

Tejüthéclauz!!!
Sini → föld
tejüthéclauz
500,2
-NAGY
BOLCART

A BALATON TUDOMÁNYOS TANULMÁNYOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI.

A NAGYMÉLTÓSÁGÚ MAGYAR KIRÁLYI FÖLDMÍVELÉSÜGYI, A VALLÁS- ÉS KÖZOKTATÁSÜGYI
MINISTERIUM TÁMOGATÁSÁVAL

KIADJA

A M. FÖLDRAJZI TÁRSASÁG BALATON-BIZOTTSÁGA.

ELSŐ KÖTET.

A BALATON KÖRNYÉKÉNEK FIZIKAI FÖLDRAJZA.

ÖTÖDIK RÉSZ.

A BALATON VIZÉNEK FIZIKAI TULAJDONSÁGAI.

IV. SZAKASZ.

A BALATON JEGE.

ÍRTA

DR. CHOLNOKY JENŐ



HUSZÖNEGY TABLAVAL ÉS 122 ÁBRÁVAL.

BUDAPEST, 1907.

KILIÁN FRIGYES M. K. EGYETEMI KÖNYVÁRÚS BIZOMÁNYA.

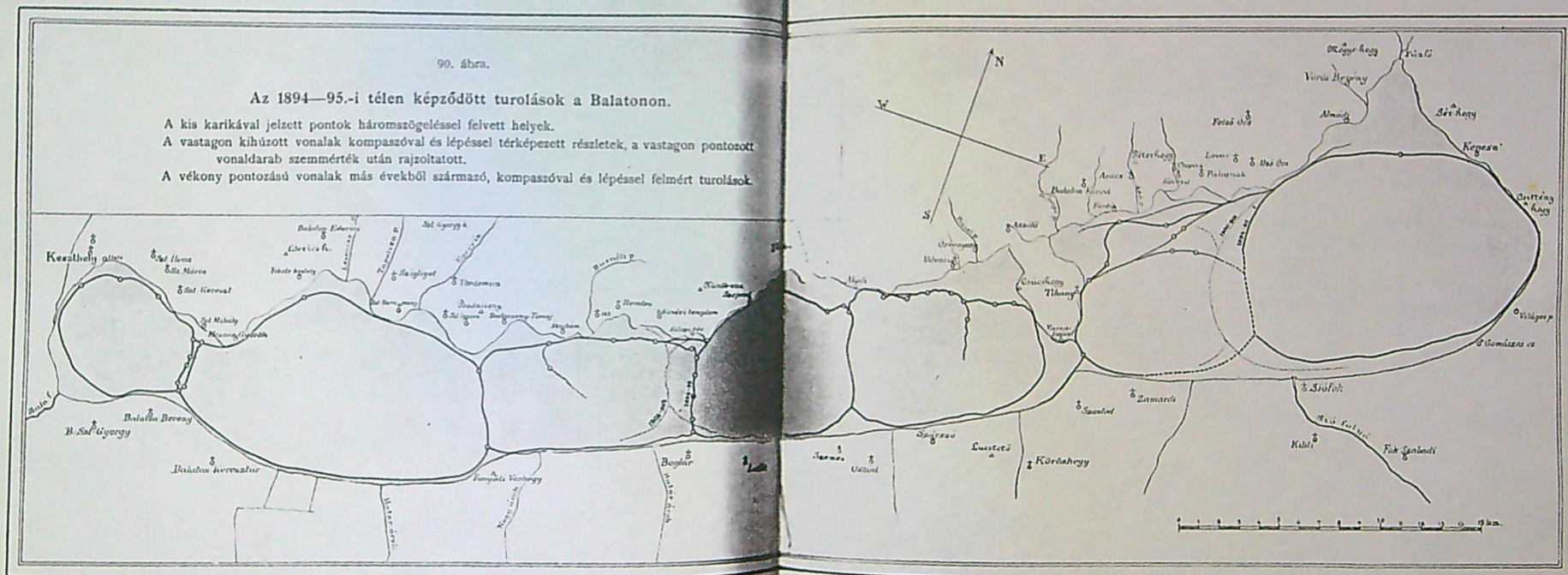
90. ábra.

Az 1894—95.-i télen képződött turolások a Balatonon.

A kis karikával jelzett pontok háromszögeléssel felvett helyek.

A vastagon kihúzott vonalak kompassóval és lépéssel térképezett részletek, a vastagon pontozott vonaldarab szemmérték után rajzoltatott.

A vékony pontozású vonalak más évekből származó, kompassóval és lépéssel felmért turolások.



mányában. Később azonban, amikor LÓCZY urat nagy elfoglaltsága nem engedte ehhez a kedves és felette érdekes tanulmányhoz olyan sűrűn jutni, magamnak is jutott igen-igen sok tanulmányozni való. Különösen kedvezett a szerencse akkor, amikor báró EÖTVÖS LORÁND grávméteres tanulmányainak színterét az egyenletes tömegű balaton-jeget választotta. Ekkor szerencsém volt ezekben a korszakalkotó tanulmányokban mint észlelő részt venni s ennek következtében egy egész kedvező telet, 1901 januárius havától márczius elejéig a jégen tölteni, csekély megszakításokkal úgy, hogy éjjel is künn kellett maradni a jégen, szántalpakon álló, fűthető deszkasátorban. Valóságos arktikus élet volt ez, epizódusokban gazdag, eredményekben megbecsülhetetlen hetek, amelyeknek a jég tanulmányozása tekintetében is eredményeinknek jókora részét köszönhetjük. Ugyanez megismétlődött, sajnos a kedvezőtlenebb jégviszonyok miatt csak sokkal rövidebb időre, 1903 telén is.

Tanulmányaink és eredményeink ennél fogva LÓCZY LAJOS úrral közösek. Teljes lehetetlenség volna szétválasztani, hogy mi az ő észlelete s mi az enyém. Azt hiszem azonban, hogy alig van tudományos munkám, amelyben éles határát tudnám vonni a kizárólag «enyém»-nek s biztosan meg tudnám mondani, hogy mikor következett el «plágiumot» vagy «elírást» előle. Amint geográfiai tudásom, tapasztalatom egészét úgyszólván kizárólag Mesteremnek köszönhetem, azonképpen sohasem írhatom fel egy munkámra se egész joggal, hogy én írtam. De különösen áll ez a jelen esetben, amikor tulajdonképpen én csak asszisztensi szerepet vittem s a tanulmányok és eredmények oroszánrésze őt illeti. Elfoglaltsága az oka ismét, hogy átadta nekem a tollat s ezt én mint kitüntetésként a büszke örömmel vettem át, amivel a fiú veszi át atyja szerszámát, hogy helyette dolgozzék.

Annál inkább örömet okozott a munka, mert minden sora visszaemlékeztetett azokra a feledhetetlen órákra, amelyeket a világ zajától távol, együtt töltöttünk ebben az arktikus világban, tisztán a tanulmányoknál élve. Minden lépés hozott valami újat, minden egyes kirándulásunk alkalmával másnak láttuk a hangulatot s néha valóban meglepő fordulatokat tapasztaltunk. Veszedelem is volt itt-ott egy kevés, a munka néha a nagy távolságok miatt fárasztó, a parti helységek téli vendéglőinek kezdetlegessége miatt néha kényelmetlen volt, de mindent elfeled az ember, amikor szép, derült, hideg téli napon végig tekint a végtelenbe vesző jégmezőn, s megindul rajta, hogy kifürkésze ennek a rejtelmes, néma világának csodálatos titkait.

I. FEJEZET.

A BALATON TÉLI HŐMÉRSÉKLET-JÁRÁSA.

Nincs Európában tó, amelynek a jége a tavi jég tűnényeihez oly nagy-szerű jelenségeit annyira kedvező körülmények között tanúsítaná, mint a Balaton. A nagy és mély alpi tavak nem igen fagnak be összefüggő jégtakaróval, mert nagy mélységű, óriási víztömegükben annyi meleget rejtgetnek tél folyamán, hogy megakadályozzák vele az összefüggő jégpáncél keletkezését. Az északibb részek nagy tavainak óriási jégtakarója nagyon nehezen tanulmányozható a vidék lakatlansága, a klíma rendkívüli szigorúsága miatt. A mi Balatonunk három méter közepes mélysége miatt könnyű játéka a hőmérséklet ingadozásainak, s amint SÁRINGER tanulmányai bizonyítják, a tó vizének hőmérséklete igen gyorsan követi nyomon a levegő hőmérsékletének ingadozásait. Ennek következtében az alpi tavakhoz képest könnyen képződik rajta igen tetemes vastagságú jégpáncél, gyorsan fejlődnek ki rajta azok a csodálatos tűnények, amelyeket a jég hőmérsékletének ingadozása okoz s gyorsan folyik le a jég pusztulása is, mert a sekély vízréteg könnyű szerrel átmelegedik a jégtakaró alatt is, amint a tavaszodó idővel a Nap sugarai nagyobb energiával hatolnak le, talán egész a tó fenekéig. A mi klímánk rövid, rendesen enyhe tele is elegendő, hogy a befagyás, a jégmozgás és a pusztulás tűnényei gyors egymásutánban, könnyen tanulmányozható formában leját-szódjanak. A hidegebb égőv mély, nagy tavain a jégpáncél lassan képződik, azután csak nagyon lassan erősödik, az állandó hidegben alig mutatkoznak rajtuk ugyan-azok a tűnények, amelyek a Balaton jégén olyan sok okulást nyújtottak.

Egyedül Észak-Amerikában, az Egyesült-Államok területén ismerünk olyan tavakat, amelyeken a tanulmányozás épp oly könnyű, épp oly hálados, mint a Balaton jégén. Történtek is tanulmányok a Mendota és Monona tavakon (Wisc.), hasonló tűnényekről, mint amelyek a Balatonon letek meg az észlelőket.¹ Ezek a tavak mélyebbek a Balatonnál² s ennek következtében nyugodtabb a víz hőmérsékletjárása. Ezekben bizonyára van «szökkenő-réteg» (Sprungschicht) is, amit hiába

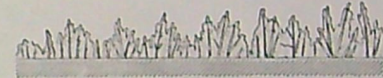
¹ E. R. BUCKLEY: *Ice ramparts*; Transactions of the Wisconsin Academy, Vol. XIII. part I. p. 141—162. Madison, 1901.

² Középmélységükre nézve nem kaptam semmiféle adatot. N. M. FENNEMANN: On the Lakes of Southern Wisconsin (Wisc. Geol. and Nat. Hist. Survey. Bull. No. VIII. Ed. ser. no. 2.) című értekezése 1902-ből megemlíti, hogy a Mendota tó legnagyobb mélysége (28. lap) 84 láb, azaz 25 m, de a középmélységet nem említi. BUCKLEY id. cikkében, az első oldalon 152 négyzet mértőldnek adja meg a tó területét és 16,880,000 köblábának a víz tömegét. Előbbi ki lehetne számítani a középmélységet, csak hogy a számok hibásak, mert a tó közepes mélységére 0-004 láb adatot szolgáltatnak, ami lehetetlen.

ezek közé fagyott vízszintes lemezekből áll. Ha valamely pocsolya éjjel befagyott, de a jég nem vastagodhatott meg kellőleg, mert a víz elszívárgott az első vékony kéreg alól, akkor csak a felső réteget találjuk reggel a pocsolya helyén. Ha bezúzzuk az ilyen jeget s kiemeljük egy darabját, észrevesszük azon valamennyi fennebb leírt alakulatot. Ha azonban ideje volt a jégnek kellőleg megvastagodni, akkor alsó lapját teljesen simának látjuk, amelyen nyoma sincs a csipkészeteknek és a pálczák dombor-rajának. A megerősödött Balaton-jég alsó lapja mindig teljesen sima, sík lap, amelyet semmiféle egyenetlenség sem zavar, kivéve természetesen a torlódott jeget, amelyről később lesz szó.

Ha az első, nyugodt fagyás után nem következik olvadás, akkor a tűket és diszitményeket könnyen észrevesszük a jég felszínén, még akkor is, amikor már a jég annyira megerősödött, hogy járni lehet rajta. Ez azonban a ritkább eset. Rendszeresen nem fagy be nyugodtan az egész tó, hanem csak egyes részei, amit a jég könnyen felismerhetünk, s ha akadunk is ilyen helyekre, azokról rendszeren már lepusztult a legfelső réteg, mert a fagyás olvadással váltakozva szokott megjelenni, közönségesen úgy, hogy éjjel fagy, nappal olvad egy keveset. Ezeknek a nappali olvadásoknak szokott áldozatul esni ez a legfelső, jégtűs réteg.

Jelentkezik azonban a jég felszínén képződött pocsolyák felszínén. Ha a jeget valami egyenetlen terhelés (pl. az úgynevezett «turolás» jégsáncza) valahol kissé behorpasztja, s ezen a horpadékon meggyűlik az olvadó vagy a repedéseken felfakadt víz, akkor ez könnyen befagyhat, a víz ismét eltűnhetik alóla s a főjégtábla felett egy vékonyabb kis jégréteg függ, rendszeren ferde csipkediszitményeire támaszkodva, s csörömpölve zúzódik össze az ember lába alatt. Az ilyen hártya mindig jégtűs, felül a tűk kissé kidomborodnak, de alsó lapja tele van csipkés díszítményekkel, amelyek valóban gyönyörűek szoktak lenni.



28. ábra. Repedések összezáródása alkalmával felmeredő jégtűs lapok.

Ha valami tágra nyílt repedés éjjel ismét befagy, akkor ezen a csendes vizen is jégtűs rétegecske képződik. Ilyent látunk a 81. ábra repedésében is. A tűk legnagyobb része merőlegesen áll a repedés irányára, de a repedés széléről gyakran sugarasan indulnak ki s kedvesen fonódnak össze a repedés másik széléről kiinduló vízszintes tűkkel. Az ilyen repedés felmelegedés idején össze szokott zárulni. Ilyenkor ez a vékony kis jégréteg kitörik, csendesesen kifordul vízszintes helyzetéből, de a jég ismeretes tulajdonságánál fogva, mindig hozzáfagyva marad a repedés széléhez. Lassankint egészen merőlegesre fordul, a vékony, horizontális lemezek kitor- nek belőle, csak az erősebb tűk állanak az összezárult repedés felett, mind függé- lyes síkban, de össze-visszahajladozva (28. ábra). Csodálatos látvány ez! A finom képződmények a repedés mentén beláthatatlan hosszú vonalban, merev, függélyes helyzetben sorakoznak egymás mellé, s mintha hártya ujjak volnának, csoportosan, sugarasan, majd szép sorban, függélyesen ragyognak a bezárult repedés felett. Az arasznyi dolgokról, sajnos, többszöri kísérlet után sem sikerült jó fényképet készítenem. Még legjobban láthatók a 74. ábrán, némileg elferdült helyzetben.

Ez a jégtűs réteg azonban, amint már említettem, rendszeren elpusztul a jég felszínéről s a csendesen fagyott jég egységes szerkezetű.

Ha ebből a jégből kivágunk olyan kis lapot, amelynek vastagsága ne legyen több néhány centiméternél s azoknak a vizsgálatoknak vetjük alá, amelyekről először TYNDALL szolt,¹ de amelyeket még szebben és a részletekre kiterjedő gondossággal hajtott végre H. SCHREYER,² ugyanazokra az eredményekre jutunk.

1. Ha a jéget eredeti lapjára merőleges nyomásnak vetjük alá, megjelennek benne a TYNDALL-féle vízvírárok, t. i. a nyomás következtében a vékony lemezek között benmaradt, csekély sós-vízhatárok megolvadnak s hatszögű, hóhelyekhez hasonló alakban csillagnak fel a jég belsejében. Minden ilyen csillagnak vagy vírárnak a belsejében üres buborék van, amely a jégnek vízzé való olvadása alkalmával bekövetkezett térfogatcsökkenésnek a következménye.

2. Gyűjtőlencsével sugárnyalábát bocsátva a jégre, kúpalakú mélyedések olvadnak ki, amelyeknek faláról könnyen leolvashatjuk, hogy a jég lemezes szerkezetű, lemezei párhuzamosak az eredeti vízfelszínnel.

3. Ha sugárnyalábát bocsátunk keresztül a jégkockán, épp úgy megjelennek a TYNDALL-féle vízvírárok, mint a nyomás következtében. Ezeknek a pompás alakulásoknak a síkja ebben az esetben épp úgy párhuzamos az eredeti vízfelszínnel, mint TYNDALL kísérleteiben.

Egyszóval tehát a Balaton jege éppen olyan szerkezetű, mint akármelyik édes-vízé, ha nyugodtan fagy be.

B) A jég hízása.

A Balaton jege tehát főleg alulról való hozzáfagyással hízik. Ezért a jégtábla alsó lapja mindig tökörsima. Néha azonban a pusztuló vízi növényzet romjai emelkednek fel s oda lapulnak a jég alsó lapjához. A fagyás aztán tovább folyik s a jég alsó részén vékony szennyréteget látunk befagyva. Ilyent találtam 1901 februárius 17-én Siófok és Alsó-Örs közt a déli parttól mintegy 4 km. távolságra (29. ábra). A jég 41 cm. vastag volt itt, alsó lapja felett 4—5 cm. magasságban világosbarna, növényi hulladékok finom porából álló réteg húzódott végig. A jég felső részére mintegy 5—6 cm. vastagon hó fagyott reá, amit azonnal felismerünk a sűrű légbuborékokról, a jég fehér színéről.

És ez gyakori eset. Az első fejezetből tudjuk már, hogy a Balaton vidékén a hóesés rendszeren enyhe idővel jár s azért ilyenkor gyakori az olvadás, majd utána a fagyás. A hó finnesedik, összekeménykedik, esetleg az olvadás vize átjárja, s fehér színű, légbuborékos jég képződik belőle. Sokszor az ilyen hóból képződött jégben szintén látunk vékony sárrétegeket. Ezeket nem tudom másként magyarázni, mint hogy a szélhordta porból származó szenny ez. Réteges elhelyezését könnyű megmagyarázni, ha a hóesés és porhullás váltakozására gondolunk. Igen érdekes darabot tanulmányoztam 1901 febr. 4-én, Siófoktól nyugatra mintegy 7 km. távolságra, a déli parttól körülbelül 2 km.-re, a tó felszínén (30. ábra). A két sáros réteg között levő havas jég abból a hóesésből származott, amelynek gyönyörű buccáit Lőczy fotografálta (114. ábra). Az efelett levő tisztább, 45 cm. vastag réteg a februárius első napjaiban történt erős olvadáskor fagyott reá a jégre. Az alsó havas

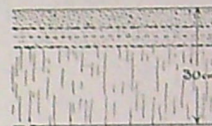
¹ TYNDALL, J.: A hó mint a mozgás egyik neme. Budapest, 1874. Term.-tud. Társ. 106. old.

² H. SCHREYER: Fleurs de la Glace. Gand, 1905. J. Vanderpoorten kiadása.

jégben egy sor légbuborék, mint külön réteg vehető észre. Ez a szélfúvás alkalmával támadt. A légbuborékok alatti hó már keményen megfűnesedett, amikor a szél reáfűtötte a felsőbb, vékony réteget. A kettő érintkezésének hatásán ott maradt a levegő nagy buborékokban elszorva. A többi havas jégben a buborékok parányi kicsikéek.



29. ábra. Szennyréteg a jég alsó lapja közelében.



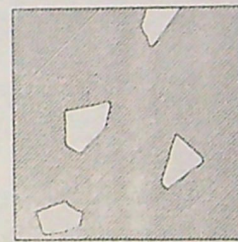
30. ábra. Hó- és sárvék.

A hóból fagyott jég felszíne a szél hatása miatt sohasem egyenletes. A régi buccák, bármennyire összekeménykedjenek is, mégis csak valamelyest megmaradnak. Ilyen helyeken fokozatos az átmenet a hóból a tömör, acélos jégbe s a jégvastagság megállapítása nehézségekkel jár.

C) Nyugtalan fagyás.

A csendes, nyugodt vízben képződő, összefüggő jégpáncznál sokkal gyakoribb a nyugtalan fagyás. Az első jégkérgét feltöri a szél, összehalmozza a szélnek kitett part mentén s újra keletkezik vékony jég, amely éppen úgy járhat, mint az első. Ha azonban tartós a hideg, ezek az összetörött, összetörődött jégdarabok egymáshoz fagnak, a vízen szabadon úszó darabok közt nyugodt vízi tábla képződik s lassankint mégis sikerül a tónak hatalmas jégpánczolt előállítani. Ilyenkor a következő formákat ismerjük fel.

1. Kevéssé koptatott, polygonális darabok, szingulárisan elszórtan belefagyva a tisztább, nyugodtan fagyó jégbe (31. ábra). Rendszeren ez az első jég tele van légbuborékokkal, fehérszínű, bizonyára a vízbe hullott hóval összekeverve, hullámmázzal keletkezett, ami igen gyakori eset. A tó felszínét ilyenkor valóságos kása fedi, amely az első szélcsendes éjszaka összefagy. Azután megint jön valami erősebb szél s feltöri ezt a táblát. Az úszó darabok befagnak a később nyugodtan fagyó jégbe.



31. ábra. Szingulárisan elszórt, kevéssé koptott sarkú jégdarabok összefagyása.

2. Erősebben koptatott darabok, sűrűn egymás mellett. Ez éppen olyan, mint ahogy FOREL leírja a Léman-tó leggyakoribb jégformáját,¹ amelyet ő «glacçon»

¹ F. A. FOREL: Le Léman. T. II. p. 382.

gâteau» néven nevez, s az angol sarkutazók «pan cake» jégével hasonlítja össze. Szabadon úszó, erősen kopott darabok ezek, sűrűn egymás mellett. Minden darabnak a peremén kis törmeléssánczocska halmozódik fel s ennek a súlya miatt a jégdarabot ellepi a víz. Csakhogy amíg ez a jégfaj a Genfi tavon nem szokott szilárd jégpánczéllá összefagyni, addig a Balatonon csakhamar összefagy. De fel lehet még ilyenkor is ismerni a kis törmeléssánczokat (32. ábra). Sőt ezek soká meg is maradnak, amint 33. képünk mutatja, amely a Balaton déli partjának közeléből való 1904. januárius hó 10.-éről. A képen látható fehér foltok efféle régi perem-sánczocsák, amelyeket a szél és némi előző olvadás kissé megbolygatott. Ezen a képen azonban a jégdarabok igen nagyok, kopásuk nem túlságos, azért a Foaze-féle glaçon-gâteau formájának sokkal jobban megfelel a 34. képen látható alakzat, amelyben a darabok már csak néhány dm.² területűek s egészen gömbölyűre koptak. Ez a fénykép a déli parttól mintegy 2 km. távolságban, 1901 februárius havában készült.¹



32. ábra. Kopott jégdarabok összefagyásából keletkezett tábla. Fenn alaprajz, alul metszet.

Hogy csakugyan későbbi fagyás ez a felső rész, azt a 36. ábrán bemutatott részlet kétségtelenül igazolja. Itt a szilárdan álló jégtáblán befagyott repedés vonul végig, de ez a sötétszínű, tiszta jég legfelső rétegét nem érintette, de nem érintette a fehér, havas töredék-jégtáblákat sem. Mindkettőnél régibb tehát.

4. Előfordul az is, hogy egyes jégtáblákat a nyílt vizen egymás fölé dobál a hullám, némelyiket meg egészen elfordítja (37. ábra). Az egymás fölé dobott táblák természetesen a fagyás után mint kis platók állanak ki a sima jégmezőből. míg az élére fordultak fantasztikus rögzök alakjában állják útunkat.

A szabadon úszó jégtáblák összefagyása alkalmával minden egyes darabnak tulajdonképpen hasonló módon kissé ki kellene emelkedni. Tekintettel azonban arra, hogy ezek az első fagyás után feltört tábla-darabok még vékonyak, kiemel-

¹ A kép közepén br. EÖRVÖS LÓRÁND graviméteres mérései alkalmával használt lakósátor áll, messze a háttérben a műszersátor látszik. Hogy a jég fényes fehér formái a fényképen láthatók legyenek, a képet nagyon röviden kellett mindig exponálni. Ez az oka annak, hogy az alakok az összes képeken meglehetősen sötétek. Az eljárás körülbelül ugyanaz, mint felhő-fotografálás alkalmával. A sárga üveglencsének nem sok hasznát vettük, a felvételek nélküle jobban sikerültek.



