

HEVESEK ÉS MÁS JÉGMENTES FOLTOK A BEFAGYOTT BALATONON (ADATOK A TÉLI BALATON FIZIOGRÁFIÁJÁNAK ÉS BIOLÓGIÁJÁ- NAK ISMERETÉHEZ)

ENTZ BÉLA

Érkezett: 1960. március 14.

A jégborította Balaton tudományos tanulmányozása a múlt század végén indult meg a Lóczy-féle Balaton-kutatás keretében. SÁRINGER (1900, 45—51) és LÓCZY (1913, 1916, 685—687) vizsgálatai mellett különösen CHOLNOKY foglalkozott részletesen a Balaton jegével (CHOLNOKY, 1907, 1909 és 1935. 140—157). E vizsgálatok óta is több tanulmány jelent meg, melyek egészben (ENTZ és LUKACSOVICS 1957a és 1957b) vagy részben a tó jegével és a befagyott Balaton fizikai, kémiai vagy biológiai problémáival foglalkoztak (ENTZ 1949—1950a, 1949—1950b és 1951).

E tanulmányban a Balaton sajátos képződményeivel, a „hevesekkel” foglalkozom, majd röviden tárgyalom a befagyott Balatonon megfigyelhető kisebb-nagyobb jégmentes foltokat, a „hígvizeket”, továbbá más téli vizsgálati eredményeket a beömlő vizek torkolati viszonyairól, és más jégi jelenségekről.

A „hevesek”. Heveseknek nevezi a Balaton-körüli lakosság azokat a nagy hidegben is jégmentes kis kerek foltokat, melyek a Balaton partja mentén találhatók a jégen. Ezekről a helybeliek azt tartják, hogy ott a fenéken vízalatti források, esetleg hévforrások fakadnak.

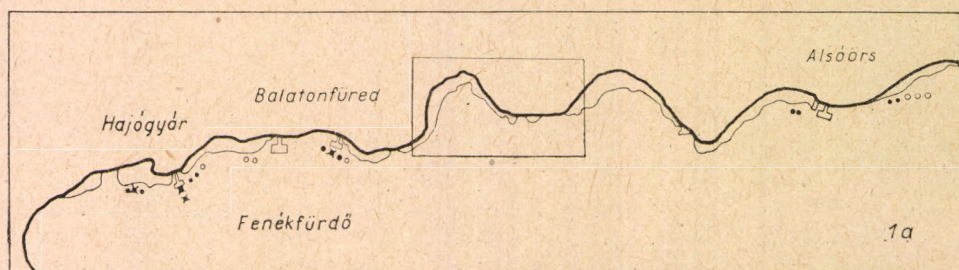
A szakirodalomban első ízben CHOLNOKY említi a heveseket a Balaton jegéről írt részletes tanulmányában (CHOLNOKY 1907, 29, 48).

Kevéssel utóbb LÓCZY (1913, 592, 593 és 1916, 685—687) közöl újabb adatokat a hevesekről. Szerinte a hevesek csak az északi part közelében találhatók a Sédék beömlési helyén, vagy mocsaras, alluviális strandok közelében, ahol a feltörő meleg víz a jeget alulról valósággal kiolvasztja. A feltörő víz mennyisége azonban igen minimális lehet és így valószínűnek látszik (o. c. 687), hogy a jég kiolvasztásában a döntő szerepet nem is a víz, hanem a fenékről felszivárgó gáz okozza. A gáz összetételében — jégi mintavételekből ILOSVAY elemzése szerint — 74,49%-kal CO_2 gáz játssza a döntő szerepet.

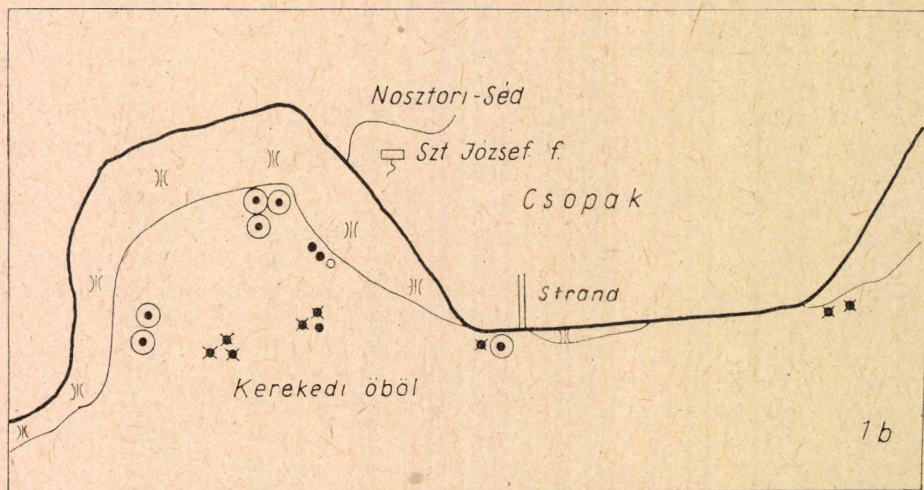
A hevesek fekvése és erőssége. Magam 1955 és 1960 között a jégen korcsolyával több alkalommal bejártam a Balaton északi partvonalát Balatongyöröktől egészen Balatonakarattyáig a hevesek megismerése céljából. A vizsgálatok során megerősíthettem CHOLNOKY azon megállapítását, hogy hevesekkel a tó nyílt vizén sehol sem találkozott. A legtöbb helyen 50—150 cm-es vízben törtek fel hevesek a parttól 20—100 m-re.



1. ábra. A hevesek előfordulási helye a Balatonon
Fig. 1. Die Hevese genannte Stellen im Balaton



1a. ábra A hevesek Tihany és Káptalanfüred között
Fig. 1a. Die Hevese zwischen Tihany und Káptalanfüred



⊙ erős hevesek ✕ közepes hevesek • gyenge hevesek ○ igen gyenge hevesek

1b. ábra. A Csopak környéki legfontosabb hevesek
Fig. 1b. Die Hevese aus der Umgebung von Csopak

A nádasok belsejét csak a Kerekedi-öbölben és a Badacsonyörs előtti partszakaszon vizsgáltam. E két helyen találtam is 1—2 gyenge vagy közepes erősségű hevest. Ezek száma azonban a nádas nyíltvíz felőli szegélyétől befelé találtakhoz képest mindig csekély volt. Más helyeken a nádaratóktól kapott felvilágosítások szerint — legalábbis erős hevesek — a nádasok belsejében nem fordultak elő.

A vizsgált területen 50—100 m szélességben végigpásztáztam a partmenti sávot, illetőleg ott, ahol a partot nádas szegélyezte, a nádasmenti sávot. Ahol heveseknek a nyomaira bukkantam, a tó belseje felé további 100 m széles sávban vizsgáltam meg a jeget. A hevesek körül ugyanis kisebb-nagyobb távolságban (50—100 m) rendszeren több egészen kis gázfelgyülemlés észlelhető a jégben, melyek felhívják a figyelmet esetleges hevesek jelenlétére.

E vizsgálatok alapján erősségük figyelembevételével feltérképezhattuk a legállandóbb balatoni heveseket (1. ábra).

