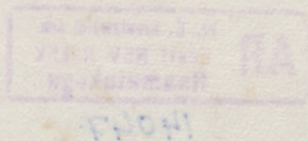


I. REINWALD

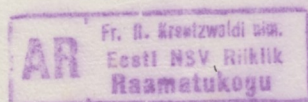
# Meteoorkraatrid Saaremaal

Meteor Craters on the Island of Saaremaa (Oesel).



Tallinn 1938

52 3.5 (47.42)



14047

## Meteoorkraatrid Saaremaal.

Meteor Craters on the Island of Saaremaa (Oesel).

I. Reinwald.

Selgetel sügisõhtutel jälgime sagedasti „langevaid tähti“, mis maakera õhkkonda sattudes hõõguma löövad ja siis jälle kustuvad. Paljud teavad, et selle põhjuseks on maailmaruumis ümberhulkuva meteoriitsagara kokkupuude maakera õhkkonnaga. Kuid õige vähesed kujutavad omale ette, kui tugevat ja kardetavat pommitamist meie maakera oleks pidanud välja kannatama, kui ta mitte poleks olnud ümbritsetud õhukihiga, mis teda nagu mantliga kaitseb. Meteoriitide kiirus tasandub selles ja enamuse neist kaob lõplikult vastu õhku hõõrudes. Aga sellele kaitsemantlile vaatamata kukub ikkagi palju meteoriite maa peale.

Meteoriitide maapinnale kukkumise tingimused on mitmesugused, kuna nad olenevad meteoriitide suuruselt ja kiirusest

allakukkumise momendil. Mõned laskuvad rahulikult maapinnale peaaegu ilma seda rikkumata<sup>1)</sup>; sagedamini aga tungivad nad pehmesse maapinda võrdlemisi väikese sügavuseni. Mõnikord aga langevad meteoriidid nii suure kiirusega, et tungivad sügavale maa sisse ja moodustavad suuri kraatritaolisi lohke. Niisuguseid kraatreid ei ole praegu aga just palju leida maakeral. Tuntuimad

A. Luha foto.



29. joon. Kaali järv Saaremaal. — Lake Kaali järv on the Island of Saaremaa (Oesel).

neist asuvad Põhja-Ameerikas (Arizona), Kesk-Austraalias (kraatrirühm Henbury juures), Araabias (Wabari rühm) ja mujal. Kuid ka Euroopas leidub üks rühm selgesti väljakujunenud meteorkraatreid, — nimelt meil Eestis, Saaremaal, 20 km kirdepoole supellinnast Luressaarest (29. joon.).

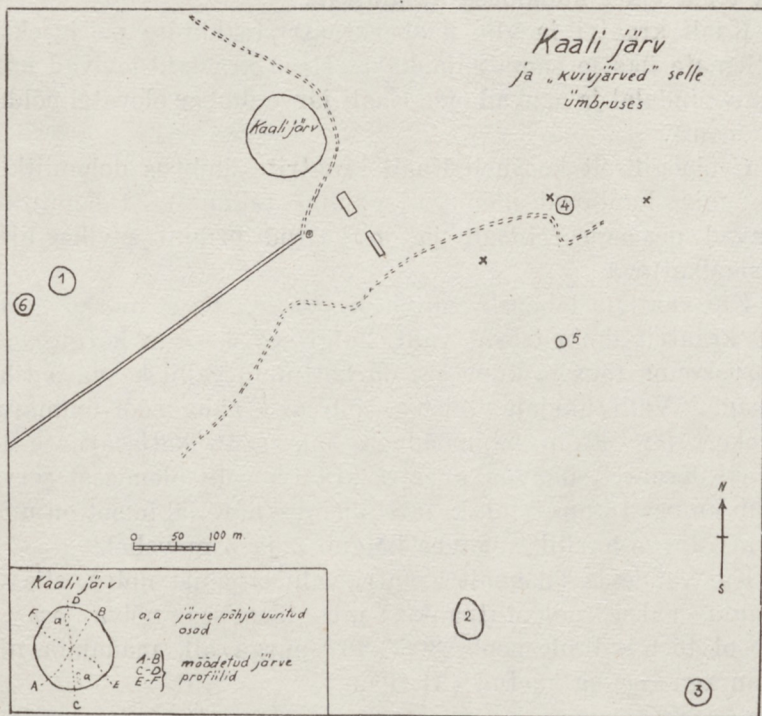
Selle rühma peakraater, nn. Kaali järv on juba ammu mitte üksi teadlaste, vaid ka laia publiku tähelepanu omale tõmmanud, peamiselt küll temas asuva täitsa ümmarguse järve ja seda ümbritseva valli tõttu. Esimesi andmeid Kaali järve üle kirjanduses ilmus 1827. a. Et aga otseseks vaatluseks kättesaadavate andmete hulk on liig väike ja puudulik, siis on senini, —