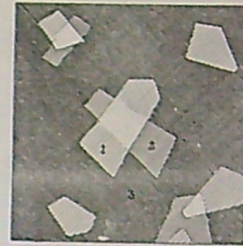
33. ábra. Kopott jégdarabok összefagyásából keletkezett tábla. A darabok peremén felhalmozódott törmelék nyomai még látszanak.



34. ábra. Erősen kopott, úszó jégdarabokból összefagyott tábla.

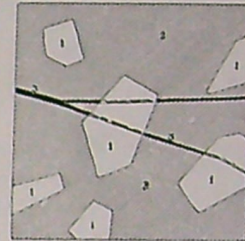
kedésük aránylag csekély: a legelső nappali olvadás és éjjeli fagyás, különösen pedig az első hó teljesen eltünteti ezt az egyenetlenséget. Gyakran meglátászik azonban a jégen s ilyenkor kellemetlen a rajta való járás.

Még egyenetlenebb lesz a jég felszíne, ha a darabokat a szél és hullám egymásra dobálja s valóságos torlódott, halmozott jeget épít a darabokból. Sokszor az apró, alig ujjnyi jégtáblák egészen szabályosan, szorosan egymáshoz vannak



35. ábra. Szilárdan álló jégtáblára kidobált tábla-darabok.

1. Legfelső, kidobott tábla, 2. az előbbi alá került, kidobott tábla, 3. szilárdan álló jég.



36. ábra.

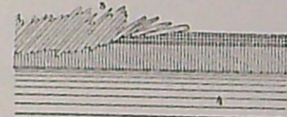
Repedés az alsó, szilárdan álló jégtáblában, amely régebbi keletű, mint a jég legfelső rétege és a töredék idejutása.

rákva, mintha mesterségesen rakták volna össze a fedécserepek módjára (38. ábra). A jég felszínén csakhamar simára leolvad az egymáshoz szorított, olykor függőlyesen álló különböző csapású cserepek kiálló pereme és mozaikszerű rajzokat ad. Mászor azonban durvább, nagyobb táblákból halmozódott így fel a jég s az élükre fordult táblák egyenetlenné teszik a jég felszínét úgy, mint a jég alsó lapját. Ilyen helyen aztán a jeges halászat nagy nehézségekbe ütközik, mert a háló az alul



37. ábra. Egymásra dobott és elfordított jégtáblák.

1. Később fagyott, fűjégtömeg, 2. szabadon úszkáló darabok, 3. egymás fölé került táblák, 4. elfordult táblák, 5. víz.



38. ábra. Szabályosan összetorlódott vékony jégtörmelék, újra összefagyva és alul kiegyenlítve.

1. A torlódás előtt, 2. a torlódás után fagyott jég, 3. torlódás, 4. víz.

mélybe nyúló tábladarabokon fennakad. Különösen akkor kellemetlen ez, ha hosszabb ideig tartó enyhe idővel a jég felszínén levő egyenetlenségek elsimultak, aztán az egészet belepíti a hó s nem lehet látni, hogy hol van ilyen halmozódott szerkezete a jégnek.

A 39. ábra apró jégcserepekből torlódott jeget ábrázol, míg a 40. kép nagyobb-szerű torlódást mutat. Az előbbi a világosi fürdő és Siófok közt észleltetett 1904

jan. 10-én, az utóbbi pedig Boglár előtt 1903. január 29-én. Ezen az utóbbin mind a három, már tárgyalt forma felfedezhető.

5. Rendkívül érdekes alakulásokat lehet látni akkor, ha a részben befagyott tó jégtáblái között a nyílt víz csendes idővel fagy be és befagyáskor hó hull a



41. ábra. Szalagos szerkezetű jég Boglár és Révfülöp közt, 1903. február 6-án.



42. ábra. Hócséssel, nyugodtan fagyott jég. Boglár és Révfülöp közt, 1903. febr. 6-án.

vízbe. A vízbe hullott havat a víz csodálatos szalagokba hajtja össze (41. ábra), amelyek finom, kanyargós, lágy-vonalú idomok alakjában díszítik a jeget. Fényképen is fel lehet ezt a különös alakulást tüntetni, mert a fehér, havas jég jól elűt a tisztán fagyott jég sötét, palaezkezőld színétől (42. ábra). Sajátságos, vékony, kettős szalagokat veszünk ezeken észre, amelyek helyenként bámulatos szabályosan tűnnek fel. Helyen egészen szabályos részletet is rajzoltam, nagy gondnal, méretekkel

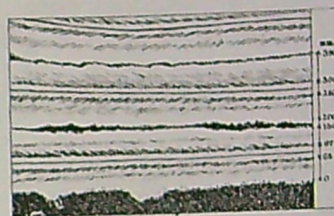


39. ábra. Apró jégcserepekből torlódtott jég Siófok és Világos közt.

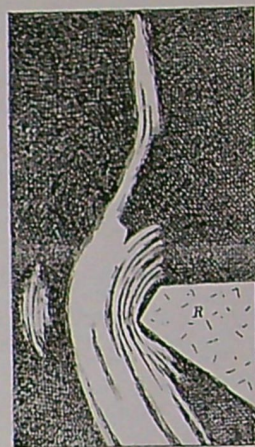


40. ábra. Jégtorlódás Boglár előtt, 1903. január 29.

(43. ábra). A teljes szalagok mintegy 20 cm. szélesek. Közepükön valamivel homályosabbak, mint a széleiken, de ebben a középső, homályos részben két fényes csík fut végig, amelyek között leghomályosabb az egész szalag. A két fényes csíkot a szalag irányához harmincz fokkal hajló, vékony sugarak kötik össze a külső, fényesebb részzel. Az egész fehér, alaktalan fátyol, amely a hóra emlékeztet, csak vékony réteg a kemény jég tetején. Hogy csakugyan hóból származik, amely a 0°-ú vízszinre hullott s a szél hordta össze, annak tanuságául szolgálhatnak az olyan helyek, ahol a jégrögökhöz simul a szalagrendszer. Ilyent látunk a 44. ábrán. A szél gyorsabban hajtotta a jégrögöt, mint a vízre hullott havat s a jégtábla-darab összetolta a havat a víz színén. Kétségtelen, hogy a sza-



43. ábra. Szabályos hószalagok.

44. ábra.
Régi jégrögökhöz simuló hószalagok.

bályos szalagok a kristályosodással összefüggésben állanak, mert nagy szabályosságuk és a 30°-os sugarak helyzete másként nem magyarázható.

Minthogy a Balatonon az északi szél szokta leginkább feltörni a jeget, azért a nyugtalanul fagyott, összetorlaszott jeget leggyakrabban a tó déli partjának közelében találjuk, míg az északi partok mentén gyakori a nyugodt fagyással keletkezett jég. Torlaszos jég gyakori a kenesei és akarattyai partok mentén is, a tó északkeleti partjain, mert a nyugati szél, különösen enyhe hőmérséklete miatt, szintén alkalmas a jég feltörésére.

Az észlelések ideje alatt mindig az ilyen helyeken találtuk legvastagabbnak a jeget, de nem lehetett a vastagságra nézve számértéket adni, mert a jég rendetlen, igen különféle vastagságú volt, sokszor ki sem lehetett emelni a «diribet», t. i. azt a köbalakú jégdarabot, amelyet ki kell vágni a jégből, hogy a víz színéhez jussunk.

A legvékonyabb rendesen a Tihany-szántódi szorulatban volt a jég, itt sohasem volt olyan erős, mint a tó többi részén. Ezt annak a heves áramlásnak lehet tulajdonítani, amely a szorulatban állandóan, majd egyik, majd a másik irányban haladva, a befagyást lassúbbá tette s a melegebb víznek felülkerekedésével a jég hízását megakadályozta. Azt hiszem, hogy ami jégvastagodás olyankor történt, amikor az áramlás megszűnt s a víz nyugalomban volt, azt aztán a legközelebbi

erősebb áramlás ismét elővasztotta, legalább részben. Ezért nem tudott itt a jég sohasem igazán megerősödni.

Ezen kívül gyengén fagyott be mindig a partszél Szepezd előtt és a szigligeti öböl keleti szélénél, az előtt a tompa félsziget előtt, ahol a szigligeti halmok benyulnak a tóba. Úgy Szepezd előtt, mint a szigligeti félsziget előtt források bukkannak elő, közvetlen a part mentén s ezek nem engedik a jeget megerősödni. Igen szigorú hidegben is Szepezd előtt nyíltan találtam egyes foltokat, a szigligeti félsziget előtt pedig a jég igen gyenge volt s tele volt gázbuborékokkal, amelyek kétségtelenül a felfakadó forrásvizekkel együtt emelkedtek fel.

Igen szabályos, kerek ilyen forrás feletti nyílást, a balatoniak elnevezése szerint «hevest»-t találtunk a kerekedi öbölben, közel «Kuszkó» (kuczkó) nevű keleti széléhez. A víz itt is befagy eleinte, azonban a teljes befagyás után, amikor a kerekedi öböl rendes áramlása megnyugszik, csakhamar kicsiny kerek, vagy küllőscsillagos szélű nyílások keletkeznek. Majd nagyobb foltokban ázik föl a jég. Kezdetben ezek felett, hideg éjjeleken vékony jégtakaró támad, amit puszta kézzel be lehetett törni, pedig a jég a tó többi részén 30 cm. vastagságú volt. A folt nyílt vizén gyakran lehetett látni, hogy nagy buborékok emelkednek fel. Ezeket megpróbáltuk vízzel telt gazométeres üvegcsőben felfogni, de a nagy hidegben mindig befagyott a víz a cső alsó vékony megszorulásában, amelyet forrasztó lámpával összeömlesztetni kellett volna. Alacsonyabb olvadáspontú folyadék nem lévén kéznél, a sikertelen kísérletezést abba kellett hagynunk. Mivel a közelben, künn a réten szénsavas források bukkannak elő, nagyon valószínű, hogy itt is ilyen szénsavas víz bugyog fel. Lehet azonban, hogy mocsárgáz is szabadul ki, mert a kerekedi öböl nádas bozótjának iszapjában az bőven van.

A Balaton-parti lakók sokat beszélnek a «hevesek»-ről s a tanulmányozókat is mindig óvták tőlük, de oly gyéren fordulnak elő, mindig az északi part közvetlen közelében, hogy inkább a part mentén csuszáló gyerekekre veszélyesek, míg a tó tükreén sohasem láttunk, egyetlen egy hevest sem találtunk az észlelések ideje alatt.

III. FEJEZET.

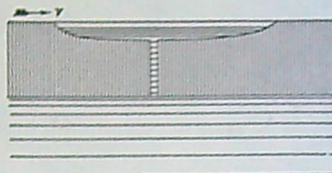
A JÉG PUSZTULÁSÁNAK TÜNEMÉNYEI.

A Balaton jége sokkal változatosabb sorsnak van alávetve, mint az egyszerűbb klíma alatt álló tavaké. Egész télen a növekedés és a részleges pusztulás fázisai következnek egymás után, mert hideg periódusaink közelről sem tartanak soká. Az egy-két hétig tartó, állandó kemény hideg a ritkaságok közé tartozik, hanem rendszeren néhány olyan nap iktatódik közbe, amelyen legalább nappal olvadás észlelhető. Ez az oka, hogy az édesvízi jég legfelső, horizontális tükreől képződött rétegét sohasem találjuk meg a jégen, hanem mindig az egész jéglap vízszintes lemezkeszövetű s csak a felülről hozzáfagyott hó és hólé tesznek ez alól kivételt.

Amikor tartósabb meleg idő következik be, ez a legfelső, firnből és összefagyott olvadás-vízből keletkezett réteg esik áldozatul a Nap sugarainak, vagy az enyhe szélnek. Néha meleg eső is hull a jégre, amikor gyorsan pusztulnak a legfelső rétegek, különösen a légbuborékos, felhőszínű, hóból fagyott részek. Az így keletkezett víz azután vékony rétegben ellepi a jeget. Ha kemény hidegre hirtelen áll be a langyos idő, akkor a jégpáncél kemény, kevés rajta a rés, amelyen a víz lefolyhat s akkor sokáig megmarad a jégen s a legszebb reflexiók, fényjelenségek, tükrözések keletkeznek rajta. Ha a vízréteg vékony, úgy nem lepi el egyenletesen a jeget, hanem a sekély mélyedésekből egyes, pár milliméterrel magasabb részek szigetszerűen emelkednek ki. Tanúság ez arról, hogy a jég felszíne nem teljesen sík, amit főleg a felszínére hullott hónak, meg az alul módosítólag ható áramlásoknak tulajdoníthatunk. Említettem, hogy különösen erős az áramlás a Tihany és Szántód közötti szorulat mélyebb részein. Azért a jég itt a legvékonyabb s ez nemcsak a jég alsó lapján jelentkezik, mint egyenetlenség, hanem a felső lapon is mélyedés keletkezik emiatt, mert az igazi geoid nivófélületet a víz színe állítja elénk, amelyen a jég úszik. A tihany-szántódi szorulat vékony jége csekélyebbet emelkedik ki a vízből (a geoid nivófélületből), mint a nyílt tó vastagabb jége s azért ez a jég felszínén mélyedés gyanánt jelentkezik s itt fut össze a legtöbb víz, ami a jég felszínére jutott. Még amikor nincs is víz a jég felszínén, akkor is itt találjuk ennek a tüneménynek legtöbb nyomát.

A felszínen képződött víz ugyanis sajátságos, kerek, kicsiny lyukakon át bűgva, örvényelve folyik le a jég alá. Amikor nagyon felmelegszik a jég, vertikális irányú, sűrű rések támadnak rajta, amelyekről később szólunk. Egyes helyeken azonban ezek a rések elég bőségesek lesznek, hogy a víz lefolyásra induljon bennük. Amint ez megkezdődik, a lyukak kibővülnek a beömlő meleg víztől s 2–10 cm.

átmérőt is elérnek. Ha tiszta üveges a jég, amelyen képződtek, akkor a függélyes lyuk felett kis tálszerű medencze keletkezik, amelynek átmérője 10–50 centiméter (45. ábra). Ennek a kis, tiszta vízzel töltött medenczének a keletkezése a következő: Amikor ilyeneket láttam a tavon, mindig erős nyugati, meleg szél horta meg az olvadást. A szél a tó vizében a jég alatt is mozgásokat indít, különösen azért, mert ilyenkor már széles rések tátonganak a szél felőli part mentén, meg az elpusztult «turolások» helyén, a melyeket a nép «rianás» néven ismer. Tudjuk az ön-

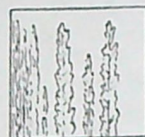


45. ábra. Tiszta jégben képződött lefolyó rész keresztmetszete. (1901. III. 5.)

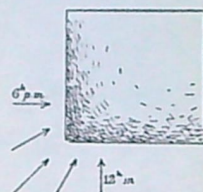


46. ábra. Lefolyó lyukak a havas jégben, lecsapoló árkokkal. (1903. II. 6.)

működő vízállásjelzők feljegyzéseiből, hogy a víz a jég alatt is denivellálódik, sőt ilyenkor igen szép szabályos ingások jelentkeznek. De a szél sűrű ingásokat is idéz elő a jégben, mintha a jég alatt is hullámozna a víz. Annyi bizonyos, hogy ezekben a kerek nyílásokban sűrűn ingadozik ilyenkor a víz, felbukkan, előnti a kis medenczét, aztán megint visszahúzódik. Egy-egy erupciójának teljes fázisa mintegy 2 másodpercet vesz igénybe (1901 március 5-i feljegyzéseim szerint). A víznek ez a könnyed ingadozása igen kedves látvány s teljesen megmagyarázza a tálszerű



47. ábra. Ezüstlevelek képződése az olvadozó jégdarabban.



48. ábra. Az ezüstlevelek tájékozódása a napsugarak horizontális vetülete irányában.

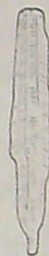
mélyedés keletkezését. Ez a kis tál később mélyebb lesz, állandóan előntve tartja a víz s bár ekkor is folyton ingadozik, de a szél finom, apró fodrokat borzol a színén, s ezek a parányi hullámok elnyújtják a tálat a szél irányában, tanusítva a hullámok pusztítását a tál peremén.¹

Máskor megint olyankor láttam a lefolyó kutakat keletkezni, amikor havas jég, valóságos firn borította a jég felszínét. Ebben a hóban sajátos kis lecsapoló

¹ Emlékeztetnek ezek a kis víznyelők a Kilavea látatavaira, ahol a láva szintén kibukkan és ismét visszahúzódik, többszörös ismétlésekkel.

árokcskákat vésett a lefolyó víz (46. ábra). Később ismét befagytak ezek a víznyelők kutacsokká s szép tiszta, üveges jég töltötte ki a lyukakat is, meg a kis lecsapoló árkokat.

Ha ilyen olvadási idővel kiemelünk egy darab jeget s azt kitesszük a Nap sugarainak, különös tűnényt veszünk észre. A kitett jégdarabon, eredeti felső és alsó lapjára merőleges síkokban gyönyörű, ezüstfényű, jégvirágokhoz hasonló díszítmények nyulakodnak fel, alulról felfelé. Mindegy, hogy a jeget eredeti felső, vagy eredeti alsó lapjára fektettük-e, a felfelé tolakodó, gyorsan fejlődő ezüstlevelek mindig alulról felfelé nőnek, vagyis, ha pl. a kivágtott jégdarabot eredeti helyzetének megfelelően emeljük ki a jégre, akkor az ezüstlevelek a volt alsó oldal felől növekednek felfelé, ha pedig a diribet kifordítjuk a lékből, úgy hogy eredetileg felső lapján nyugalodik, akkor meg erről a felső lapról indulnak ki az ezüstlevelek, tehát megint felfelé (47. ábra). Ha a jégdarabot oldalára fektetjük, akkor vízszintesen képződnek ezek az ezüstlevelek, de sokkal lassabban, mindkét eredeti víz-



49. ábra. Jéggyertya.



50. ábra. Poligonális árkok a jég felszínén, a gyertyásodás kezdetén.

szintes lapról kiindulva. Amikor a függélyesen álló diribet már egészen elhomályosították az ezüstlevelek, az oldalára fordított darabon még alig mutatkozik valami.

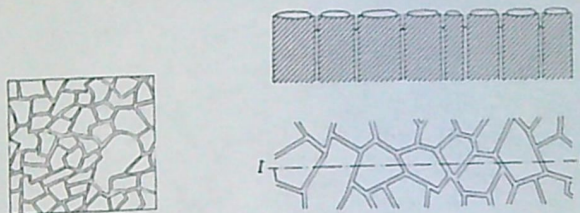
Az ezüstlevelek még más irányban is tájékozottak, de már nem olyan szigorú szabályossággal. Lapjukkal ugyanis mindig merőlegesen fejlődnek ki a mindenkor napsugarak horizontális projekciójára (48. ábra). Amint aztán a Nap fordul, az új ezüstlevelek is mindig más és más síkban fejlődnek ki s végre annyira behálózódik az eredetileg kristálytiszta jégdarabot a Nap felőli oldalon, hogy nem lehet többé a részleteket megkülönböztetni, csak itt-ott csillanik még fel az ezüstlevelek határozott kristályosságú szövete s a jég homályossá lesz. A Naptól elfordult oldalon csak egy-két ilyen ezüstlevél keletkezett, amelyek napnyugtáig sem tudtak egészen felhatolni a jégdarabon s gyönyörű, finom szövetségük valóban csodálatra méltó.

Amikor az ezüstlevelek felértek a felső lapig, egymással is metszésbe jöttek: lassanként elvesztik virágalakjukat és simább, egyszerűbb, fényes lapok lesznek. Ha most erre a jégre a fejse fokával reáütünk, csörömpölve hull szét poligonális, nem nagyon szabályos hasábokra. Ezt a tűnényt a nép «gyertyásodás»-nak nevezi s innen véve a szót, mi a hasábokat a tárgyalás egyszerűsítése kedvéért jéggyertyáknak nevezhetjük. A jéggyertyák tehát azok a nem nagyon szabályos, poligonális hasábok, amelyek a napsugarak hatása alatt az olvadásnak induló jégből

keletkeznek (49. ábra). Oldalaikon még jól fel lehet ismerni a vízszintes recézést, amely a fagyás alkalmával egymásra boruló, finom lemezeknek a nyoma. Tudjuk, hogy ez a recézett árulója a jég olyatén szerkezetének, hogy édesvízi jéglemezkek közé sós vízi hártványok vannak közbefagyva. A gyertyák nem mindenütt egyenlő vastagok, hanem lépcsős beugrások, vállak láthatók rajtuk, amit különösen annak lehet tulajdonítani, hogy az ezüstvirágok alul sűrűbben vannak, mint a dirib felső részein. Az alsó rész tehát kisebb gyertyákká hullik szét, mint a felső rész.

Ha a meggyertyásodott jégdarabot nem zúzzuk szét, hanem ismét fagynak, pl. az utána következő éjjeli fagynak tesszük ki, akkor annak alsó lapján jól lehet látni azokat a vékony kis árkokat, amelyek poligonálisan behálózva a jéglapot, megfelelnek az ezüstleveleknek.

Amikor a jég eredeti fekvésében, mint összefüggő tábla borítja még a tavat s minden hó leolvadt már róla az állandóan tartó enyhe időben, akkor ennek a felszínén is megjelennek a kis árkocskák, amelyek eleinte nagyobb poligonumokat, később mind apróbbakat kerítenek körül. Néhány ilyen poligonális mintát méré-



51. ábra. Poligonális árkok a jég felszínén, a gyertyásodás teljes kifejlődésekor.

52. ábra. A gyertyásodott jég felszínének metszete és alaprajza.

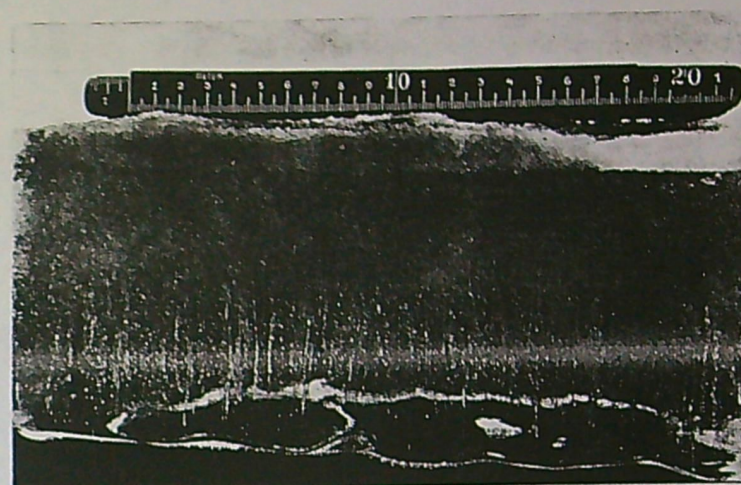
sekkal egybekötve, nagy gonddal leváztam (50. és 51. ábra). Ahol még a poligonumok nagyok, ott a jég nem hullik szét gyertyákká, tiszta, aczélos.

A teljesen kifejlődött gyertyásodás árkai igen mélyek, a zsebkés éle egészen leszalad bennük. A gyertyák tetején kis homorú, siker mélyedés van, amelyen szétlapult domború kis vízseppeske csillog (52. ábra). Ha ezt a vízseppeszkét letöröljük, sajátságos, selymes fény fut végig a környezetén, mintha az egészet szappanos, nyúlós hártva borítaná. A letörölt vízsepp helyén azonnal új képződik. Igen különös látvány ez s eleinte nagyon meglepett.

A fagyás alkalmával elmondottak alapján tudjuk már, hogy ez csakugyan nyúlós hártva, a legelőször megolvadt, koncentrált sós víz, amely a gyertyákat elválasztó, hajdani ezüstlevek mentén szivárgott ki a jég belsejéből a felszínre s azt nyúlós hártva gyanánt vonja be. Elég a nyelvünkkel érinteni, hogy meggyőződjünk annak lugos, erősen sós voltáról. Ismerik ezt a tünneményt a sarkutazók is «rasszól» név alatt.¹

Ha a gyertyásodott jég ismét kemény hidegre kerül, akkor összefagynak a gyertyák s a hajdani ezüstlevek helyét függőleges sorokba elhelyezkedett levegő-

¹ L. H. ARCTOWSKI: Die antarktischen Eiseverhältnisse; Peterm. Mitth. Ergänzungs. Nr. 144. 76. oldal.



