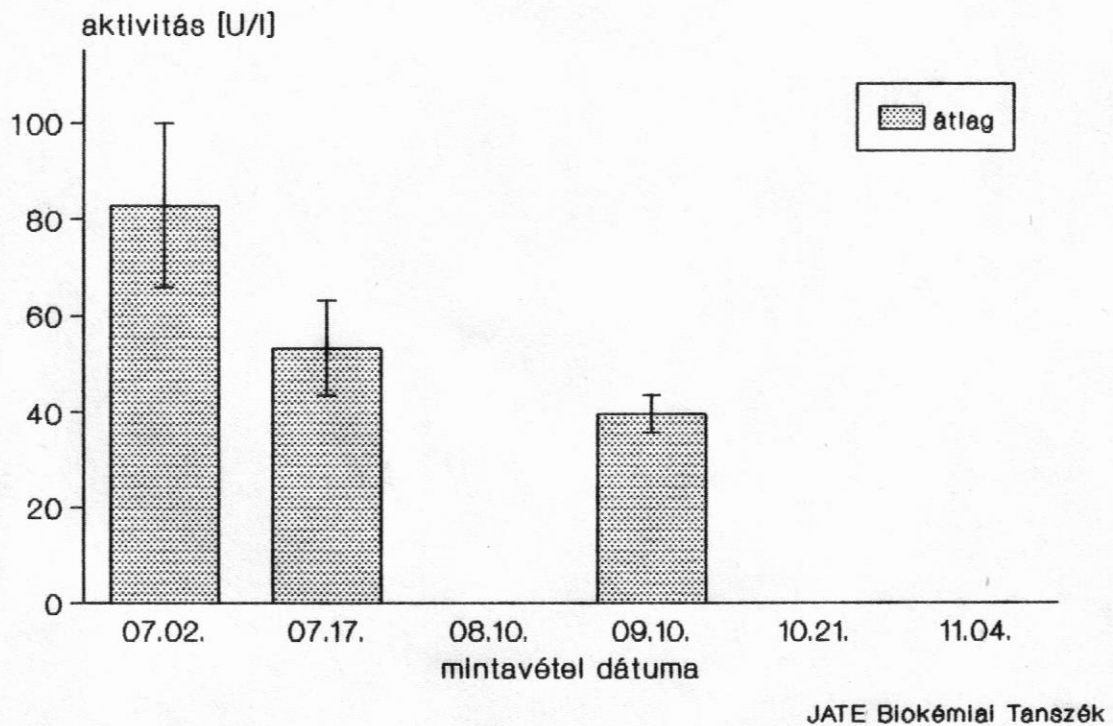
7.ábra  
**GPT aktivitás alakulása  
 GYÖR 1992**



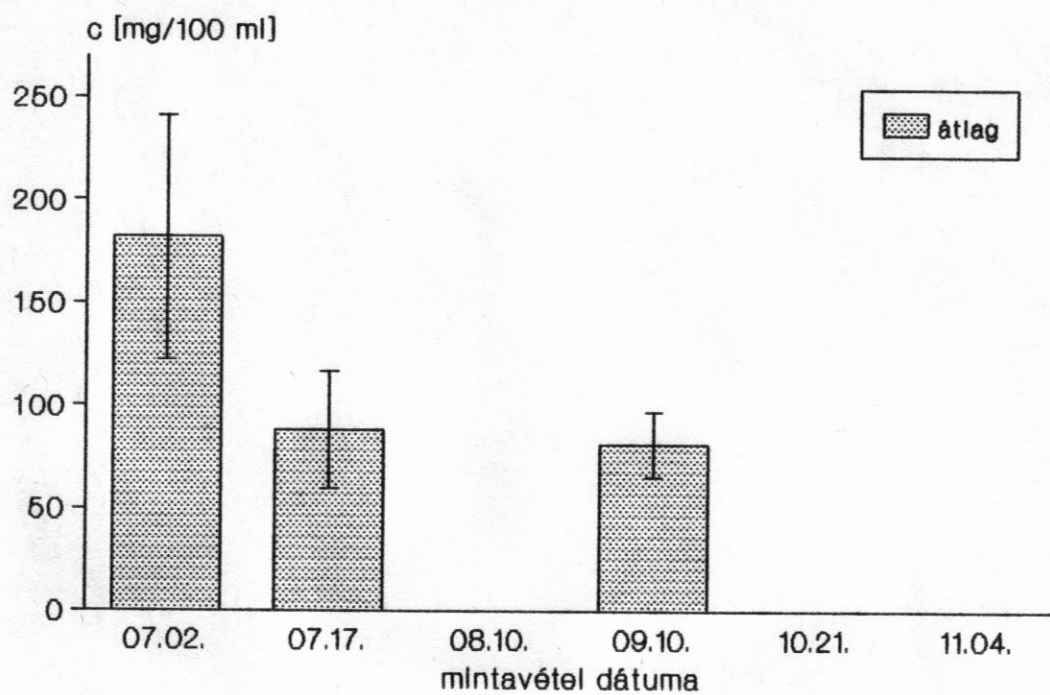
8. ábra  
**LDH aktivitás alakulása  
 GYÖR 1992**



