

Kovács, D. und Gy. Hrehuss: ABWEHR DER EISHOCHWASSERGEFAHR IM JAHRE 1985	5
Fehér, J.: DAS TEILMODELL „WASSER“ DES UMWELTMODELLS	33
Csepregi, L.: UNTERSUCHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER SCHLAGMASCHINE BB-800 DEMAG	52
Dóka, K.: HYDROGRAPHISCHE AUSWERTUNG DER KARTEN VON KARLSRUHE	64
Véha, J. E.: TECHNOLOGISCHE EINRICHTUNGEN FÜR WASSERAUFBEREITUNG VON STAHLBAU-KLEINWASSERWERKEN	78
Sass, J. und M. Domokos: WASSERBILANZEN FÜR DIE IM DONAU- BECKEN BEFINDLICHEN STAATSGEBIETSTEILE	93
Bratán, M.: WASSERGÜTESCHUTZSYSTEM AN DEN KLEINGEWÄSSERN DES BALATON-EINZUGSGEBIETS	112
Kürzere Studien, Mitteilungen, Berichte	
1. Tiszai, E. P.: Gedanken zur Belüftung des Seewassers	123
2. Preczner, Zs.: Nachweis der Phosphatreduktion über Messung des Redoxpotentials	128

(Deutsche Übersetzung von M. Domokos)

A JEGES ÁRVÍZVESZÉLY ELLENI VÉDEKEZÉS, 1985¹KOVÁCS DEZSŐ² és HREHUSS GYÖRGY³

A magyarországi folyók jégviszonyainak elemzése során (VITUKI 1975) megállapítást nyert, hogy az időjárás alakulásától függően, az adott morfológiai és hidrológiai viszonyok között, gyakorlatilag bármely folyón kialakulhat összefüggő jég takaró, illetve kedvezőtlen körülmények esetén jég torlaszok, jég dugók is keletkezhetnek. A jég veszély mértéke azonban folyónként eltérő. Jeges árvíz kialakulása szempontjából elsősorban a Duna Budapest alatti szakasza veszélyes (Károlyi 1983), mert kedvezőtlen hőmérséklet és vízjárás viszonyok esetén a megállt jég egy-egy szakaszon megindulhat, majd álló jéggel találva maga előtt feltorlódik, és jég torlaszt vagy jég dugót hozhat létre. Ilyen helyszínt idézte elő az emlékeztető 1956. évi katasztrofális jeges árvíz.

Az elmúlt csaknem három évtized alatt, az 1956. évi jeges árvíz tapasztalataiból okainak elemzéséből kiindulva, igen jelentős fejlesztés történt az árvízvédelmi művelési kiépítésében, a folyók szabályozásában, a jégrombolás-jégtörés, jégrobbantás területén, valamint a jég helyzet, jégjelenségek alakulásának megfigyelésében és előrejelzésében (Kovács 1980).

1. Felkészülés a jeges árvíz elleni védekezésre

A folyók jég helyzetének, a jégjelenségek alakulásának ismerete rendkívül fontos ezért az elmúlt évekhez hasonlóan a Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont (VITUKI, Budapest) Országos Vízeljáró Szolgálatát már 1984 októberében megszervezte a vízügyi igazgatóságoknál a külön jégjelentő szolgálatot az ország valamennyi jelenlegi folyójára. A földi megfigyelés alapján a vízügyi igazgatóságok a jégjelentéseket kódolt formában, telexen vagy táviraton továbbították a jég első megjelenését követően, legkésőbb november 15-étől kezdődően. A jelentő szolgálatban összesen mintegy 450 jégmegfigyelő vett részt. Az Országos Vízeljáró Szolgálat az észlelt jégjelentések összesítését ugyancsak kódolt formában az OVH Központi ügyeletéhez is naponta rendszeresen megküldte.

A jégjelenségek megfigyelésére, értékelésére a légi megfigyelés eszközeként a vízügyi szolgálat 2 db Pilatus Turbo Porter típusú repülőgépe is rendelkezésre állt, a budapesti repülőtérrel történő üzemeltetéssel.

A jégtörési feladatokat ellátó hajópark felülvizsgálata is megtörtént, október-november hónapokban, a hajók állományát és csoportbeosztását az I. táblázat tartalmazza.

¹A kézirat érkezett: 1985. X. 29.²Kovács Dezső okl. mérnök, az Országos Vízügyi Hivatal (OVH, Budapest) osztályvezető-helyettese, vízvédelmi tanácsos.³Hrehuss György okl. mérnök, az Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi szervezet (ÁBK SZ, Budapest) osztályvezető-helyettese.

DUNA

Jugoszláviai csoport

R	„Jégtörő I.”	490 kW (660 LE)	normál jégtörő	FOKA
R	„Jégtörő V.”	490 kW (660 LE)	normál jégtörő	FOKA
	„Jégtörő VII.”	490 kW (660 LE)	döngölős jégtörő	FOKA
R	„Jégtörő XI.”	1470 kW (2000 LE)	döngölős jégtörő	VÍZIG, Baja

Mohácsi csoport

R	„Jégtörő X.”	1000 kW (1300 LE)	döngölős jégtörő	FOKA
R	„Jégtörő III.”	490 kW (660 LE)	normál jégtörő	FOKA
R	„Jégtörő IV.”	590 kW (800 LE)	normál jégtörő	FOKA

Bajai alsó csoport

	„Jégtörő VIII.”	490 kW (660 LE)	döngölős jégtörő	FOKA
	„Marcal”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Győr
R	„Csanád”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Baja
	„Rozmár”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Baja

Bajai felső csoport

R	„Jégtörő IX.”	490 kW (600 LE)	döngölős jégtörő	FOKA
	„Bácska”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Baja
	„Neptun”	200 kW (300 LE)	jégtörő	ÁBK SZ
R	„Érd”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Bp.
	FK-726 160 to tankhajó			FOKA

Tartalék: Jugoszláviában „Jégtörő X.”

Tartalék: Budapesten „Bogdány” 125 kW (170 LE)
kiséjtörő

VÍZIG, Bp.

TISZA

Tiszalöki csoport

	„Jégvirág I.”	220 kW (300 LE)	RBT típ. jégtörő	VÍZIG, Miskolc
	„Jégvirág II.”	220 kW (300 LE)	RBT típ. jégtörő	VÍZIG, Miskolc
	„Jégvirág III.”	125 kW (170 LE)	kiséjtörő	VÍZIG, Nyíregyháza
	„Jégvirág IV.”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Nyíregyháza
	„Jégvirág IX.”	294 kW (400 LE)	döngölős jégtörő	VÍZIG, Miskolc
	„Jégvirág X.”	294 kW (400 LE)	döngölős jégtörő	VÍZIG, Miskolc

Kiskörei csoport

	„Jégvirág VII.”	125 kW (170 LE)	kiséjtörő	VÍZIG, Szolnok
	„Jégvirág VIII.”	294 kW (400 LE)	döngölős jégtörő	VÍZIG, Szolnok

R – Radarral felszerelt hajó

Szegedi csoport

„Jégvirág V.”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Szeged
„Jégvirág VI.”	220 kW (300 LE)	jégtörő	VÍZIG, Szeged

MELLÉKVÍZFOLYÁSOK

Berettyó–Körösök

„Ladány”	62 kW (85 LE)	jégtörő kishajó	VÍZIG, Gyula
„Berettyó I.”	62 kW (85 LE)	jégtörő kishajó	VÍZIG, Székhérvár
„Berettyó II.”	62 kW (85 LE)	jégtörő kishajó	VÍZIG, Székhérvár

Rába

„Kiskomárom”	62 kW (85 LE)	jégtörő kishajó	VÍZIG, Győr
„Óvár”	62 kW (85 LE)	jégtörő kishajó	VÍZIG, Győr

A jégrobbantási feladatok ellátására az ÁBK SZ három robbantó járőrt (3–4 fős) biztosított. Szükség szerint azonban a vízügyi kőbányáknál, az ÉVM kőbányáknál és Hidépítő Vállalatnál további jégrobbantó csoportok szervezhetők. A jégrobbantási feladatokhoz elegendő mennyiségű robbantó anyag és töltet állt rendelkezésre.