A hevesek jellemzésére négy fokozatot különböztettünk meg: 1. Erősnek minősítettük azokat, ahol a jég kerek nyílások formájában kiolvadt. E nyílásokban gyakran valósággal pezseg, szinte „forr” a víz a feltörő buborékoktól. Lehet, hogy éppen ettől kapták nevüket is. 2. Közepeseknek neveztük azokat, ahol a jég alatt jelentős gázfelgyülemlés (több, legalább 20 cm átmérőjű gázfelgyülemlés, gázbuborék) volt megfigyelhető. 3. A gyenge heveseknél a jégben függőlegesen elhelyezkedő mogorónyi vagy diónyi buborékokból álló füzéreket lehet látni jellegzetes csoportosulásban foltszerűen. 4. Végül az igen gyenge heveseknél kisebb nagyobb foltokban apró buborékok fagynak a jégbe (1, 1a, 1b ábra).

A Balaton jegén délnyugatról északkelet felé a következőket észleltem. Szigliget körül nem találtam heveseket. Igaz, hogy a CHOLNOKY által jelzett területen a Tapolca-patak torkolatában nyílt víz volt (l. 50. oldal) és így feltehető, hogy a CHOLNOKY által Szigligetnél megfigyelt gázbuborékos jég e területen lehetett. Az első hevesekkel Badacsonyörs közelében találkoztam, ahol a nádasban a vasúti megálló vonalában nyáron erős gázfeltörés volt megfigyelhető. Erre dr. KESSLER HUBERT, a VITUKI osztályvezetője volt szíves felhívni figyelmemet, aki egy nyári vizsgálat alkalmával innen gázmintákat is rendelkezésemre bocsátott. Az adatok szíves közléséért, valamint a gázmintákért ezúton fejezem ki hálás köszönetemet.

Ugyanitt a nádas nyíltvíz felőli oldalán is megfigyeltem néhány közepes hevest.

Észak felé Pálköve körül a Rendes-öbölben voltak jellegzetes hevesek. Itt a part közelében a savanyúkút környékén kb. 100 m sugarú területen mindenfelé erősen buborékos volt a jég. Közepes erősségű és gyenge hevesek itt százával fordultak elő, a jég azonban sehol sem olvadt ki.

A következő hevesek Balatonszepezd közelében a Hungária savanyúvíz-forrás környékén voltak. Ezek jobbára mind gyenge hevesek voltak. A Balaton déli medencéjéből vizsgálataink során több helyről heveseket kimutatni nem sikerült.

A tó északi medencéjében az Aszófői-öböltől Káptalanfüredig többfelé találunk heveseket (1a ábra). A Balatonfüredi Hajógyártól északkeletre mintegy 200—300 m-re bukkantunk az első gyenge és igen gyenge hevesek nyomaira. A következőkkel a Fenékfürdő előtt találkoztunk. Ezek a strand mólója előtt a parttól 30 m-től 100 m-ig találhatók ÉNy—DK-i irányban 20 m széles sávban elszórtan. A jellegzetes, közepes erősségű hevesek száma

itt meghaladta a 15-öt. Ettől a jól körülhatárolható területtől ÉK felé a balatonfüredi szennyvízderítő vonaláig a nádas előtt szétszórta 20—50 m széles sávban többfelé gyenge és igen gyenge heves foltokat észleltünk, északkelet felé fokozatosan gyengülő tendenciával. A Magyar Állami Operaház horgásztanyájától a régi hajógyárig (Balatonfüredi Hajógyár Sporthajó Üzeme) a parttól 50—150 m távolságban ismét több gyenge és igen gyenge heves tűnt fel. Számos hasonló erősségű és 2—3 közepes heves fejlődött ki a füredi strand közelében, kb. az arácsi vasútállomás vonalában. E heveseknek a parttól való távolsága szintén kb. 50—100 m lehetett.

A Kerekedi-öböl területén és Csupak előtt találjuk a legerősebb és a legjellegzetesebb heveseket. Magában az öbölben két helyen vannak erős és ezeken kívül még három területen közepes erősségű hevesek (*1b ábra*). E területen végeztük részletes vizsgálatainkat (1. lejjebb). A csopaki strand nyugati oldalán ismét három erős hevest találunk, végül a Paloznaki-öböl nyugati bejáratánál 4 közepes heves található. A Paloznaki-öböl további részén sehol sem sikerült heveseket kimutatni. Újabb gyenge hevesek találhatók az alsóörsi süllőkeltető teleptől DNy-ra 200 m-re. Az utolsó heveseket az alsóörsi villatelep keleti szélétől keletre, a labdarúgópályával egyvonalban levő foktól kiindulól, a hajókikötőtől mintegy 600 m-re figyeltük meg. Itt a foktól ÉK-felé a parttól enyhén távolodó egyenes vonalban (NyDNy—KÉK-irányban) számos gyenge, majd igen gyenge heves található mintegy 100—150 m-es szakaszon. Tovább Fűzfő, illetőleg Balatonakarattyá felé heveseket sehol sem találtunk.

Ezek alapján CHOLNOKYval és LÓCZYval egyetértésben megállapítottuk, hogy hevesek csak a Balaton északi partja mentén, partközelségben (0—200 cm-es vízben), de a parttól legfeljebb 150 m-es távolságban találhatók. Viszont LÓCZY felfogását kiegészítve megfigyelhettük, hogy bár a hevesek a Sédék beömlési helyéhez vagy mocsaras alluviális strandokhoz kapcsolódhatnak, mégis csak olyan partszakaszok mentén találhatók, ahol a közelben a szárazföldön szénsavas források, vagyis savanyúvizek vagy esetleg szénsav-gáz feltörések találhatók. Különösen gyakoriak a hevesek Balatonfüred és Csupak környékén, ahol a leggyakoribbak a szénsav-gázfeltörések is, viszont kevés a forrásvíz (SCHULHOF 1957, 203—210).

A hevesek kialakulása és vizsgálata a Kerekedi-öbölben. Az erős (nyitott) hevesek vizsgálatára, kifejlődésük tanulmányozására legmegfelelőbbek a Kerekedi-öböl területén, különösen a Szt. József-forrás (Hableány-forrás) közelében az ún. Kuzskó-vonyóban levő igen erős hevesek. Ezeket számos esetben felkerestem és figyeltem kialakulásukat. Az első fagyás során a hevesek helyén az öböl többi részével többé-kevésbé azonos egyenletes jégpáncél alakul ki (*1. tábla 1. kép*). Erre mutat az is, hogy gyakran előfordul, hogy vékony repedések keresztezik a heveseket, melyek még akkor keletkeztek, amikor a heves helyét összefüggő jégtakaró borította.