9. ábra  
**ACHe aktivitás alakulása  
 GYÖR 1992**



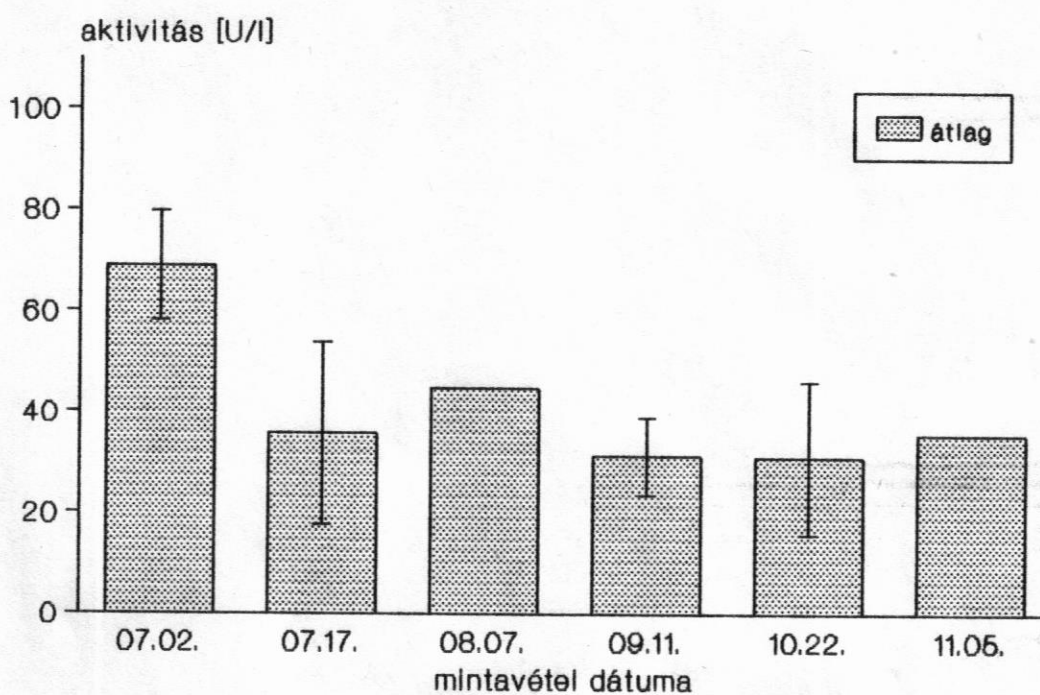
10. ábra  
**Vércukor értékek alakulása  
GYÖR 1992**



