

**A Balaton és környékének mőrnőgeológiai és komplex szedimentológiai
kutatása és néhány fontosabb eredménye**

Cserny Tibor

Bevezetés

A Balaton Közép-Európa legnagyobb tava, s nem csupán Magyarország, de az egész térség legfontosabb üdülő és turista centruma (1. ábra). A tó ÉK--DNY-i irányban közel 80 km-en húzódik, miközben legnagyobb szélessége nem éri el a 15 km-t, legkeskenyebb a Tihanyi félszigetnél, ahol mindössze 1,5 km. A víz átlagmélysége 3,3 m, vízfelülete 600 km², tömege megközelítően 2 km³. Több természetes felszíni vízfolyáson kívül északról mederalatti karsztvíz és a csapadék jelenti a vízutánpótlást, ami a párolgással és a Sió csatornán időszakosan leeresztett vízmennyiséggel van éves szinten egyensúlyban. Maga a tó limnológiai és földtani szempontból a világ egyik legjobban megkutatott sekélyvízi tava, vízgyűjtőjét és parti sávját a múlt század óta több fázisban kutatták (Lóczy, L. 1913; Bulla, B. 1958; Zólyomi, B. 1962, 1987; Szesztay, K. et al. 1966; Bendefy, L.--V. Nagy, I. 1969; Máté, F. 1987; Müller, G., F. Wagner 1970, 1978; Bauer, I.--A. Sárdi 1984).

A tó környékének legújabb vizsgálatát a fellendülő idegenforgalom érdekében megkezdődött településfejlesztések, majd a tó természetes állapotában bekövetkezett romlás miatt a Magyar Állami Földtani Intézet, több más kutatóintézmény bevonásával 1966-ban kezdte meg, amit azóta is folyamatosan végez. Ezek a komplex földtani kutatási programok a következők (2. ábra):

- 1967--79 között a Balaton környék 1:10 000-es méretarányú építésföldtani térképezése,
- 1982--90 között a Balaton kiterjesztett üdülőkörzetének 1:50 000-es méretarányú építésföldtani térképezése,
- 1981--90 között a Balaton-tó komplex földtani, aktuálgeológiai kutatása.

A dolgozat feladata a fenti kutatásoknak és eredményeik felhasználhatóságának rövid ismertetése, kiemelve néhány módszertanilag új vagy ér-

dekes térképet, melynek segítségével megrajzolhatjuk a térség mérnökgeológiai-szedimentológiai képét.

A kutatások, eredményeik és felhasználhatóságuk

Az 1967--79 között végzett 1:10 000-es méretarányú térképezés módszertani alapjait az 1971-ben megjelent "Irányelvek az 1:10 000-es méretarányú építésföldtani térképezéshez" térképezési javaslat adta (Fodor, T-né 1971, Guóth, P. 1974).

A térképezés a Balaton 3--6 km szélességű parti sávjára terjedt ki, ami 780 km² térképezendő területet jelentett. A kutatás során több mint 2200 archív fúrás rétegsorát vizsgáltuk át, közel 2500 db fúrást mélyítettünk, továbbá mintegy 7000 db feltárást dolgoztunk fel. A fúrásmintákon több mint 50.000 földtani és talajfizikai vizsgálat készült. 50 db fúrást képeztünk ki vízmegfigyelő-kúttá, melyekben havonta 2--3 alkalommal észleltük a vízszintet, 2--8 éves időtartam alatt. Mintegy 1600 db vízkémiai elemzés és 6900 db egyszeri vízszintmérés is történt.

A térképezés eredménye a terület adottságait bemutató 10--18 db térkép-változatot tartalmazó atlasz, alapadatgyűjtemény és szöveges magyarázó. A mérnökgeológiai atlaszok az alábbi tematikus térképekből állnak:

- észlelési térképek (a terület műszaki állapota, földtani feltárások, fúrások és kutak helye),
- geomorfológiai térképek (alkalmazott geomorfológia, lejtőkategória, lejtőkiettség),
- geológiai térképek (fedett és fedetlen változat, kvarter-üledék-vastagsági, geofizikai paraméter-térképek),
- vízföldtani változatok (a talajvízszint relatív mélysége, tengerszint feletti magassága, vízgeokémiai térképek),
- alapozási térképek
- kiegészítő (gazdaságföldtani, mikroszeizmikus rayonozás, agrogeológiai és környezetföldtani),
- szintetizáló (rayon) térképek

Fentiek közül a 4 legtöbb információt magába foglaló változat (földtani, alkalmazott geomorfológiai, a talajvíztűrkör tengerszint fe-

letti magassága, építésalkalmassági v. rayon térképek) 1:50 000-es méretarányban 1982-ben nyomtatásban megjelent (Boros, J. et al. 1985).