A jégpáncél vastagodásakor a jég alsó felületén fokozatosan gáz gyülemlik fel. Az apró gázbuborékok a jég alsó felületén nagyobb buborékokká olvadnak össze. Ezek rendszeresen rétegesen találhatók a jégben a fagyástól függő mélységekben, miután a jég lassú fagyás esetében valósággal maga előtt tolja a buborékokat (BASS und MAGUN 1956, 214) és azokat csak hirtelen fagyáskor fagyasztja magába. Az egyre fokozódó gáznyomás — valószínűleg más tényezőkkel (pl. napsugárzás, nappali felmelegedés stb.) együtt — alulról itt is, ott

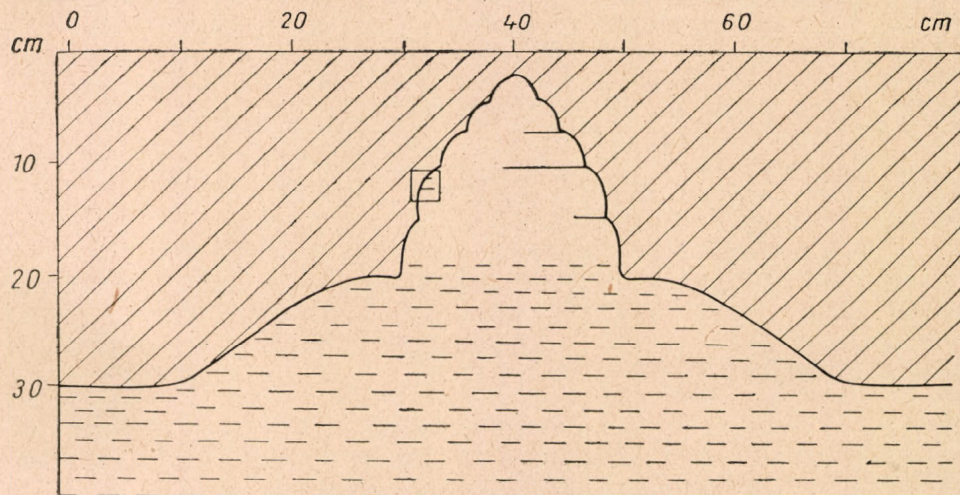
s kiolvasztja a jeget és így e területen mind több 20—30 cm átmérőjű kerek nyitott vízfolt keletkezik, melyeken át a feltörő gáz szabadon eltávozik (1. tábla, 3. és 2. tábla 4. kép).

Amint említettük, vizsgálataink során ilyen nyitott, i g a z i heveseket csak a Kerekedi-öbölből és Csupak közeléből volt alkalmunk megismerni, ahol az erős hevesek hatására a jég évről évre jellegzetesen kiolvad. Bizonyosra vehető azonban, hogy hosszú teleken, különösen egy közbeeső esetleges enyhébb időszak alkalmával, számos más „gyöngébb” heves is kiolvadhat. Ilyenek lehetnek a például CHOLNOKY által megfigyelt hevesek Szepezd és Badacsonyörs körül.

Az igen gyenge és gyenge heveseknél a feltörő gáz mennyisége csekély, a felgyülemelő gáz összes mennyisége sem haladja meg a 100—200 ml-t. Az így lassan összegyűlő gáz rendszeren apró buborékok formájában fagy be 0,1—1 m²-es területen a vastagodó jégbe (1. tábla 2. kép).

A közepesen erős heveseknél a jég alsó felületén a jég vastagodásakor rétegenként összegyűlő buborékok lassan összeolvadnak és egyre feljebb hatolnak a jégpáncél felső felszíne felé. 1960 januárjában és februárjában néhány ilyen közepes erősségű heves helyén a jeget kb. 1/2 m²-es darabon óvatosan kivágtuk, a jégtáblát kiemeltük, majd a gázfelgyülemelés alakjának pontos megismerésére alulról és oldalról is megvizsgáltuk. Az egyik jellegzetes heves szerkezete a következő volt. A 30 cm vastag jég alsó felületén 60 cm átmérőjű kerek, 10 cm mély szabályos teknő volt. A teknő közepén kb. 20 cm átmérőjű kör alakú területen briósra, indiai buddhista templomra vagy talán leginkább kaptárra emlékeztető alakú, felfelé keskenyedő gázzal telt üreg kezdődött, melynek csúcsa csaknem elérte a jég felső felszínét. A jég keresztmetszetét a mellékelt vázlat tünteti fel (2. ábra).

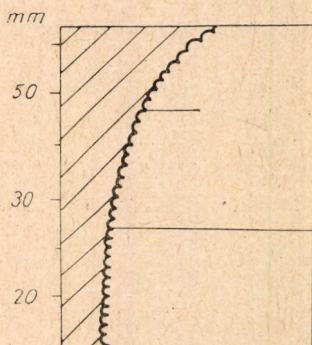
A jég alsó, teknőszerű lapos bemélyedését víz tölti ki. Itt a jég alsó felszíne teljesen sima. A meredek, gázzal kitöltött, kaptárszerű üregben viszont 0,5—1,5



2. ábra. Egy jellegzetes erős heves keresztmetszete. Ferdén vonalkázott rész = jég; vízszintesen vonalkázott rész = víz; üres = gázfelgyülemelés, melybe vízszintes vékony jéglemezek nyúlnak

Fig. 2 Querschnitt von einem starken, charakteristischen Heves. Querschraffierung = Eis; Horizontalschraffierung = Wasser; leer = Gasraum mit dünnen Eislammellen

mm távolságra körkörösén futó élek voltak megfigyelhetők. Ezek legtöbbször csupán néhány tizedmilliméterre álltak ki a jégfalból, míg máshol egészen vékony lemezek formájában több cm-re is benyúltak az üreg belsejébe (2a. ábra). CHOLNOKY vizsgálatai szerint (1907, 54, 55) a Balaton jege réteges szerkezetű. A rétegek vastagsága kb. 1 mm. A jégben kevesebb oldott sót tartalmazó rétegek váltakoznak töményebb sótartalmúakkal. Erre a jelenségre



2a. ábra. A jég alatti gázfelgyülemelés keresztmetszetének kinagyított részlete. A finom bordázat mellett feltűnnek az üreg belsejébe nyúló vízszintes vékony jéglemezek

Fig. 2a. Vergrößerter Teil des Querschnittes der Gasanhäufung unter dem Eis. Neben der feinen Rippenstruktur sind die dünnen, horizontalen in den Gasraum reichenden Eisplatten zu beachten

utal több külföldi szerző munkája is (HESS 1928, LUSENE 1953, KRETSCHMER 1958). Az acélos jégpáncélban ez a szerkezet egyáltalában nem látható. Itt azonban a gázkamra falán futó körkörös kiálló peremek feltételezhetően a különböző mennyiségű oldott sót tartalmazó, következésképpen különböző olvadáspontú és így a gáz állandó nyomása hatására különbözőképpen megolvadó rétegek révén alakulnak ki. A gázzal telt üregek belsejében gyakran zúzmaraképződés is megfigyelhető.

Ha a gáz nyomása sokáig tart, vagy esetleg fokozódik, a vázlaton látható felső vékony jég átszakad, és a gáz hirtelen sziszegő böffenéssel kitódul a levegőre, az üreg belsejét pedig kitölti a víz.

Olyan heveseket is megfigyeltünk, ahol a felső jégréteg nagyobb felületen (0,1—0,5 m²) vékonyodott el. Ilyenek helyét acélos jégen ezüstös, vagy fehéren csillogó folt jelzi. Hőborította, vagy zúzmarával fedett jégen az ilyen heveseket alig lehet észrevenni. Csak igen gondos megfigyeléssel állapíthatjuk meg, hogy ilyen helyeken a zúzmara kissé vastagabb, mint a környezetben, de a jégen járó ember szeme előtt a veszedelmes foltok el vannak rejtve. Ezért ilyenkor a helybeliek szöges botot tolnak maguk előtt a jégen a veszedelmes területeken, és azokat a helyeket, ahol a szöges bot nyomán a hó vagy zúzmara alól fehér vagy ezüstös foltok bukkannak ki, gondosan elkerülik.