53. ábra. Gyertyásodott és újra összefagyott jégdarab a déli part torlódásaiból. Felül a jégdarabra hullott hó, alul a jégen keresztül annak alsó, síma lapja csillog át.



54. ábra. Olvadozó jégdarab, amelyből egyes gyertyák kihullottak, s így a jégdarabon lyukak támadtak, mint a «karr»-osodó mészkövön.

bubordékok jelzik. Ilyen, egyszer már gyertyásodott s újra megfagyott jégdarabot látunk a VIII. táblán az 53. ábrán. Ez a jégdarab künn feküdt a déli part torlászai között s ott sütötte meg a nap annyira, hogy gyertyás lett.

Ha az olvadozás még tovább folyik s a szabadon kívül levő tábla olvadozni kezd, akkor egyes gyertyák kihullanak s a jéglap olyan lyuggatott lesz, mint valami «karrosodott» mésző-darab (VIII. tábla, 54. ábra).

Mi lehet tehát ez a tűnemény? A TYNDALL-féle vízvírárok parányi képződményei mutatkoznak ugyan, de egészen elenyésznek a hatalmas ezüstlevelekhez képest. A gyertyák falán látni a FOREL-féle recézettséget, amely, tudjuk, hogy a vékony lemezeknek, sós és kevésbé sós rétegeknek a váltakozása folytán keletkezik. Miért nem válik el tehát a jég a TYNDALL-féle jégvírárok mentén, a lemezekkel párhuzamosan, mint ahogy a fagyáskor képződött s miért éppen ezekre merőlegesen? DRYGALSKI ezt nem magyarázza meg világosan, mert az az állítás, hogy a lemezek mindig hasonló idomban fagnak egymás alá s így a jégnek ez a szerkezete már fagyáskor indokolva volna, nem állja meg a helyét, mert tapasztalataim szerint a lemezek sokkal nagyobbak, mint a későbbi poligonális idomok, aztán meg egész rendetlenül, a hézagokat átkötve, minden korlát nélkül képződnek. A már kész lemezréteg alakja semmiképpen sem folyik be az alsó, utána következő lemezeknek az alakjára. Nem magyarázta meg ezt a tűneményt QUINCKE sem, aki úgy látszik, nem is foglalkozott vele behatóbban.

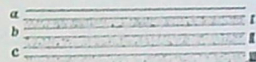
Nagyon fontos megjegyezni valónk mindenekelőtt, hogy a friss jég, ha olvadozni kezd is, csak tökéletlenül gyertyásodik. Így pl. az a jég, amelyet a 60. ábrán látunk, Boglár partjaira hatalmas torlaszokban kihányva, langyos idővel hanyódtott ki, s mégis aczélos, alig gyertyásodott volt, pedig a Nap többszörösen megsütötte. Csak későn, kihányatása után egy hónappal kezdett gyertyásodni, de gyertyái sokkal egyenetlenebbek, egészen aprók, a fagyás-lapok szerint is igen könnyen elváltak s azért inkább durva murvává hullott szét az egész, amelyben a hegyes, tűszerű alakzatok domináltak. A 63. ábrán látható, végleg kihányt jég, amelyet 1904 februárius 16.-án vert ki a szél, tehát tél végével: tökéletesen gyertyás volt, egyetlen ütés a jéglapok valamelyikére elegendő volt, hogy csörömpölve széthulljon az egész, szabályos, szép, száraz gyertyákra.

Eszerint tehát a gyertyásodáshoz szükséges belső szövet ugyan mindjárt a fagyással megindul képződni, de tökéletessé csak hosszabb idő múlva válik. Olyan folyamat tehát, amely a fagyás után lassanként, fokozatosan állítja elő ezt a szövetet. Ha a gyertyákká széthullani készülő jégdarabot gondosabban megtekintjük, azt vesszük észre, hogy a gyertyák közt levő vékony, függélyes rés a jég eredeti alsó lapján sokkal szűkebb, mint a jég felső lapján. Az árkok az alsó lapon csakugyan olyan keskenyek, hogy a kés pengéjét nem lehet beletolni, míg a felső lapot szelvelő árkokba a zsebkés pengéje egész tövig leszalad. Fenn tehát a szélességük egy milliméternél is több, míg alul csak néhány tizedrésze ennek. A jéglap felső rétegeiben eszerint a gyertyásodás teljesebb, tökéletesebb, mint az alsó rétegek között. Ha tehát a gyertyásodás a kész jégtáblán lassanként indul meg, s fenn erősebb kifejlődést találunk, akkor olyan folyamatnak kell lennie, amely felülről lefelé hatol előre a jégtábla belsejébe.

Könnyen megtaláljuk már most a magyarázatot, ha visszaemlékezünk a fagyás folyamatára.

A legfelső, horizontális optikai tengelyű, horizontális kiterjedésű tűk rétegére

egyelőre ne legyünk tekintettel, gondoljuk, hogy ez már készen van s most a vékony lemezek fagnak egymás alá. Legyen az 55. ábrában *a* a már kész kis lemezke vertikális metszete. Ez éppen most készült el, hőmérséklete tehát 0° , vagy ahhoz nagyon közel áll. Alatta a kivált sóból erősen koncentrált folyadékrétegszeke van, amelynek az olvadáspontja legyen pl. a 0° alatt 2° , közvetlenül az *a* lemezke alatt s innen lefelé a só lassú diffúziója miatt az olvadáspont fokozatosan emelkedik, mert mind kisebb a koncentráció, míg végre a majd készülő *b* lemezke felső lapjánál megint a folyadék eredeti sótartalmát találjuk 0° -hoz közel álló fagyásponttal. A jégképződés azonban folyik tovább. Az *a* lemezke lehül 0° alá, lehűti az alatta levő sós réteget s elveszi a *b* rétegből az olvadási hőt s akkor a *b* réteg is megmerevedik, de rögtön kiválik belőle a só s a *b* jéglemezke alatt halmozódik fel. Legyen most az *a* lemezke hőmérséklete -1° , az *i*. sós rétegé 0° , de ezen tudjuk, nem fagy meg, a *b* lemezke hőmérséklete szintén 0° , de ebben kevesebb a meleg, mint az *i*. sós rétegben, mert hisz már megfagyott. Így megy a folyamat tovább. Az *a* lemezke lehül teszzen -2° -ra, az *i*. sós réteg -1° -ra, a *b* lemezke szintén, a *ii*. sós rétegszeke 0° -ra, az alatta levő *c* normális sótartalmú réteg szintén 0° -ra, de még nem fagyott meg. Még további lehűlés kell ehhez. Az *a* lesz -3° az *i*. lesz -2° , de még víz, a *b* szintén -2° , a *ii*. -1° , a *c* 0° -ú jég stb.



55. ábra. A fagyás folyamata.

56. ábra. A fagyás folyamata az *i*. sós réteg megfagyása után következő pillanatban.

Csak a példa egyszerűsége kedvéért vettem kerek számokat. Ilyen nagy hőmérsékleti gradiens felfelé persze nem lehet, de a dolog lényegén az nem változtat.

Most következik azonban a nevezetes fordulóponthoz! A sós víz a lemezek között lassan szivárog lefelé, de még mindig megmarad a lemezek között, mint nyúlós hártya. Az *a* most lehül -4° -ra, az *i*. sós réteg még mindig -2° , de megfagyott, a *b* szintén -2° , a *ii*. -1° , a *c* 0° -ú jég stb. A közbezárt sós víz megfagyása tehát a hőmérsékleti gradienst az öt bezárt rétegek között emeli, mert amint példánkban is látjuk, az *a* és *b* rétegszekek között most 2° a differencia. Amint az *i*. megfagyott, az áthűlés terjedhet tovább lefelé, de ennek a megfagyása némileg feltartóztatja.

Az *a* réteg eddig, ha lehűlése közben összehúzódott, horizontális méretei megesőkentek, azt nyugodtan tehetjük, mert alatta síkos, olajszerű, sűrű sóoldat volt, amelyen elcsúszhatott. Abban a pillanatban azonban, amint a közben levő *i*. sós réteg megfagyott s az *a* szükségképpen tovább hűlt, akkor már nem képes egyszerűen összehúzódni, mert nem csúszhatik el az alatta levő *b* lemezken. Ekkor épp úgy összeroppan poligonálisan, mint a száradó agyag, amikor száradása közben térfogata csökkenik. Sőt még kissé fel is görbül minden egyes cserép, mert még a vékony *a* rétegszekekben sem egyenlő a hőmérséklet mindenütt. Előáll tehát az 56. ábrán látható helyzet.

A sós víz, a Tyndall-féle virágok tanúsága szerint, szintén kristályok alakjában fagy, tehát pálczikák, lemezek képződnek, amelyekből fagyáskor szintén kiválik

a só s most ezeknek a kristályoknak a felületét vonja be végtelenen vékony hártával, amely olyan erősen koncentrált sóoldat, hogy még ezen a hőmérsékleten sem fagy meg, hanem kiszivárog és megtölti a repedéseket és a felgörbülés folytán származó üregecskéket.

A folyamat többi részét már könnyen elképzelhetjük. Amikor a *ii*. sós réteg megfagyott, a legkisebb további hűlés következtében összeroppan a *b* rétegszeke, természetesen éppen ott, ahol felette az *a* réteg repedései mennek. Az 57. ábrában látjuk ezt a helyzetet. Így megy ez a folyamat tovább. A repedések rétegről-rétegre fokozatosan hatolnak lefelé és megtöltődnek igen erősen koncentrált sós vízzel. A tűnemény folyton tart, amíg a fagyás lefelé hatol (58. ábra).

Hogy a vékony lemezek csakugyan ilyen összeroppanást és némij parányi felgörbülést szenvednek, arról könnyű szerrel meggyőződhetünk, ha vasedényben egy-két milliméter vastag jégképződést fagyasztunk meg, de mégis annyit, hogy a felszínen képződő horizontális kristályosodású részek ne érhék a fenéket. Mert ha ez megtörténik, akkor a fenékhez a díszes felszíni fagyás figurái fagnak hozzá s az ablakon levő jégvirágokhoz hasonló díszítmények keletkeznek, amelyek a további hűlés hatása alatt vezérvonalakkal összeeső irányban repedeznek össze. Ha a vékony, helyesen fagyasztott réteget erős lehűtés után leválasztjuk az edény fenekéről, úgy

57. ábra. A fagyás folyamata a *ii*. sós réteg megfagyása után következő pillanatban.

58. ábra. A fagyás előhaladásával támadt, sós vízzel kitöltött függőleges repedések.

hogy az edényt meleg kályhára helyezzük pár pillanatra, az alsó lapon ott látjuk a repedések poligonális hálózátát. DRYGALSKI is észrevette ezt, sőt az edény falára fagyott jég ilyen szerkezetéről staniol-lenyomatot is készített s azt közölte.¹

A jég tehát az eddigiek szerint felülről lefelé fokozatosan szűkülő repedésekkel van tele, amelyeket sós víz tölt meg. Ez szintén bele van fagyva a repedésekbe s azért a jég belsejében semmit sem veszünk észre. Most azonban tegyük fel, hogy a jég megint egész tömegében felmelegszik 0° -ra. Akkor a repedések bezárulnának, de nem lehet, mert a hajszálvékony réseket megtölti a sós vízből kivált jég, amely a becsukódást, a jég kinyúlását megakadályozza. Ha a jéglemez egész szabad, súlytalan volna, akkor azt vennők észre, hogy meggyöngyösödne és pedig felső színe domború lesz, mert az nagyobb térfogatot foglal el, mint az alsó rétegek, amelyek azelőtt sem igen különböztek a 0° -tól. Ha egy meggyöngyösödött, merev lapot lenyomunk, úgy hogy síkba helyezkedjék vissza, akkor homorú lapjáról kiindulólág repedések támadnak benne, amelyek egészen a lemez közepéig felhatolnak, egész az *ü. n.* „neutrális szálga”, amelyben sem húzás, sem nyomás nem szerepel.

Eszerint tehát, ha a jég felmelegszik megint s a vízben saját hatalmas súlya miatt nem tud meggyöngyösödni: okvetetlen meg fog repedezni, alsó lapjáról kiindulólág. A repedések természetesen megint ott képződnek, ahol a felső repedések

¹ DRYGALSKI: Grönland-Expedition, I. köt. 488. oldal, 52. ábra.

folymatai lehetnek. Ezek megint megtekinnek sós vízzel, amely a TYNDALL-féle virágok helyéről szivárog a vertikális hasadékokba.

Minél gyakrabban ismétlődik a jég lehülése és felmelegedése, annál jobban kifejlődnek a repedések s annál több sós, nyúlós hártya képződésére alkalmas oldat gyűlik össze bennük.

Fokozatos folyamat ez tehát, amelynek áldozatul esnek a TYNDALL-féle jégvirágok legnagyobb részt s a legtöbb sós ezekben a vertikális repedésekben gyűlik össze.

Érthető már most, hogy a napsugarak hatása alatt legelőször ezek a sós vízzel telt falak olvadnak meg s remek ezüst levelek alakjában látszik meg a helyük. Hogy mindig alulról felfelé indulnak meg legelőször, annak az az oka, hogy az alul nyitott repedésen a sós víz könnyen kifolyik s betödül helyette a levegő. Ezért van olyan ragyogó ezüst színük. Ha azonban felül indul meg az olvadás, a résből a megolvadt sós víz nem tud kifolyni, hanem felszedi magába a résben levő még meg nem olvadt részek sóját s ezzel az olvadáspontot felemeli. Felülről tehát sokkal nehezebben indul meg az ezüstlevelek képződése, mint alulról.

A napsugarak vetületére merőleges lapokon azért kezdődik meg legelőször az olvadás, mert ezek kapnak legtöbb meleget a felületegységre. Az élével álló rés sós vize alig kap valami parányi sugárzást, a ferdén álló lapok pedig a fénysugarak vízszintes vetületéhez való hajlásszögüknek sinusa arányában mind kevesebbet és kevesebbet. Hogy az ezüstlevelek szerkezete kristályos, az természetes, hisz a közbefagyott sós víz, még ha nagy hidegben, mint kriohidrárt fagyott is meg, akkor is kristályos szövetet vett fel.

Ha a jég eredeti helyén, még a víz színén kezd gyertyásodni, természetes, hogy az árkok először a felszínén fejlődnek ki, mert ezt közvetlenül éri a napsugár. Meglehet azonban, hogy alulról indultak ki ezek is, csak hogy víz töltötte meg az ezüstleveleket, azért kevésbé látszanak s csak akkor vesszük észre őket, amikor a felszínre felértek. Ezt azonban nem figyeltem meg, erre nézve nincsenek észleléseim.

Igen fontos, általános érdekű következtetést merek azonban ezekből a tényekből levonni, amely ugyan nem tartozik szorosan a tárgyhoz, de jelentős volta miatt fel kell említenem.

DRYGALSKI nagy munkájában, amelyet ezekre a dolgokra nézve összefoglalónak tekinthetünk, «Korn» nevezet alatt összefoglalja a gleccser-szemeket (Gletscher-Korn), a tengervízben képződött jég diónyi szemeit, meg az édesvíz jégében képződött gyertyákat. Mind a három pedig igen erősen különbözik eredetéről nézve. A gleccser szemei a hó firmesedése folytán támadnak. Későbbi alakulásuk tárgyalása nem ide tartozik. A fjordok jégének szemei onnan keletkeznek, DRYGALSKI leírása és SCHOENTJES analízisa szerint, hogy a tenger sós vizében keletkezett lemezeket az áramlások és vízmozgások vertikálisan egymásra torlasztják, mint a mi Balatonunk torlódott jégében a vékony jéglapokat. Ezek a lemezek összefagynak s egy szemet hoznak létre a víz színén, amely jól elválik a szomszédos szemtől, amelyben a függélyes lemezeknek egészen más a csapása. Az édesvízi tavak jégének gyertyásodása pedig a lehülés és felmelegedés váltakozása folytán támadt részek miatt keletkezik. Eredetéről nézve mind a három «Korn» lényegesen különbözik egymástól.

Méltán kérdezheti azonban valaki, hogy miért van az, hogy a jég, amely a regelációval olyan könnyen egységes tömeggé idomítható, minden formájában

valamiféle módon szemekre van bontva. Ennek oka egyszerűen a víz sótartalma, aminek közetkezményeit QUINCKE olyan világosan és kétségbevonhatatlanul kifejtette. Bármilyen bomlójék is a jég szemekre, vagy képződjék szemekből, ezek a szemek mindig el vannak választva egymástól a kivált sóval telített vízrétegek nyúlós hártyaival, amelyek olvadáskor a bármiképpen keletkezett szemeket ismét elválasztják egymástól.

Mindazáltal helyesebbnek tartom, ha nem foglaljuk össze ezeket a képződeményeket egységes gyűjtőnév alatt, hanem megkeressük a jellemzésükre szolgáló népies szavakat s azokat bevezetjük az irodalomba. A gleccser-szemre és a tengeri jég szemekre a magyarban nincsen népies szó, nem is lehet, de a német nyelvben bizonyosan van, csak fel kell keresnünk. Az édesvízi jég oszlopocskáira azonban feltétlenül tartunk meg a «jéggyertya» s a tűneményre a «gyertyásodás» elnevezést.

A Balaton jégének pusztulását tehát rendesen a gyertyásodás vezeti be. Ilyenkor már nem lehet jó léket vágni a jégbe, mert széthull a lék fala, meg a kiemelt dirib gyertyákká. A jég is folyton vékonyodik ilyenkor, alulról is, felülről is. A jégén áthatoló napsugarak melegíteni kezdik a vizet s az olvasztja, pusztítja alulról a jeget. Fenn mindig nedves a jég felszíne s a víz az említett lyukakon szivárog le a tóba. Olyan porhanyóvá válik utóbb a jég felszíne, hogy a jégvágó fejsze nyelét mélyen be lehet nyomni a töredező gyertyák közé és még csak a víz színén szilárd a jég. Ez a «rothadt» jég a halászköznyelvén.

Sajátságos jelenséget tapasztalt Lóczy 1903-ban a januárius 2—3. és 3—4. közötti két éjszakán.

Lágy idő következett be újév napján, a hólé vízzel borította el a jég felszínét. Januárius 2-án borulat volt $+3$ — $+4^{\circ}$ maximális hőmérséklettel, éjjel -1.5 — -2.0° -ra szállt le a hőmérséklet.

Másnap, 3-án, még enyhébbre fordult a nappal, éjjelre Csopakon csak -0.5 — -1.0° volt. Az első éjszakán alkonyattól másnap reggel 9 óráig, a másodikon estétől késő éjjelig messzire hallhatólag nyögött, rotyogott a jég. Olyanforma rítmusos zaj hallatszott, mint aminőt a Balaton háborgása szokott szélsőséges időben okozni. A jelenségnek kinyomozható okát nem sikerült kifizűzni. Lóczy a jég felületét másnap telve látta borsó-mogyoró nagyságú levegőbuborékokkal.

Nagy a pusztítás azonban különösen ott, a hol a szél nyílt vizet talál s azt hullámszába hozva, rohamosan kezdi olvasztani a jeget ott, ahova a hullámok kicsapnak. Ezt a tűneményt egy kicsit veszedelmes dolog észlelni, mert amikor már nagy nyílt vízterületek vannak a tavon, ahol elég nagy hullámszél keletkezhetik, akkor rendesen a jég már nagyon rossz s a nyílt víz szélét nem is lehetett megközelíteni. Véletlenül azonban alkalom volt látni ezt a mohó pusztítást egész közelről. 1905. III. 5-ére virradó éjjel kinn voltam a tó jégén a graviméteres mérések végett. Az idő már előtte való nap nagyon enyhé volt, este erős északnyugati szél támadt s a hőmég magasra felemelkedett. A deszkából épült lakóházat cölöpszereinek tartottuk még egy kötéllel kikötni a jéghez. Ez a kikötés akként történt, hogy léket vágtunk a jégbe, a kötél végére fadarabot kötöttünk, úgy hogy a kötél a fadarab közepét fogta át, aztán ezt a fadarabot a lékben a jég alá lebuktattuk s keresztbe fordítottuk. Ezután a kötelet megfeszítettük.

Igy volt kikötve a lakósátor is öt kötéllel. Reggelre azonban a lékek erősen megnöttek. A szél felől oldalon a kötelek a viharban úgy meg voltak feszülve, mint a húr, de a szélről elfordult oldalon levő két kötél lazán fityegett, mert ezek a lékek is, amelyeket pedig a megfeszített kötél nem rongált, megnyúltak majdnem 2 méter hosszúra, az eredeti 30 cm. átmérő helyett. Vigán hullámzott a lékben a víz s rohamosan pusztította a déli partját. Ugyanígy festettek azok a lékek is, amelyekbe a műszersátor kötelei voltak lekötve (59. ábra). A léken látszik, hogy milyen erősen hullámzik benne a víz, de a sátor sötét tükrözésének helyén azt is látjuk, hogy a szél a jégen is hajtja a vizet, csakugyan, rendszeren el szokta nyomni a vékony vízleplet a szélnék kitett part felé.



59. ábra. Megnövekedett lékek a graviméteres műszer-sátor mellett. 1901. márczius 5.

Ilyenkor gyorsan pusztul a jég. 1901. márczius 6-án már nem volt tanácsos a jégre menni s néhány nap múlva teljesen kiverte azt a partra. Amikor ilyen gyertyásodott, könnyen széthulló jeget ver ki a szél — rendszeren a déli partra — alig okoz valami jelentéktelen kárt. Oly könnyen törik, pereg szét az ilyen jég, hogy még a laza homokos talajt is alig tűrja fel. Egészen más ez, mint az a torlasz, amit ősszel, még nem gyertyásodott jégből rak a szél. Ilyenkor még kemény, ép a jég s az erős hullámverés játszi könnyűséggel löki fel az egyes táblákat, amelyek hatalmas erővel lódnak neki az építményeknek s jelentékeny pusztítást okoznak. A kitolódás úgy kezdődik, hogy a még ép jégtábla elementáris erővel nyomódik neki a partnak, azon felcsúszik s aztán összetörik. Egyik tábla csúszik most a másikra, minden hullám kidobja a maga darabját s hatalmasan feltornyosítják egyiket a másik fölé, sokkal magasabbra, mint a milyen magasra a hullámok felérnek.



60. ábra. Friss jégből épült torlasz Boglár előtt 1903. januárius 28.



61. ábra. Friss jégből épült torlaszok Boglár előtt. Elöl repedezett, tiszta jég, beljebb havas jég, ezen belül víz a jégen, a melyben a torlasz tükrözik. Hátterben a boglári Várhegy, 1903. jan. 28.

A 60. ábrán látunk ilyen feltornyosult, hatalmas torlaszt, amelyet 1903. januárus közepén vert ki az északi szél Boglár partjaira. A 61. ábra ugyanezt a torlaszt mutatja messzebből, hogy lássuk az egész torlasz-rendszert. A magában álló piramisszerű halom annak a víz alatti kőhányásnak a végén képződött, amely móló gyanánt szolgált a gőzhajó-közlekedés előtt a Rév-Fülpökre átjáró révészhajó számára. Itt hordták partra évszázadok óta a követ az északi partról. Elég mély vízből, hirtelen emelkedik ki ez a kőhányás, azért tudták a hullámok ilyen magasra torlaszolni a jeget.

Nagy pusztítást vitt véghez ugyanez a jégtorlódás az új mólón, amelynek köveit szétfeszegette, faépítményeit összetörte (62. ábra). Általában ez a jégtorlódás sok kárt tesz, mert a jég kemény. Különösen veszedelmes, ha délnyugati szél töri fel ezt a fiatal aczélos jeget, mert ilyenkor oldalt kapja mindkét part építményeit s a mólók, kikötőhidak és fürdőházak rendkívül sokat szenvednek.

Sokkal kevesebb kárt tesz az a jég, amelyet tavasszal, a jég megromlása, gyertyásodása után hajt ki a szél. Ilyen torlaszokat látunk a 63., 64. és 65. ábrán. Jól látszik ezeken, hogy a jég milyen torsás, porhanyó. A halmazoknak legnagyobb részét már elmosta a víz. Ez a jég kárt nem tett, pedig ugyan hirtelen partra hányt a szél a tavat borító egész jégpáncélt. Ez 1904. februárius 16.-án történt, míg a fényképeket februárius 19.-én vettem fel. — Ugyanilyen gyertyás jégből álló torlaszokat vázoltam 1895. április 5.-én is Boglár partjain.