A 10 000-es méretarányú atlaszok felhasználhatók területismertető szakvélemények elkészítéséhez, elsősorban települések rendezési, illetve fejlesztési terveinek, illetve vonalas létesítmények előzetes kialakításánál, míg a 20 000 és 50 000-es méretarányú térképek regionális rendezési tervek és koncepciók kialakításánál adnak hasznos földtani-építésföldtani alapokat. A mintegy 30 000 laboratóriumi adat alapján nyert átlag paraméterek, valamint ezek és a képződmények agyagtartalma között meghatározott lineáris összefüggés meghatározása lehetővé teszi a jövőbeni laboratóriumi vizsgálatok mennyiségének csökkentését is (T. Cserny 1984; Boros, J.--T. Cserny 1987).

A Balaton környezetének védelme, a zsúfoltság megszüntetése, a vízminőség javítása és a partmenti közterületek növelése érdekében célszerűnek látszott a Balaton üdülőkörzet kiterjesztése. Az 1982-ben megindult új, 1:50 000-es méretarányú térképezési program feladatul tűzte ki a Balaton vízgyűjtőterületének (5200 km²) komplex kutatását (Chikán, G. 1984), (1. ábra).

A térképezés az új kondíciókhoz alkalmazkodva, de a korábban már bevált módszer alapján folyt. A program végén elkészült építésföldtani térképsorozat 7--10 térképváltozatot tartalmaz. Ezek biztosítják a parti területek rekonstrukciójához szükséges területfelhasználási tervek és a háttérterületek fejlesztéséhez szükséges tanulmányok építés- és vízföldtani alapjait.

Az utóbbi évtizedekben a Balaton eutrofizációja és feltöltődése exponenciális mértékben nő. Az ezzel kapcsolatos környezetvédelmi beavatkozások tudományos megalapozása, valamint a tó fejlődéstörténetének tisztázása érdekében 1981-ben megindult a tó aktuálgeológiai vizsgálata is. Ennek kapcsán 370 km hosszúságban, szeizmoakusztikus és echográfus szelvényezést végeztünk, a tó 2 m-nél mélyebb vízzel borított részén, folyamatos regisztrátumok készítésével. Ezenkívül, 33 db vízalatti fúrás mélyült, zavartalan minták szedésével (2. ábra), (Bodor, E. 1987; Cserny, T. 1987; Cserny, T.--R. Corrada 1989).

A kutatás eredménye az 1:50 000-es méretarányban elkészült laza, balatoni iszap vastagsági térkép, az aljzat szeizmosztratigráfiai-tektonikai térképe, továbbá a fúrások egy részének komplex anyagvizsgálatokkal kiegészített rétegsora és ezek alapján a tó paleoökológiai, plaeoklimatológiai rekonstrukciója.

Az eredmények hasznosíthatók a tó eutrofizációját lefékezendő beavatkozások (iszapkotrás, iszapcsapda) és vízi építmények (mólók, kikötők) terveinek elkészítéséhez, továbbá az aktuálgeológia elve alapján a földtörténet korábbi periódusaiban, sekély tavakban leülepedett karbonátos üledékek diagenézisének megértésében.

A Balaton és környékének néhány mérnökgeológiai, szedimentológiai jellegzetessége

Az ismertetett kutatási programok során 1:50 000-es méretarányban elkészült néhány olyan, módszertanilag is új térkép, mely a Balaton tó és közvetlen környezetének gyakorlati és környezetvédelmi szempontú adottságait -- a méretarány adta lehetőségek határain belül -- összefoglalja. Ezek a térképek:

- az építésalkalmassági körzetbeosztás (rayon) térkép
- a szennyeződéserzékenységi és a talajok tevékenységét gátló térképek
- a Balaton iszapvastagsági és az aljzat szeizmosztratigráfiai-tektonikai térképe.

Az építésalkalmassági körzetbeosztás (rayon) térkép a meglévő földtani, geomorfológiai, vízföldtani és alapozási térképek alapján gyűjti össze és rendszerezi mindazt a fontos információt, mely a terület komplex hasznosításához a tervezőknek szüksége lehet. A térkép azonban nemcsak ábrázolja a létesítmények építése során gondot okozó tényezőket, hanem komplexen értékeli az egyes területszakaszokat és körzetekbe összeszvonva javaslatot is ad azok beépíthetőségére.