Az erős heveseknél jelentős mennyiségű gáz száll fel a fenékről. Itt a jég a befagyás után hamarosan kiolvad. Ilyen helyeken, amint említettük, kerekded nyílások keletkeznek a jégen. Ezek idővel — valószínűleg a felszálló gázbuborékok okozta vízmozgás hatására — fokozatosan nagyobbodnak. Gyakran előfordul, különösen, ha enyhül az idő, hogy az egyes hevesnyílások

összeolvadnak, és gömbölyű vonalakkal határolt nagyobb vízfelületek keletkeznek. Ha viszont ismét erősödik a fagy, a nyílások ismét összeszűkülnek, sőt esetleg be is fagynak. A befagyás alkalmával a CHOLNOKY-féle felszíni fagyási jelenségeket (CHOLNOKY, 1907, V. tábla) kitűnően meg lehet figyelni.

A legerősebb heveseket — mint említettük — a Kerekedi-öböl mélyén figyeltük meg. Itt egy 20 m hosszú és kb. 4. m széles, KÉK—NyDNY-i irányú hosszúkás téglalap alakú területen közel 100 erős heves figyelhető meg. Ezekből egyszerre mintegy 40 helyen tör fel gáz a 130 cm mély vízfénékről (vizállás ugyanakkor Tihanynál 81 cm) (1. tábla 3. kép). A vízfénéken e helyen 3—7 cm átmérőjű kis kráterek találhatók. E kráterek csésze alakúak, mélységük 5—7 cm. Négyzetméterenként a fénéken 20—40 kisebb-nagyobb kráternyílást sikerült megszámolnunk víz alá merített nézőke segítségével.

A kráterekből sehol sem tört fel állandóan gáz. Hol az egyik, hol a másik kráterből lehetett gázfelbuborékolást megfigyelni. Egy-egy „eruption” alkalmával az először feltörő buborékok mindig nagyobbak voltak, mint a később feltörők. Nagyságuk a néhány tized ml-t nem haladta meg. A buborékok néha közel egy percig, szinte megszakítás nélkül, mintegy gyöngyfűzerszerűen törnek a felszínre.

Számos mérés középértékeléséből megállapítható volt, hogy ilyenkor egy perc alatt kb. 110 buborék szállt fel. Az egy-egy kráterből felszálló gáz térfogata 3—8 perc alatt, átlagosan mintegy 6 perc alatt tölt meg egy 50 ml-es edényt. Figyelembe véve a vizsgálati területen állandóan felszálló buborékoszlopok számát, a percenként a felületre jutó gáz összes mennyiségét mintegy 4000 ml-re becsülhetjük.

A hevesekben feltörő gázok analízise. A feltörő gáz összetételét először Lóczy adataiból ismerjük (41. oldal). Mi is számos analízist végeztünk. Ehhez a szükséges gázmintákat a következőképpen merítettük. 50 ml-es hosszúnyakú mérőlombik nyakára rövid gumicsövet húztunk, melynek másik végére 10 cm átmérőjű üvegtölcsért erősítettünk. A mérőlombikot gumikarikával $1\frac{1}{2}$ m hosszú nádszálhoz erősítettük. A gyűjtőszervezetet először színültig megtöltöttük vízzel, majd a nádszál segítségével belelógattuk a hevesbe úgy, hogy a felfordított, vízzel telt mérőlombik kiállt a vízből, míg a szájával lefelé fordított üvegtölcsér kb. 25 cm-re volt a víz színe alatt. A nádszálat megfogva az egész „horgászfelszerelést” úgy helyeztük el, hogy egy megadott kráternyílásból feltörő buborékokat fogtunk fel vele. A gázbuborékokat a tölésér beleterelte a mérőlombikba, amelyen jól meg lehetett figyelni, hogy mikor éri el a felfogott gáz térfogata az 50 ml-t. A gyűjtési időt stopperórával mértük.

Megfigyeléseinkkor úgy tűnt, hogy a felfelé szálló buborékok nagysága menetközben kisebbedett. Ez valóban lehetséges is, hiszen ha a víz alatt felfogott gázt állni hagyjuk, vagy éppen az összegyűjtött gázt vízzel összeráztuk, annak térfogata lényegesen lecsökkent. Például a légmentesen záródó plasztikus műanyagedényekben tárolt minták térfogata annyira lecsökkent, hogy az edény — melyben kb. 10% Balaton-víz volt — csaknem lapossá deformálódott. Tekintettel arra, hogy a hevesekben a víz oxigéntelítettsége a vizsgálat idején magas volt (O_2 telítettség 123%), könnyen elképzelhető, hogy a buborékok felszállás közben a vízben oldott levegőből nitrogént és oxigént oldanak ki, miközben széndioxid megy oldatba. (1. tábla 3. kép).

Az analízisek eredményeképpen kitűnt, hogy az erős heveseknél a felszínre jutó gáz 60—70% szén-savat tartalmaz. Amikor viszont az iszapfelkava-

rása révén felszálló nagyobb buborékokból a fenék közelében vett mintát analizáltuk, az eredmény több mint 80%-ban szabad szénsav volt. A vizsgált gázban metánt nem sikerült kimutatni (MAUCHA, 1930, 85). A CO_2 kivonása után visszamaradó gáz, nitrogént és oxigént tartalmazott, körülbelül ugyanolyan arányban, mint ahogyan a Balaton vizében van oldva (75% N_2 és 25% O_2).

Analizáltunk néhány nagyobb gázfelgyülemelést is, melyek hosszabb idő alatt keletkeztek a jég alsó felületén. Ezekből 1—5%, de sokszor még ennél is kevesebb széndioxidot lehetett csupán kimutatni, a gáz túlnyomó része nitrogénből és oxigénből állt. Ez is arra mutat, hogy a vízben oldott gázok és a fenékről feltörő gázok között kölcsönös kicserélődés játszódik le, amit ROSSOLIMO a Beloje-tavon végzett vizsgálatainál is megállapított (ROSSOLIMO—KUZNYECOVA 1934, ROSSOLIMO 1935).

Mindezekből két következtetést vonhatunk le. Először azt, hogy az iszapból feltörő gáz a mértnél is magasabb %-ban (talán 90—95 vagy esetleg még ennél is magasabb %-ban) CO_2 -ból áll. Másodszor azt, hogy itt minden valószínűség szerint pusztán gázexhalációkról van szó, mert ha a gázzal együtt víz is törne fel, a szénsavgáz már a talajban oldódna a vízben, és így a feltörési helyeken a víz pH-ja feltétlenül alacsonyabb lenne. Már pedig a vizsgálatok szerint a kráterek területén a fenékről vett vízminták pH-ja is magasabb volt 7,9-nél, míg a felszálló gázzal összerázott víz hidrogénionkoncentrációja azonnal 6,8 alá süllyedt.* Ugyancsak valószínűtleníti a vízfeltörést az a tény is, hogy mintegy 30 erős hevesben különböző helyeken végzett hőmérséklet-mérés eredménye alapján a hevesek hőmérséklete a felszínen is és a fenéken is teljesen megegyezik a környező víz hasonló mélységében észlelt hőmérsékletével.