Ilyenkor a jég gyertyásodott «rothadt» volta okozta azt, hogy a jég egy-kettőre a partra kerül s ha még ma halásztak, holnapután teljesen tiszta a tó s messze fehérlelenek az omlatag torlaszok, végig a déli part mentén. Ritkábban esik meg, hogy szélesend lévén, a jég nem verődik ki a partra, hanem pásztásan uszkál és magán a vízen tűnik el.

IV. FEJEZET
A JÉGPÁNCZÉL MECHANIZMUSA.

A) A jég hőmérséklete.

A befagyott tó jegének hőmérséklete közelről sem állandó és egyenletes. 1901 februárius 25.-étől 28.-áig, három éjjelen keresztül észleltem a jég hőmérsékletét különböző mélységekben, a tó közepe táján Siófok és Alsó-Örs között. Az eredmények a következők:

I. TÁBLÁZAT.

A jég hőmérsékletei 1901 februárius 25.—26.-án éjjel.

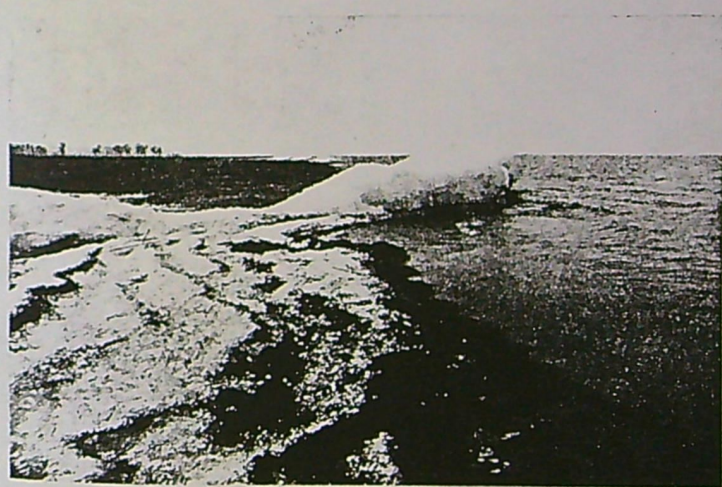
Idő	t_1 9 cm. mélyen	t_2 20 cm. mélyen	t_3 38 cm. mélyen	t_4 Szabad- ban függ a sátor kötélén	t_5 A gravi- méter sátorában 1'5 m magasan	t_6 A gravi- méter sátorában a hóban
	a jégben					
9h 5m p. m.	— 1'5°	— 1'2°	— 0'8°	— 6'8°	— 5'6°	— 2'9°
10h 45m p. m.	— 3'2°	— 2'1°	— 1'1°	— 5'5°	— 8'0°	— 4'4°
12h 25m a. m.	— 3'0°	— 2'1°	— 1'6°	— 5'3°	— 6'2°	— 4'0°
2h 0m a. m.	— 2'9°	— 1'9°	— 0'8°	— 5'0°	— 6'1°	— 3'0°
3h 45m a. m.	— 3'2°	— 1'9°	— 0'8°	— 5'4°	— 5'8°	— 3'8°
5h 25m a. m.	— 2'9°	— 1'9°	— 0'9°	— 7'4°	— 6'8°	— 4'4°
7h 5m a. m.	— 3'0°	— 1'9°	— 0'7°	— 8'3°	— 8'6°	— 5'2°
8h 45m a. m.	— 3'5°	— 2'0°	— 0'7°	— 6'2°	—	—

A t_4 számú hőmérő igen nehezen volt leolvasható, mert mindig belepte a dёр s mire azt lekaptam róla, már emelkedett valamelyest. Sokkal megbízhatóbb a graviméter könnyű, szellős vászonsátorában felfüggesztett hőmérő adata. A künn függő hőmérő alighanem érezte a fűtött sátor melegét is, reggel meg a Nap rásütött. A jégben levő hőmérők árnyékban voltak.

X. TÁBLA.



62. ábra. Jégtorlódás a boglári molo végén, 1903. januárius 28.



63. ábra. Partra hányt gyertyás jég az Új-pusztán előtt, 1904. februárius 19.

mely lemezt úgy vesznek igénybe a belső erők, hogy nem egyenletes benne a nyomó, illetőleg húzó feszültség, hanem egyik lapjától a másik felé fokozatosan változik, akár pozitívus, akár negatívus értelemben, akkor a lemezeknek meg kell görbülnie. A meggörbülés alkalmával a lemezek az lesz a homorú oldala, amelyik lapján nagyobb az összehúzódnás, vagy kisebb a kiterjesszékedés. A Balaton jegének is tehát a lehülés fenn ismertetett módja következtében meg kellene görbülnie, úgy hogy homorú oldala fenn legyen. A tapasztalat azt mutatja, hogy a jég lehüléskor összeropedezik, tehát ilyenkor egymástól elválasztott, nagy táblákból áll. Egy ilyen táblának a meggörbülése azonban igen érdekes erőtan problémákat vet fel a felszínre.

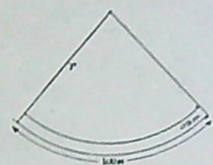
Mindenekelőtt vegyük vizsgálat alá, hogy mi volna az alakja egy olyan jég-szalagnak, amelynek hossza 100 m., szélessége 1 m., vastagsága 0.5 m., ha ez szabadon görbülhetne meg a hőmérséklet egyenlőtlen eloszlása következtében, olyan képen, hogy legfelső rétegének hőmérséklete -1° , a legalsó keresztmetszeté pedig 0° .

Világos, hogy a szalag körívben görbülne meg, mert minden pontján egyenlő a görbítő hatás. Mi lesz ennek a körívnek a sugara? Legyen az alsó lap ívének sugara r (72. ábra), akkor ennek teljes kerülete

$$A = 2\pi r.$$

A felső lap teljes körre kiegészítve, képelt kerülete

$$B = 2(r - 0.5)\pi.$$



72. ábra. A meggörbült jég-szalag méretei.

Ez a B azonban tartozik annyival kisebb lenni, mint A , amennyivel összehúzódnik az A hosszúságú jég-szalag, ha -1° -ra lehül. Legyen a jég vonalas kiterjedésének velejárója kerekén 0.00005 .¹ Akkor állnia kell, hogy

$$B = A - 1^\circ \cdot 0.00005 \cdot A.$$

Vegyük fel egyszerűség kedvéért, hogy $-1^\circ = -10^\circ$, akkor a két B érték egyenlítéséből:

$$2\pi r - \pi = A - 0.0005 \cdot A.$$

Helyettesítsük be az A értékét, oldjuk meg az egyenletet r szerint s akkor lesz éppen:

$$r = 1000 \text{ m.}$$

Meglehetősen kis sugarú körív alakjára görbül tehát össze a jég-szalag (ha a keresztirányú görbülését teljesen elhanyagoljuk). Ennek az így meggörbült, 100 m. hosszú jég-szalagnak ívmagassága 1.3 m. lesz, tehát két vége kiemelkedik a vízből, közepe pedig belesüllyed a vízbe.

Így azonban most nagy erők hatnak a szalagra! Közepén a víz felhajtása emeli felfelé, két szélén pedig a vízből kiemelkedett rész súlya, mint önsúly terhel (73. ábra). Ez a két ellenkező irányú erő igen komplikáltan, hajlításra veszi

¹ A jég kiterjedésének együtthatója még nem ismeretes kifogástalan biztossággal, éppen a jég sajátos magaviselete miatt. Az egyes észlelők (Dewar, Strauwe, Nichols, Zakrzewski) egymástól meglehetősen eltérő eredményeket kaptak.

igénybe a görbült jég-szalagot s azt vissza akarja egyenesíteni a víz színére. Nagyon nehézkes, grafikus eljárásra volna szükségünk, hogy a szalagban keletkezett feszültségeket pontosan kiszámítsuk. De nincs is értelme a pontos számításnak, mert a jég-lemezek nem görbülnek meg a valóságban.

Egyszerűsíthetjük a problémát úgy, hogy feltesszük, hogy a görbült szalag egyszerű gerendatartónak tekinthető, amelyet csak a deplazmán (a víz felhajtása) terhel egyenletesen, egész hosszában. Ez semmi esetre sem olyan veszélyes terhelés, mint amit a valóságban szenvedne az ilyen görbült szalag. Ha a víz felhajtását a szalag egész súlyának egy tized részére vesszük, akkor az egyenletesen elosztott teher egész súlya

$$P = 0.1 \cdot b \cdot m \cdot h \cdot 1000 \text{ kg/m}^3,$$

ahol b a szalag szélessége, m a szalag magassága, h a szalag hossza, mind méterekben kifejezve. Jelen példánkban tehát

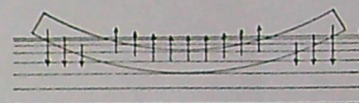
$$P = 0.1 \cdot 1 \cdot 0.5 \cdot 100 \cdot 1000 = 5000.$$

Egyenes gerendatartó közepén, a legszélső számban keletkezett legnagyobb feszültség ilyenkor

$$k = \frac{3}{4} \cdot \frac{P \cdot h}{b \cdot m^3},$$

ahova a számértékeket behelyettesítve,

$$k = 150 \text{ kg/cm}^2$$



73. ábra. A görbült jég-szalag igénybevétele.

olyan nagy feszültség, amely alatt a jég teljesen porrá zúródik. De még 10 m. hosszú szalagban is a legjobban igénybe vett helyen minden négyszögcentiméterre 15 kg. nyomás jut, pedig a jég alig bír ki többet négyszögcentiméterenként három kilogrammnál.

Tudjuk, hogy a jég nyomás alatt lassan idomul, különösen 0° -on, amilyen állapotban a jégpáncél legalsó rétegei vannak. Enged valóban ennek a nyomásnak a jég, s kiegyenesedve terül el a jégen. A felső szála kissé kihúzódnak, az alsó szála összenyomódnak s szépen, egyenesen végigterül a víz színén. A tapasztalat ezt kétségtelenül beigazolja. A jégen hatalmas repedések keletkeznek, de azért a jég-lapok nem görbülnek fel.

Hogy azonban ez a görbülési szándék milyen nagy jelentőségű s hogy valóban nem szabad róla megfeledkeznünk, azt a következő fontos tény tanúsítja. A jég első lehülése alkalmával különösen a partok mentén reped el, s csakhamar elválik teljesen a parttól. Szabadon lebeg ilyenkor a víz színén s mégis azt halljuk, hogy folyton durrog, ropedezik, egyik hasadás a másikat követi s alig találunk később a jégen 100 m²-nyi olyan területet, amelyen ne menne végig repedés. Ezt maga az egyszerű összehúzódnás nem magyarázza meg, hanem csakis az a tünete, hogy a lemezben akkor is feszültségek vannak, ha teljesen szabadon húzódnak össze, mert az alsó lemezek a felsőket mindig akadályozzák összehúzódnásukban. A teljesen szabad összehúzódnás esetén a tó egész jégének egy darabban, önmaga, homorú gömbhéjjá kellene összeropednie, de képzelhetjük, hogy amint erre a gömbhéjra hatni engednők a nehézségeket, azonnal poligonális cserepekre hullana szét s leterülne a víz színére.

Megint a száradó agyagrétegre kell hivatkoznom, amely szintén összeropedezik, cserepekkel hull szét és felgömbölyödik minden darabja, mert sokkal kisebb a súlya, kisebb az átmérője, hogysem nagy feszültségek keletkezhetnének emiatt benne.

Az olvasónak esetleg úgy tűnhetik fel a dolog, mintha önmagának ellentmondanék, mert azt mondtuk, hogy fagyáskor már minden egyes sötét lemezke összeropedezik hasonló módon, tehát már ilyenkor létrejöttek azok a repedések, amelyek az összehúzódással együtt járnak. Ez azonban csak látszólag ellentmondás, sőt éppen itt találjuk mindkét tünemény magyarázatának legkésebben szóló bizonyítékát.

A tapasztalat ugyanis azt bizonyítja, hogy ha a fagyás első pillanatától kezdve állandóan csak hűl a levegő, akkor jó vastag jégen sem képződnek nagy repedések. Ez azonban nagyon ritka eset. Általában az éjszakai fagyást nappal a hőmérséklet emelkedése váltja fel s ilyenkor, amint azt részletesen elmondottuk, a gyertyásodás parányi hasadéka alul is kiképződnek, ott is megtelnek sósabb vízzel s így a dilatációra alkalmas, ék alakú rések nem maradnak meg, hanem meglehetősen párhuzamos falú résecskékké válnak. Amikor aztán a jégben sokkal nagyobb hőmérsékleti gradiens keletkezik, mint amilyen fagyáskor volt, azonnal előállnak a nagy repedések. Már pedig a hőmérsékleti gradiens a jégben addig, amíg vékony, a gyors fagyás miatt nem lehet nagy, csak a vastag jégpáncélban nőhet ez igazán magas értékre. Láttuk, hogy a vastag jég felső rétegeiben minden erős lehűléskor sokkal nagyobb a gradiens, mint az alsóbb rétegekben.

Világos tehát most már a dolog.

Fagyáskor minden egyes kis lemezkevel megyesik az, ami a kész jégpáncél darabokra szelődik.

A repedések nagyon keveset szűkülnek lefelé. 1901 februárius hó 4-én vágtam ki a 41 cm. vastag jégből egy befagyott repedést. Ez felül 1 cm., alul 0.2 cm. széles volt. Nagyobb repedéseken azonban a falaknak ilyen konvergenciáját lefelé nem venni észre. Teljesen téves E. R. BUCKLEY-nek az az elmélete, hogy a tó jégében támadt repedések ék alakúak, amelyeknek alsó nyílása teljesen be van zárva. Maga is megmondja, hogy ezt az elméletet a tapasztalat sem nem igazolta, sem meg nem döntötte, mert nagyon nehéz észlelni. Elméletének támogatására fel-említi, hogy vannak olyan kisebb repedések, amelyek nem mennek keresztül egészen a jégen, hanem annak csak közepe tájára. Magam is láttam ilyen repedéseket, de ezek mind régiek voltak, aztán újra befagytak s a jég tovább hízott: új rétegek fagytak a régi repedés alá, azt elzárva teljesen a víztől. Hogy csakugyan régiek repedések voltak, azt sok esetben könnyű volt bebizonyítani, mert a jégre hullott hó rétegei a repedések relatív korára nézve jó tájékozást nyújtanak.

Ezer és ezer repedést figyeltem meg. Tátongó, 20–30 cm. széles réseket, meg hajszálvékony pattanásokat. De a fenn említett eset kivételével egyetlen egy esetben sem konstatáltam a repedések falának konvergenciáját lefelé, pedig figyeltem rá, mert magam is eleinte ebben a balvéleményben voltam. A számítás azonban meggyőzően róla, hogy ez lehetetlen. Olyan óriási nyíró munkát kellene végeztetnie a fagyásnak a vízszintes jéglemezek közt, amit alig képzelhetünk el. Az erőtani

¹ E. R. BUCKLEY: Ice ramparts; Transactions of the Wisconsin Academy. Madison, 1901. Vol. XIII. part. 1. 141 etc. — A fennemlített jelenségről szól a 154. oldalon s vázlatosan feltüntet a XVII. táblán.

vizsgálódás meggyőz bennünket, hogy a legfelső rétegek nem húzódnak teljesen össze, hanem feszülten maradnak, a legalsó rétegek pedig némileg összenyomódnak, annyira, hogy az egész jégmez összehúzódása körülbelül annyi lesz, mintha a jégmez az egész vastagságában észlelt hőmérsékletek közepes értékére hűlt volna le.

1907 februárius havában aztán beható vizsgálatnak vettem alá ezt a tüneményt. Igen szép, 28–30 cm. vastag jég volt a szokatlan kemény tél vége felé ekkor a tavon. De hogy kivételesen meg nem vastagodott, azt a jégen fekvő tekintélyes mennyiségű hónak lehet tulajdonítani, amely a csikorgó hideg éjszakákban a jégpáncélra erősen óvta a lehűléstől. Ezért nem is voltak a jégen szép turolások s a repedések is meglehetősen rosszul fejlődtek ki. Az egyik főrepedést 84. képünk mutatja be. Ennek a repedésnek mindkét fala teljesen függőleges volt, eltekintve a jég felszínén levő, erősen fínesedett hótól, amelyen a repedés rendetlenül képződött nyílást hozott létre, amint arról alább szó lesz. A tiszta, szokatlanul acélos és egyöntetű jég falai azonban a repedés szélén mindenütt teljesen függőlegesek voltak.

Ugyanez alkalommal sok befagyott repedést kiastam s a kivágott darab oldalait lesimitva, könnyű volt a dolog behatóan tanulmányozni. S ekkor meglepő eredményre jutottam.

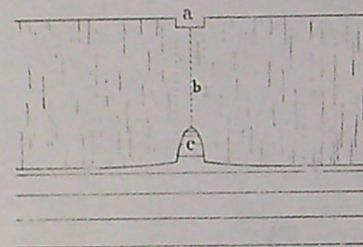
Csak a vékony repedések voltak egész a jég alsó lapjáiig ismét teljesen befagyva, míg a kissé szélesebb árokkal jelzett repedések alsó részén még mindig rendkívül szabályos árok látszott, amely arról tanuskodik, hogy a repedés befagyása felülről indul lefelé s csak nagyon lassan fagy be egészen a jég alsó lapjáiig.

A repedés mentén tehát a jég keresztmetszete általában a 74. ábrán láthatóhoz hasonlít.

Fenn, a fínes hóban tátongó árok látszik, amely néhány centiméter mély (a). Ennek a fenekén már tiszta, üveges, kemény jég. Az árok közepén függőleges síkban sűrűn egymás mellett levő levegőbuborékok vannak, amelyek élénken fehérítő fényükkel tisztán kijelölik a repedés középsíkját (b). Ez a buborékfal a jég alsó lapján bemélyedő szabályos keresztmetszetű ároknak a legmélyebb (tulajdonképpen, természetes helyzetben: legmagasabb) pontjáiig ér. A jég alsó lapján ez a szabályos keresztmetszetű árok húzódik végig, mint utolsó maradványa a repedés alsó végének (c). Nagyon érdekes jelenség, hogy a jég tükörsíma alsó lapja, amely mindenütt, ahol nem torlódott jégből képződött a páncél, teljesen sík, itt, a repedés alsó nyílásának jobb és bal szélén lankásan befelé hajlik a repedés felé, amint a rajz is mutatja.

A vékonyabb repedéseken a felső árkon és az alsó csatornán kívül semmiféle jel sem tanuskodik a repedés hajdani szélességéről. A repedésben épp olyan teljesen átlátszó, üveges jég van belefagyva, mint a jégátlában magában.

Egy kiastott vékony repedés képét mutatja 75. ábránk, amely olyan vékony, hogy nincs megkülönböztethető alsó csatornája. Csak a levegőbuborékok síkja csillog a jégben. A 75. ábrán (XII. tábla) látható jégdarab a mögötte jobbról fel-

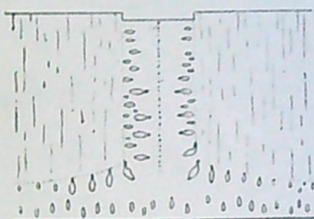


74. ábra. A befagyott repedés teljes szerkezete vázlatosan.

tűnő lékből vágatott ki, vastagsága mintegy 28 cm. A fényképezés kedvéért erős fényképező lábra helyeztetett úgy, hogy felső, firnes, havas lapja van alul és sima alsó lapja van felül. A láb fakterétén a jégdarab ezen az alsó, tükörsima lapján a szélben nem állt meg, mindig lecsúszott, azért fordítottuk fel, mert havas felső lapja jobban surlódott a láb-fejhez. De azért is szükséges volt a felfordítás, hogy jobb megvilágítást kapjunk. A jégdarab le van félig takarva fekete kendővel, úgy hogy ez egyszermind a hátulsó oldalát is fedje s így a sötét háttérben a buborékos sík feltűnjék. A teljesen üvegtiszta jégben kivágáskor finom hajszálrepedések támadnak: ezek csillognak a képen a különben teljesen üvegre emlékeztető kristálytisztaság jégben. A képen látható jégdarab felénk fordult oldalát különben tükörsimára lecsiszoltuk.

Szélesebb repedéseken azonban a repedés hajdani falának emléke marad, még pedig nagyon érdekes módon, amely megint QUINCKE elméleteinek helyességét kézzelfoghatóan igazolja.

Már a repedés közepén elhelyezkedett buboréksor is ugyanaz a tünemény, amit QUINCKE kísérletei közben tapasztalt, amikor hasáb alakú edényekben fagyasz-



76. ábra. Levegőbuborékok eloszlása a befagyott repedés tájékán.

tott vizet s a képződött jéghasáb közepén gyűltek meg a légbuborékok.

De megtaláljuk a hajdani repedés volt fala mentén azokat a radiálisan elhelyezett buborékokat is, amelyek a QUINCKE-féle jég-hasábok belsejét olyan homályossá teszik s amelyekről a sokszor idézett értekezéshez mellékelt táblán jó fényképet is látunk.

A kiásott széles repedések helyén a buborékok úgy vannak eloszolva, amint azt a 76 ábra mutatja. A buborékok hosszanti tengelyei merőlegesek a repedések hajdani falára, sőt a teljesen befagyott

repedés alsó felének hajdani mélyedését is észreveszszük a buborékok elhelyezkedésén.

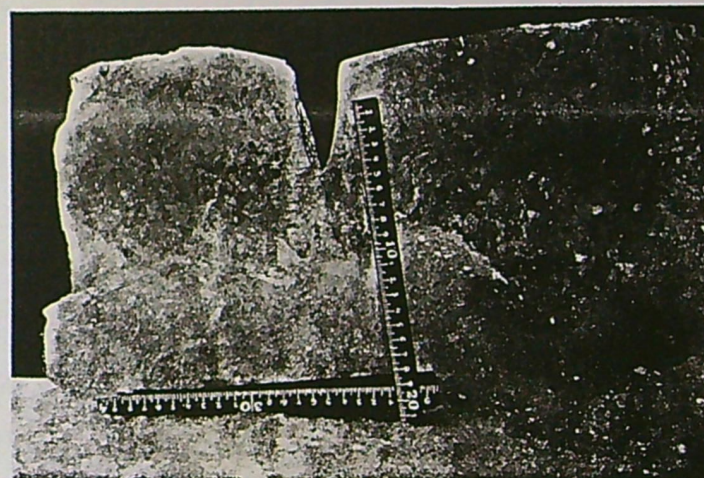
A széles repedés teljes befagyása után még hízott a jég s ebben a részben a buborékok szépen függőlegesen állnak, mint ahogy az elmélet kívánja s ahogy rendszeren tapasztaljuk.

Ha ezek a buborékok nem volnának, az ábrázolt jégdarabon teljes lehetetlen-ség volna felismerni a hajdani repedés falainak helyét s lehetetlen volna megállapítani, hogy ezek a repedések függőleges falúak-e, vagy pedig lefelé összeszűkülnek.

Volt dolgunk olyan repedéssel is, amely valóban azt a látszatot keltette, hogy alul szűkebb, mint fenn. Olyan jégdarabot vágunk ki ugyanis, amelyen vastag hótömeg fagyott a felszínre. A repedés a fagyott, firnes havat is érte s a hó elvált mintegy 1,5 cm. széles repedéssel. Ugyanígy széles repedés hatotta át a jégtáblát is. A repedés azonban befagyott. A fehér, jeges-hóban könnyű volt a belefagyott 1,5 cm. széles, üvegtiszta jeget felismerni, amely éppen úgy hatotta át a firnes, fehér jeges-havat, mint valami sötét bazalt-dejk a lazább kőzeteket. A tiszta jégben azonban a repedésnek nem volt más nyoma, mint a repedés középsíkján sorakozó buborékok síkja. Mindenki azt bihette volna tehát, hogy a havas jégben szélesebb, a tiszta jégben vékonyabb repedés volt eredetileg. Tudjuk azonban az előbbieket



75. ábra. Vékony repedés a jégben. A jég 28 cm. vastag, az állványon fel van fordítva, alul van az eredetileg felső, havas, firnes lapja. A jobb megvilágítás kedvéért a jégdarabot részben fekete kendő fedi.