A Balaton és környéke, földtani-nagyszerkezeti ismervek alapján a Dunántúli-középhegység (É-on) és a Dunántúli dombvidék (D-en) peremén

helyezkedik el. E két mérnökgeológiai terület (e.g.region) geomorfológiai és földtani felépítésük alapján 8 mérnökgeológiai területegységre (e.g. division) osztható, melyek mindegyikében a mikrorelief alapján további 4 mérnökgeológiai alterületegység (e.g. subdivision) különböztethető meg: alluviális sík; kis lejtésű denudációs felszínek; erősen tagolt térszínek és völgyek, középhegységi-, dombosági medencék. Az alterületegységeket a lejtőkategória, a dinamikai jelenségek, a talajvízszint helyzete és a víz agresszivitása, a képződmények litológiai felépítése és alapozásra számított teherbírása alapján mérnökgeológiai területszakaszokra (e.g. range) osztottuk fel. Az így szétválasztott területszakaszokat értékelve beépíthetőségük szerint 4 körzetkategorióba soroltuk: beépítésre igen kedvező, kedvező, alkalmas és nem javasolt körzet. Ezeket a térképen színezéssel különítettük el. A beépítésre nem javasolt területeken vonalkázással jelöltük a kedvezőtlen tényezőket úgy, mint a 35° -nál meredekebb lejtőt, a földtani folyamatok (csúszás, erózió, omlás, roskadás, mozgó kőfolyás) intenzív elterjedését, a talajvízszint 1 m-nél magasabb helyzetét, a talajvíz agresszív tulajdonságát ($SO_4 > 400$ mg/l; $Cl > 500$ mg/l), valamint a talaj alapozásra számított teherbírásának $0,1$ N/mm² alatti értékét.

A térképezés során felmerült újabb, elsősorban környezetvédelmi igények miatt elkészítettük a körzet szennyeződéserzékenységi és a talaj termékenységét gátló tényezők térképeit (Farkas, P. 1987). A szennyeződéserzékenységi térkép -- elsősorban a képződmények filtrációs tulajdonságai alapján -- kijelöli a szennyeződésre különösen érzékeny területeket (pl. nyitott karsztfelszín, kavicsból és homokból felépített teraszok stb.), s egyben javaslatot tesz a hulladéklerakóhelyek optimális kijelölésére.

A talajok tevékenységét gátló tényezők térképe a mezőgazdaság szempontjait figyelembevéve választja szét és ábrázolja azokat a területeket, ahol az erózió (aktív és potenciális, areális és lineáris), defláció, a felszínközeli rétegek kedvezőtlen mechanikai összetétele (magas agyag, homok vagy kavics tartalom, mészpadok, heterogén törmelék vagy feltöltés), a kedvezőtlen vízhatások (nyílt víztükör, mocsár) vagy a talajok szélsőséges pH viszonyai jelentenek problémát.

A Balatonon végzett geofizikai szelvényezés és vízalatti fúrások eredményeként született térképek a tó kolloid-iszap és teljes kvarter