Annak megvizsgálására, hogy a széndioxid buborékok menetközben milyen mértékben oldódhatnak — részben pusztán oldódás, részben pedig diffúzió révén — a környező vízben laboratóriumi kísérleteket végeztünk.

Szénsavpalackból víz alatt üvegkapillárison át gázt buborékolattunk. A gáznyomást úgy szabályoztuk, hogy a felszálló buborékok nagysága és összmenyisége körülbelül azonos legyen a hevesekben tapasztalt gázfeltörésekkel. A felszálló gázt ugyanabban a hosszúnyakú 50 ml-es edényben fogtuk fel, mint a heveseknél a gyűjtés alkalmával. A szájnyílásával lefelé fordított edényből a szénsavgáz fokozatosan kiszorította a vizet. A kísérlethez üvegkádát használtunk, és a benne levő vizet a mérések megkezdése előtt erős CO_2 -átbuborékolatással szénsavgázzal feldúsítottuk. Ezután a felfogó lombikunkat felváltva szénsavgázzal feldúsított (telített) vízzel, és a hevesekből származó vízzel töltöttük meg. Azt az időt mértük, amíg azonos gázáramlás mellett a lombikban pontosan 50 ml gáz gyülemlik fel. A szénsavgázzal telített vízzel megtöltött edény mindig gyorsabban telt meg gázzal, mint a Balaton-vízzel telt edény. Az értékek különbségéből kitűnt, hogy a felszálló CO_2 gázból a mérőlombik 14 cm-es vízoszlopában Balaton-vízben 23% elnyelődik. Minthogy a mérés helyén a fenékről feltörő gáz a gyűjtőlombikig 140 cm-es vízoszlopon keresztül hatolt, arra következtethetünk, hogy a fenéken kb. 4,5-ször annyi CO_2 gáz tör fel, mint amennyi a vízfelszínen felfogható. A kísérlet természetesen számos hibával

* A hevesekben merített vízminták kémiai analizését l. bővebben ENTZ, 1959.

terhelt, melyek azonban jórészt egymást kiegyenlítik és így az eredmény megközelítőleg helyesnek látszik.

Fel kell tételeznünk, hogy a hevesek területén a Kerekedi-öbölben a jég alatt is kell legyen vízáramlás, hiszen ellenkező esetben a víz oldott CO_2 -tartalmának ha lassan is, mégis fokozatosan emelkednie kellene a pH csökkenése mellett és más vízkémiai elváltozásoknak is be kellene következnie, amelyek a hevesekben nem figyelhetők meg. Ezért más tavakhoz hasonlóan (BRYSON and RAGOTZKIE 1955, BARTHELMES 1959) itt is partmenti vízáramlásokat kell feltételeznünk.

A heveseknél madárnyomokra nem bukkantunk. Igaz, hogy a jégen éjszakázó vagy pihenő madarak általában kerülnek a tószegélyt és a parttól legalább 500 m távolságban ütnek tanyát. Viszont több apró halmaradványt (süger, vágódurbincs) találtunk közvetlenül a hevesek nádasfelőli oldalán állati ürülékkel együtt. A nyomok valószínűleg vidrától származtak, mely állat zsákmányszerzésre használhatta fel a hevesek nyílásait. Erre enged következtetni a zsákmányolt kis halak mérete mellett a talált ürülék nagysága is.

Találunk a Balaton jégtükrén a parttól távoleső helyeken is vízfoltokat, nyílt vízterületeket, ún. h í g v í z e k e t. Ezek valószínűleg egyenetlen fagyás révén jönnek létre. Gyakran előfordul, hogy a szél feltöri a még gyöngye, alig néhány cm vastag jégpáncélt és kisebb-nagyobb jégmezőket, melyeket elmozdít, 100—200 vagy többszáz m szélességben egymásra csúsztat. Így néha nagyobb területen kettős jégréteg borítja a vizet, míg máshol hiányzik a jégtakaró. Ha a jég vékony és sima felületű volt, a két tábla könnyedén, szinte akadálytalanul csúszhat egymásra. Ha viszont vastagabb volt a jég, a felső jégréteg rendesen összetöredezik és a két jégréteg között levegőréteg marad vissza, ami a jégnek hófehér vagy ezüstös színt kölcsönöz. Ugyanakkor a jégmozgás következtében kisebb nagyobb jégmentes pászták, hullámozó vízterületek, ún. hígvizek keletkeznek. Ilyen helyeken gyakran nagy számban gyűlnek össze vízimadarak, különösen sirályok és kercerécék. A madarak legtöbbször a vízfolt déli-délkeleti szélén tanyáznak (2. tábla 5. kép). Ennek a széljárás, az uralkodó É—ÉNy-i szél az oka. A madarak a széllal szembe, a víz felé fordulva szállnak le a jégre, közel a nyíltvízhez, vagy éppen a vízre. Ha a fagy tovább tart, vagy erősödik, a nyílt vízfolt az északi szélétől fokozatosan befagy, így a madarak mindig kisebb és kisebb területre szorulnak össze. Közben úszkálnak a vízen, a bukórécék le is buknak a víz alá és mozgásukkal késleltetik a víz befagyását. Előfordul, hogy még akkor is néhány m átmérőjű kör alakú, vagy kissé ovális nyílt vízfoltot találunk a régi hígvíz helyén, amikor a többi részen már annyira megerősödött a jég, hogy az embert is megbírja (Vö. FOREL 1901, 129). Végül tartós hidegben az utolsó nyílt vízfolt is befagy, és csak a tömeges madárürülék és sok madártoll jelzi az egykori „madárfürdő” helyét.

Néha egészen kis vízfelületeknél, például rianásoknál is megfigyelhetők madarak. Egy alkalommal (1959. február 20-án) a Fűzfői-öbölben alig 5—10 m²-es hígvízen mintegy 20 ♂ kercerécét (*Bucephala clangula*) figyeltem meg, amint a kis résen át a víz alá bukácsolva halásztak. Ugyanakkor Balatonkenese és Balatonakarattya környékén a jégen jónéhány, többszáz ♀-t számoló kerceréce raj tartózkodott.

Madarak és így madárnyomok tehát a jégen nem csupán hígvizek körül, hanem a teljesen befagyott jégmezőkön is találhatók (2. tábla, 5. kép). Szét-

szórtan sokfelé figyeltünk meg 20—50 egyedből álló madárcsapatokat, vagy azok nyomait, bár néha sokezres óriásrajok is megpihennek a tó jegén (ENTZ 1940).

A jég összehúzódása és tágulása következtében különösen hómentes jégen figyelhető meg szinte állandó jégmozgás és a szél ereje is hol itt, hol ott hozhat létre szélesebb repedéseket, kisebb hígvizeket, melyeket rövidesen felkeresnek a vízi madarak. Azt teljesen biztosan állíthatjuk, hogy a Balatonon e hígvizek keletkezésében vízalatti források, amilyenek például a Hallstadti-tóból ismeretes melegforrások, nem játszanak szerepet (vö. MORTON 1929 és HEHENWARTER—MORTON 1956).