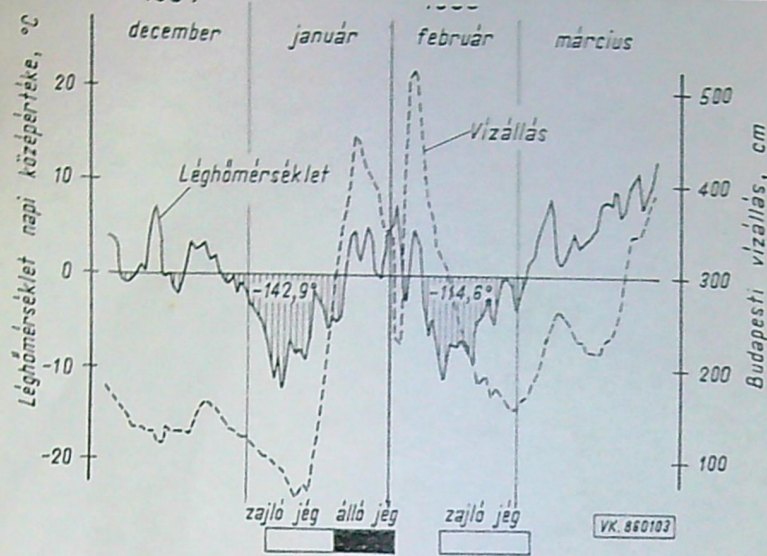
A felkészülés keretében 1984 őszén megtörtént az árvízvédelmi töltések, védekezési anyagok, eszközök felülvizsgálata is, mind a hazai, mind a szomszédos államokkal közös, illetve közös érdekeltségű védelmi szakaszokon. A felülvizsgálatok során az árvízvédelmi biztonságot veszélyeztető hiányosságot sehol sem tapasztaltak.

A Duna Dunaföldvár–Vukovár közötti magyar–jugoszláv közös érdekű szakaszának közös jég elleni védekezését, a korábbi évekhez hasonlóan a kijelölt központi és helyi összekötők 1984. december 18–20. közötti tárgyaláson készítették elő, meghatározva és egyeztetve azokat az intézkedéseket, amelyek biztosíthatják a közös jégvédekezés eredményességét. Kölcsonősen tájékoztatták egymást az 1984. december közepétől 1985 februárjáig várható hidrometeorológiai helyzet alakulásáról és ennek alapján a dunai jéghelyzetről. Felhívták a figyelmet arra, hogy a jég elleni védekezés során a jóváhagyott irányelvekben foglaltakat kell alkalmazni (Kovács–Károlyi 1977).

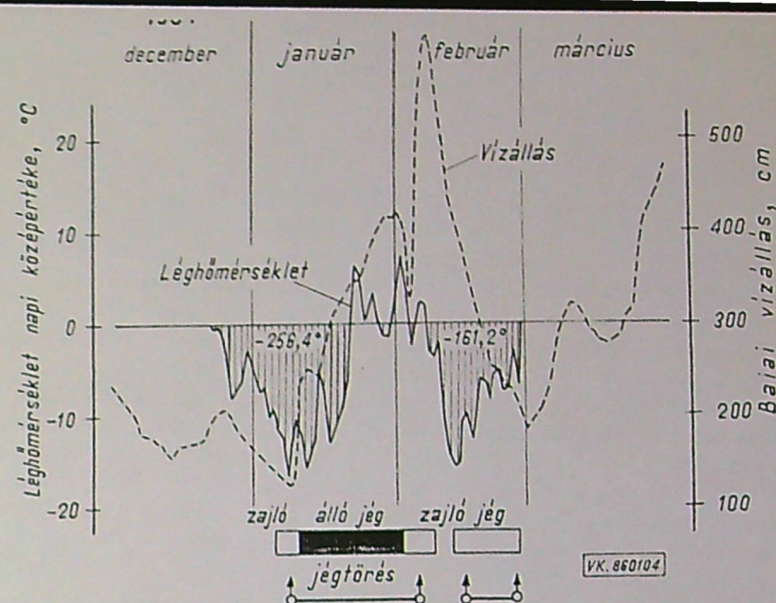
A Tiszán és mellékfolyóin 1984. december közepétől kialakult jéghelyzet figyelembevételével, 1985. január 23-án Szolnokon jégvédelmi értekezletre került sor, az érintett VÍZIG-ek szakágazati vezetőinek, az ÁBK SZ és a VITUKI képviselőinek részvételével. A kialakult és a várható jéghelyzet ismertetése után a legfontosabb megállapítás és egyben követendő eljárás az volt, hogy a tiszai jégveszély elleni védekezéshez kiadott „Ütmutató”-ban (OVH 1982) foglaltakat kell alkalmazni, továbbá a vízügyi igazgatóságoknak a jéghelyzetről, valamint a védekezési tevékenységről kölcsönösen és időben tájékoztatni kell egymást és az érintett szerveket.

2. A hidrometeorológiai viszonyok és a jéghelyzet alakulása

A felkészülés időszakában, 1984. december 12-én a következő előrejelzés állt rendelkezésünkre (VITUKI 1984). Meteorológiai előrejelzés: December második dekádjában kevés csapadék várható, az átlaghőmérséklet 0 °C körül marad. A harmadik dekádban lehülésre, 0 °C alatti középhőmérsékletre, erősebb hajnali lehülésre (–7, –12 °C-ra)



3. ábra. A hidrometeorológiai jellemzők Budapest térségében
 Рис. 3. Гидрометеорологические характеристики в окрестности г. Будапешт
 Fig. 3. Hydrometeorological characteristics in the area of Budapest
 Bild 3. Hydrometeorologische Charakteristika im Raum von Budapest



4. ábra. Hidrometeorológiai jellemzők Baja térségében
 Рис. 4. Гидрометеорологические характеристики в окрестности г. Бая
 Fig. 4. Hydrometeorological characteristics in the area of Baja
 Bild 4. Hydrometeorologische Charakteristika im Raum von Baja

II. táblázat

Az 1984/85. tél negatív léghőösszegei

Állomás	Téli hőösszeg	Hideghullám	
		első	második
		°C	
Budapest	-266,4	-142,9	-114,6
Baja	-426,0	-256,4	-161,9
Mohács	-370,1	-230,1	-136,0
Záhony	-546,8	-262,9	-238,2

kadt és több helyen összecsúszva, torlódva fokozatosan levonult. A zajlás a magyar és a közös érdekű jugoszláv szakaszon február 8-án fejeződött be, bajai 610 cm-es tetőző vízállás mellett (4. ábra).

A második hideghullám hatására február 12. körül a jégzajlás újra megindult (3-5. ábra). Fokozatosan erősödött és a Dunaföldvár alatti szakaszon elérte a 60-80-90%-ot is. Február 19-től a hideg mérséklődött, a napi negatív hőösszeg lassúbb ütemben emelkedett, ennek következtében a jég nem állt meg, sőt február 26-ra a Duna magyar szakaszáról (5. ábra), 27-én pedig a közös érdekű jugoszláv szakaszról is levonult (ADV VÍZIG 1985).

Az 1984/85. évi jeges árvíz tetőző vízállását a III. táblázatban adjuk meg.

A Tisza felső szakaszán (6. ábra) a csapadék és hóolvadás hatására január 23-28. között (kb. 50%-os valószínűségű vízhozammal) levonult ár hullám az álló jeget Tuzsér térségéig megbontotta, és a megcsúszott jég január 28-ra két torlaszt hozott létre: az alsó az 583-597 fkm (Tiszacsermely-Cigánd, ill. Tiszakanyár) között, a felső pedig a 609-618 fkm (Révleányvár-Tuzsér) között alakult ki (7. ábra). A jégtorlaszok vastagsá-

III. táblázat

Az 1984/85. évi jeges árvíz tetőzése

Vízmerce állomás	1984/85. tetőzés	Eddigi legmagasabb	
		jeges	jég nélküli
		cm	
Budapest	520 (II. 6.)	867 (1876. II. 26.)	845 (1965. VI. 17.)
Baja	607 (II. 8.)	1037 (1956. III. 13.)	976 (1965. VI. 19.)
Mohács	615 (II. 18.)	1010 (1956. III. 13.)	984 (1965. VI. 19.)
Vásárosnamény	702 (I. 12.)	793 (1941. II. 26.)	912 (1970. V. 15.)
Záhony	579 (I. 12.)	758 (1941. II. 19.)	751 (1888. III. 24.)
Dombrád	790 (I. 12.)	832 (1941. II. 20.)	890 (1888. III. 24.)
Tiszabercel	600 (I. 12.)	845 (1925. XII. 25.)	878 (1888. III. 24.)

számíthatunk. Januárban az évszaknak megfelelő középhőmérséklet és valamivel az átlag alatti csapadék várható. Az első napok átmeneti felmelegedése után lehűlésre számíthatunk, a leghidegebb időszak január második felében várható. Februárban mind a havi középhőmérséklet, mind a csapadékösszeg kissé az átlag alatt valószínű, az első dekádiban várható hideg időszak a hónap közepén megszűnik, a hőmérséklet emelkedik.