JATE Biokémiai Tanszék

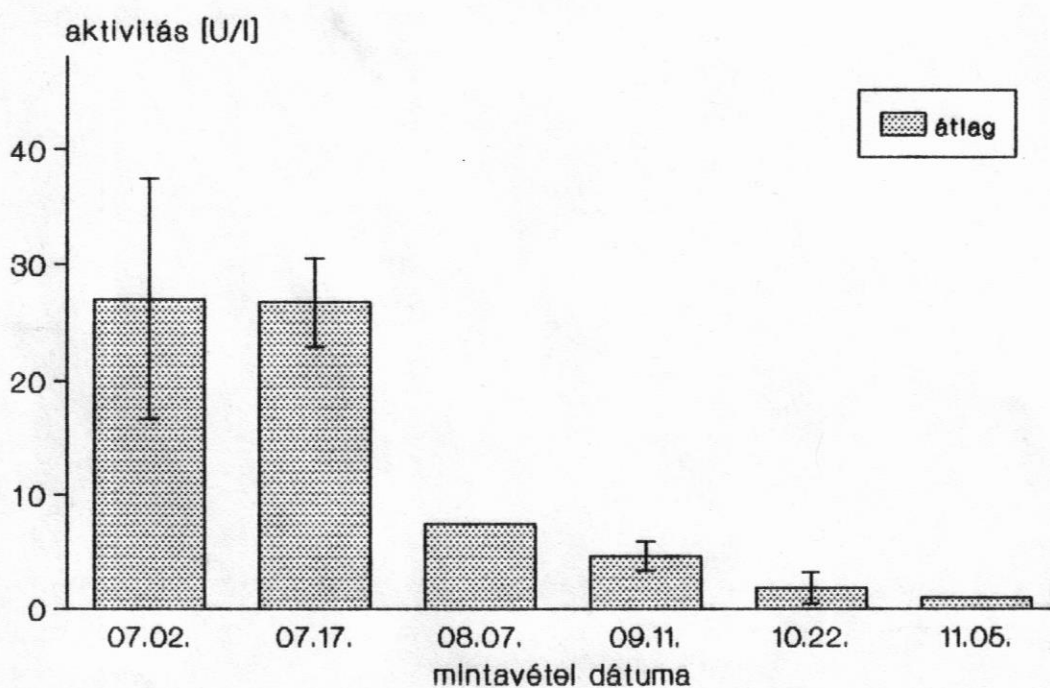


11.ábra  
**GOT aktivitás alakulása  
SZOB 1992**



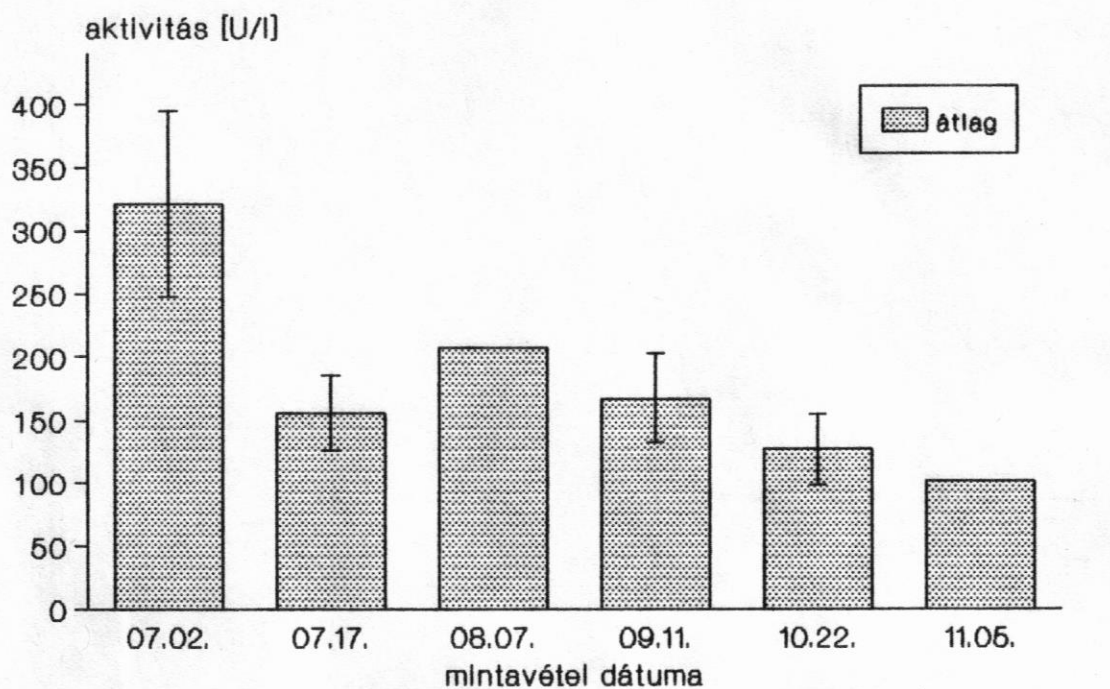
JATE Biokémiai Tanszék

12.ábra  
**GPT aktivitás alakulása  
SZOB 1992**



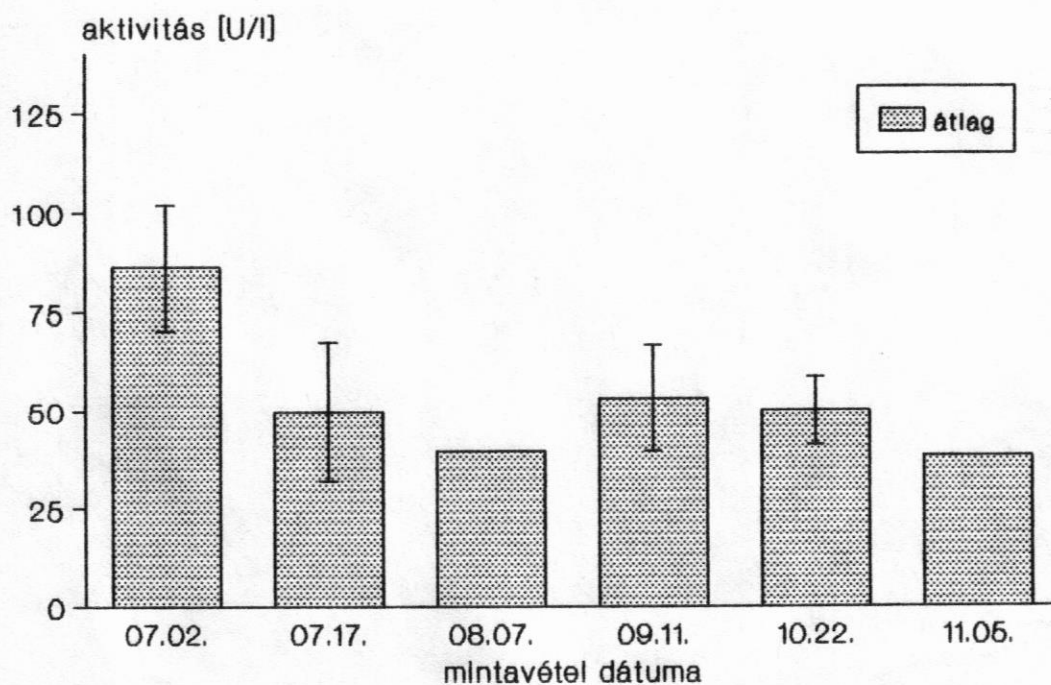
JATE Biokémiai Tanszék

13.ábra  
**LDH aktivitás alakulása  
SZOB 1992**



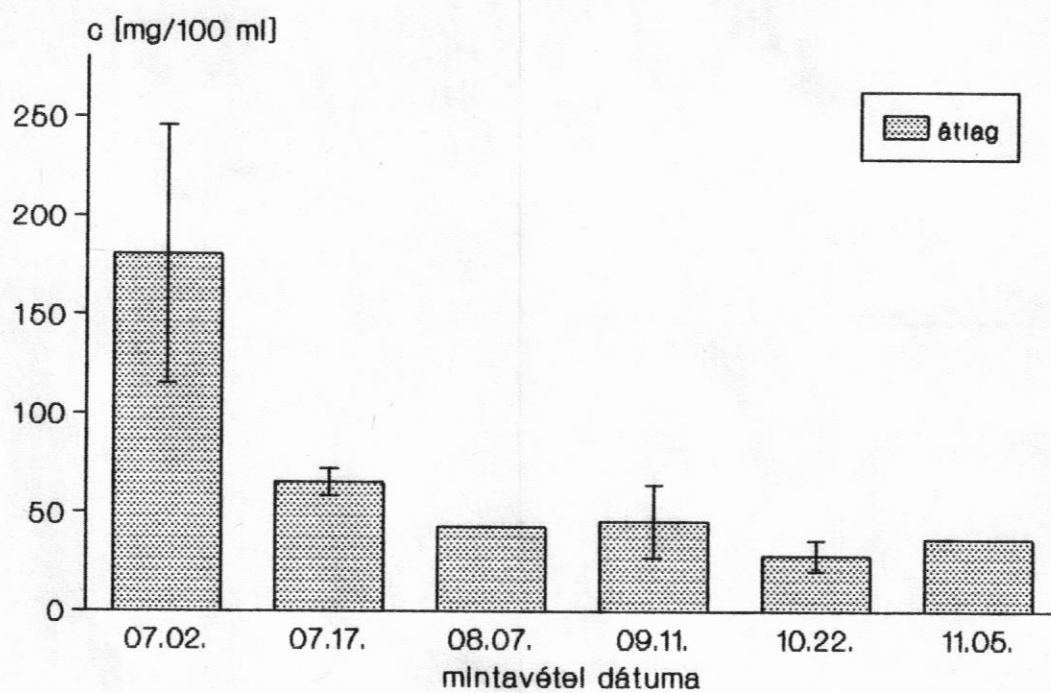
JATE Biokémiai Tanszék

14.ábra  
**AcHe aktivitás alakulása  
SZOB 1992**



JATE Biokémiai Tanszék

15. ábra  
**Vércukor értékek alakulása  
SZOB 1992**



JATE Biokémiai Tanszék

### Összefoglalás

Mérési eredményeinket összefoglalva a következőket állapíthatjuk meg:

1. A dunakiliti ketrecben lévő halak a kezdeti leromlott állapot után minden vizsgált paraméter esetében a normális értékeket mutatták. Korábbi, más jellegű vizekben végzett kísérleteinkkel összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a vízminőség a vizsgált területen (duzzasztótér) a kísérleti halak szempontjából a Duna eltereléséig igen kedvező volt.