Mégis találunk a jégen olyan helyeket, ahol a Balaton jegét „meleg víz” olvasztja ki. Így nagy hidegben sem fagy be a Tapolcai-medence egyik legbővízübb vízfolyása a Tapolca-patak, melyet gazdag vízhozamú langyos forrásvíz táplál. A torkolathoz közel, Szigligetnél a patak vizében tartós —10 C°-os hidegben is +6 — +9 C°-os vízhőmérsékletet mértünk. A patak torkolatában a Balaton sem fagy be, vagy a már befagyott tó kisebb-nagyobb sávjában rövidesen kiolvad. Így 1960. január 19-én huzamos erős fagy után a torkolat előtt 20—50 m széles és kb. 200 m hosszú sávjában jégmentes volt a Balaton. E helyet szintén gyakran felkeresik a vízimadarak, amit a vizsgálatkor felrepült néhány madáron kívül a jég szélén felgyülemlt nagy mennyiségű guánó is elárult (2. tábla 5. kép).

A második hasonló terület a Zalatorok. A Zala-víz hőmérséklete a torkolattól nem messze hozzáfolyó Hévíz-alsópáhoki-levezetőcsatorna hatására szintén elég magas. A Zala ugyan befagy, de a jége mindig megbízhatatlan, vékony, és igen könnyen kiolvad. A Zalatorok környékén is több madárnyom volt megfigyelhető, bár távolról sem annyi, mint a Tapolca-patak torkolatában. Érdekes volt a Zala jegének sárgás színe, szemben a Balaton szürkés-kékes jégével. A sárga szín a folyó eljegesedett haván is megfigyelhető volt. Sőt a sárgás foltok még a torkolat előtti Balaton-jégen is valósággal jelezték a Zala jég alatti útját. Eszerint a folyó vize a jég alatt is kelet felé, a berényi partok felé áramlik, közel párhuzamosan a somogyi parttal, ugyanúgy, ahogyan a nyári vízelemzésekéből is kitűnt (ENTZ 1959, 2. táblázat).

A déli partról a Balatonba ömlő vizek torkolatát télen nem vizsgáltuk. Az északi parton azonban valamennyi beömlő többi patak torkolatát is bejártam és nyíltvízű foltokat sehol sem találtam. Sőt, az említett Tapolca-patak és a Pécsely-patak kivételével a többi patak a vizsgálatok idején teljesen befagyott.

Érdekes, gyakran megfigyelhető jelenség, hogy erősen olvadó jégen közvetlenül a partközéiben igen sekély vízben teljesen felolvad a jég, és a partot 10—50 cm széles, vagy még szélesebb vízsáv szegélyezi, amikor beljebb még bátran közlekedhetünk a jégen. Máskor is rendesen gyengébb a jég közvetlenül partközéiben, mint a nyíltvízen. Ennek főképpen az lehet az oka, hogy az inszoláció itt erősen felmelegíti a partot és a sekény vízben a talajt, ami átadja melegét a víznek és azon keresztül erősen olvasztja a jeget (HUTCHINSON 1957, 531). Azt is megfigyeltük, hogy igen erős fagyban is könnyen kiolvad a parti jég olyan helyeken, ahol jelentős detritusz-felhalmozódás van a vízszegélyen, vagy a jég alatt igen dús vízinövényzet található stb. Ilyen helyeken +4 C°-ot is mértünk néhány cm-es sekély vízben fagyos időben. Ennek oka elsősorban az említett erős napsugárzás lehet (JUDAY 1910), emellett azonban talán szerepük lehet még a detritusz belsejében lejátszódó korhadási folyamatoknak.

Végezetül említsük meg az olvadó jégben keletkező kis lyukakat. Hirtelesen bekövetkező olvadás hatására gyakran több cm vastag vízréteg borítja el a jeget. A víz nagy repedések mentén lefolyik a jég alá, vagy olyan helyeken, ahol valami sötét tárgy vagy anyag (pl. falevél, nádtörmelék, por stb.) van a jégen, olvadási időben még igen vastag jégréteg is csakhamar teljes vastagságban megolvadhat. Ilyen helyeken lefelé keskenyedő tölesérszerű nyílások, kis „nyelőké” keletkeznek, amelyeken néha valósággal örvénylő mozgással folyik le a víz (vö. CHOLNOKY 1907, 49). A lefolyási helyek felé a jégen csillagszerű kis vízfolyások vezetnek. Ez jellegzetes olvadási jelenség, melynek kialakulására bárhol sor kerülhet*. Ilyenek tehát természetesen a hevesek környékén is keletkezhetnek, azonban azokkal — LÓCZY véleményétől eltérőleg — nincsenek kapcsolatban (vö. LÓCZY 1916, 686).

Amikor már erősen gyertyás a jég (CHOLNOKY 1907, EKMAN 1957, 54), egészen vastag jégpáncél is valósággal hajlik az ember súlya alatt. Ilyenkor igen sok nyelőke van már a jégen mindenfelé. Ha ekkor ugrunk egyet a jégen, az 1—2 cm²-es nyílásokon valóságos kis szökőkutakként tör fel a jégen keresztül a Balaton-víz. Az ennyire meggyöngült jeget már kis szél is könnyen feltöri és órák alatt szinte az egész Balaton víztükréről eltüntetheti (FOREL 1910; HUMPHREYS 1935).

Összefoglalás

A hevesek a Balaton északi partja mentén sekély vízben található szénsavgázfeltörések. Télen a gyengébb hevesek helyén a jégbe gázbuborékok fagynak, míg az erős heveseknél a jég kerek nyílások formájában kiolvad. Jellegzetes heveseket találunk Badacsonyörs, Rendes és Szepezd körül a Balaton déli medencéjében és Balatonfüredtől Alsóörsig az északi medencében.

A legerősebb és legtípusosabb hevesek Csopak körül a Kerekedi-öbölből ismeretesek. A vizsgálatok jórészt itt történtek a jégen az 1957—1960. években. A fenékről csésze alakú mélyedésekből tör fel a gáz apró, gyöngyfüzérszerű buborékokban. A feltörő gáz túlnyomórészt CO₂-ből áll. Miközben a buborékok a felszínre szállnak, CO₂-tartalmuk kb. 75%-át, és így térfogatuk jelentős részét a víz elnyeli. A maradék gázban pedig diffúzió révén a vízből oxigén és nitrogén jut be, így a felszínre jutó buborékoknak csupán kb. 70%-a áll CO₂-ből, 7%-a O₂ és 23%-a N₂. A Kerekedi-öbölben a hevesekben feltörő gáz (CO₂) összes mennyisége percenként 3—4 l-re becsülhető.

A jég alatt felgyülemelő gázbuborékok feszítő ereje — bizonyára más tényezőkkel együttműködve — megolvasztja a jeget. A buborékok peremén a jég fagyási struktúrája, a sókban gazdagabb és szegényebb 1—2 mm vastag rétegek egymásutánja — melyet CHOLNOKY feltételezett (1907) — jól előtűnik. A hevesek helyén a Balaton-víz kémiai összetétele nem változik észrevehetően. Ez minden valószínűség szerint arra utal, hogy e területen állandó, a jég alatt is érvényesülő partmenti vízáramlás érvényesül. A típusos hevesekben víz valószínűleg még nyomokban sem tör a felszínre. A balatoni hevesekkel azonos vízalatti gázfeltörésekkel a hozzáférhető irodalomban sehol sem találkoztam.