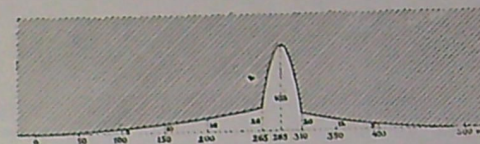


79. ábra. Repedés alsó esatornájának fényképe.

alapján, hogy ez tévedés, mert a tiszta jégben képződött repedés hajdani oldalfalainak nem marad egyéb nyoma, mint néhány, vízszintes tengelyű levegőbuborék.

Legérdekesebb jelenség a repedés alsó nyílásán végigfutó árok. Néhányat ezek közül megmértem s a 77. és a 78. ábrán kettőt rajzban be is mutatok. Az előbbi egy kisebb repedés alsó csatornáját láttatja, a második egy kivételesen nagy repedését.

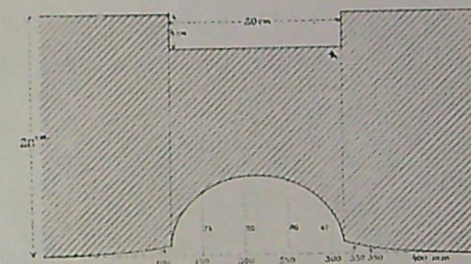
Még jobban elénk állítja azonban a csatorna képét a 79. ábra, a XII. táblán, amely fénykép után készült. A jégdarab ismét fel van fordítva. A melléje helye-



77. ábra. Kisebb repedés alsó csatornája.

zett csuklós mérték kellő fogalmat nyújt a méretekről is. A fényképen elég jól látni a hajdani repedés két oldalfalának mentén elhelyezkedett, vízszintes fekvésű buborékok sorát is, mint a környezetnél valamivel világosabb két sávot.

Mivel a jéglap simán le volt csiszolva, merőlegesen a csatorna tengelyére, s mivel a jégdarabnak felénk fordult homloklapja lehetőleg párhuzamos volt a



78. ábra. Nagy repedés teljes szerkezete és alsó csatornája.

fényképlemezzel, a fényképen látható, meglehetősen szabályos vonal csakugyan a csatorna keresztmetszete.

Ezt a vonalat, az eredeti fénykép tekintélyes megnagyítása után beható tanulmányozás alá vettem, hogy megállapíthassam a matematikai alakját. Legközelebb áll a vonal olyan ellipszishez, amelynek csúcsponti egyenlete:

$$y^2 = 4.707x - 0.02596x^2,$$

ahol a méretek a valódi nagyságra vonatkozólag, milliméterekben értendők. Az ellipszis hosszabbik tengelye tehát 317 mm., rövidebbik tengelye pedig 386 mm.

Elég jól megközelíti olyan parabola is, amelynek paramétere 2.21 ± 0.0297 . A leírás bizonytalansága okozza, hogy az ilyen hosszú ellipszist bajos megkülönböztetni a parabolától.

Mindenesetre érdekes fizikai probléma volna annak a megállapítása, hogy milyen vonalnak kell elméletileg lennie ennek. Nagyon valószínű, hogy érintőlegesen kell átmennie a repedés falába, amint azt a kiásott és tanulmányozott példákban látni lehetett. A repedésben levő víz fagyása a jégfelületről indul ki, mert az hűl le, esetleg mélyen a 0° alá s hűti le a vele érintkező vizet. Ezért inkább úgy látszik, hogy az ellipszis a valószínűbb. A számítás szerint is ez közelebbi megközelítés a vonalat, de a mérés bizonytalansága miatt egyelőre a kérdés tapasztalatilag úgy, mint elméletileg eldöntetlen marad.

Nagyon érdekes, hogy a csatorna alsó síkja a repedés felé lejt, igen lankás vonal mentén. Ennek az az oka, hogy amikor a repedés elhasította a táblát, akkor erős húzásban volt a jég. Igen ám, de a repedés mentén, ahol a repedésben levő víz valószínűleg melegíti a jeget, illetőleg nem engedi olyan alacsony hőmérsékletre lehűlni, mint egyebütt, ott a jég húzása közelről sem olyan gyors, mint a meg nem repedt jégtáblánál. Ez a melegítés persze fokozatosan szűnik meg a repedéstől jobbra és balra s azért a jég alsó határa a jég melegvezetéstől függő, a vasutakon használt «átmeneti görbe»-hez hasonlító vonallal jellemzett felülettel görbül be a repedés felé.

A repedés képződése első pillanatában csak hajszálnyi széles. Nagy elmozdulás nem is képzelhető, mert a jég a húzó feszültség hatása alatt alig nyúlik egy keveset, mindjárt elszakad. A finom graviméteres eszköz alatt, vagy annak közvetlen közelében sokszor támadt repedés: ott sűrűltött vagy csattant el a lábunk alatt s a finom horizontális csavar inga, amelynek csillapodása $1\frac{1}{4}$ órát vett igénybe, abszolút nem vett róla tudomást, pedig ezt okvetlenül megtehetné volna, ha a repedéssel nagy horizontális elmozdulás járt volna együtt. Amikor a repedés az ember lába alatt szalad el, igen gyors, a villamszakra ütéséhez hasonló rázkódást érez, ami nem más, mint a jégtábla hosszanti rezgése, amely az éles sűrűltő vagy mennydörgésszerű tompa robajt okozza.¹

Alig van a természetben olyan nagyszerű tűnemény, mint amikor derült, hideg éjszakán a hótól mentes, tiszta jég erősen lehül s megindul a Balatonon a durrogás, mint ahogy a nép nevezi. Az este leszálltával az emberhangtalan jégmező megelevenedik. Eleinte tompa nyögések, pengő pattogások hallatszanak, majd egyszerre, egész váratlanul rettentő mennydörgés bömböl bele a kisebb hangok zűrzavarába. Sokáig halljuk még messze dübörögni, amint a repedés végig nyíllallik az egész tavon. Máskor meg messziről hallunk megindulni éles, sűrűltő hangot, amely felénk közeledik, aztán egyszerre megváltoztatja a hangmagasságot, s tompa morajjal némul el valahol a messzeségben. A felénk közeledő repedés hangja magas, a tőlünk távolodó alacsony, amit könnyen magyarázhatunk a hanghullámok forrásának gyors közeledésével vagy távolodásával. A durrogás zaja messze,

¹ JÓKAI MÓR egyik regénye nyomán terjedt el a közhiedelemben az a téves vélemény, hogy a dörrenő repedéssel mindjárt olyan széles nyílás támad, amibe egy ember is belefulladhat. Ilyen széles, nyílt repedést nem is látni a tavon. Ha a repedés már 20–30 cm. szélesre kitágult, akkor rendszeren könnyen be van fagyva. A nép ezt nem is nevezi rianásnak, mint ahogy kedves mesemondónk leírta; a rianás egészen más tűnemény. A nép ezt durrogásnak és repedésnek nevezi.

állítólag egy napi járőrföldre elhallatszik a tótól. Ha szépen megkezdődött, akkor órák hosszat eltart, szüntelen változatossággal s olyan ropogás, recsegés, zengés van a tavon, hogy az ember a maga szavát is alig érti.

Ha hó fedi a jeget, vagy borus az ég, ködös a levegő, akkor csak ritkán hallani ezeket a hangokat s a hó alatt tompán dobbanik, amint a nép mondja: «bufog».

A durrogástól nem hogy nem félnek a halászok, sőt örülnek neki, mert tudják, hogy ilyenkor «hízik a jég» s a repedés abszolút semmi veszedelemmel sem jár. Még a jéghez szokott lovak sem félnek tőle.

Hogy repedezéskor csakugyan hízik a jég, azt az olyan repedések tanúsítják legélénkebben, amelyek az első repedés után befagytak s aztán ismét megrepedtek s újra befagytak. Az ilyen repedéseknek lépcsős szelvénye van (80. ábra), mert a második repedés idején már vastagabb volt a jég s jobban kiemelkedett a vízből, mint első alkalommal. BUCKLEY is említ ilyeneket a Mendota és Monona tavakon, Wisconsin (U. S. A.) déli, középső részén,² továbbá NAGY FERENCZ a Fertő taván.³

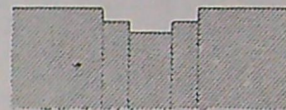
A hajszálvékony repedések sokszor arról is tesznek tanúságot, hogy a húzó feszültségen kívül a repedéssel párhuzamos irányú eltolás is szerepelt, mert a repedés nem folytonos vonal, hanem rendetlen, í jel alakú részletekből áll (81. ábra). Kétségtelen, hogy a hosszanti nyírófeszültség ekkor az ábrán jelzett irányokban hatott. Látni szélesebb repedéseken azt is, hogy a repedés befagyása után működött ez a hosszanti nyíró erő, mert a közbe fagyott, friss jég van hasonló módon összeropedezve (82. ábra).

A legszélesebb repedések közel szoktak járni a partokhoz meg a tavak részletekre osztják, amint arról majd később szó lesz. A 83. ábra olyan repedést mutat, amely Siófoktól kelet felé párhuzamosan fut a partokkal s 1904 januárius 10. én fotografáltatott. A vékony, feltört hátrýáknak több sorban való elhelyezkedése tanúsítja, hogy a repedés többször egymás után ismétlődő szétnyílással és összezárással fejlődött ennyire s ekkor is keményen be volt fagyva.

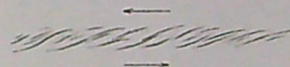
A 84. ábra (XIII. tábla) olyan repedést mutat, amely a tavon keresztirányban megy át, Siófok vidékéről Csopak felé. A repedés olyan érdekes tűneményt mutat, amelyről érdemes külön megemlékezni. A jeget vastag hó fedi (1907. febr. 12.), amely vastag rétegben átfirnesedett, a jéggel azonban nincsen egészen szilárdan összefagyva. Ez a kemény jegeshó-réteg a fényképen láthatólag, a repedés két partján fel van vetemedve, mintha egy nagy antiklinális két darabja volna. Ennek

¹ Id. h.

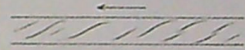
² NAGY FERENCZ: Néhány észlelet a Fertő tó jegén 1906 januárius havában; Földrajzi Közlemények, XXXIV. köt. 73. oldal.



80. ábra. Lépcsősen befagyott repedés.

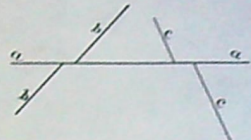


81. ábra. Hosszában való eltolódással együtt keletkezett repedés.



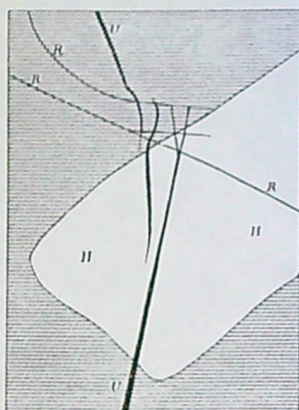
82. ábra. Befagyott repedés új jegén képződött, nyíró feszültség folytán támadt repedések.

az oka az, hogy a firnesedett hónak a hőmérsékleti tágulása más, mint a jégnek. Amikor a repedés először kinyílt, a firn-réteg nem követte még egészen a jeget, azért a jég repedése szélesebb lett, mint a firné. Amikor a repedés ismét bezárult, akkor már a firnes réteg hozzá volt fagyva a felszivárgó vízzel a jéghez s így vele ment a jégtáblával. A teljes összezáródáskor azonban természetesen fel kellett vetemednie.



85. ábra. Két repedés találkozásai eltolódással, a régi repedés, b és c újabb repedések.

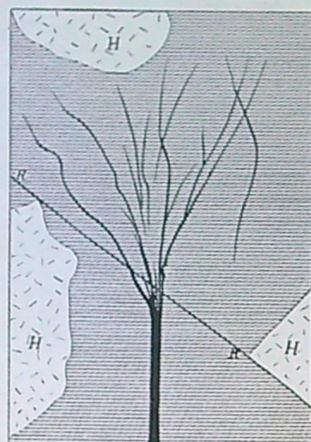
Nyírófeszültség következtében. Erre azonnal megkapjuk a feleletet, ha az a repedés mentén tovább haladunk, mert rendszeren nem messze találunk olyan repedést, amely éppen ellenkezőleg látszik eltolódva lenni (85. ábra c).



86. ábra. Új repedés (U) találkozási két régi repedéssel (R). A fehéren hagyott rész régi, havas jég darabja, a vonalkázott rész nyugodt fagyású jég.

Ha két egymást megközelítő, régi repedést újabb repedés szel keresztül, akkor nagy zavarok támadnak. Az új repedés több ágra bomlik, szétszállkásodik s csak a régieken túl egyesül ismét egy repedéssé. Ilyent rajzoltam 1903 februárius havában (86. ábra). Ezen a rajzon látszik, hogy a repedések a jégtáblába fagyott, régi, havas jégdarabokra egyáltalában nem voltak tekintettel.

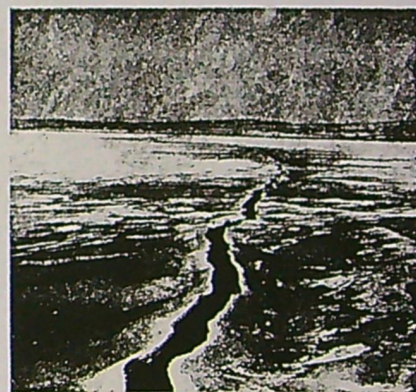
Néha egy-egy tekintélyes repedés szertefoszladzik és megszűnik (87. ábra).



87. ábra. Szertefágazva megszűnő repedés. R' régi repedés. H havas régi jégdarabok.



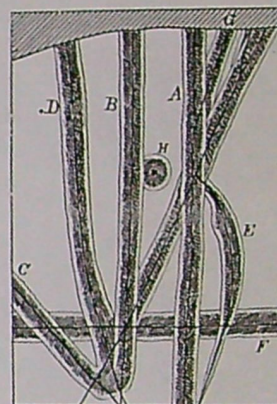
83. ábra. Parttal párhuzamosan futó repedés, 1904. januárius 10.



84. ábra. Kereszt-irányú főrepedés Siófok és Csopak vidéke közt. 1907. februárius 12.

Ilyenkor a repedés folytatásában összenyomás következtében keletkezett háborítást kellene találnunk, mert kétségtelen, hogy ez a megszűnés olyan neutrális vonalon van, amelynek egyik oldalán húzó s másik oldalán nyomó feszültség érte a jeget. Csakhogy sok mindenféle egyéb zavar működhet közre, a nyomó feszültség egészen más helyen találhat kiegyenlítésre s azért nem találunk a folytatásában semmit.

A repedéseken felszivárgó víz a repedés mentén a vékony hóréteget áthatja s abban szövet-változást idéz elő. (A hó súlya okozza azt, hogy a víz színe olyan közel kerül a jég felszínéhez.) Érdekes ekkor a repedések korának megállapítása. Ilyen részletet rajzoltam 1904 januárius havában (88. ábra). Az átázott hóban megfagy a víz és sötét, részben átlátszó, zöldes színűvé lesz, amely fokozatosan homályosodik el az érintetlen hó fehérsége felé. Legrégibb a rajzon látható repedések közül az *A*, *B* és *C*. Újabb a *D* és az *E*, még újabb az *F* és a *G*. Az ábra felső határán igen nagy, torlódott repedés vonul végig, amely még a rajz készítésekor is erős mozgásban volt. Tőle északra mindent vastagon ellepett az odafútt hó. *H* helyen léket vágtak, azon is felszivárgott a víz, de látszik, hogy a lék vágása később történt, mint a *B* repedés.



88. ábra. Felázott repedések találkozásai.

C) A jég kiterjedése.

Ha a repedésekkel elválasztott, tapasztalat szerint egyáltalában meg nem görbült jégdarabok ismét felmelegesznek, akkor úgy kellene kiterjedniök, hogy domború gömbhéj alakjában felpuposodjanak. A legalsó rétegek hőmérséklete ugyanis állandóan 0° , tehát ezeknek a térfogata nem változik, míg a legfelső rétegek alacsony hőmérséklete felemelkedik 0° -ra, tehát ezeknek ki kell terjeszkednie.

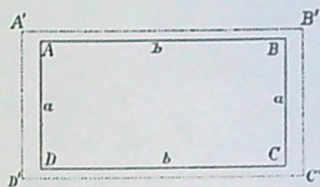
Csakhogy a meggörbülés megint lehetetlen a jéglemezek súlya, illetőleg a rájuk ható felhajtó erő miatt, amely a szélső szálakban a jég szilárdságánál sokkal nagyobb feszültséget okoz. Az erőtan állapot körülbelül megint ugyanaz, mint a felgörbülés esetén, bár nem pontosan. A meggörbülés azonban ebben az esetben sem jön létre, amint az elmélet kívánja és a tapasztalat is igazolja. Ehelyett — hogy ismétlésekbe ne bocsátkozzunk — a jég éppen úgy terjed ki, mintha kiterjedése előtt a hőmérséklete egész tömegében olyan lett volna, mint metszetének közepes hőmérséklete. Nagyon valószínű, hogy ilyen kiterjeszkedése következtében, amikor elérte a 0° -ot, ha szabadon terjeszkedhetett ki, nagyobb lesz a területe, mint a lehülés előtt volt, amikor az egész jég tömege még közel állt a 0° -hoz. Ezt csak elméletileg következtetem, tapasztalati adatokkal nem tudom igazolni. Valószínű ugyanis, hogy az a folyamat, amely fagyáskor a gyertyásodást, a kapilláris repedések keletkezésével előidézte, megnövelte a jéglap abszolútus horizontális kiterjedését.

Ha azonban ez nem történik is meg, akkor sem terjedhet ki a jég szabadon, mert a rajta keletkezett repedések mind keményen be vannak fagyva, néhány nagy-nak a kivételével. Ezeknek újra be kellene zárulnia, hogy a jég eredeti nyugalmi helyzetét elfoglalhassa, de nem lehet, mert kemény, nyugodt vízzel fagyott, acélos jég van a repedésekben.

Azok a repedések, amelyek csak vékonyan vannak befagyva, azoknak vékony jége feltörik, az összezárulás a töredéket kinyomja a résből s élére állogatja, amint azt már korábban jellemeztem (41. l.). Ha azonban ez a zuzadék kikerült már a repedésből s a repedés teljesen bezárult, akkor sem ért véget a terjeszkedés, mert amint mondtam, a repedések legnagyobb része keményen be van fagyva. Nagy horizontális nyomófeszültség keletkezik ilyenkor a jégpánczéliban, amelynek végül is enged a jég és impozáns torlaszokban, népies nyelven «turolások»-ban feltorlaszolódik.

Mielőtt ennek a tüneménynek a morfológiai vizsgálatába részletesen bele-mélyednénk, meg kell vizsgálnunk azt a rendkívül érdekes problémát, hogy hol keletkeznek ezek a turolások?

Ha szabályos négyszögalakja volna a tónak, úgy hogy szélessége a , hosszúsága b volna (89. ábra), akkor, ha a jég csakis a partjain mozdulna el, a következő munkákat kellene a feszültségi erőnek végeznie:



89. ábra. Szabályos négyszögalakú tó jegének kiterjedése.

1. Mind a négy egyenes vonalú parton a jeget egyszerű, horizontális nyomással összezúzni. Ha a jég vastagságát v -vel jelöljük s az összezúzáshoz szükséges erő területegységenként p , akkor ehhez az egész munkához $P = (2a + 2b)v \cdot p$ nyomás (erő) szükséges.

2. A jeget mind a négy part mentén egy keveset el kell csúsztatnia, hogy A sarokpont A' -be, B B' -be, C C' -be és D D' -be kerülhessen. Legyen a jég terjeszkedés előtti hőmérséklete t^0 , a kiterjedés együtthatója α . Az A pont elcsúszik ebben az esetben $\frac{b}{2} \alpha t^0$ hosszúsággal (ha 0° -ra melegedett fel), míg a b oldal közepén elcsúszás nem lép fel. Az A ponttól egész b közepéig az elcsúszás nagysága egyszerűen arányosan csökkenik. A közepes elcsúszás tehát ezen $\frac{b}{2}$ partdarabon $\frac{b}{4} \alpha t^0$ lesz. Ha a területegységnek a hosszúság egységére való elcsúsztatásához q erő szükséges, úgy az A -tól $\frac{b}{2}$ -ig terjedő partvonalon az összes szükséges csúsztató erő $\frac{b^2}{8} v \cdot \alpha t^0 q$ lesz. Mivel négy ilyen darabunk van s mivel hasonlóképpen kiszámíthatjuk az a oldalakon való elcsúsztatáshoz szükséges erőt, ennek következtében az összes csúsztatáshoz szükséges erő

$$Q = \left(\frac{b^2}{2} + \frac{a^2}{2} \right) v \cdot \alpha t^0 \cdot q$$

lesz.

Tehát az összes erő

$$E = P + Q = 2(a + b)v \cdot p + \frac{(a^2 + b^2)}{2} v \cdot \alpha t^0 \cdot q$$

Ez az utóbbi, a Q erő igen tekintélyes, még akkor is, ha nem a part és a jég közt, hanem csakis jégfelületnek jégfelülethez való surlódását tekintjük is, vagyis ha nem a parton csúszik el a jég, hanem a parttal párhuzamos repedés mentén, amit különösen az okoz, hogy nyomás alatt a jég összefagy s így tulajdonképpen az egész elcsúsztatás művelete miatt az erők a jeget folytonosan elnyírják. Ha felteesszük, hogy a jég nyírószilárdsága egyenlő nyomószilárdságával, úgy valószínűleg nem nagyot tévedünk s ebben az esetben a q tetemesen nagyobb, mint a p .

A két erő együtthatóján látszik, hogy ha kicsiny az a és b , akkor a q együtthatója az a miatt kicsiny lesz, de az a és b növekedésével ez az együttható kvadratikusan nő, tehát nagy hosszúságok s nagy hőmérsékletemelkedés esetén igen nagy munkát végez a Q erő.

Ezenkívül tudjuk B. WEINBERG vizsgálataiból,¹ hogy a jég torziója esetén először amíg a rugalmas deformáció határához nem érkezünk, nem nagy a jég szilárdsága. Csak a rugalmas deformáció határán túl kell nagy erő a deformálásra (ennek valószínűleg a sós rétegecskék az okai). Ha a jég kiterjedése tehát nem nagy s ha a jégtábla méretei sem nagyok, akkor ez a munka figyelmen kívül maradhat. Ezért nem veszünk észre eféle eltolódást kisebb jégtáblákon, amelyek a parthoz fagytak.

Egészen más a szükséges erőmennyiség olyan jégtábla torlódásakor, amelynek határa kör alakú. Ebben az esetben a Q erő teljesen elesik s csakis a P marad meg. Ebben az esetben ugyanis a jégtáblának nem kell a parton elcsúsznia, hanem a nyomás és terjeszkedés minden ponton merőleges a partra, tehát csakis a P szerepel.

Ez lényeges különbség.

Térjünk vissza az $a-b$ méretű négyszögre. Tegyük fel egyszerűség kedvéért, hogy a fele a b -nek. Akkor az $ABCD$ négyszögbe két olyan kört rajzolhatunk, amelyek érintik a partokat és egymást. Mindegyik körnek a sugara $\frac{a}{2}$, tehát a két kör összes hossza $k = 2a\pi$. Tegyük fel, hogy terjeszkedés közben ennek a két körnek a mentén torlódna fel a jég. Akkor az összes munka végzésére szükséges erő

$$E_1 = P_1 = 2 \cdot a \cdot \pi \cdot v \cdot p = 6.28 \cdot a \cdot v \cdot p.$$

Ugyanezen feltétel mellett, t. i. hogy $b = 2a$, az előbbi P erő, amely az $ABCD$ négyszög oldalai mentén töri össze a jeget, nagysága lesz:

$$P = 6 \cdot a \cdot v \cdot p.$$

a P_1 tehát úgy aránylik a P -hez, mint

$$P_1 : P = 6.28 : 6,$$

tehát a P_1 nem is egészen 5%-kal nagyobb, mint a P , a Q pedig teljesen elesik. A körívek mellett maradó szegmentumok, mint kis területű jégmezők, a fennebbiek értelmében nem jönnek figyelembe.

Bármilyen más vonalon torlódják is fel a jég, részben a vonal hosszúsága, részben a csúsztatáshoz szükséges erő miatt, mindig nagyobb a munka, mint így.