Jéghelyzet-előrejelzés a Dunára: Az átlagosnál melegebb novemberi és az átlagosnál kissé hűvösebb december eleji időjárás következtében a Dunán a vízhőmérsékletek valamivel magasabbak a december közepén megszokottnál. A vízhőmérsékletek december 12-én reggel Pozsony és Mohács között $3,6-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ között várhatók. Számottevő negatív hőösszeg december 12-ig nem halmozódott fel a Duna mentén. A magyarországi felső szakaszon $-35, -45\text{ }^{\circ}\text{C}$, a középső és alsó szakaszon $-25, -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ negatív hőösszeg szükséges a jégzajlás megjelenéséhez. (Ezek az értékek eltérnek a Horváth Sándor által megállapított értékektől, annál $10-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal magasabbak.)

A meteorológiai előrejelzést figyelembe véve, december végéig a Dunán jégzajlás nem valószínű. Január első dekádjának második felében a Dunán a zajlás megindulásának nagy a valószínűsége, január végéig a zajlás erősödésére számíthatunk. Január végén a jég megállásának lehetőségével – ha kis valószínűséggel is – számolni kell.

Február közepétől a jég várhatóan megszűnik.

A Duna és a Tisza vízgyűjtőjén december végén beköszöntött hideg időjárás hatására a **tényleges jéghelyzet 1985. január 7-re** a következőképpen alakult (OVH 1985)

A Dunán, főleg a közös érdekű jugoszláv szakaszon, január 5-én már erőteljes zajlás kezdődött, 6-án a jégborítottság elérte a 40% -ot, a jégtablák vastagsága átlagosan $6-8\text{ cm}$ volt. Baja térségében a negatív hőösszeg megközelítette a $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t, és a vízállás rendkívül alacsony volt (Budapestnél 7-én reggel 94 cm).



VK.860101

1. ábra. 50%-os zajlás a Dunán (1985. január 14., fotó: Vízy)

Рис. 1. 50%-ный ледоход на р. Дунай

Fig. 1. Drifting of ice-floes on the Danube at the level of 50 percent

Bild 1. 50 prozentiger Eistrieb an der Donau



VK.860102

2. ábra. Jégtorlódás a hárosi szűkületben (1985. január 25., fotó: Sziklai)

Рис. 2. Затопы льда в сужении у с. Харои

Fig. 2. Ice-jam in the narrows at Háros

Bild 2. Eisstockung in der Flußenge von Budafok-Háros

A Tiszán is rendkívül alacsony volt a vízállás. A folyó Tiszabecs és Vásárosnamény között erősen – $60-70\%$ -ban – zajlott, Vásárosnamény alatt megszakításokkal állt a jég.

A Duna mellékfolyói közül a Rábán és a Marcalon megszakításokkal állt a jég, a Sió, a Dráva és a Mura erősen – $40-70\%$ -ban – zajlott.

A Tisza valamennyi mellékfolyóján kis megszakításokkal állt a jég, kivéve a Bodrogot, ahol csak parti jég képződött. A Balatonon és a Velencei tavon a jég vastagsága meghaladta a 10 cm -t.

A január 7. utáni időben a tartós, erős hideg hatására a Dunán a **jégzajlás fokozatosan** erősödött (1. ábra) és január 10-én a Duna magyar szakaszán már elérte a $70-90\%$ -os borítottságot. A Duna közös érdekű jugoszláv szakaszán (országhatár-Vukovár között) ebben az időszakban több km hosszon már 100% -os volt a zajlás és 12-e körül helyenként torlódva, megállt a jég. A legerősebb torlódás – torlasz – Apatin térségében képződött. A teljes megállás Baja–déli országhatár között még 10-én éjjel, a felette lévő szakaszon Dunaföldvár-ig január 15-én, Budafok-ig január 19-én, Óbudáig 22-én és egészen Dunakesziig ($1661,5\text{ fkm}$) január 28-án következett be. A jégmegállás általában sima, torlódásmentes volt, mindössze Budafok-Háros térségében csúsztak össze és torlódtak meg a jégtablák (2. ábra). A jégvastagság általában $20-30\text{ cm}$ volt.

A Duna vízállása alacsony volt, a jégmegállás azonban $180-200\text{ cm}$ -rel magasabb vízállásokat okozott a jégmentes (számított) vízállásoknál (3–5. ábra). A jégzajlást ill. a jégmegállást okozó negatív léghőösszegeket a 3–5. ábrán, továbbá az 1984/85. téli léghőösszegeket a II. táblázatban tüntettük fel.

A Duna felső, ausztriai szakaszán az enyhe időjárás és a csapadék következtében január 25. körül árhullám indult el, amely hatására a budafok-hárosi szakaszon is február 1-én megkezdődött a jégzajlás, a jégtakaró az alsóbb Duna-szakaszon is felsza-

a 100 százalékos jégmentes hajózási időnyt április 10-től november 20-ig számíthatjuk a Balatonon.

A Balaton kínálta téli üdülés változatossága szorosan kapcsolódik a tó jege által biztosított sportlehetőségek kihasználásához. Ennek felméréséhez, a télisportok éghajlatilag legkedve-



1.71. ábra: Hullámos jégpáncél a Balaton északi partján

zőbb időszakának kijelöléséhez táblázatunk szintén hasznos felvilágosítással szolgál. A jege azonban, sajnos, nem mindig a legalkalmasabb a téli sportok céljaira, különösen a part közelében, mert legfőképpen a szélvédett öblökben sima a jég tükré. A viharos szél idején tétehető egyenetlen fagyáson kívül a nappali és éjszakai hőmérséklet különbsége megbontja egyenletes jégfelszínt. Rendszerint a derült, felhőtlen éjszakákon az erős lehűlés hatására jégen hatalmas dörrenésekkel, néha többszáz méternyi hosszanti repedések támadnak (1.7 ábra). A parti lakosság szerint „durrog a jég”. A repedések keskeny csíkjaiban a nyílt víz gyorsan megfagy. Nappal, amikor a hőmérséklet emelkedik, a jégpáncélban feszültség támad: a repedések vékony jége összetöredezik, „feltürolódik”. Ezek a kezdetben keskeny repedések — a jég állandó mozgása következtében egyre szélesedő, hosszú repedések, a rianások — megbontják a jég tükrét, s nem ritkán széles, nyílt vízü csatornákat hasítanak jégmezőbe. Megesik, hogy a rianások vizének ismételt befagyása, s a jégmező mozgása következtében hosszan elnyúló torlaszok, „túrolások” teszik egyenetlenné a Balaton jegének felszínét.

A statisztikai jellemzésekből kiderül, hogy az álló jég előfordulásának lehetséges időszaka Balatonunkon közel négy hónapra terjed. Legkorábban már december 4-én beállhat a vize, s legkésőbbben március 30-án szakadt fel a jég. A jeges időszak legvalószínűbb határa: az 50%-os értékekhez tartozó dátumok adják. Ezek szerint az évek felében január 4-ig alakul az összefüggő jég, s február 24-ig felszakadozik a tó jégtakarója. E két dátum között 51 napos időszak jól egyezik az álló jég 49 napos átlagos tartamával (1.71. tábl.). Érdemességként megemlíthjük, hogy előfordult olyan tél is, amikor az első álló jég csak február 24-én jelent meg, egy másik télen viszont december 31-én észlelték az utolsó összefüggő jégtakarót.