A Balaton nyíltvizében is gyakran keletkeznek kisebb-nagyobb jégmentes sávok, ún. hígvizek. E hígvizek kialakításában a jégpáncél összehúzó-

* Ezeket a nyílásokat jelöli a német irodalom Dampfloch elnevezéssel (GÖTZINGER 1909, 390).

dása és kitágulása mellett a szél hatásának van döntő szerepe. E helyeken sem hevesek, sem pedig vízalatti források nincsenek. A hígvizek környékét gyakran tömegével keresik fel vízimadarak. Ezek mozgásukkal napokig megátolják e jégmentes foltok befagyását. Ugyancsak sok vízimadár keresi fel a Tapolca-patak torkolatát, mely a beömlő meleg (+6—+9 °C) víztől szintén jégmentes.

Olvadáskor a jégen a dolinákra emlékeztető kis lefolyó nyílások keletkeznek, melyeken keresztül a jég felszínén összegyűlt víz lefolyik. A nyelőkékhez gyakran csillagszerű elrendeződésben vízlevezető árkoescsák vezetnek.

I R O D A L O M

- BARTHELMES, D. (1959): Beobachtungen über Stärke und Natur der horizontalen Strömungen im Seenlitoral. *Arch. f. Hydrobiol.* **55**, 193—208.
- BASS, R. und S. MAGUN (1956): Eiskristalle. *Die Naturwiss.* **43**, 213—217.
- BRYSON, R. A. und R. A. RAGOTZKIE (1955): Rate of water replacement in a bay of Lake Mendota, Wisconsin. *Amer. J. Sci.* **253**, 533—539.
- CHOLNOKY J. (1907): A Balaton jége. *BTTE* **1**, 5/4, 1—104.
- CHOLNOKY, E. (1909): Das Eis des Balatonsees. *Res. Wiss. Unters. Balaton.* **1**, 5/4, 1 113.
- CHOLNOKY J. (1935): A Balaton. *Budapest Franklin Társ.* 1—192.
- EKMAN, S. (1957): Die Gewässer des Abisko-Gebietes und ihre Bedingungen. *Kgl. Sv. Vetenskapsakad. Hdl. Ser. 4.* **6**, No. 6, 1—172.
- ENTZ B. (1940): Madárnyomok a Balaton jégén. *T. T. Közl.* **72**, 104—105.
- ENTZ, B. (1949—50a): Some physical and chemical conditions of the water of Lake Balaton, investigated from September, 1948, to April, 1949. (Temperature, transparency, dissolved oxygen, pH, and organic substances) *Annal. Biol. Tihany* **19**, 69—82.
- ENTZ, B. (1949—50b): Autumn and winter shoals of fish in the shore zones of Lake Balaton in 1947—49. *Annal. Biol. Tihany* **19**, 83—94.
- ENTZ, B. (1951): Téli halrajok vizsgálata 1950—51-ben a tihanyi Kis-öbölben, különös tekintettel a küsz ipari felhasználhatóságára. *Annal. Biol. Tihany* **20**, 185—210.
- ENTZ, B. (1959): Chemische Charakterisierung der Gewässer in der Umgebung des Balatonsees (Plattensees) und chemische Verhältnisse des Balatonwassers. *Annal Biol. Tihany* **25**, 131—202.
- ENTZ B. és LUKACSOVICS F. (1957a): Vizsgálatok a téli félévben néhány balatoni hal táplálkozási, növekedési és szaporodási viszonyainak megismerésére. *Annal. Biol. Tihany* **24**, 71—86.
- ENTZ B. és LUKACSOVICS F. (1957b): Vízi élettevékenységek tükröződése a Balaton jégében. *Annal. Biol. Tihany* **24**, 87—91.
- FOREL, A. (1901): Handbuch der Seenkunde. *Stuttgart* X + 1—249.
- GÖTZINGER, G. (1909): Studien über das Eis des Lunzer Unter und Obersees. *Internat. Rev. Hydrobiol.* **2**, 386—396.
- HEHENWARTER, E., F. MORTON (1956): Weitere Beobachtungen am „Warmen Wasser“ am Hallstätter See. *Arch. f. Hydrobiol.* **52**, 449—450.
- HESS, H. (1928): Physik der Gletscher. in: *Müller-Pouillet: Lehrbuch der Physik.* **5**, 355—397.
- HUMPHREYS, W. J. (1935): The „sinking“ of lake and river ice. *Mon. Weath. Res. Wash.* **62**, 133—134. Cit. ap. Hutchinson, 1957.
- HUTCHINSON, G. E. (1957): A Treatise on Limnology. I. *New York. J. Wiley Inc.* XII + 1—1015.
- KRETSCHMER, G. (1958): Die Ursachen für Eisschichtenbildung in Böden. *Wiss. Z. Univ. Jena Math. Nat. wiss. Reihe* **7**, 273—277.
- LÓCZY L. (1913): A Balaton környékének geológiája és morfológiája. *BTTE* **1**, 1/1 1—617.
- LÓCZY, L. (1916): Die Geologische Formationen der Balatongegend und ihre regionale Tektonik. *Res. Wiss. Erf. Balatonsees* **1**, 1/1 1—716.
- LUSENE, C. V. and W. H. COOK (1953): Ice propagation in systems of biological interest. *Arch. Biochem. and Bioph.* **46**, 232—240.
- MAUCHA R. (1929): Winkler Lajos vízvizsgáló módszereinek alkalmazása a limnológiában. *Budapest* 1—247.

- MORTON, F. (1929): Köhbrunnen und Lotungen im Hallstätter See im Winter 1929. *Arch. f. Hydrobiol.* **20**, 704—705.
- ROSSOLIMO, L. (1935): Die Bodengasabscheidung und das Sauerstoffregime der Seen. *Verh. Int. Limnol.* **7**, 539—561.
- ROSSOLIMO, L. L.—Z. KUZNYECOVA (1934): Donnoje gazoogiyelenije kak faktor kizlorodnogo rezsimia ozer. *Tr. Limnol. Sztanc. Koszine* **17**, 87—117.
- SÁRINGER J. K. (1900): A tó hőmérsékleti viszonyai. *BTTE.* **1**, 5/1 1—53.
- SCHULHOF Ö. (1957): Magyarország ásvány- és gyógyvizei. *Budapest.* 1—963.

»HEVESE« UND ANDERE EISFREIE STELLEN IN DER EISDECKE
DES BALATON (DATEN ZUR ERFORSCHUNG DER PHYSIOGRAPHIE
UND BIOLOGIE DES ZUGEFRORENEN BALATON).*

Béla Entz

Zusammenfassung

»Hevese« sind längs des nördlichen Ufers des Balaton im seichten Wasser vorkommende Kohlensäure-Gasaufbrüche. Im Winter frieren Gasblasen an den Stellen schwächerer »Hevese« ins Eis ein, während an stärkeren Heves-Stellen das Eis in der Form von runden Öffnungen auftauft. Charakteristische Hevese sind im Südbecken des Balaton bei Badacsonyórs, Rendes und Szepézd, im Nordbecken von Balatonfüred bis Alsóórs anzutreffen.