Eszerint tehát a jég feltorlódása mindig olyan körök mentén történik, amelyek lehetőleg hozzásimulnak a partokhoz, ha kerek számú kör nem fér bele az időmba,

¹ B. WEINBERG: Über die innere Reibung des Eises. Ann. d. Phys. IV. sorozat. 18. k., 81. l.

akkor elnyúlnak a körök ellipszis alakú vonalakká, vagy pedig két körívdarabbá, amelyek lehetőleg hozzásimulnak a parthoz s a köztük levő partdarabokon, meg a körívek mentén történik a torlódás. Szabálytalan, zerguzos partvonal esetén ez még inkább érthető s azért a Balaton jegén is ilyen egymást lehetőleg érintő, a partokhoz simuló vonalakon várható a feltorlódás.

1894–95. évben gondosan térképeztem a Balaton jegén képződött torlódásokat. Ne várjuk persze, hogy a vonalak valami nagy szabályosságúak lesznek, mert a jég egyenetlen szilárdsága, esetleges repedések szerepe stb. megzavarják a nagy szabályosságot s apró zerguzos vonalakban szalad végig a tavon a turolás, helyenként a partokhoz simul. Egy pillantás azonban a 90. ábrán (XIV. tábla) mellékelt térkép vázlatra, amely az 1894–95. évi turolások helyzetét ábrázolja, meggyőző hennünket arról, hogy előbbi okoskodásunk helyes és a feltörések csakugyan lehetőleg a berajzolható legnagyobb körök mentén keletkeznek.

A torlódások térképezése nem könnyű munka. Nevezetesebb sarokpontjait kis ELLIOT-féle zseb-szextanssal, hátrametszéssel vettem fel, a parton látható és a térképen identifikálható pontok (templomtornyok, hegycsúcsok, nevezetesebb épületek, romok stb.) után. Sokat akadályozza az embert ebben a munkában a kőd. A részleteket az itinerárium-felvétel módjai szerint, lépésszámlálóval és kompaszzal térképeztem. A munka nagyon érdekfeszítő volt, mivel eddig teljesen ismeretlen, új tüneményt árult el.

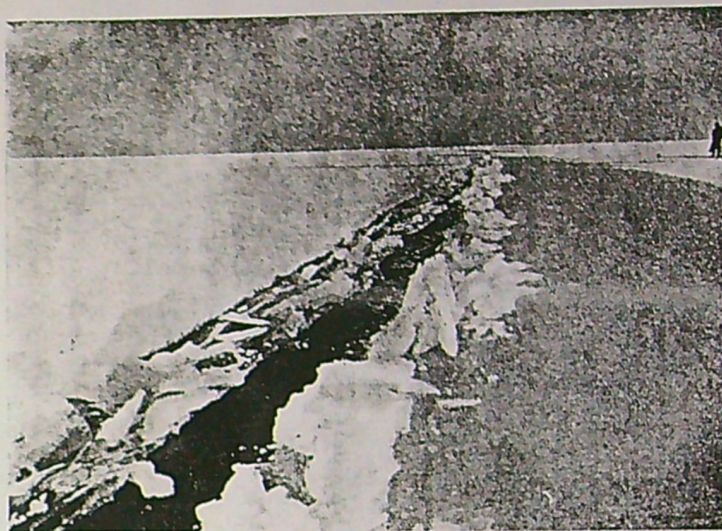
Azelőtt és azután is többször tanulmányoztuk a turolások elhelyezkedését s legnagyobb részét, főbb vonásaikban mindig ugyanazon a helyen találtuk őket. Voltak azonban kivételes esetek is, amikor az egyik vagy a másik keresztirányú turolás nem képződött ki, vagy nem egészen ott képződött, ahol az előző években, s néha egyik vagy másik kimaradt. Ez azonban a dolog lényegén nem változtat, ha megfontoljuk, hogy mennyi esetlegességnek van kitéve a jég lokális szilárdsága.

Enyhe teleken, amikor a Balatont csak vékony jég borítja el, amelyet többször feltör a jég, turolások nem keletkeznek, vagy csak alig szembeötlők. De még olyan kemény tél sem kedvez ennek a jelenségnek, ha hóeséssel jár és a hó olvadásos idő következtében fimsedik a jég. Az 1906/7. év telén ezen okoknál fogva típusos turolás nem volt a Balaton jegén.

Ha egyetlen nagy, folyton tartó lehülés után egyetlenegy, nagy felmelegedés hozná létre a turolásokat s a jég mindenütt egyenletes szilárdságú volna, akkor bizonyára szabályosan képződne ki a turolások s egészen megközelítenék az elméletet. Így azonban, amikor a jég története folytonos felmelegedésekről és lehülésekről tesz tanúságot: mindenféle zavaró körülmények játszanak közre.

Amikor a jég a lehülés következtében összeropedezik, a repedések csakhamar befagynak, de egyelőre nem olyan vastagon, mint maga a főjég. Ez a vékonyabb jég felmelegedés esetén legkönnyebben ott törik megint fel, azokban a repedésekben, amelyek már körülbelül a leendő turolások helyén futnak, vagyis, ahol legnagyobb lesz a feszültség. Az ilyen repedésekben, sűrű hőmérsékletingadozások esetén nem szilárdulhat meg a jég, míg a többi repedés keményen befagyhat.

S csakugyan ezek a folyton tatóngó, mindig mozgásban levő repedések már mintegy előre kijelölik a leendő turolások helyét. Ha hosszantartó, állandóan alacsony hőmérséklet nem következik be, akkor ezek a főrepedéseknek nevezhető tatóngó részek lassanként, fokozatosan turolássá fejlődnek. A minden felmelegedéssel kihányt jég lassanként felhalmozódik a repedés szélén s hatalmas torlásszá fejlődik.



91. ábra. Az 1901. februárius hóban képződött főrepedés nyitva.



92. ábra. Az 1901. februárius havában képződött főrepedés bezárulva. Körülbelül ugyanarról a helyről, mint a 91. ábra.



93. ábra. Az 1901 februárius havi förepedés mentén keletkezett turolás fejlettebb állapotban.
A graviméteres állomás költözködése.



94. ábra. Az 1901. februárius havi förepedés mentén támadt turolás teljesen kifejlődve,
Siófok és Alsó-Órs közt.



95. ábra. Vastag jégből képződött turolás Balaton-Füred előtt 1893 tavaszán.



96. ábra. Vastag jégből képződött turolás, áttolt részlettel (chariage).
A 95. ábrán látható turolásnak a folytatása a part felé.

Ilyen turolás fejlődött ki 1901 februárius hónapjában Siófok és Alsó-Örs között, amely a keleti tómedenczébe berajzolható két legnagyobb körnek az érintkezés helyén támadt, úgy hogy inkább a nagyobb — keleti — kör ívét követte, Siófok előtt, messze benn a tavon ketté vált, egyik ága keletre, másik nyugatra a parthoz simult. Északon még messzebb volt a szétágazása a parttól s ez a két ág is megközelítette a partokat, az egyik Alsó-Örs táján, de mindjárt elhagyta a partokat s átvágott Kenesének s onnantól kezdve végig a part mentén húzódott egész Világosig. A másik ág a kerekedi öböl előtt közelítette meg legjobban a partot, de aztán Fürednél elhagyta azt és átvágott Tihany alá. Tihany és a déli part közti darabját nem láthattam.

Ez a nagy turolás főrepedésekből keletkezett. A főrepedést a tó közepe táján kora reggel, hideg éjszaka után a 91. ábra mutatja. A teljes repedés szélessége körülbelül 1 méter, de baloldalán az egész repedés felét, mintegy 45–50 m. széles csíkot elfoglalja egy jégterasz, amelynek nivója alacsonyabb, mint a jégpánczélé, de vastagsága sem éri el a nagy jégét. Ez valószínűleg korábbi, tartósabb hideg időjárás alatt, a mozdulatlan repedésben képződött. De akkor nem volt olyan kemény hideg, mint azon a reggelen, amelyen ezt a fényképet felvettem (10–15° C.). A repedés mellett már sok kidobált jégcserepet látunk, de maga a repedés is be van fagyva, a vékony jégártyának a felszínén láthatjuk a kereszti irányú kristálytüket. Ezenkívül néhány reá hullott havas jégdarab fehérlik rajta. A repedés jobb partján (keletre) a hó felázott, ez okozza annak sötétebb színét.

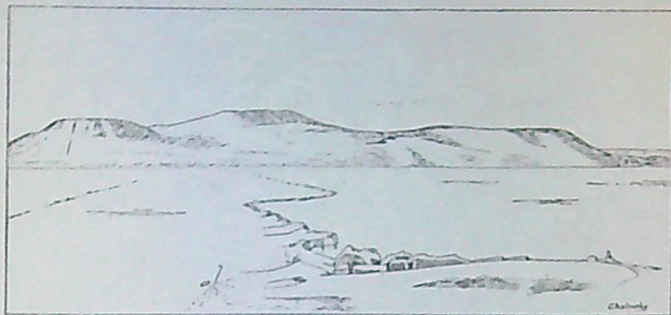
A 92. ábra ugyanezt a repedést mutatja, majdnem ugyanarról a helyről is, másnap reggel, amikor az idő megenyhült, a levegő hőmérséklete közel 0°-ra emelkedett, a jég kiterjedt s a repedés bezárult, de nem teljesen, mert a jég hőmérséklete nem emelkedett egész 0°-ra. Csak az említett terasz pereméig zárult be, abból is letörölve már néhány darabot. A partra kihányt jégdarabok részben reáomlottak a főjégre.

A gravitációs mérések alkalmával szükséges költözködések ez a főrepedés eleinte nem nagyon akadályozta. Később azonban nagyobb hőmérséklet-ingadozások következtében erősebben kifejlődött s a felázott, összetörölt szélű turoláson nehézségekkel járt a sátrak átesúsztatása. A 93. ábrán látjuk a már fejlődésnek indult torlódást, éppen áthúrozzkodás alkalmával. Északnyugati széllel erős hófúvás volt előzőleg, amely némileg eltemette a merészebb formákat. Ezen a képen az előtérben látjuk, hogy a turolásnak kis oldalkiágazása van, amely egy darabig párhuzamosan fut a főrepedéssel, de csakhamar ismét egyesül vele. A kettő között szigetszerű jégablakdarab van, amelyet egészen ellepett a felszívargó víz s ez rajta újra megfagyva, megolvadozva, a fényképfelvétel idejére tükörsima, hómentes jéglappá lett.

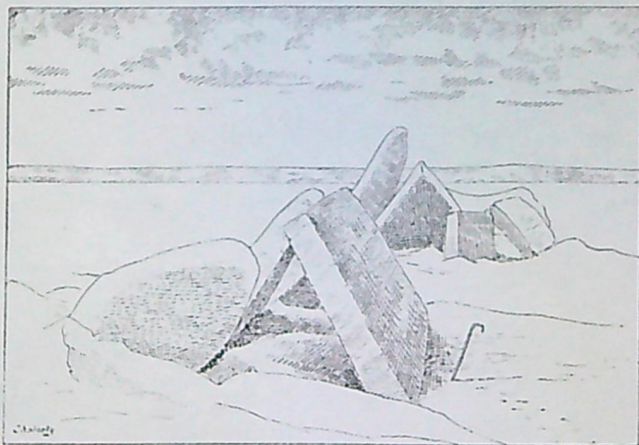
A 94. ábra végül a turolás teljes kifejlődését mutatja. Hatalmas torlódás ez már, amelyen nagy nehézségekkel jár az átkelés. A sok apró jéglap fantasztikusan torlódott egymásra, körülötte a hó nagy foltokban felázott s újra megfagyott. A háttérben Alsó-Örs partjai látszanak, s a képen is kivehető, hogy a turolás hatalmas, kelet felé (a kép jobb széle felé) nyílt ívben vág neki az alsó-örsi partoknak. Messze benn a jégen, mint parányi fekete pontokat, halászköveket lehet látni. Rajtuk túl szétágazik a turolás s a nagy, széthajló Y betű közrefogja az alsó-örsi, előugró fokot.

Egészen más külseje van az olyan turolásnak, amely hosszú, tartós hideg

periódus után, hirtelen felmelegedéssel képződik. Alig volt az ilyenféle turolások tanulmányozására alkalmasabb idő, mint az 1892–93. évi tél, amikor több mint egy hónapig tartó rendkívüli hideg után egyszerre, két szökelléssel felmelegedett az idő. Ekkor még azonban, sajnos, nem gondoltunk a dolog fontosságára s nem



97. ábra. A Boglár és Révfülöp között átmenő, vastag-jegű turolás, a boglári várhegyről tekintve (1895. III. 2.).



98. ábra. Vastag-jegű turolás Szepezd előtt (1895. III. 4.).

térképeztük a turolásokat, csak néhány fényképet készített róluk Lőczy, amelyek közül bemutatom a 95. és 96. ábrán azt a turolást, amely Tihany partjairól átvágva, Balaton-Füred fürdő előtt simul az északi parthoz.

A 95. ábrán mintegy 40 cm. vastag jeget látunk feltorlódva valóságos, összetört antiklinálisokká.

A 96. ábra ugyanennek a turolásnak a parthoz közelebb levő részletét mutatja. Ez különösen azért nagyon érdekes, mert azon a helyen, ahol a turolás megszakadni látszik, valóságos *charriage* van, azaz áttolás. A turolás mögötti jéglap széle letörött és alája csúszott az innenső lapnak. Veszélyes hely az ilyen, mert aki itt reálép a ferdén lelejtő lapra, az menthetetlenül becsúszik a jég alá, amint a kutatókat kísérő egyik halásznak a fejszéje járt. Sok szerencsétlenség történik az ilyen helyeken.

Az 1895 tavaszán szintén elég vastag jégből képződtek a turolások. A Boglár és Révfülöp közötti turolás csinos kígyózó vonallal szelte keresztben a tavat s úgy északi, mint déli végén szétágazva, hozzásimult a partokhoz. Igen szépen lehetett látni ezt a boglári várhegyről (97. ábra). Ugyanígy alakú volt az a turolás,



99. ábra. Vékonyabb jégtáblákból alakult turolás a keszthelyi öbölben (1903. januárius).

amely 1903. januárius havában képződött ugyanezen a helyen. Ez Boglár előtt mintegy 2 km. távolságra vált ketté, éppen szemben a gőzhajó-kikötő mólóval s a mólótól jobbra-balra, mintegy 2 km. távolságban jött ki mindegyik ága a partra.

Ugyanebben az időben Szepezd mellett, a part közelében szintén vázoltam egy részletet, amelyet a 98. ábra tüntet fel s amely szépen egymásnak támogatott táblákat mutat.

Nagyon sok érdekes apró tüneményt lehet észlelni ezeken a gyönyörű részleteken. Tanulmányozásuk annyiban hálás, hogy analógiákat szolgáltatnak a hegyképződés némely mozzanatára.

A 100. ábrán egymás mellé rajzoltam néhány egyszerűbb esetet, amelyek előzőknek fordulni s amelyeknek megszámlálhatatlan változata építi fel a turolás láncolatát.

A) Egyszerű antiklinális. Elég gyakori alak, amely különösen vastag jéggel képződik.

B) Ferde antiklinális, ahol a feltört tábladarab kettétörtött, de nem egyforma nagyságú darabra, s a nagyobbik elnyomta a kisebbiket.

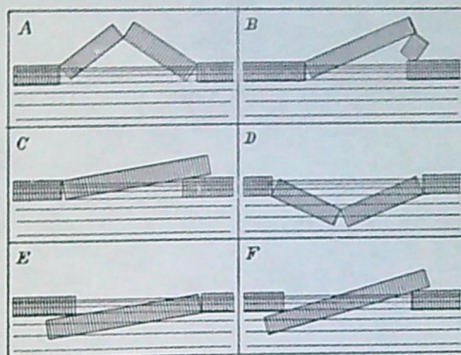
C) Egyszerű feltolás (charriage). Elég ritka ilyen egyszerű alakjában.

D) Víz alá bukott szinklinális. Ilyent láttam 1903 januáriusában. A repedés szélessége 5–6 m. volt. A jégen már nem volt hó, mind leolvadt s a turolás egy darabja ilyen széles árokká vált. Szédítő és félelmetes volt letekinteni a víz alá nyomódott jégtáblákra, amelyek a vízbeesett bizonyára megfogták, mint a csapda. A jég maga is tele volt vízzel s azért csakugyan óvatosan kellett közeledni az ilyen helyhez.

E) Alátolás, amint a 96. ábrán láttunk.

F) Egyszárnyú anti- és szinklinális. Egyszerűen félrebillent tábla, amely a repedés további bezáródásával egészen függőlegesen fel fog meredni.

Rendkívül érdekesek és tanulságosak azok a helyek, ahol egy-egy, a főturo-



100. ábra. A turolásban tapasztalt leggyakoribb feltörések.

lásból oldalt kiágazó mellékturolás elvégződik. Egy ilyen 1903 januárius havában felmértem és lerajzoltam A 101. ábra adja felülnézetét és keresztmetszetét. Látjuk, hogy szép, szabályos, háztető alakú antiklinális, amely egyszerre szépen, kúposan meggömbült táblákkal elvégződik. Az egyik ilyen kúpos táblát kifordítottuk s közepén megállapítottuk a görbületi sugarát. Ez itt 10 méter volt, felsőbb részein valamivel kevesebb. A jég tehát meggömbülhet, sőt a torlaszoló erő, amint azt fennebb láttuk, éppen ilyen gömbülést kívánnak. Ez a görbe darab megállott, mint a boltozat. Az antiklinálisokban rendszeren nem igen látunk gömbülést, bár erre is van példa, mert a felturolás nagyon egyenetlenül, rendetlenül történik. Egy antiklinális felgömbülést Lóczy jegyzett fel 1895 március 2-án a balatonfüredi fürdőház melletti jégen. A fürdőház körül a jeget mindig 1 m. széles csatornával kijegelik és gondoskodnak, hogy a csatorna nyitva maradjon. Akkortájt a csatornát nem vágják ki a víz szélétig, hanem a partfalzat mellett mintegy 1½ m. széles jégpárkányt hagytak. Itt a jég 10 cm.-re feldomborodott és szilárdan megmaradt, bárha keresztül jártak rajta, mint valami hidon.

Ahol ennek a szimmetrikus kis antiklinálisnak az alaprajzában csekély zökkenés látszik, ott két kis, egészen parányi turolás ágazott ki, arasznyi kitolt jégdarabokkal.

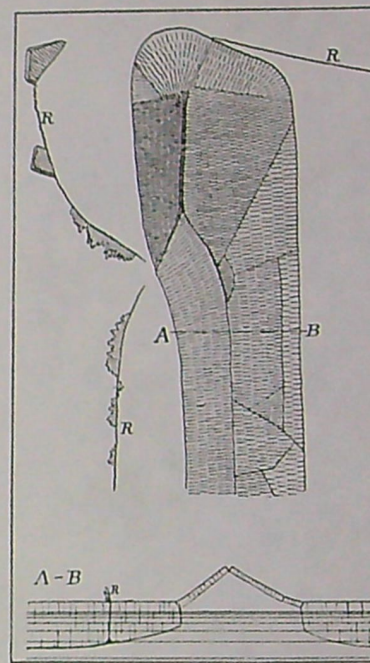
Igen érdekesek azok a helyek, ahol a torlódások a partra jutnak ki s a parthoz keményen, nagy lappal odafagyott jégen, mint masszívumokon torlódnak meg, vagy pedig feltúrnak még a kavicsot és homokot is.

A 102. ábra olyan parti torlódást mutat, ahol a tó jége felcsúszott a partra, kissé feltörve a parti jeget is, de a part anyagában kárt nem okozott. A 103. ábra ezzel ellentétben olyan helyet mutat, ahol a tó jége alátolódott a parti jégnek s az gyönyörűen meggömbült, folytonos peremben vete-medett fel, majdnem embermagasságnyra.

Kenese, Akarattya, Aliga és Világos táján, ahol a tó partja szép nagy körívben fordul, a turolás mindig egészen künn szokott járni a partszélen s helyenként hatalmasan feltúrja a kavicsot és homokot (XVIII. tábla 104. és 105. ábra). Itt már a jégbe fagyott sár egész plasztikussá teszi a jeget s azért a feltúrák helylyel-közzel egészen töretlen, szép gyűrődések, rendszeren olyan antiklinálisban, amely átbukik a part felé. Mintha a part volna a masszívum, a jég és jeges sár szenvedné a gyűrődést, amelynek meredek oldala a masszívum felé tekint.

Hasonló ilyen parti torlódásokat fényképezett E. R. BUCKLEY¹ a Mendota és Monona tavakról (Wisconsin U. S. A.), csak hogy sokkal nagyobbakat, mint amilyenek a Balaton partján láthatók. Ez természetes, mert ezeken a tavakon sokkal vastagabb jég képződik, mint a Balatonon. Nagyon szépek M. SELIM BERGER² értekezését díszítő fényképek is Svédország legészakibb partjairól, amelyek a folyamtorlatok jégtáblájának kiütődését illusztrálják.

A turolások a Balaton befagyása után minden évben más és más különlegességgel jelennek meg és csak általános helyzetükben van megfigyelés.



101. ábra. Oldalt kiágazó turolás elvégződése (1903. jan.).

¹ E. R. BUCKLEY: Ice romparts; Transactions of the Wisconsin Acad. Vol. XIII, p. 1, 141. old.

² M. SELIM BERGER: Vegetation och flora i Pajala Socken med Muonio Kapellag i arktiska Norbotten; Ark. för botanik utgivet af K. Svenska Vetenskaps-Akademien. III. kötet, 4. szám. Stockholm, 1904.

A jég különböző vastagsága, a víz szélének egyenes vagy öblös volta, a hideg időszak tartós vagy megszakadó lefolyása, havazás és lágy idő, végül a szél ugyancsak befolyásolja a turolások kifejlődését. Valószínűleg azok a fagyási időszakok mindekkori időjárásának visszatükrözői.

Legszívesebben akkor fejlődnek ki, ha hó nem borítja a jeget és hideg eszákra verőfényes nappalok következnek. Nem kell, hogy nagyon lehűljön a levegő, a Nap tüze a jégen és a jégtábla felső részeiben jelentékeny felmelegedést okoz, sőt a tiszta jégen keresztül a jég alatti víz hőmérsékletét is valamivel növeli.

Borult, ködös időben, akármennyire is meglágyul az idő, nem keletkezik turolás, különösen akkor nem, ha hó borítja a jeget. Mindezen tényezők rendszeres tanulmányozására és a turolásokkal való összehasonlítására azonban a Balaton mellett való állandó téli megfigyelés volna szükséges.

Megemlíthetjük még, hogy a balatoni halásznép a turolások keletkezését a levegő kiszabadulásának tulajdonítja.

A turolások teljes kifejlődésük után még folytonos mozgást szenvednek. Az éjjel és nappal között rendszeresen van akkora hőmérséklet-különbség, amely átlépi a 0° -ot, hogy a jég még ismételtén tágul és húzódik össze, de minden egyes olvadás alkalmával jobban és jobban pusztul az egész, összerogynak a feltorlasztott táblák, lassanként semmi sem emelkedik ki a dilatációs hely mentén, a jégről leolvad minden hó s a csendes víz, tátongó repedést alig veszszük észre. Rendszeresen olyan széles már ilyenkor, hogy nem lehet rajta keresztül menni, csak deszkával, meg a szabadon úszó jégtáblákon ugrálva. Az ilyen tátongó, alig látható nyílt vizet nevezi a nép rianásnak. Úgy magyarázták a szó eredetét, hogy a ló megriad tőle, mert már messziről megérzi, hogy leng a lába alatt a jég, amikor a nyílt víz felé közeledik. Amíg a durrogás és repedezés, saját tapasztalataim szerint is, egyáltalában nem félemlíti meg a lovat, addig a rianástól ösztönszerűleg fél és már messziről megérzi a jég lebegéséről. Megtorpad ilyenkor és nem lehet tovább hajtani.

Ezek azok a veszedelmes nyílások (106. ábra), amelyeken megindul a jég igazi pusztulása. A nyílásban támadó hullámverés mind nagyobbra tágitja a rianást, aztán a szél el kezd tolni a parttól mindenütt elvált, belső nagy mezőket s szanaszét tiszta, «hígvíz» támad, amelyen néhány úszó jégtábla «tutajozik», amint a balatoni halász mondja. Ha ezekhez közeledünk, érezzük a tábla reszketését, amint a hullámok megtörnek a szélén s halljuk az új életre kelt mozgás mormolását. A jég már ilyenkor erősen gyertyás, meg is vékonyodott, s ha erős szél támad, néhány óra alatt partra veri az egészet.