1.72. ábra: Rianás a Balatonon

Amint látjuk, a jég tartóssága télről-télre rendkívül szeszélyesen változik, magán viselve éli hónapjaink hőmérsékletének erős változékonyságát. Nem közömbös tehát az a kérdés em, milyen valószínűséggel számíthatunk egy-egy télen adott tartamot meghaladó jégborítás bekövetkezésére, hiszen a Balaton jegét még a hűtőszekrények korában is (pl. a partmenti akosság s a mezőgazdasági üzemek) számottevő mértékben vágják, vermelik. Erre vonatkozó adatainkat az 1.72. táblázatba foglaltuk, ahol közöljük a telente előforduló jégborítás minimális és maximális tartamát; ezenkívül a 90, 75, 25 és 10%-os valószínűséggel meghaladó jégtartósság értékeit.

1.71. táblázat: Az álló jég legkorábbi és legkésőbbi dátumának valószínűsége Siófokon (1927/28—1962/63)

Első álló jég: dec. 4.		Utolsó álló jég: márc. 30.	
Az előfordulás valószínűsége [%]			
dec. 12.	10	márc. 26.	
dec. 19.	25	márc. 12.	
jan. 4.	50	febr. 24.	
jan. 18.	75	febr. 13.	
jan. 28.	90	jan. 30.	

1.72. táblázat: Az álló jég különböző valószínűségekkel meghaladott tartamai [nap] (Siófok, 1927/28—1962/63)

Minimum	90%	75%	50%	25%	10%	Maximum
0	15	30	44	69	88	110

Előfordulhat olyan enyhe tél is, amikor egyáltalán nem fagy be a tó, míg zord teleinken 100—110 napig is boríthatja jégpáncél a Balatont. Előbbire példa az 1950/51-es rendkívül enyhe tél, amikor még zajló jeget sem észleltek, viszont 1962/63 zord telén 110, az 1939/40-es élen pedig 100 napig tartott az összefüggő jég. A jégborítás legvalószínűbb tartama egy-egy élen 30—69 nap között váltakozik.

A sekélyvizű tó partvidékét borító nád az építőipar számára értékes nyersanyagot ad, s lépgazdasági jelentősége a fokozódó export miatt egyre növekszik. A nád aratása a tó beagyása után kezdődik, amikor a jég már elég vastag, hogy a nádvágás kellő biztonsággal történhessék rajta. Külön érdek is fűződik tehát ahhoz, hogy a tó jegének vastagságát szintén fokozott figyelemmel kísérjük.

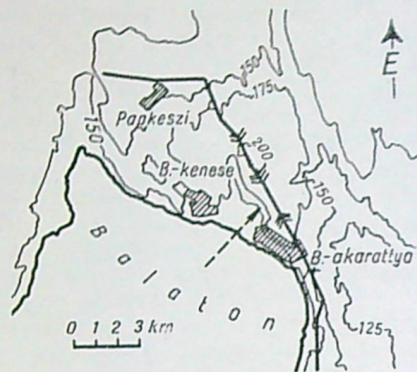
Hosszan tartó zord teleinken a jégpáncél vastagsága elérheti a fél métert. A siófoki megfigyelések szerint ott a jégtakaró átlagos maximális vastagsága 24 cm. A maximális jégvastagság a telek 14%-ában 0—10 cm, 43%-ában 11—20 cm, 22%-ában 21—40 cm, míg 40 cm-t meghaladó jégvastagság ugyancsak a telek 22%-ában fordult elő.

Annak valószínűsége, hogy a balatoni jég vastagsága már december 15-ig elérje a 10 cm-t, csak 5%, ellenben január 1-ig 28, január 15-ig 45, február 1-ig 77, s február 15-ig 86%-os biztonsággal várható. Enyhe teleken, amikor vastag jég egyáltalán nem képződik (ennek valószínűsége a fenti adatok szerint 14%, a nádvágás csak nagy nehézséggel vagy egyáltalán nem biztosítható).

A Balaton jégviszonyainak szeszélyességére jellemző, hogy egyes enyhe teleket követő hideg télvégen február második felében, sőt március elején is, bekövetkezhet a tó újrabefagyása, amire az említett 36 év során négyszer volt példa, legutóbb 1962 márciusában tapasztaltuk.

- [1] TAKÁCS L.: A derült és borult napok gyakorisága Kalocsán. *Beszámoló az 1953-ban végzett tudományos kutatásokról*. OMI Hiv. Kiadv. XVIII., 163—169. pp. Budapest, 1953.
- [2] KOVÁCSNÉ PATAKI M.—NAGYNÉ DÁVID A.: Napfénytartam a Balaton térségében. *Beszámoló az 1963-ban végzett tudományos kutatásokról*. OMI Hiv. Kiadv. XXVII., II. rész, 12. p. Budapest, 1964.
- [3] FÁBIÁNCIS F.: A levegő felmelegedése és lehülése egyik napról a másikra. *Időjárás* 45., 1941. 201 p.
- [4] ADÁMYNÉ KOFLANOVITS E.: A lég- és vízhőmérséklet változékonysága Siófokon. *Időjárás* 69., 1965. 108. p.
- [5] ADÁMYNÉ KOFLANOVITS E.: Magyarországon a nyári északnyugati irányítottaságú időjárási helyzetekben előforduló lehülések vizsgálata. *Beszámoló az 1963-ban végzett tudományos kutatásokról*. OMI Hiv. Kiadv. XXVII., II. rész, 57. p. Budapest, 1964.
- [6] BACSÓ N.: Magyarország éghajlata. 193. p. *Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959.*
- [7] BÖRTI B.: A Balaton vízhőmérséklete. *Beszámoló az 1962-ben végzett tudományos kutatásokról*. OMI Hiv. Kiadv. XXVI., 226. p. Budapest, 1963.
- [8] ENDRÖDI G.—KISSNÉ TÓTH E.: A Balaton vizének hőmérséklete és a tó hóhőzartása. *Időjárás* 68., 1964. 226.p.
- [9] PÉCZELY GY.: Adatok a Balaton vízhőmérsékletének napi menetéhez. *Időjárás* 66., 1962. 45—47. pp.
- [10] Magyarország Hidrológiai Atlasza II/2. Budapest, 1956.
- [11] RÉTHLY A.—BACSÓ N.: Időjárás — éghajlat és Magyarország éghajlata. 229. p. A Magyar Meteorológiai Társaság kiadványa, Budapest, 1938.
- [12] FÁBIÁNCIS F.: A Balaton hatása a talajmenti levegő hőmérsékletére. *Időjárás* 45., 1941. 170. p.
- [13] KAKAS J.: A Balaton hatása a hőmérséklet alakulására. *Időjárás* 53., 1949. 82. p.
- [14] PÉCZELY GY.: A Balaton hatása a nedvesség és a hőmérséklet alakulására. *Időjárás* 62., 1958. 207. p.
- [15] KOVÁCS Zs.: A Balaton hatása az átáramló levegő hőmérsékletére és páramomására. *Időjárás* 69., 1965. 50. p.
- [16] PÉCZELY GY.: Grosswetterlagen in Ungarn. OMI Kisebb Kiadv. 30., Budapest, 1957.
- [17] TITKOS E.: A Balaton-felvidék szélárnyékoló hatása. *Időjárás* 67., 1963. 249. p.
- [18] CZELNAI L. R.: A Balaton partmenti cirkulációs rendszerének néhány sajátossága. *Időjárás* 59., 1955. 224. p.
- [19] PÉCZELY GY.: Adatok a Balaton helyi szélrendszeréhez. *Időjárás* 65., 1961. 362. p.
- [20] PÉCZELY GY.: A Balaton helyi szélrendszere. *Időjárás* 66., 1962. 83—89. pp.
- [21] ENDRÖDI G.: A talajközeli légréteg szélviszonyai a Balaton térségében. *Időjárás* 63., 1959. 215—220. pp.
- [22] GODSON, W. L.: A study of the deviations wind speeds and directions from geostrophic values. *Qu. J. of the Royal Met. Soc.* 76. No 327. 1950. 3—15. pp.
- [23] BÉLL B.: Függőleges légmozgások mérése a Balaton fölött. *Beszámoló az 1959-ben végzett tudományos kutatásokról*. OMI Hiv. Kiadv. XXIII., 27—23 pp. Budapest, 1960.
- [24] HANN, J.—SÜRING, R.: Lehrbuch der Meteorologie. 444—451. pp. Leipzig, 1926.
- [25] DEFANT, F.: Theorie der Land- und Seewinde. *Archiv f. Met. Geoph. und Bioklimat.* S. A. Band II. 404—425. pp. Wien, 1950.
- [26] HANN, J.—SÜRING, R.: Lehrbuch der Meteorologie. 615—627. pp. Leipzig, 1942.
- [27] HÖHNDORF, F.: Ergebnisse von Vermessungen statistisch ausgewogener Pilotballone auf den Luvsiten der Rosittener Haffdüne und einiger Berghänge der Röhn. *Beitr. Ph. fr. Atm.* 16., 138—151. pp. 1930.
- [28] RAETHJEN, P.: Einführung in die Physik der Atmosphäre, II. Leipzig—Berlin, 1942.