Die stärksten und am meisten typischen Heves-Stellen sind aus der Umgebung von Csopak, aus der Bucht von Kereked bekannt. Unsere Untersuchungen wurden in den Jahren 1957—1960 zum grössten Teil hier vorgenommen. Das Gas bricht vom Seeboden aus schalenförmigen Vertiefungen in kleinen, perlenschnurartig aneinander gereihten Bläschen auf. Das aufsteigende Gas besteht überwiegend aus CO_2 . Während des Aufsteigens der Bläschen an die Oberfläche werden 75% des darin enthaltenen CO_2 Gases vom Wasser absorbiert, und somit verschwindet ein bedeutender Teil ihres Rauminhaltes. In den restlichen Teil des Gasinhaltes dringen auf dem Diffusionswege aus dem Wasser Sauerstoff und Stickstoff ein, so dass bloss etwa 70% der Bläschen aus CO_2 , 7% aus O_2 und 23% aus N_2 bestehen. In der Bucht von Kereked kann man die Menge des aus den Hevesen aufbrechenden (CO_2) Gases auf 3—4 Liter pro Minute schätzen.

Durch die Spannkraft des unter dem Eis angesammelten Gases wird das Eis geschmolzen. An den Rändern der Blasen kann die Gefrierstruktur des Eises, die Aufeinanderfolge von an Salzen reicheren und ärmeren, 1—2 mm dicken Schichten — wie sie CHOLNOKY (1907) voraussetzte, — recht gut beobachtet werden. An den Stellen der Hevese findet keine merkbare Änderung der chemischen Zusammensetzung des Balatonwassers statt. Dies deutet aller Wahrscheinlichkeit nach darauf, dass an solchen Stellen eine schwache, aber ständige, sich auch unter der Eisdecke behauptende Wasserströmung wirksam ist. In den typischen Hevesen bricht Wasser wahrscheinlich nicht einmal in Spuren zur Oberfläche auf. In der uns zugänglichen Literatur sind mit den Balatoner Hevesen analoge Unterwasser-Gasaufbrüche nirgends anzutreffen.

Auch an der uferweiten Eisfläche des Balaton entstehen am Eis häufig grössere oder kleinere eisfreie Streifen, die sogenannten »hígvizek« — »Dünnwasser«. In der Bildung solcher Wasserstreifen kommt nebst dem temperaturverursachten Einschrumpfen und Wiederausbreiten des Eispanzers der Windwirkung eine entscheidende Rolle zu. Die Umgebung der eisfreien Stellen wird von Wasservögeln oft massenhaft aufgesucht. Die Bewegungen der Vögel mögen das Zufrieren dieser eisfreien Flecken tagelang verhindern. Desgleichen suchen auch viele Wasservögel die Mündung des Tapolca-Baches auf, welche infolge des einströmenden warmen (+6 — +9 °C) Wassers ebenfalls eisfrei ist.

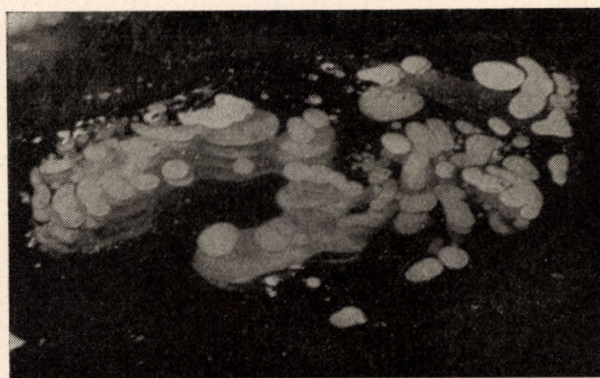
Beim Schmelzen des Eises entstehen an Dolinen erinnernde kleine Abflussöffnungen, durch welche das an der Eisoberfläche zusammenlaufende Wasser abfließt. Zu den Abflussstellen führen oft kleine Abflussgräber in sternartiger Anordnung.

* »Heves« (Mehrzahl »Hevesek«) nennen die Bewohner der Umgegend des Balaton jene kleinen, auch bei strenger Kälte eisfrei bleibenden runden Flecken, welche längs des Ufers im Eis des Balaton anzutreffen sind. Nach der Meinung der Ortsbewohner entspringen dem Boden des Sees an solchen Stellen Quellen, vielleicht Warmwasserquellen.





1



2



3

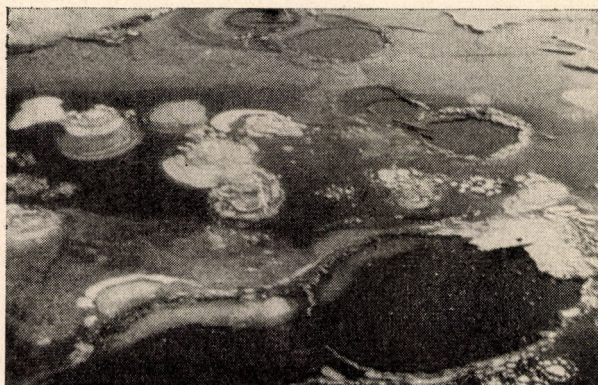
1. kép. Hevesek a Kerekedi-öbölben, röviddel a befagyás után
1 Bild 1. Hevese in der Kerekeder-Bucht am Anfang ihrer Gestaltung

2. kép. Közepes erősségű hevesek. A jégben egymás fölött több rétegben gáz-
buborékok helyezkednek el.

Bild 2. Mittelstarke Hevese. Die einzelnen übereinander gelagerten Blasen
sind wohl zu erkennen

3. kép. Igen erős hevesekkel borított terület a Kerekedi-öböl mélyén

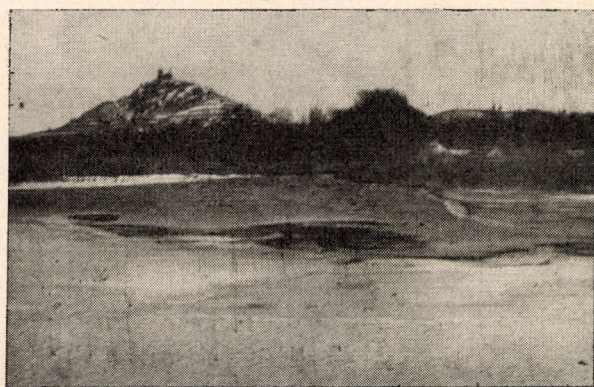
Bild 3. Teil der Kerekeder-Bucht. Stelle der stärksten Gasaufläufe



4



5



6

4. kép. Ua. közlről. A kerek nyílásokban megfigyelhetők a felszálló gázbuborékok

Bild 4. Dasselbe von der Nähe betrachtet. In den runden Heves-Löcher sind die aufquillenden Gasbläschen wohl zu erkennen

5. kép. Nyílt víztükör Alsóörs előtt a parttól 1 km-re. A jégén vadkacsanyomok láthatók

Bild 5. Eisfreies offenes Wasser vor Alsóörs. Etwa 1000 m vom Ufer entfernt. Am Eis sind die Fäkalien von Enten in grosser Zahl vorhanden

6. kép. A Tapolca-patak torkolata a Szigligeti-öbölben. A patak beömlő vize több m szélességben kiolvasztja a jeget. A jégén közvetlenül a kiolvadt rész szélén sötét színű guanótömeg

Bild 6. Mündung von der Tapolca-Bach. Vor der aufgetauten Mündungsstelle sind grosse Mengen von Vogelguano (dunkeler Fleck am Rande des Eises) zu erkennen