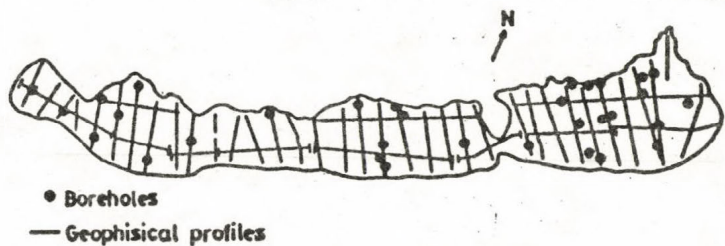
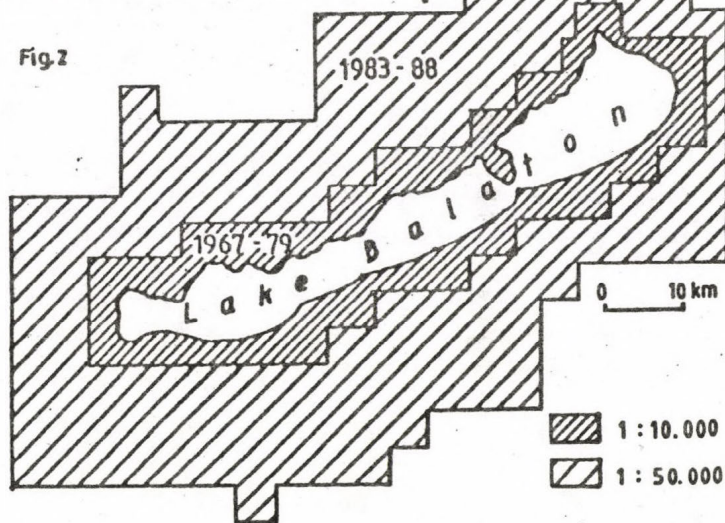
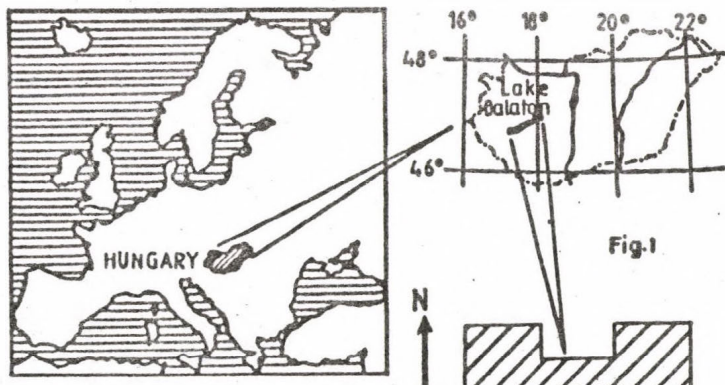
iszapvastagsági viszonyait, továbbá szilárd aljzat felszínét, változatos litológiáját és tektonikai, szerkezeti viszonyait mutatja be. Az egyenetlen felszínű, prekvarter aljzat felett a tavi iszap átlagos vastagsága 5 m, melynek felső 0,5--1,0 m-es (max. 1,5 m) szakasza kolloid állapotban van. A maximális iszapvastagságot (10 m-t) a tó legfontosabb vízutánpótlását biztosító Zala folyó torkolatában, míg a minimálisat (0 m) a Tihanyi szorosban mértük. A fúrások alapján a tavi üledék néhány cm vastag kavicssal kezdődik, ezen esetenként néhány cm tőzeg található, majd végig egyveretű karbonát-iszap. Szemcseösszetételét tekintve agyagos kőzetliszt, melynek 40--70 %-a karbonát (magas Mg tartalmú kalcit, dolomit). A tömeg radiokarbon módszerrel meghatározott kora 12--14 E év BP. A palyológiai és radiokarbon korok és a meghatározott iszapvastagság értékek figyelembevételével a felszapolódás átlagsebessége 0,4 mm/év.

A szeizmogramok alapján a tó szilárd aljzatában 7 rétegcsoport és 2 rétegcsoporton belül 6 réteg szétválasztása, továbbá vízszint elcsúszás és függőleges elvetődés kijelölése vált lehetővé. A kijelölt rétegcsoportok és rétegek részben egymástól litológiailag elkülönülő képződményeket, másrészt eltérő településviszonyú összletet jelentenek. A meglévő fúrások alapján ezek pannóniai emeletbeli, különböző agyag és törmeléktartalmú, tömött kőzetlisztek, homokok.