mul erős a zúzmara képződése, ám az intenzív zúzmaraképződést ilyenkor sem a tó felszínénél fölött vízgőz mennyisége idézi elő, hanem az a körülmény, hogy a sima jégfelszín fölött köd mintegy konzerválódik. Viszont erős zúzmarakiválás indul meg olyankor, amikor a ülhűlt vízceppeket tartalmazó lassú, lamináris légáramlás nekiütközik a tó felé forduló jttöknék, és ott emelkedni kényszerül. Ugyanakkor a Balatontól távolabb már esetleg vala-nival fagyponthoz fölötti a hőmérséklet és napos, derült az idő. Ilyen különleges helyi időjá-rási helyzet alakult ki 1957. december végén és 1958. január elején (1.66. ábra), amikor



1.67. ábra: Az 1957. évi katasztrofális, Ba-laton okozta zúzmarakerakódás színhelye

z akarattya emelkedőben (1.67. ábra) 12 cm átmérőjű zúzmara rakódott le a 70 mm² ke-sztszetszerű szabadvezetékre, a Balaton felé mutató dél-nyugati irányú jégzúszlózival. A teli-itt páratartalmú levegő először délkeleti irányból áramlott be, majd fokozatosan déli, ké-őbb délnyugati irányba fordult. A négy napos enyhe beáramlást hideg idő előzte meg, amely-ek hatására a Balaton befagyni készülő, jégfoltos állapotban volt. A szokásos helyeken a regindult zúzmarasodást napsütéses, enyhe idő váltotta fel, de a Balaton fölött, — amelynek osztengelyével egybeesett a légáramlás iránya —, a hideg víz és a jég 0 °C közelében tar-totta a hőmérsékletet.

Az elmondottak — a műszeres megfigyelések hiányában is, — nyilvánvalóvá teszik, hogy Balaton térségében a zúzmara megjelenése térben és időben nagyon is változatos, de min-lenképpen olyan jelenség, amelyet nem a tél szemet gyönyörködtető látványosságaként, ha-em a közlekedési, vezetékes hírszolgálati hálózat, s a villamos energiát továbbító rendszerek zembiztos működésének veszélyeztetőjeként kell számon tartanunk. A Balaton térségét ehálózó villamos szabadvezetésekre felrakódó zúzmara-, vagy tapadó hó-teher, az áram-zolgáltató vállalatok keretében, a harmincas évek kezdete óta gyűjtött adatok [41] szerint l. 70 mm²-es keresztmetszetű szabadvezetéken (1963. január 4-én) elérheti már a folyó-néterenkénti 8 kg súlyú zúzmara-terhelést is.

1.9. A BALATON JÉGVISZONYAI

A tó vizének befagyása és felengedése, a jég tartóssága szorosan összefüggenek az ghajlati tényezőkkel, ezért röviden foglalkoznunk kell a jégviszonyokkal is, mint a Balaton ghajlatának egyik jelenségével. A jégtakaróra vonatkozó éghajlati-statisztikai adatok gya-orlati jelentőségét (téli sport, hajózás, halászat, nádvágás) szem előtt tartva, összeállítottuk rendelkezésre álló jégmegfigyelésekből mindazokat a főbb statisztikai jellemzőket,

amelyek segítségével áttekinthető képet adhatunk a Balaton jégviszonyairól, s ehhez a siófoki jégmegfigyelések 1927/28—1962/63 közötti időszak 36 telére vonatkozó adatanyagát hasz-náltuk fel [44, 45].

E 36 telre terjedő időszak hossza biztosítja azt, hogy a sorozatból levezetett statisztikai jellemzőknek kellő éghajlati realitást tulajdoníthatunk. Ezek sorában első a tó vizének állapotát (jégmentes, zajló jég, álló jég) kifejező jég-fokozatok havi átlagos előfordulása (1.70. táblázat).



1.68. ábra: Jégtorlasz a Balaton déli partján

E táblázat adatainak bővebb magyarázata szükségtelen, csupán arra mutatunk rá, hogy a „jégmentes” és az „álló jég” vízállapotok gyakoriságának minimuma, illetve maximuma nem esik egybe. Az álló jég a leghidegebb hónapokban: januárban a leggyakoribb, ezzel szemben jégmentes vízre legritkábban februárban számíthatunk. Az eltérés oka a zajló jég nagyobb

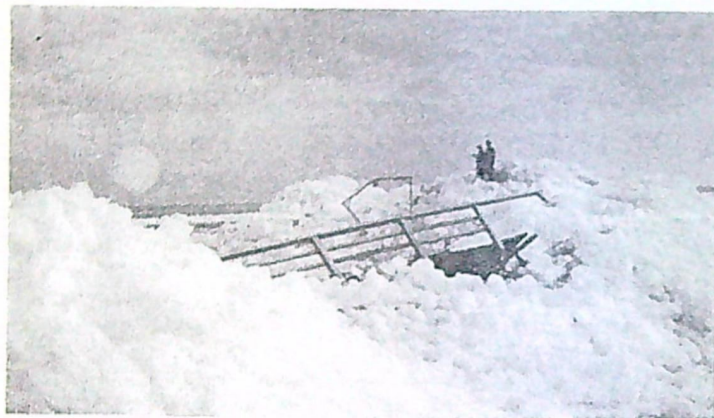
1.70. táblázat. A különböző jégállapotok előfordulásának havi átlagai [nap] (Siófok, 1927/28 — 1962/63)

Állapot	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Nov. 1— Márc. 31.
Jégmentes víz	29,7	22,6	9,8	6,7	22,1	29,8	120,5
Zajló jég	0,3	2,3	2,4	4,0	2,2	0,2	11,4
Álló jég	0,0	6,3	18,8	17,6	6,7	0,0	49,4

februári gyakorisága: ekkor az emelkedő hőmérséklet már megbontja a tó jégpáncélját, úszó, olvadó jég azonban még gyakran előfordul.

A tó jégviszonyainak részletesebb időbeli alakulásáról tájékoztat az álló jég előfordulásának dekádokénti relatív gyakorisága:

	Déc.			Jan.			Febr.			Márc.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Rel. gyak. [%]	4	19	36	48	62	71	77	62	44	33	21	11



1.69. ábra: Jégtorlasz pusztítása Balatonkenesén 1941. február 21-én
(BARACZKA felvétele)

Álló jég megjelenésére tehát a Balatonon legnagyobb valószínűséggel január utolsó és február első dekádjában számíthatunk. A jégbiztonság február elejére tolódó maximuma kéthetes késéssel követi a legalacsonyabb hőmérséklet beállásának átlagos időpontját, s a jég-előfordulás valószínűsége ennek megfelelően aszimmetrikus a hőmérsékleti görbéhez képest. Így a jég februári gyakorisága jelentősen felülmúlja a decemberit, s még élesebb ez az aszimmetria a közel azonos középhőmérsékletű március és november között: március első felében még gyakran borítja jégpáncél a tavat, míg novemberben a vizsgált 36 év során álló jég nem fordult elő. A hőmérséklet menetéhez viszonyított fáziskésés oka az a jól ismert tény, hogy tél elején a levegőnél lassabban hűlő víz késlelteti a jégképződést, viszont a tél végén, ha vastag a jég, csak tartósan enyhe időjárásban szakad fel s olvad el.