2. A Győr alatt, Mosoni-Dunán lévő kísérleti ketrecből mintát a már említett nehézségek miatt csak 3 alkalommal tudtunk venni, így e helyről folyamatosságában értékelhető eredményt nem tudunk szolgáltatni. Igy is kiugró azonban a szeptemberben mért, a normális érték háromszorosa körüli GOT érték, melynek feltételezhető okozója vesekárosító anyag volt, eredtéről azonban nem tudunk.
3. A Szobon elhelyezett kísérleti állomáson mért eredmények július végén, augusztus elején gyorsan levonuló szennyező anyag jelenlétét (GOT és LDH aktivitás növekedés) mutatják. Ez nem mezőgazdasági eredetű, AChE bénítást okozó növényvédőszer volt, és nem is közvetlen májkárosító anyag. Az ezt követő időszakban a normálissal tökéletesen egyező paramétereket mértünk.
4. A mért paraméterek összegzése alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált Duna-szakaszok közül a halak számára a dunakiliti duzzasztótér vízminősége lényegesen kedvezőbb volt, mint a másik két vizsgált Duna-szakasz.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetet kívánunk mondani:

1. Nagy Zoltán mérnök úrnak (Észak-Dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség), aki összefogta a Megbízás egyes munkafázisait és biztosította a felettes szervekkel való kapcsolattartást, ezen felül személyesen is figyelemmel kísérte munkánkat;
2. Prémus Károly és Láng István mérnök uraknak, a dunakiliti kísérletek lebonyolításában végzett munkájukért;
3. Kertész József mérnök úrnak és munkatársainak, (Észak-Dunavölgyi Vízügyi Igazgatóság Ásványrárói Szakasz mérnökség) a győri mérőállomáson a vizsgálatok megbízható feltételeinek megteremtésében nyújtott segítségéért, valamint munkatársaink ellátásának biztosításáért;
4. Récsey Gyula mérnök úrnak és munkatársainak (Közép-Dunavölgyi Vízügyi Igazgatóság IV. Szakasz mérnökség) a szobi kísérletek technikai megoldásában nyújtott segítségükért;

ezenfelül mindenkinek, aki munkánkat segítette valamilyen módon, és a kísérlet, nem is olyan egyszerű, korrekt működtetésében közreműködött.

Kufcsák Oszkár  
egyetemi tanársegéd

Dr. Nemcsók János  
tanszékvezető  
egyetemi docens