References

- Bauer, I., A. Sárdi (1984): A Balaton mederüledék térképezése felszín alatti radar alkalmazásával (Mapping of the bottom sediments of L.B. by using subsurface radar): *Vízügyi Közlemények*, LXVI, 3, pp. 456-466. in Hungarian.
- Bendefy, L., I.V. Nagy (1969): A Balaton évszázados partvonalváltozásai (Secular changes of the Lake Balaton's shore line) in Hungarian
- Bodor, E. (1987): Formation of the Lake Balaton palynological aspects - Holocene environment in Hungary. *Contr. of the INQUA Congress Canada*, 1987, pp. 77-80.
- Boros, J., - T. Cserny (1987): Engineering geological characteristics of the Quaternary in the Lake Balaton region. - Pleistocene environment in Hungary Geographical Research Institute Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- Boros, J., T. Cserny, G. Csillag, Á. Kurimay (1985): Engineering geological map series of the environs of Lake Balaton, scale 1:50.000, MÁFI, Budapest
- Chikán, G. (1984): A Balaton kiterjesztett üdülőkrzet építésföldtani kutatásának programja (Program of the engineering-geological investigations fo the Balaton catchment area) in Hungarian, *Mérnökgeológiai Szemle* 33. pp 107-115. Budapest
- Cserny, T. (1977): Az 1:25.000-es méretarányú építésföldtani mintatérképek szerkesztésének elvi alapjai (Guidelines for engineering-geological mapping on the scale 1:25.000), *Földt. Int. Évi Jel.* 1975-ről, pp. 315-318, in Hungarian
- Cserny, T. (1984): Relation of clay content and some lithophysical characteristics of Upper Pannonian sedimentary rocks based on the evidence obtained in the course of mapping of the surroundings of lake Balaton. - *Proc. 6th Conference on Soil Mech. and Found. Eng.*, Budapest.
- Cserny, T. (1987): Results of recent investigations of the Lake Balaton deposits. - *Holocene environment in Hungary Geographical Research Institute Hungarian Academy of Sciences*, Budapest.
- Cserny, T. - R. Corrada (1989): Complex geological investigation of Lake Balaton (Hungary) and its results. - *Acta Geol. Hung.* 32/1-2.
- Farkas, P. (1987): A talajerózió új, térképszerű ábrázolási módszere (A new method of map-like representation of soil erosion) *Földt. Int. Évi Jel.* 1985-ről, pp. 287-294, in Hungarian
- Fodor, T.-né (1971): Irányelvek a 10.000-es méretarányú mérnökgeológiai térképezéshez és térképszervezéshez (Guidelines for engineering-geological mapping and plotting on the scale 1:10.000) in Hungarian, manuscript, Budapest
- Guóth, P. (1974): Guidelines for engineerint-geological mapping on the scale of 1:10.000. *Special papers 1974/2*, Hung. Geol. Inst., Budapest

- Lóczy, L. sr. (1913): A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. I. A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése (Results of the scientific investigations of the Balaton region I/1/1. Geological formations of the Balaton area and their regional distribution). pp. 541-567, in Hungarian.
- Máté, F. (1987): A Balaton-meder recens üledékeinek térképezése (Mapping of the recent sediments of the bottom of Lake Balaton). Földt. Int. Évi Jel. 1985-ről, pp, 366-379, in Hungarian.
- Müller, G. (1970): High-magnesian calcite and protodolomite in Lake Balaton (Hungary) sediments, Nature, 22 (5247). pp. 749-750.
- Müller, G., F. Wagner (1978): Holocene carbonats evolution in Lake Balaton (Hungary): a response to climate and impact of man - in modern and ancient lake sediments. Blackwell Sci.Publ., pp. 57-81.
- Raincsék-Kosáry, Zs., T. Cserny (1984): A Balaton környéki építésföldtani térképezés eredményei (Results of the engineering geological mapping of the Balaton region). Földt. Int. Évi Jel. 1982-ről, pp. 49-57, in Hungarian
- Szesztay, K. et al. (1966). A Balaton feliszapolódásával kapcsolatos kutatások 1963-64. Beszámoló a kutatások koordinálására létesült intézetközi munkaközösség tevékenységéről (Investigations of the filling up of Lake Balaton, 1963-1964). Manuscript in Hungarian.
- Zólyomi, B. (1962): A Balaton iszaprétegeinek kormeghatározó statisztikai vizsgálata. Összefoglaló jelentés (Statistical analysis of the Balaton's mud layers for age determination). Manuscript in Hungarian.
- Zólyomi, B. (1987): Degree and rate of sedimentation in Lake Balaton - Pleistocene environment in Hungary. Contr. of the INQUA Congress Canada, 1987, pp. 57-79.



Some results of engineering-geological mapping
of the Lake Balaton Region

T. Cserny

Summary:

The largest recreation and touristic area in Hungary is the Lake Balaton region. Up to date complex geological and sedimentological investigations of the region have been conducted by the Hungarian Geological Institute since 1965. Thus two engineering-geological mappings, first on scale 1:10 000, and then on scale 1:50 000 took place in the lakeshore area. Simultaneously, since 1981, sedimentological and geological investigations of the lacustrine sediments have been carried out.

Basic aims of the engineering-geological mapping and actugeological investigations are: (1) complex geological investigation of the loose Quaternary and Pannonian sedimentary rocks and lacustrine sediments, (2) reconstruction of the geological history of the Lake and its neighbourhood, (3) proposal for systematical development of the Balaton Recreation Area, (4) finding the proper methods for the reduction of eutrophication.

The paper shows the main results of the investigations.

X^Tibor CSERNY, Hungarian Geological Institute,
1143. BUDAPEST, Népstadion ut 14. Hungary