A balatoni jégpáncél felszakadásában a hőmérséklet emelkedésén kívül fontos a szél szerepe. Gyakran tapasztalható, hogy egy-egy heves északnyugati vihar, amely tél végén az enyhébb óceáni levegő beáramlását jelzi, a jégkéregben keletkezett vékony, parti repedések mentén megbontja, sőt valósággal feltépi az északi part jegét, majd a szélről felkorbácsolt hullámok hatalmas úszó jégtáblákat zúdítanak a déli partszegélyre, s ott nem ritkán másfél—két méter magas torlaszokat halmoznak fel (1.68., 169. ábra). A hirtelen jégbomlásnak ez a kísérő folyamata esetenként komoly károkat okoz a partvédelmi berendezésekben és parti épületekben.

A viharos szél nemcsak a jégtakaró gyors elpusztításában, hanem olykor a tó hirtelen, szinte egyik napról a másikra történő befagyásában is közreműködik. Ha tél elején a hőmérsékletet heves északi széllel bezúduló hideg levegő súlyesztí tartósan fagypontra alá, a vihartól átkevert víz hamarabb lehül, s bevezető jégzajlás nélkül hirtelen fagy be. Emlékezetes

példa volt erre a Balaton vizének 1961. december közepén tapasztalt hirtelen beállása. December 14-ig az időjárás szinte tavasziasan enyhe volt, a tó vizének hőmérséklete még 3—6 fok között váltakozott. A hideg levegő beszivárgása 14-én kezdődött el mérsékelt erejű keleties széllel, majd 14-én 20 óra után a szél a Balaton térségében hirtelen N—NW irányba fordult s még ugyanazon éjszakán viharossá fokozódott. A vihar négy napon át szakadatlanul tombolt, a széllesek állandóan 20—25 m/mp körül jártak, s 16-án délben már csak —9 fokon állott a hőmérő higánya a Balaton partvidékén. A tartós szélviharral párosult hirtelen lehülés miatt a tó vize már a 15-ről 16-ra virradó éjszakán vastag, 10—15 cm-es jégpáncélba dermedt.



1.70. ábra: Felcsapó hullámok megfagyott vize a Balaton déli partján

A Balaton hasonló időjárási feltételek esetén bekövetkező gyors befagyását a jégtől meglepett és foglyul ejtett csónakok és vitorlások százainak komoly károsodása sőt pusztulása kíséri, s a felcsapódó hullámok megfagyó vize vastag jégbevonattal borítja el a partmenti fákat, köveket (1.70. ábra). A jégpáncél felszíne ilyenkor rendszerint görcsösre, egyenetlenre formázódik, (1.71. ábra) ami a balatoni téli sportok (korcsolyázás, fakutyázás, jégvitorlázás) szempontjából előnytelen.

Ugyancsak a fentebb említett 36 tél jégadataiból határoztuk meg azt is, hogy a tó teljes befagyásának első és utolsó napja telente milyen dátumok között ingadozik, vagyis az első jég legkorábbi dátumát, valamint azokat a dátumokat, amelyek előtt álló jég megjelenésére 10, 25, 50, 75 és 90 százalékos valószínűséggel számíthatunk. Hasonló módon meghatároztuk az utolsó álló jég dátumának jellemzőit: az utolsó álló jég legkésőbbi időpontját, s ama határnapokat, amelyek után álló jég előfordulása még 10, 25, 50, 75 és 90 százalékos valószínűséggel várható (1.71. táblázat).

Táblázatunk számos gyakorlati információt nyújt. Így pl. az adatok alapján kijelölhetjük a balatoni hajózás lehetséges időtartamát: ha a legkorábbi beállás előtt s a legkésőbbi jég-felszakadás után 10—12 napot jégzajlás miatt még a veszélyeztetett időszakhoz számíthatunk,

6. Léghőmérséklet, vízhőmérséklet, jégviszonyok

A léghőmérsékletet a tó felett és a közvetlen környezetében nem ismerjük, mivel a legutóbbi évekig a Velencei-medencében meteorológiai észleléseket nem végeztek. A léghőmérséklet jellemzésére, ezért a tótól 14 km-re Martonvásáron végzett észlelések adatait használtuk fel [11].

A martonvásári napi észlelések alapján 1951–1970. évekre meghatároztuk a havi és évi közepes léghőmérsékleteket, ezek 20 éves átlagait (VI. táblázat). A tó felett és környezetében a nagykitérjedésű víztükör hatására a szárazföldi állomáson észleltektől kissé eltérő hőmérsékleti viszonyok uralkodhatnak, azonban nem ismerjük a tó hőmérséklet-módosító hatását.

A tóvíz hőmérsékletét Agárdon 1951. óta jegyzik. A napi mérések adataiból meghatároztuk a havi és az évi közepes vízhőmérsékleteket, majd azok 20 éves átlagait. (VI. táblázat). A havi közepes vízhőmérsékletek eltérnek a havi közepes léghőmérsékletektől. Tavasszal a felmelegedés időszakában a léghőmérséklet és ősszel a lehűlés időszakában pedig a vízhőmérséklet a magasabb. Télen a vízhőmérséklet (jég alatt) magasabb mint a léghőmérséklet. Jégborítás esetén a jég alatti víz felső rétegeinek hőmérséklete 0,1 °C körül van. A jégtakaró hőmérsékletét nem ismerjük.

A tó üdülési hasznosítása szempontjából meghatároztuk a 20 °C-os és magasabb vízhőmérsékletek megjelenésének időpontját, időtartamát és megszűnésének időpontját és vizsgáltuk azok változásait.

1951 és 1970 között a 20 °C-os tóvíz legkorábban május 5-én, leggyakrabban június 1–10 között és legkésőbb június 17-én jelentkezett, legkorábban augusztus 22-én, leggyakrabban szeptember 1–10 között és legkésőbb szeptember 28-án szűnt meg. A 20 °C-os és magasabb hőmérsékletű tóvíz legrövidebb időtartama 76 nap, leggyakrabban 100 nap és leghosszabb 133 nap volt. A fürdési szezon a Velencei-tavon átlagosan 3–3,5 hónap.

A jégviszonyok megfigyelése 1936. óta folyik. Észlelési adatok alapján meghatároztuk a jégbeállás (állójég) kezdetének, időtartamának és megszűnésének jellemzőit. A Velencei-tavon a jégborítás 35 évi átlaga 55,5 nap, a leghosszabb 108 nap és a legrövidebb 2 nap volt. A jég leggyakrabban december elején áll be és február

VI. táblázat

A Velencei-tó és környezete hőmérsékleti jellemzői

Tényezők (időszak)	Mértékegység	Havi átlagok												Sokévi átlag
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Léghőmérséklet Martonvásáron (1951–1970)	°C	−2,2	0,4	4,5	11,1	15,8	19,8	21,4	20,6	16,7	11,1	5,3	0,3	10,4
Vízhőmérséklet (1951–1970)	°C	0,8	1,4	4,1	10,3	15,7	19,9	21,3	20,4	16,7	11,4	6,1	1,8	10,8
Állójege napok száma (1936–1971)	nap	22	18	6	—	—	—	—	—	—	—	0,5	9	55,5

Megjegyzés: A tó mellett 1970-ig meteorológiai észlelés nem volt. A vízhőmérsékleti adatok az agárdi parti és felszínközeli mérések eredményei. A jégmegfigyelés 1943–1945. években szünetelt.

ismerteti.

A jég vastagságára csak szórványos mérési adatok vannak, melyek szerint a leggyakoribb a 20–25 cm-es jég, viszont hosszantartó kemény tél esetén a torlódásmentesen képződött jég vastagsága a nyíltvízi területeken 40–50 cm. A nádasokban és a nádasok szélénél a rothadó szerves anyagok hatására vékonyabb jég képződik mint a nyíltvízi területeken.

7. A tó vizének minősége²

A Velencei-tó vize oldott sókban gazdag, alfa-limnó típusú, Na-Mg hidrokarbonátos szikes víz, igen nagy szulfát- és szervesanyag-tartalommal. A tó különböző részein a víz minősége nagyon eltérő és több vízminőségű táj különböztethető meg.

A tó DNY-i részén levő nagy tisztások (Lángi- és Vendel-tisztás, Nagy-tó stb.) vize az oldott humuszanyagoktól sötétbarna (fekete vizek), de kristálytiszt és nyugalmi állapotban fenéig átlátszó.