Óriási nagy a jég nyomása thermikus kiterjedéskor a partok építményeire. Ez sokkal veszedelmesebb, mint a szél hajtotta jég nyomása, mert teljesen körülölelve az építményeket, elementáris erővel nyomja azokat a turolások jelezte legnagyobb körökre radiális irányban. Alig van építmény, amely ennek a nyomásnak képes volna ellenállani. Ha meggondoljuk, hogy a jég majdnem teljesen igénybe van véve ezzel a nyomással abszolút szilárdságának határáig, mert hisz a nyomás alatt összezúzik a jég, akkor képzelhetjük, hogy mekkora nyomás esik egy-egy négyszögletes területre. Legyen a jég pl. 0.5 m. vastag s csak azt tegyük fel, hogy

a jég cm^2 -ként nem bír ki nagyobb nyomást 3 kg.-nál, akkor is pl. egy partfal minden folyóméterére 15 tonna nyomás jut. Ekkora nyomásra nem terveznek a mérnökök még hidat sem, annál kevésbé partfalat. Pedig az a cm^2 -re 3 kg. nagyon kicsiny érték. MOSELEY adatai szerint egy négyszöghüvelykre 308.4 font nyomás a felső határ, tehát cm^2 -ként 21.5 kg.! Ezt persze nem vehetjük alapul, mert a jég



102. ábra. Rátolt parti turolás Révfölöp és Szepezd közt. 1895. III. 4.

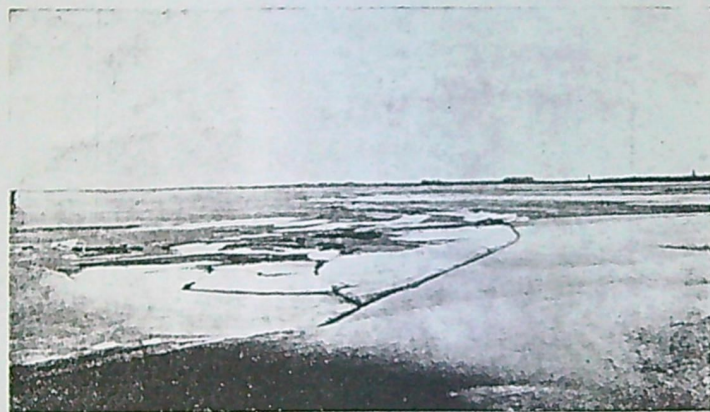


103. ábra. Alátolt parti turolás Révfölöp és Szepezd közt. 1895. III. 4.

a tő felszínén máris össze van töredeztve, a rések és repedések gyengébb helyek stb. De ha csak ennek egy heted részét vesszük is, óriási oldalnyomást kapunk. Ezt a számot, hogy t. i. a jég négyszögcentiméterenként 3 kg.-nál többet nem bír ki, durva, egyszerű, a természetes viszonyoknak megfelelő kísérletekkel kaptam. Kifaragtam egy dm^3 nagyságú kockát, azt hozzáfagyasztottam a jéghez, aztán deszkát fagyasztottam a kocka tetejére, hogy feltétlenül egyenletesen oszoljék el a nyomás. Azután megterheltem a deszkát s a jégkocka 300 kg. teher nyomása alatt feltét-

lenül összerogyott. Ez ellen a kísérlet ellen természetesen sok kifogást lehet tenni, de eléggé megközelíti a természetes viszonyokat.

Erre a rettenő nyomásra példákat is lehet felhozni. 1895 tavaszán a jég a siófoki fürdőház hosszú czölöpjeit mind, sorba elferdítette annyira, hogy 50°-ra hajlottak a vízszinteshez. A keszthelyi partfalat néhai HENCZ ANTAL odaváló építész elbeszélése szerint lenyomta a jég az alapjáról s egy méterrel beljebb tolta. A fürdőházhoz vezető töltést 1870-ben hátranyomta s az egyetlen tömeggé fagyott töltés felemelkedett a földről, felpúposodott s olyan magas ívben állt meg, hogy kocsik eljárhattak alatta. 1886-ban a keszthelyi fürdőház hídjának összes jármait ferdére



106. ábra. Igazi rianás a Balatonon, Boglár és Révfülöp közt.
Az 1903. évi tél turolásának helyén.

nyomta. A siófoki fürdőház említett pusztulását magam is láttam. De láttam a balatonfüredi jégtörőket messze eltölve és kifordítva, a badacsonyi gőzhajó-kikötő hidját tönkretéve, a kenesei hidat töltéستől lerombolva s magam próbáltam a boglári mólót megvédelmezni a pusztulás ellen. A védelem ez ellen az elementáris erő ellen nagyon egyszerű. Ki kell jegelni az építményeket, jó távol az építményektől, s a kijegelt dilatációs hézagokat állandóan nyitva kell tartani. Az építmények mellett úgyis mindig van ember, akinek télen nincs egyéb dolga, ez könnyű szerrel elvégezheti a kijegelést. Ha az épülettől jó távol tartjuk a kijegelést, akkor még az a hasznunk is van, hogy a szélhajtotta jég ellen ez a kemény, parthoz fagyott jégtábla jégtörő gyanánt is szolgál s ez ellen a szintén nem kicsinylendő veszedelem ellen is védelmezi.



104. ábra. Feltört kavics és homok Akaratya alatt.



105. ábra. Parti turolás Tihany délkeleti partjain.

D) A jég és a Föld szilárd kerge.

Összefoglalva röviden az előbbi pontok alatt elmondottakat, a következő tényeket konstatálhatjuk:

1. A jég fagyásakor már előkészíti a gyertyásodás tünetényét, amely a későbbi hőmérséklet-ingadozások következtében még jobban kifejlődik.

2. Tetemes lehülés esetén a jég összehúzódva, megrepedezik. A repedések legnagyobb része nem tisztán az abszolútus összehúzódás következménye, mert hisz ha egyszer a jég a partoktól elválk, akkor szabadon húzódhatnak össze, semmi oka sem volna többé a megrepedezésre. Ezt az erős repedezést a felső és alsó jégretek különböző hőmérséklete okozza, amely a jéglapot görbülésre kényszerít.

3. A repedések legnagyobb része ismét keményen befagy, mert az egyszer történt megrepedés után itt többé nagy mozgás nem megy végbe. Van azonban a repedések között néhány, amelyeket főrepedéseknek nevezünk s amelyek a tulajdonképeni, igazi dilatációs hézagoknak felelnek meg s amelyeknek mentén a valódi abszolútus kiterjeszkedés és összehúzódás egyenlítődik ki.

4. Ezek a főrepedések kijelölik a leendő turolások s az utánuk következő rianások helyét.

5. Változatos hőmérsékletjárás esetén a főrepedések mentén törmelékhalmozatok keletkeznek, amelyeket a nép turolásnak nevez.

6. Ha hosszabb ideig tartó hideg periodus után hirtelen történik a felmelegedés, akkor körülbelül megint a főrepedések mentén, de ha esetleg azok is erősebben befágytak, itt-ott tőlük eltérően, vastag jégből, egyszeres felvetődéssel keletkeznek turolások.

7. Úgy a főrepedések, mint a turolások vezérvonalai olyan legnagyobb körök, amelyek lehetőleg hozzásimulnak a partokhoz és egymáshoz. Ahol két ilyen legnagyobb kör érintkezik, ott egyenes repedés, vagy néha két egymást metsző repedés is képződhetik.

8. A turolások kifejlődésük után is folytonos mozgás színhelyei, azért itt legelőször pusztul a jég s erős felmelegedés után helyükön úszó jégdarabokkal fedett, nyílt-vízcsatornák keletkeznek, amelyeket a nép rianásnak nevez. Ezeket indul meg a jég pusztulása, amit mindig a szél szokott igen rövid idő alatt befejezni.

E. R. BUCKLEY-nek többször említett érdekes értekezése után C. R. VAN HISE néhány reflexiót közöl, összehasonlítva a jégen észlelhető mozgásokat a Föld szilárd kergének mozgásaival.

Aki látja ezeket a tünetényeket, csakugyan nem szabadulhat attól az önkéntelen feltétel gondolatától, hogy a jég tünetényeit a Föld szilárd kergének tünetényeivel hasonlítja össze. A turolások mint valódi hegylánczok húzódnak végig a nyílt jégablán, ahol pedig a partra torlódtak, ott a masszívumokhoz simuló ráncvetés analógiájára gondolunk. Különösen itt, a partok mentén, ahol a sáros jég és összefagyott törmelék elég plasztikus ahhoz, hogy valódi gyűrődések jöjjenek létre: igen csábító a hasonlat s apróbb részleteiben meglepően összhangzóak is a tünetények.

A jégen keresztben átvágó turolások nem egészen olyan benyomást keltenek-e, mint az Ural-hegység, amely két érintetlen, teljesen nyugodtan fekvő tábla közti

metészen vág keresztül. A 103. ábrán bemutatott alánál a Balkán-hegységet juttatja eszünkbe, amelynek meredek oldala kivételesen az iv külső oldalán van, míg a 102. ábra formája az eurázsiai lánczok típusait, a Kárpátokat és az Apennineket utánozza. Még a vulkáni erupciókat is ott találjuk a jég felszínére buggyant vízben, amely mása volna a Föld belsejéből kitóduló lávának. Ez a láva is néha nagy felületeket borít be egyenletes réteggel, mint a turolások mellett felszivárgó víz, amely nagy területen összefagyaszta a hó finom kristályait.

A hasonlattal azonban nagyon óvatosan kell bánnunk. Az anyag és az erő, amely a két párhuzamba állított tünemény létrehozásában szerepel: lényegesen különböznek egymástól. A szilárd kéreg változatos, néha rideg, máskor plasztikus, ismét más esetben laza anyagait alig lehet összehasonlítani a jéggel, amelynek egészen különös tulajdonságai vannak. Amint TYNDALL kifejezte már, a jég minden molekulája bámulatlan rendszerben van s ebben lényegesen különbözik az üveg nemű anyagoktól, amelyvel annyiszor összehasonlítják a jeget. A jég, mint szilárd test, minden átmenet nélkül nyugszik rajta a teljesen cseppfolyós víz.¹ Milyen más a helyzet a Föld szilárd kérgében! A felső, merev rétegek alatt olyanok következnek, amelyek forró vízzel áthatva, egészen más tulajdonságúak, ezek után megtaláljuk az átmenetnek minden stádiumát, míg végre a teljesen higan folyó magmához jutunk, akármilyen legyen is annak az elhelyezkedése.

A Balaton jege ilyenféle vizsgálódások esetén minden hiba nélkül sík lapnak tekinthető, míg a Föld szilárd kérgé gömbboltozat, amelyben egészen más feszültségek és igénybevételek keletkeznek, mint a sík lapon.

De az erők sem ugyanazok. Bármilyen legyen is az az erő, amely a Föld kérgét ráncba szedi, akár a belsőbb részek gyorsabb összehúzódása, akár a felsőbb rétegek kiterjeszkedése (csak ez a kettő lehet), ami elvégre relatív dolog, semmi esetre sem okozhatja a tüneményeket a Föld kérgének lehűlése és felmelegedése, amint azt a jégben látjuk. A két erő működése tekintetében sem hasonlít egymáshoz. A Balaton jégén periodusos összehúzódások és kiterjedések váltakoznak, míg a Föld szilárd kérgén relatív összehúzódásnak (a belső mag megnövekedésének, vagy a kéreg megkisebbedésének) nyoma sincs. A Balaton jégén keletkező földrepedések analógiáját hiába keressük a földkéregben. Úgy látszik, eféle csak a Hold felszínén van, ahol már a kéreg jobban húzódik össze, mint a belsőbb részek. A földi hegyek gyűrődésében vannak ugyan szünetek, egy-egy ideig nem működik a felgyűrő erő, de olyan esetet nem ismerünk, hogy már egyszer keletkezett gyűrődések ismét visszasimultak volna. Lazulás lehetséges olyankor, amikor a földkéregben a horizontális feszültség megszűnik, de ennek csak besüllyedések lehetnek a következményei, tatóngó repedések képződése soha.

Különbözik tehát az anyag, különbözik az erő és az erő nyilvánulása. De még a részletekben is különbségek mutatkoznak. Szépen redőzött, sorakozó gyűrődéseket, amelyek pl. a kristályos palákban sokszor bámulatlan aprólékosak s az anyag plasztikus voltáról tanuskodnak: a jégben nem jönnek létre. Igaz, hogy a gleccserek mozgása arról tanuskodik, hogy a jég úgy mozog, nyomás hatása alatt, mint a plasztikus anyagok, de húzó igénybevétel esetén ezt a látszólagos plaszticitását

¹ Nem véve tekintetbe itt azokat a finom fizikai tüneményeket, hogy a 4° -nál hidegebb víz már bizonyos átmeneti stádiumban van a szilárd állapot felé s a 0° -ú jég sem tekinthető teljesen szilárd testnek.

elveszti. Nem is plasztikus a jég, hanem tudjuk, hogy 0° közelében, nyomás alatt a nyúlós czellafalak gyanánt szolgáló sós rétegek megolvadnak s a kis részecskének egymáshoz képest relatív elmozdulását lehetővé teszik. Húzás esetén ezek a sós hárták nem olvadnak meg s a jég épp oly rideg, mint az üveg, amint azt a gleccserek felszínén támadó temérdek repedés tanúsítja. Nem igazi plasztikus anyag tehát a jég s nem lehet hasonlítani a kristályos paláknak ahhoz az állapothoz, amelyben a finom gyűrődéseknek kellett képződniük. Ehhez az kell, hogy a jég meghajoljon. Hajlítás esetén rendszeresen az egyik szélső szál húzásra, a másik nyomásra van igénybe véve. Ez utóbbinak engednie a jég, de az előbbit nem bírja ki s a hajlításra igénybe vett darab el fog törni. Csakis úgy lehet a jeget meghajlítani, ha az egyik szélső szálában kisebb nyomás keletkezik, mint a másikban, de húzás sehol sem lép fel. A turolások keletkezésekor csakugyan első pillanatban ilyen az igénybevétel. Amint azonban a jég a legkisebbet kihajlik, azonnal húzás lép fel a domború oldal szélső szálaiban s a jég eltörik.

Ezért nincsenek a jég turolásaiban igazán szép, olyan gyűrődések, amelyeket a plasztikusan gyűrődött kőzetekéhez lehetne hasonlítani.

Amikor a jégtáblák egymásnak támaszkodva, háztető alakjában fedik a dilatációs hézagot s alattuk üresség van, megint olyan esettel állunk szemben, amely a földkéregben nem jöhet létre. Gyűrődés folytán üregek nem támadhatnak a Föld belsejében.

Első pillanatra a tektonika újabb felfedezéseivel részben megerősített áttoláselmélet (charriage) gyönyörű példáit találjuk a jégben. Ilyent mutat a 100. ábra B, C és E rajza. A Föld szilárd kérgének olyanforma áttolódása, mint amilyent a C és E rajzok mutatnak, majdnem elképzelhetetlen, mert ezt először olyan vetődésnek kellene megelőzni, amely az egész szilárd kéreg teljes vastagságának megfelelő viszonylagos elmozdulást okozna s csak azután kezdődhetne a kiemelt kéregrésznek a csúszása az alul maradt kéregrészt felett. Ez a jégben könnyűszerrel megy, mert a teljesen szilárd kéreg alatt rögtön a cseppfolyós víz következik s azonkívül jégnek a jéghez való surlódása ilyen nagy erőkhöz képest, ilyen kis felületeken alig jöhet figyelembe. A Föld szilárd kérgének felső, merev rétege alatt azonban nem kezdődik éles határral a magma, ezt majdnem kétségtelen bizonyosságnak tekinthetjük s azonkívül az egyes részeknek egymáshoz való surlódása olyan óriási ellenállás, amely, ha a felgyűrő erőkhöz képest elhanyagolható is, de feltétlenül figyelembe kell vennünk, amikor a mozgásba hozott rétegek szilárd-ságáról van szó. Azokhoz az erőkhöz képest, amelyek a földkéreg anyagát a törés határáig igénybe veszik, a surlódás éppen nem elenyésző, hanem bizonyos, könnyen számítható határon túl a surlódás ellenállása nagyobb lesz, mint a kőzeteket a törés határáig igénybe vevő erő.

Áttolódás a Föld kérgében csakis a 100. ábra B rajza szerint képzelhető, amikor az eldől antiklinális üregbe betóduló plasztikus kéregrészt a surlódást lényegesen csökkenti. És éppen ez a B rajzon feltűnő alak elég gyakori, mindenféle komplikáltabb formájában a jégben, de oly merev, olyan töredezett, összevisszadobált részletek ezek, amelynek a súlyos, laza, egymáshoz óriási módon surlódó földrétegekben egyáltalában el sem képzelhetők.

Nagyon fontos különbséget veszünk észre a jég és a földkéreg tektonikus formái között abban a tekintetben is, hogy amíg a földkéreg szilárd anyagai igen különböző keménységűek, szilárdságúak stb., addig a jég ebben a tekintetben tel-

jesen egyöntetű anyagnak vehető. Megint csak a partmenti turolásokban találunk helyesebb analógiákat, mert ott a kavicsos és homokkal összefagyott jég egyenetlen fizikai tulajdonságú kérget állít elénk.

Úgy látszik, hogy a földkéregben a gyűrődések az egyszer már összegyűrt részletekhez időrendben, egymás után hozzásimulnak, a fiatalabb gyűrődéseket mind messzebb és messzebb találjuk a legrégebbektől. A jégen a későbbi mozgások éppen azon a helyen egyenlítődnek ki legkönnyebben, ahol a korábbi mozgások már turolást hoztak létre. Gyűrődéseknek regionális sorakozását tehát itt nem találjuk, legfeljebb megint csak a parton, ahol a viszonyok minden tekintetben sokkal jobban emlékeztetnek a földkéregére.

C. R. VAN HISE még a turolások mellett felbuggyanó víz és a földkéreg gyűrődései mentén működő vulkánosságot is párhuzamba állítja.

Az analógia bizonyos tekintetben jogosult, de inkább csak hasonlat. Olyan módon, mint ahogy a jégre buggyanik ki vagy szivárogoz fel a víz, teljes lehetetlenség a vulkáni kitörések keletkezését magyarázni. Egyetlenegy vulkánt, egyetlenegy vulkánikus területet sem ismerünk, amely csak megközelítőleg is hasonlítana azokhoz az egyszerű viszonyokhoz, amilyeneket a jégre került víz szereplésében észlelhetünk.

A tektonikus viszonyokkal való összehasonlítás még leginkább olyan tekintetben szerencsés, amelyre VAN HISE egyáltalában nem gondolt. A partok közelében gyakran lehet látni, hogy a jégtábla magasabb vízállással keletkezett, azután leapadt valamelyest a víz (lehet, hogy csak deniveláció okozta a lokális duzzadást és apadást) s az alátámasztás nélkül maradt jéglap összetöredezve, rendszeren erős horizontális nyomás közben, lesüllyedt a szárazzá lett fenékre. Ez az összetöredezett s kissé komprimált táblarészlet nagyon emlékeztet a táblás rétegekből felépült röghegységekre. Mindenféle irányban kibillent táblák sarkai mint sasbérczek (horszok) emelkednek az átlagos nivó fölé; árkos vetődéseket, aszimmetrikus vetődéses völgyeket, egész nyugodtan, vízszintesen kiemelkedő «mezákat» láthatunk, s ha még egy kis hó a szubacrikus képződményeket is mimeli, akkor tanulságos modellje áll előttünk a táblás röghegységnek.

Mindenesetre érdemes a jég képződményei és a tektonikus képződmények között való hasonlóságokat és ellentéteket tanulmányozni, de ezt a legnagyobb óvatossággal kell tennünk, sohasem felejtve el, hogy az anyag és az erő a két összehasonlított tüneményben lényegesen más.

V. FEJEZET.

A HÓ A JÉGEN.

A Balaton jegére hullott hó története és a belőle képződött formák tanulmányozása nagyrészt ugyanarra az eredményre vezet, mint a szárazföld síkságaira hullott hó átalakulásainak, alakzatainak tanulmányozása. A szárazföldeken a hó tanulmányozása közelről sem foglalkoztatott annyi természetvizsgálót, mint amennyit ez az érdekes probléma megérdemelne.¹

Annyi azonban már az eddigi vizsgálatokból is világos, hogy a frissen hullott havat a szél éppen olyan alakzatokban halmozza fel kezdetben, mint a futóhomokot, amire már korábban rámutattam.² De az ott kifejtett nézeteimet azóta még tett tapasztalataim alapján még meg kell toldanom azzal, — amit CORNISH és STAFF is igazoltak, — hogy az első alakzatok rögtön megszilárdulnak s további fejlődésüket nem lehet többé a futóhomok mozgásával összehasonlítani. Az egyszer összehalmozott hószemcsék azonnal tapadnak, elvesztik könnyed mozgásukat s ezen túl a deflációs, szélmarta formák válnak uralkodóvá.

Kétségtelen, hogy a hószemcsék összetapadása a regelációval magyarázható. Amint a gyorsan mozgó kristályocska beleütközik egy már megtapadott hó- vagy jégzemecskébe, azonnal létrejöhet az összefagyódás, mert az ütközés helyén bizonyára felemelkedik a hőmérséklet 0°-ra, ha még olyan parányi, egy-két négyszögmikron területű felületen is. És ez elég arra, hogy azonnal összefagyjon a két kristályocska.

Még gyorsabb és bensőbb az összekapcsolódás, összetapadás akkor, ha a hó hőmérséklete 0°-ra emelkedik, vagy éppen olvadozni kezd, amikor a felszín megolvadt vize az alsóbb, még hideg kristályokra reáfragy, azokat összetapasztja, sőt a magával levitt csekély sóoldattal azonnal beburkolja a szemcséket s ezek a QUINCKE-féle nyúlós hárták létrehozzák a szemcsés szerkezetet (Kornstruktur), ami a firne és a firnből lett glecserjégre annyira jellemző.

Ilyenkor már természetesen mint szilárd, kemény anyag áll a szél előtt a hóbuczka s abból a szél, erejéhez képest, különféle deflációs formákat farag ki. A hószemcséknek gyors egymáshoz való tapadását mi sem bizonyítja jobban,

¹ A legbehatóbb kutatások közé tartozik V. CORNISH tanulmánya: «On snow-waves and snow-drifts in Canada»; The Geogr. Journ., Vol. XX, 1902, 137—175. lap; továbbá HANS V. STAFF: «Wind und Schnee»; Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins. Bd. XXXVII, 1906, 45—56. lap.

² A futóhomok mozgásának törvényei. Földt. Közl. XXXII. k. 1902. 4. lap.

mint a hóparkányok (Wachte) keletkezése. Az éles sziklagerinczen keresztülfűjt hó szemecskéi egymáshoz tapadva, a sziklagerinczről messze kinyúló parkányt építenek fel, amely éppen olyan kontúrú s tulajdonképpen ugyanolyan keletkezésű, mint a homokbarkhán két előrenyúló karja a vízszintes síkban.

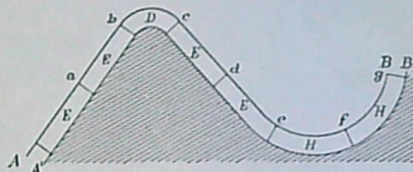
A hónap ez a gyors tapadása okozza azt, hogy a lehullott hóban sokkal gyakoribbak a kifuvásos formák, mint azok, amelyek a homokbuczkák normális alakjaival identikus képződmények. Ahhoz, hogy a futóhomok-barkhánokhoz hasonló képződmények létrejöhessenek, igen kedvező körülményeknek kell létrejönnie: 1. a jégre már korábban reáfagyott, egyenletes hóréteg, amelyen csak erős sűrődással mozoghat tovább a frissen hullott hó; 2. alacsony hőmérséklet, hogy a hószemek ne tapadjanak olyan gyorsan egymáshoz; 3. elég erős, állandó szél, amely nem hagyja a lehullott havat megrokkanni és megkeménykedni.