A tó középső részén elterülő összefüggő nagy vízfelületek (Nagy-tisztás, Felső-tó, gárdonyi Belső-tisztás, agárdi Hosszú-tisztás a mólóig stb.) színe barbásszürke, mindig zavaros. Az agárdi Hosszú-tisztásnak a kikötőtől DNY-ra eső része a tó DNY-i és középső részén levő víztípusok közötti átmenetet képviseli.

A tó közepén levő nádasok tisztásain (Nádas-tó, Öreg-tisztás, Kis Velencei-strand stb.) található víz színe sötétbarna, de lebegőanyag-tartalma miatt nem olyan fekete mint a tó DNY-i részén levő vizeké.

A tó ÉK-i végén levő medence (Fürdető) vize zöldesbarna, csendes időben is zavaros. Ez a tó legegtrófiább és legszennyezettebb része. Az egyes törészek vizének néhány kémiai jellemzőjét a jelenlegi ismereteinknek megfelelően a VII. táblázat ismerteti.

Az átlátszóságra és a lebegőanyag-tartalomra megadott alsó értékek a nyugalmi időszakra, a felső értékek pedig a viharos vagy vihar utáni időszakokra vonatkoznak. A nyíltvíznek a nádasok által határolt és előbb nem említett kisebb területein és a nádasokban levő víznek a minősége a megadottaktól eltérő is lehet.

VII. táblázat

A vízminőség néhány jellemzője a Velencei-tó egyes részein

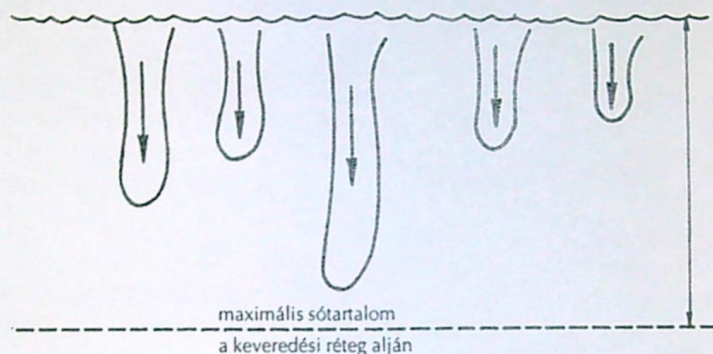
A törész megnevezése	Átlátszóság (Secchi-féle) cm	Lebegőanyag-tartalom mg/liter	Összes sótartalom mg/liter	Elektromos vezetőképesség 1/Ohm/cm 10°	Kémiai oxigénigény KOI _{5min}	Ca-ion-tartalom mg/liter
A DNY-i részén levő tisztások	50–200	< 10	800–1200	1700–2000	≈ 20	≥ 35
A tó közepén levő nagy tisztások	< 50	10–150	1680–1800	> 2100	12	< 20
Agárdnál levő nagy tisztás DNY-ra eső része		4–104	1010–1650		10–56	
A középső részén levő kisebb tisztások	50–200	10–50	1600–1750	> 2100	> 20	19–23
A tó ÉK-i végén levő nagy tisztás	≈ 30	20–200	1600–1750	> 2100	> 25	

² Az adatokat dr. Felföldy Lajos a VITUKI tudományos tanácsadója bocsátotta rendelkezésre.

BARANZI SÁNDOR: A Velencei-tó vízminőség-jellemzői

Vízügyi laboratórium 1974/4

621-635



13. ábra. „Sós ujjak”: a sótartalom felszíni növekedése által kiváltott konvektív keveredés tipikus formája

talom nem a víz felszínén jelentkezik (ahol joggal várnánk), hanem kb. 50–100 m mélységben, a keveredési réteg alján.

Ennek a jelenségnek az a magyarázata, hogy a víz a keveredési rétegben belül gyorsan átrendeződik a mindenkori sűrűségi viszonyok szerint. Így a nagyobb sótartalmú és sűrűbb víz könnyen lejut a keveredési réteg aljára. E keveredés lezajlása nagyon érdekes: amikor a felszín közelében az intenzív párolgás következtében a sótartalom „besűrűsödik”, a majdnem izotermális felső 50–100 m-es rétegben labilis egyensúlyi állapot jön létre, amelynek hatására lefelé irányuló konvektív áramlatok indulnak meg (13. ábra). Ezek az áramlatok, amelyeket az oceanográfusok „sós ujjaknak” (salt fingers) neveznek, emlékeztetnek a légköri termik típusú konvekcióra.

A lefelé áramló sósabb víz csak a keveredési réteg aljáig jut el, mert továbbbi útját a nagymérvű hőmérséklet-csökkenésből származó sűrűsénövekedés elvágja. Így érthető, hogy a sótartalom maximális értékei éppen az 50–100 m körüli rétegben tapasztalhatók. A keveredési folyamat eredményeképpen a víz a sűrűség szerint rendeződik és eközben a keveredési réteg hőmérsékletileg kiegyenlítődik (homogenizálódik).

A 12. ábrán azt is látjuk, hogy a keveredési réteg alatt, a nagyobb mélységekre felé, a sótartalom és a hőmérséklet egyaránt csökken, majd nagyjából változatlan értékre áll be. Tudjuk, hogy a hőmérséklet csökkenésével nő a sűrűség, a sótartalom csökkenésével viszont kisebb lesz. Felvetődhet a kérdés, hogy a két változás együttesen nem okozhatja-e, hogy lefelé csökken az eredő sűrűség is és felborul a rétegződés egyensúlya. A válasz nem, mert a hőmérséklet süllyedésével együtt járó sűrűsénövekedés erősebb. Így tehát a termoklin zónában a sűrűség lefelé növekszik, és ez a növekedés a trópusi és a mérsékelt övezetekben mindenhol elég nagy ah-

hoz, hogy megakadályozza a felső rétegek vizének jelentős keveredését a mélyóceán vizével.

Eddig a trópusi és mérsékelt övi viszonyokról beszéltünk, ahogy a 12. ábra is ezekre a viszonyokra vonatkozott. A hideg, sarkvidéki óceáni térségek viszonyai ettől teljesen eltérnek. Itt a víz felszínének hőmérséklete általában ugyanolyan alacsony, mint a mélyebb rétegeké. Ezért hiányzik a termoklin zóna, tehát a sűrűség lefelé nem nő. Ez azt jelenti, hogy ellentétben a világóceán legnagyobb részének viszonyaival, itt lehetőség van a felszíni víz és a mélyóceán keveredésére.²³ Ez az oka annak, hogy az óceánok nagy vízkörzésének fő függőleges ágai sarkvidéki régiókban vannak.

4.2. Úszó jég: szárazföldi eredetű és tengeri jég

A világóceánnak átlagosan 3-4%-át borítja úszó jég. Ehhez képest az északi féltekén februárban, a déli féltekén pedig augusztus táján jó pár százalékkal nagyobb a jéggel borított terület részesedése.

Az úszó jég gyűjtőfogalom, mert minden az óceánfelszínen előforduló jeget ide sorolunk. E jégfajták sokféleségét és az e témában való eligazodás bonyolultságát némiképp sejteti, hogy a Meteorológiai Világszervezet (WMO) háromkötetes kézikönyvet adott ki az úszó jég különböző fajtáiról és a fajták felismeréséről.²⁴

Az úszó jég fajtái két fő csoportba sorolhatók. Az egyikbe a szárazföldi (eredetű) jég tartozik, a másikba pedig a sós tengervíz megfagyásakor keletkező tengeri jég. Fizikai oceanográfiai szempontból elsősorban a tengeri jég érdekelhet bennünket, mert az a mód, ahogyan a sós tengervíz jéggé formálódása végbemegy, kapcsolódik az óceáni vízkörzés motorjának tekintett vízsüllyedés mechanizmusához.

Szárazföldi eredetű jég

Szárazföldi eredetű jégen azt a gleccserekből, illetve a tengerbe ömlő folyók jégzajlásából származó jeget értjük, mely kijut az óceánra, illetve a melléktengerek vizére. A folyók jégzajlásából származó jég nem nagyon érdekes a fizikai oceanográfia szempontjából. Legfeljebb azt érdemes

²³ Az oceanográfiai szaknyelvben a felszíni réteg és a mélyóceán közötti keveredést ventilációnak szokták nevezni, mellyel arra utalnak, hogy ilyen esetben a mélyóceán a felső rétegek felé át tudja adni bizonyos tulajdonságait.

²⁴ WMO-No. 259 – WMO Sea-ice nomenclature. Vol. I.: Terminologie and codes, Vol. II.: Illustrated Glossary, Vol. III.: International System of sea-ice symbols (Genf. 1970).

Caelen, A. d. d. f. A világóceán - Vin de liceli, 8. 2019. 9. 9.

megemlíteni, hogy a folyók édesvizének az a része, mely jégként jut ki az óceáni térségbe, csak késleltetve – viszont a szél okozta jégmozgásoktól függően messzebbre szétterítve – adódik hozzá a sós tengervízhez. Ezt az óceánvíz sűrűségi viszonyainak modellezésekor nyilván figyelembe kell venni.

A gleccserjég sokkal érdekesebb, többek közt azért is, mert a jéghegyek gleccserekből keletkeznek. Gleccserjég elvileg mindenhol képződhet, ahol megfelelően tagolt térszín emelkedik a hóhatár szintje fölé. De a tengerre a gleccserjég főként ott juthat ki, ahol a klimatikus hóhatár szintje leér a tengerszintig.

Azt a jelenséget, amikor a tenger vizéig lenyúló gleccser homlokfaláról jégtömbök szakadnak le, borjadzásnak nevezzük. Az északi féltekén Grönland és a norvég Svalbard-szigetcsoport (Spitzbergák) termeli a legtöbb jéghegyet. Amint egy gleccser meredek homlokfala lassan a tenger fölé nyomul, az alatta lévő víz felhajtóereje leszakít belőle egy darabot. A leváló jégtömb a vízbe zuhanva átbillen és hatalmas robajjal darabokra törik. A szétfröccsenő jégszilánkok akár 100 m magasra is repülhetnek. Nyáron, amikor a fjordok nincsenek befagyva, a jégtömbök lezuhanása nyomában hatalmas (20–30 méter magas) hullámok is keletkezhetnek.

A jéghegyek télen, nyáron így születnek. Azonban télen nem tudnak a befagyott fjordokból kiúszni, hanem felsorakozva várják a tavaszt, hogy megnyíljon előttük az út. A Grönland körüli térségben évente (tavasz táján) több ezer jéghegy indul útra. Ezeknek a jéghegyeknek az alakja leginkább szabálytalanul csipkézett hagymához hasonló. A vízből csak elkeskenyedő csúcsos részük áll ki. Vízsíntes átmérőjük a legszélesebb (víz alatti) részen többnyire 100–200 (maximum 500) m.

A grönlandi jéghegyek közül az Atlanti-óceán keleti oldalára egy sem jut el, és ez a Golf-áramlásnak köszönhető. Az uralkodó szelek és tengeráramlatok következtében a jéghegyek különben is az Atlanti-óceán északnyugati széle felé veszik az irányt és ott úsznak dél felé. De ott is legfeljebb a 40. északi szélességig tudnak eljutni, tovább nem, mert a Labrador-áramlás, amellyel vitetik magukat, azon a tájon lebukik a Golf-áramlás alá.

A déli féltekén teljesen más a helyzet. Az antarktikus kontinens jégkupolájából néha 60–70 km széles táblák szakadnak le és ezek gyakran egy darabban is maradnak. Nagy vízszintes kiterjedésük következtében nem billennek fel, nem veszítik el eredeti formájukat, s ezért a peremük minden oldalon meredek falként emelkedik a magasba. Ezek a hatalmas jéghegyek, ha egyszer belekerültek a déli félteke nyugatiszél-övezetébe, évekig is megmaradhatnak, és akár többször is körülutazhatják a Földet.

A közmondásbeli jéghegy (látható) csúcsa a teljes jéghegynek egytized

része. Ezt azonban elfelejtették a jéghegyek tudomására hozni. Elvileg a mondás rendben volna, mert a tiszta víz normális megfagyásakor keletkező jég sűrűsége a tiszta víz sűrűségének tényleg kb. $\frac{9}{10}$ része. Ámde a gleccserjég sűrűsége kisebb, mint a szabályos tiszta jégé, mert levegőzárványok vannak benne. Ezért a jéghegyeknek sosem az $\frac{1}{10}$ része áll ki a vízből, hanem $\frac{1}{7}$, sőt néha akár $\frac{1}{3}$ része is. A jéghegyek „merülési” mélységét befolyásolja a beléjük fagyott közettörmelék mennyisége is, valamint a sós víz is sűrűbb, mint az édesvíz.

Ez azonban még csak a probléma egyik oldala. A másik az, hogy amit említettem, az a víz feletti és víz alatti rész térfogatának arányaira vonatkozott, nem pedig a víz feletti és víz alatti rész magasságainak arányaira. Ha egy meredek falakkal határolt tábla alakú jéghegyről van szó (mint amilyenek az antarktikus eredetű jéghegyek), akkor a térfogatok és magasságok arányai nem különböznek. Ott arra lehet számítani, hogy ha egy 100 m magasán kiemelkedő jégtáblát látunk, annak az alsó széle (tipikus esetben) 700 m mélyen van.

A grönlandi jéghegyeknek, mint láttuk, egészen más az alakja. Általában csak egy keskeny, csúcsos rész áll ki, és alul a jéghegy feneke kiszélesedik. Itt a vízből kiálló rész magassága akár egyharmad részét is kiteheti a víz alatti rész magasságának. Tipikus esetben a víz feletti rész 70–80 m magas, a víz alatti pedig kb. 250 m-ig ér le. A grönlandi jéghegyek éppen az alakjuk miatt veszélyesek. Ugyanis amikor a hajóról a jéghegy vízből kiálló részét, például ködben, közeli megpillantják, akkor már nagy baj van, mert a hajó valahol a jéghegy fölött jár.

Tengeri jég

Az oceanográfiai szóhasználat szerint tengeri jégen a tengervíz megfagyásakor keletkező úszó jeget értjük. Az ezzel kapcsolatos kérdéseket legalább három szempontból kell megvizsgálnunk. Az első a folyamat fizikáját illeti; hogyan befolyásolja a hőmérséklet és a sótartalom a víz sűrűségét és fagyáspontjának eltolódását. Ezt követően áttekintjük a tengeri jég kialakulásának (és átalakulásainak) természetben lezajló lehetséges változatait. Végül röviden azzal is foglalkozunk, hogy a tengeri jég sűrűsége és szilárdsága miként függ a jég keletkezésének folyamatától.

Lássuk először a fizikai szempontot. Induljunk ki abból, amit feltehetőleg mindenki tud (ha máshonnan nem, onnan, hogy szózással szoktuk a jégbordás utakat járhatóvá tenni), hogy a sós víz fagyáspontja alacsonyabb, mint a tiszta vízé. Ehhez tegyük hozzá, hogy a sós tengervíz nem $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a legsűrűbb, hanem alacsonyabb hőmérsékleten. A 14. ábrán két egymást metsző egyenest látunk. Az egyik azt mutatja, hogy – a víz sótartalmától függően – miként változik az a T_m hőmérséklet, melyen a

HORVATH AXOS
bábeli hála!

Siofo

- elő mond - $\frac{1}{2}$

pr em zik
kassikol st

↓
Sella nepe zik
föbör m "ti"

- his alett
"heltt jg" → álló köneis + homya

- 1-2 hetig van jg

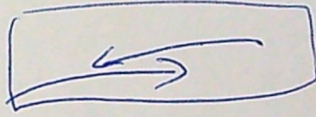
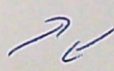
1. / → tölve (mindetel mäs)
1. hetig (rege) → tölve
de utic
most
repedet, nincs st

↓
2 het uti fellak

bb seles part → partrebe
Saxos partre → egyen
Sodódt, onkolódt (kollard)

Hö: vge

- idis jg. Dslopes seht. (partis?)
30cm vutis is be d
Sichedni em be d

- tölve  egyen
- nincs : nyitva  desid

É-i sél É-i sél aléte jg. tje → deki part.
télis seket a part, felkötés
É-i part: lefűre (sél) → újrat
→ hie lehet jg a hoves utk is
(→ ggyitok: Fureclen)