De vegyük sorba azokat a formákat, amelyeket alkalmam volt észlelni a Balaton jégén.

A) Dér a jégen.

A dérképződés, tudjuk, hogy a kisugárzás folytán lehűlt szilárd testeknek az éleit, hegyeit, sarkát lepi el először. Ennek az az oka, hogy a kisugárzás domború felületekről mindig nagyobb lehűléssel jár, mint egyenes vagy éppen homorú felületekről. A 107. ábrán legyen pl. valamely felület jelezve az AB vonallal. Erről a felületről sugározzék ki a meleg s emiatt veszítse el meglehetősen egy részét teszem az $A'B'$ vonallal jelölt belső, képzelte felületig a test. A kisugárzás a felületnek minden részéről egyenletes legyen. Akkor azokról az E darabokról, amelyek a felület sík része alatt vannak, az időegység alatt ugyanannyi meleg sugárzódik ki, mint a D darabról, amely a domború felület alatt van, meg a H részokről, amelyek a homorú felület alatt vannak, feltéve, hogy $ab = bc = cd = de$ stb. Csak, hogy az E darab térfogata nagyobb, mint D darabé és kisebb, mint a H daraboké. Ugyanannyi kalória hővesztés következtében tehát legjobban lehűl a legkisebb D darab, valamivel kevésbé az E darabok és legkevésbé a legnagyobb, t. i. a H darab. Leghidegebbnek fogjuk érezni tehát a bc felületrészt s legmelegebbnek az ef és fg felületrészeket. Mennél görbébb a bc felületrész, vagyis mennél kisebb a görbületi sugara, annál erősebb lesz ennek a résznek a lehűlése a többihez képest. Ez az oka annak, hogy pl. vasrácsoknak az élén, növényleveleknek, fűszálaknak a hegyén és élén jelenik meg először a dér s csak később, amikor már az egyenes rész is lehűlt, akkor lepi be egészen a felületeket a dér.

Nagyon valószínű, hogy ilyen módon képződnek a hópelyhek is. Az első pillanatban képződött kis hatszöges lemezeknek a sarkaira kristályosodik ki ezentúl



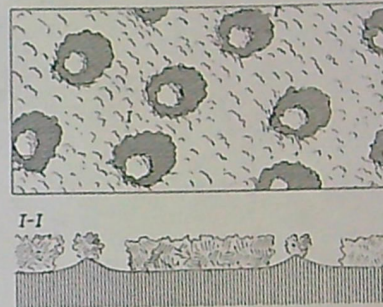
107. ábra. A kisugárzás domború, homorú vagy sík felületekről.

a pára, mert ezek a pontok csakhamar hidegebbek lesznek, a kisugárzás következtében, mint a levegő.

A tükörsima, vízszintes jég lapon a dér megjelenése igen sajátos. A még oly simának látszó jég tükör felületén mindig vannak apró kis dudorok: az első fagyás horizontális kristályosodású részének maradványai. Ezek a szétszórt kis dudorodásokon jelenik meg az első dér, mint azokon a pontokon, amelyek legdomborúbbak a jég felületén. Egy-két centiméter átmérőjű kis kristály-szővevény fejlődik ki itt, amely emlékeztet valami kis, egy törzsből szerteágazó bokorra. Nagyító üveg alatt látjuk a hatszöges rendszert jellemző szögek alatt összeszővődött kis lemezeket, pálcikákat, csillagocskákat stb. Sajátos látvány, amikor ezek a kis 2–3 cm. magasságú dércsomók sűrűn fedik a jeget (108. ábra). Lehet néha látni hosszú, merev tűkből összeállított ilyen kis dérbokrocskákat, amelyeket ARCTOWSKI is említ már idézett munkájában (76. old.).



108. ábra. Dércsomók elhelyezkedése a jégen.



109. ábra. Dér és hó elhelyezkedése a jégen. Alaprajz és metszet.

Amikor aztán még tovább fejlődik a dolog, még sajátosabb jelenséget tapasztalhatunk. A kis bokrocskák közt a sík lapot is ellepi a dér, de a kis dércsomók körül pusztán hely marad. Ilyenkor keletkezik az a csodálatos jelenség, amelyet alaprajzban és metszetben a 109. ábra mutat be. A kis bokrocskák tühegyes kis púpokon ülnek; ezek a kis magaslatok homorú lejtőkkel simulnak le a jég sík lapjára. A homorú lejtőn nincsen dér, míg a sík részleteket egészen ellepi. Nem merném annak tulajdonítani, hogy a bokrocskákkal is védett homorú lejtők nem hűltek ki annyira, hogy nem képződhetett rajtuk dér. Ez ellen nem szól az, hogy a kis bokrocskák nincsenek a tiszta helynek pontosan a közepén, hanem abban mind egy oldalra félre tolva állanak, úgy hogy a kis tiszta hely, amelynek átmérője 3–4 cm., úgy fest, mint valami kis patkónyom. Ha ugyanis dérképződéskor kevés szél fúj, a metszet szerint balról jobbra, akkor érthető az ilyen elhelyezkedés.

De arról sem győződhettem meg kifogástalanul, hogy a sík területeket elborító apró kristályok halmaza kizárólag dér-e, vagy pedig vékony hóréteg, amely felső színén megderesedett. Mert legfelső színe mindenesetre dérképződmény, ezt a nagytűtűvæg azonnal elárulja. De az alsóbb rétegei annyira tömöttek, hogy a szerkezet után többé nem tudtam megállapítani, hogy hó-e vagy dér. Lehet, hogy a finoman szállingózó hó is így helyezkedik el a kis dércsomók körül.

Ez a kérdés mindenesetre megoldatlan maradt. ARCTOWSKI¹ ugyan szintén említi a déli sarkvidék jegéről a dér-bokrocskákhöz hasonló képződményeket, de a 109. ábrán látható jelenséget nem ismeri.

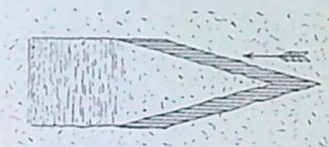
B) A hó felhalmozódás-formái.

Amint a friss hó ellepi a sima, száraz jeget, jó hideg idővel, a szél azonnal megbolygatja az egyenletes réteget. Ha teljes szélcsendben hull alá a hideg hó, akkor a jégen nehéz a járás, mert a finom poros hó nem tapad a jéghez mindjárt, hanem megtölti még a jégpatkót is és nagyon sikamlós, nehéz ilyenkor a járás, mert az egész vékony hóréteg a talphoz tapad.

Egy ilyen esetben (1895 febr. 7.-én) a nyugodtan lehullott, alig 1 cm. vastagságú hóréteget kis szél kezdte megbolygatni, de nagyon különös módon. Helyenként ugyanis a szellő belekapott a hóréteg valami kissé kiállóbb részébe s ennél fogva sajátságosan összetolta a havat, amint a 110. ábra mutatja. A megtámadott pontnál fogva ékalakban elválasztott egy részletet a hóból, s ez az elvált, háromszögalakú hómezőcske összetorlasztotta maga előtt a havat kis, szabályos négyzet alakú halommá. Számtalan ilyen lehetett látni a sima jégen, mind az északi keleti gyenge szellő hatása alatt keletkezni, egy ideig mozogni s aztán, mikor a hóhalmazka elég tömör volt, megszűnt minden további mozgás. Estefelé erős szél keletkezett, amely durván lesöpörte a havat a jégről, ezekkel a kis tűnényekkel együtt. Több ízben ezt a jelenséget nem láttam.

Ha a hó nedves jégre hull, azonnal megtapad s a szél nem bírja mozgatni, de ha egy vékony hóréteg már hozzáfagyott a jéghez, akkor gyönyörű formák halmozódnak fel.

Mindenekelőtt szabályos fodrok (ripplemarkok) képződnek, amelyeknek egymástól való távolsága igen különféle. Vannak 1—2 dm. hosszúságúak, de vannak 60—80 cm.-esek is. Megközelítőleg sem olyan szabályos tehát a jelenség, mint a homokfodrokon. A futóhomok fodrai, ha háborítatlanul fejlődhetnek ki, akkor mindig körülbelül 10 cm. távolságúak. Számtalan, sok ezer mérés tanúsítja ezt. A homokfodrok távolsága (gerincztől gerinczig) csakis akkor változik meg, ha a térszín egyenetlenségei háborítják. Tanulmányaim arra az eredményre vezettek, hogy a homok-



110. ábra. A szél által összetolt hó.



111. ábra. Frissen esett hóból képződött barkhán.



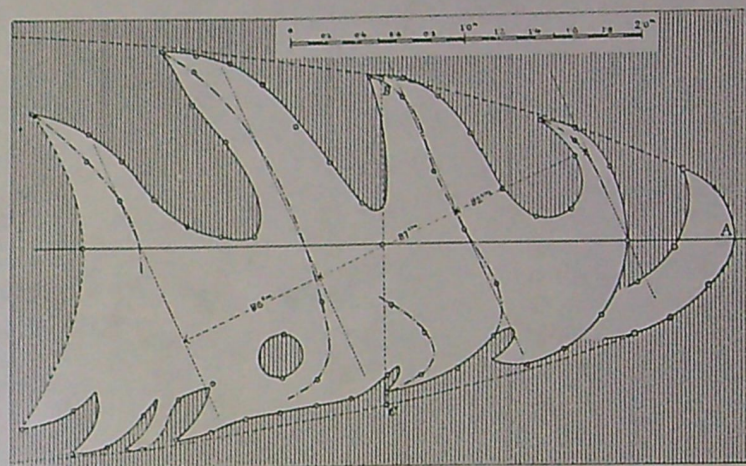
112. ábra. Fodrokkal teljesen szétszedett barkhán.

¹ HENRYK ARCTOWSKI: Die antarktischen Eisverhältnisse. PETERMANN'S Mitth. Ergänzungsheft No. 144. Gotha, 1903. 76. oldalon.

fodrok távolsága nem függ a homokos térszín lejtőjének hajlásától, sem a homokszem nagyságától, sem a szél erősségétől, hanem kizárólag a térszín-lejtő hajlásszögének változásától.¹

Egészen másként van a hóval. A hó szemecskéinek mozgékonyasága rövid idő alatt nagyokat változik s a körülmények szerint igen különböző lehet. Ennek következtében a fodrok távolsága is nagyon különféle. Rendkívül beható, a hószemecskék fizikai állapotának stb. pontos vizsgálatáig menő tanulmány volna szükséges, hogy a fodrok hosszának összefüggését más tényezőkkel megtalálhassuk.

Képződnek ilyenkor a hó felszínén a frissen esett hóból valószínűs barkhánok is, ami igen ritka jelenség. A barkhán ugyanis mindjárt megkötődik, megszilárdul s aztán a kifuvás formái mutatkoznak rajta, amelyek egészen átalakítják.



113. ábra. Hóbarkhán alaprajza.

A 111. ábrán látjuk egy ilyen hóbarkhánnak a fényképét. Sajnos, igen nehéz fotografálni, mert alig különbözik a fehér barkhán a fehér hómezőtől. A barkhán maga az egész formáció, amelyet a fodrok szétszedtek egyes darabokra, mivel a barkhán olyan alacsony, hogy a fodrok egészen keresztülszelik az alsó, kemény

¹ Nincs itt helye, hogy tanulmányaimnak ezt az eredményét kifejtsem, csak utalhatok rá, noha még nem publikálhattam. Ha valamely nagyobb homokbuczkán sorban megmérjük a fodrok gerincz-távolságát (sok száz adatot kapunk így) s például minden méter távolságban a bucza lejtőjének hajlásszögét, akkor a következő eljárással könnyen meggyőződhetünk arról az érdekes összefüggésről. Rajzoljunk olyan ábrát, amelynek abszcisszái a folyómétereket jelentik, ordinátái arányosak a lejtő hajlásszögének változásával méterről-méterre. Rajzoljunk ez alá egy másik ábrát, amelynek abszcisszái megint a folyóméterek, ordinátái pedig arányosak az illető méter hosszúságon levő fodrok gerincztávolságainak a számtani közepével: tapasztalni fogjuk, hogy a két ábra — kellő mérték választása esetén — kongruens.

hóig. Ez az oka annak, hogy némelyiken alig ismerjük fel a barkhánalakot, mint pl. a 112. ábrán fényképezett barkhánokban (három látható jól, a képsíkkal párhuzamosan elnyúlva, de hátul többet is sejtet a kép).

Egy ilyen barkhánt a fényképezettek közül (1901 februárius havában) fel is mértem nagy pontossággal s a barkhán alaprajzát a 113. ábrában mutatom be.¹ Azt látjuk, hogy a barkhán alaprajzának átlagos határa ellipszis, amelynek egyenletét is sikerült megállapítani:

$$y^2 = 0.4994x - 0.032038x^2.$$

Az egyenlet a barkhán csúcspontjára (A) van vonatkoztatva, az X tengely a barkhán hosszanti tengelye; a B és C pontokat számítással kaptuk. A rajzon a vonalkázott rész a régi, kemény hó, a fehér a friss «futó»-hó.

A barkhánon egymással párhuzamos gerinczeket látunk, amelyek nem állnak merőlegesen a barkhán tengelyére s távolságuk majdnem pontosan 86 cm. Ezek korábban képződött fodrok, amelyeket 25°-kal eltérő irányú szél készített. A fodroknak a végeit a szél legörbítette s így az általános barkhán-formába beleillesztette.

Ezek a barkhánok, amelyek szemünk előtt képződtek az erős hóvihárban, csakhamar megkeménykedtek. Ezentúl a szél csak pusztította őket, de nem mozgaltak többé a helyükből.

Hasonló formák lehettek azok is, amelyeket 1900 december havában Lóczy úr fényképezett a Kerekedi öbölben s amelyekről a 114. és 115. ábra (XX. tábla) nyújt kellő fogalmat. Sajnos, hogy ezeket a formákat nem láthattam közelebbről, nem állapíthattam meg, hogy mennyit munkálkodott rajtuk a defláció stb. s így részletesebb taglalásukba nem bocsátkozhatom. A hosszan előrenyúló sarló-karok, a mindenütt feltűnő elliptikus vonalak a barkhánképződés csatlakoztatlan árulói. A fodrok szereplését is láthatjuk egyes részleteken, de a hó bizonyosan már erősen tapadt a jéghez, különben leseperte volna róla a szél s ezért az alakok tökéletlenek.

Az akadályok körül történt felhalmozódások éppen olyanok, mint a szárazföldön s mint ahogy STAFF is leírta.² Ezekről nincs különös mondanivalóm.

C) A hó szélmarta alakzatai.

Ezekben nagy a változatosság. A megkeménykedett hóból a szél szépen kipreparálja azokat a finom rétegecskéket, amelyek a buczka felhalmozódása alkalmával egy-egy erősebb szélroham alkalmával keletkeztek. Minden szél nyom egyet a felhalmozódott hótömegben s összetömríti a már lerakódott hókristályokat. Így lesz réteges minden hóhalom s ezek a rétegek bukkannak ismét elő a szélmarás következtében. V. CORNISH fényképein láthatunk néhány nagyon szép ilyen szélmarta formát, de ilyeneket a szárazföldön minden erősebb szélfúvás után is felfedezhetünk.

A Balaton jegén kevés az egyenletlenség a hóban s azért kevés helyen láthatjuk ezeket a szép formákat.

¹ Ugyancsak ismerttettem már a Földtani Közöny XXXII. kötetének 15. oldalán (A futóhomok mozgásának törvényei).

² Id. h.



114. ábra. A kerekedi öböl hóbarkhánjai, 1900 december havában. Az öböl nyugati partjának magaslatairól tekintve.



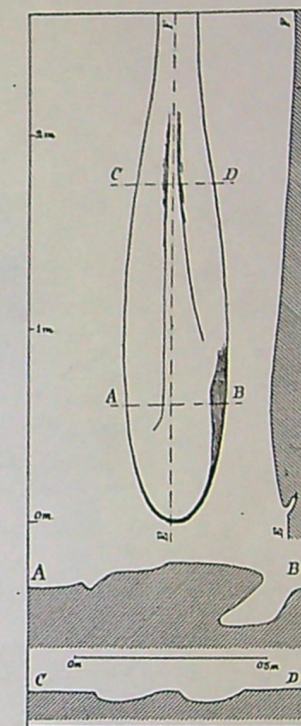
115. ábra. A kerekedi öböl hóbarkhánjai 1900 december havában. A sötét foltok tiszta jégfelületek.

Ahol a hó alatt gyéren szétosztott egyenetlenségek vannak a jégben, pl. feltört tábladarabok, ott minden ilyen egyenetlenség felett a vastag hóban a 116. ábrán látható, szabályos alak képződik. Az átlagos hófelszínből kiemelkedő dombskán a legfelső réteg keményebb, mint az alsó, ennek következtében a legfelső réteget nehezebben támadja meg a szél, mint az alatta levő szemesítés, de lazább

havat. Ennek következtében a szél aláássa a felső kemény réteget s abból szép, ellipszis alaprajzú, konzólszerű párkányocskát farag ki. Az alaprajznak addig a pontjáig, ahol a határvonal érintője párhuzamos lesz a széllal: az ellipszisen belül levő jeges hórész kiemelkedik a környezetéből s mély árok veszi körül. Ezen túl azonban az alakzat mélyebb szintre süllyed, mint a környezete, amint az a hosszmetsetről könnyen érthető. A 116. ábrán látható, pontosan felmért alaknak a hátán alfelé mindig keskenyedő gerinczecske húzódik végig. Ez nem volt meg mindegyiken, amelyeket láttam, sőt talán azt mondhatnám, hogy gyérebb volt az ilyen alak, mint a gerincztelen.

A szél szétválása az akadály előtt a barkhán-ellipszisnek megfelelő pályára kényszeríti a légáramlást. Így érthető ennek a kifúvás-formának szabályos, ellipszis alakú homlokzata. A hátulsó részen ismét összesimulnak az előbb szétvált áramrészek s összesimulásuk helyén az összesimulásra kényszerítő oldalnyomás rugalmas hatása következtében egy darabig energikusabb lesz az áram, mint a zavartalan szél árama. Ez az összesimuló, energikusabb áramrész mélyíti ki az alakzat hátulsó részét.

Ez körülbelül a legelemibb kifúvás-alakzat, amelyben a legfelső, keményebb réteg el van választva az alsóbb, lazább rétegtől s felvette a barkhánvonalú alaprajzot, amely az akadályokba ütköző légáramlások kitértített útjának megfelelő. Az elliptikus homlokzatot nagyon alá szokta fújni a szél, vagyis



116. ábra. Egyszerű kifúvás-forma a jég egyenetlensége felett. Alaprajz, hosszanti metset és két keresztmetset.

kifújja alóla a lazább havat. Ilyenkor ez az előre nyúló lap plasztikusan lehajlik. Ilyent látunk a 117. ábra fényképén, elöl. 1907 februárius havában nagyon sok volt a tavon és a széljárta parti lapályokon is. Szép példája ez annak, hogy a fém mennyire simulékony, hajlékony, annélkül, hogy összetörné, de egész más értelemben, mint ahogy rendszeren a hajlékonyságot értjük.

Sokkal komplikáltabb alakzatot mutat a 118. ábra, amelyet 1903 januárius havában mértem fel és rajzoltam le. Az ábrán a — jel ott van, ahol az egyes

szelebarázdáknak legmélyebb helyei vannak. A legmélyebb részeken, amelyeket a rajzon bevonalkáztam, már olyan vékony a hó, hogy a sötét színű jég átsötétedik. Ez a különös alakzat régen összehordott, megkeménykedett, lapos buczkákön volt látható, amelyek sziget-szerűen álltak ki a környező, hómentes, tiszta jégből. Amikor az elsőt láttam, azt hittem valami deformált lábnyomok, de aztán, amikor minden régi buczka ilyenekkel volt ellepve, meg kellett győződnöm, hogy ez természetes képződmény, amelynek nem lehet más magyarázata, minthogy valami korábban árkosan kifűt területre később rendetlen fodrok halmo-



117. ábra. Lehajlott hópárhány Tihanyban, 1907 február 12.



118. ábra. Elliptikus mélyedések alakjában történt kifúvások kemény hóban (1903 január). A helyen a magasságkülönbség 15 cm.

zódtak s így a két egymást keresztező gerincrendszer legmélyebb részeiben lazább maradt a hó, mint a magasab-bakon. A dolog azonban koránt sincsen megfejtve.

A felhalmozódás és a kifuvás változása az alakzatok elhelyezkedésében főleg azt a jellemző különbséget tanúsítja, hogy a felhalmozódás formáinak meredek oldala a szélről elfordult oldalon van, míg a kifuvás formáinak meredek oldala mindig a szél felé fordult, a széllel szembe lejtő oldal. A felhalmozódás formáin finom rétegzést nem látunk, míg a kifuvás formáin ezek mindig feltűnnek.

Ugyanez áll a nedvességgel megkötött futóhomokra nézve is. A felhalmozódás formái a szélről elfordult lejtőn meredek, a kifuvás formái, nedves homokban, a széllel szemben álló oldalon meredek. Az utóbbiakon éppen olyan finom rétegzést látunk, mint a havon.



119. ábra. Halászó lékeken felszivárgott vízzel összefagyott, kerek hófoltok.

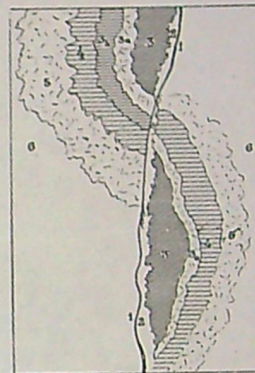


120. ábra. A felszivárgott vízzel összekeménykedett hó foltjai a lazább hó elolvadása után.

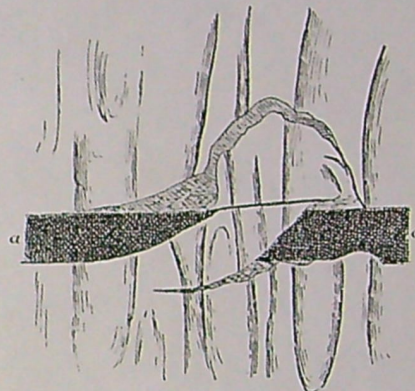
D) A hó felázása.

A jégre került hó gyakran keménykedik össze egész jégkeménységű, habos, légbuborékos tömeggé, ha a jégen levő nyílásokon át felszivárog a víz. Ném sok mondani valónk van erről, de szükséges, hogy egyes feltűnő jelenségeket megmagyarázzunk.

A halászkok lékjein, amelyek hosszú, szabályos sorban következnek egymás után, felszivárog a víz és egészen szabályos köralakban átátzatja a havat, amely a felszivárgott vízzel keményre fagy. Ilyen foltokat mutat a 119. ábra, amelyeknek kerek alakja, kör alakú vonalzása feltűnő. A foltoknak a széle mindig magasabb, mint a közepe; valószínűs kis sáncz keríti körül a szabályos idomot. Ezt a következő tünemény okozza: A lékből felszivárgó víz a hóban egyenletesen terjed szét,



121. ábra. Repedések mentén felszivárgó víz foltjai.



122. ábra. A jég elrepedése alkalmával tőle függetlenül elvált firn elhelyezkedése.

de szétterjedése közben lehűl, míg végre egy bizonyos távolságban megfagy. Sokáig szivárog még a víz, amikor már ilyen keményre fagyott gyűrű veszi körül a felázott foltot. Ezen a felázott helyen azonban a víz elég meleg, hogy megolvassza a hó egy részét s így megcsökkenvén a kapilláris hézagok összes térfogata, a víz egy része az olvadásvízzel együtt ismét visszafolyik a léken. Megfagyatkozik tehát a fagyott sánczgyűrű közepén a vizes hó mennyisége, ezért alábszáll a szintje. — A hófoltok átmérője 5—10 m., a sánczok szélessége 1—12 m. szokott lenni.

Később, amikor a jég többi részén a fel nem ázott hó önsúlya esetleges kis olvadás következtében összerokkanik, akkor ezek a foltok, mint a Hold gyűrűs hegyei emelkednek ki a környezetből.

Különösen rejtélyesen tűnnek fel ezek a hófoltok, ha már nagyon előrehaladott stádiumban van az olvadás, letakarodott a hó a jégről, csak ezek a kemény foltok fehérlelek szabályos, egyenes sorokban.

Rendkívül érdekes jelenség s talán a hó eljegesedésének tüneményéhez még