---

<sup>1)</sup> Mõnikord on sellised meteoriidid võrdlemisi suure massiga (näit. „Hoba“ meteoriit Edela-Aafrikas, 60 t).

mainimata kohalikke muistendeid, — Kaali järve tekkimise kohta avaldatud ainult mitmesuguseid umbkaudseid oletusi. Tekke põhjuseks tõsteti esile: maa-aluse „tule-eksplosioon“ (J. W. L. Luce); karstinähtus (E. Eichwald, S. Kutorga, B. Doss); „maar“, nagu Eifelis (K. Teichert); savi, soola või kipsi lahustamisel pinnas tekkinud doliini moodustis (Fr. Schmidt, E. Kraus); keemiliste protsesside tagajärjel tekkinud gaasipurse (Wangenheim von Qualen, O. v. Lintsow); mudavulkaan (P. Tširvinski); inimeste kätetöö (E. Eichwald, Fr. Schmidt); meteoriidilöögi tagajärg, mis oli jäänud kraatrisse (J. Kalkun, A. Wegener jt.) jne. jne. Mõnede teadlaste poolt on Kaali järve lähedal leitud veel teisi sarnaseid väikesi lohke, nn. „kuivjärvi“, nagu neid nimetatakse kohalikkude elanikkude keskel (30. joon.).

1927. aastal tehti allakirjutanule Tööstus-Kaubandusministeriumi poolt ülesandeks selgitada, kas Kaali järve piirkonnas



30. joon. Kaali järve ümbrus. Ringid numbritega näitavad kuivjärvede, s. o. kraatrite asukohta. — Plan of situation of Kaali järv meteor craters: smaller craters are marked by circles with numbers inside.

leidub soola- või kipsilademeid, samuti ka võimaluse korral andmeid koguda, mis võiksid selgitada kraatri tekkimislugu.

Peakraatri kõrval ettevõetud puurimisel kuni 63,14 m sügavuseni tehti kindlaks, et maasügavuses siin soola ega kipsi ei esine; puurimine näitas sellises sügavuses ainult dolomiidi olemasolu.

Kraatri tekkimisloo selgitamiseks koguti ja uuriti üksikasjaliselt mitte üksi kõiki nähtavale tulevaid iseärasusi, vaid suuremalatusliku faktilise materjali saamiseks uuriti ka pea- ja kahe naaberkraatri struktuuri niipalju kui oli võimalik. Selleks puhastati lihtsa kaevamisega kraatrite paereljeef selle peal lamavast kohedast massist. Edasi looditi kõik kraatrid, vaadati Kaali järve ja põhjavee veepinna kõikumist 4 kuu jooksul, võeti ette lisa-puurimisi jne.

Neist töödest selgunud uued asjaolud võimaldasid mitte üksi Kaali kraatrit täpsemalt kui senini kirjeldada, vaid ka selgitada tema teket küllaldase kindlusega.

Kaali kraatri ja viie naaberkraatri tekkimise põhjuseks on kahtlemata üks ja sama asjaolu<sup>1)</sup>. Need kraatrid levivad umbes  $\frac{3}{4}$  km<sup>2</sup> pindalal ja asuvad otse Kaali järve ümber olevatel põldudel (30. joon.).

Geoloogiliselt koosneb Kaali kraatrite ümbrus dolomiitkihtidest, mis kuuluvad ülem-gotlandiumi (siluuri). Dolomiitkihid lamavad peaaegu rõhtsalt ja on kaetud pruuni savikas-liivase glatsiaalkattega.

Kui vaatlaja läheneb suurele kraatrile, siis ei märka ta otsekohe kraatrit ümbritsevat valli, kuigi see 6—7 m kõrgusele üle ümbruskonna tõuseb, kuna see on kattunud vallil kasvava tiheda metsaga. Valli harjale tõustes võib aga näha sõõr-ümmargust järvekest 50—60 m läbimõõduga, mis asub katlasarnase lohu põhjas. Kraatri sügavus, arvates kraatri valli ülemisest servast, ulatub umbes 15 meetrini, kraatri ülemise ääre läbimõõt on umbes 110 m. Järve harilik sügavus kõigub 3 ja 5 m vahel.

Kui vaadelda lähemalt kraatri valli sisemist nõlva, siis võib märgata pakse dolomiitpanku, mis ülemises nõlva osas on igalpool tõstetud ülespoole 30°—40° nurga all, madalam nõlva osa on aga rusuga kaetud (31. joon.).

---

<sup>1)</sup> Kaali mõisa ümbruses leidub veel rida teisi lohke, milledest mõned, võib olla, täpsemal uurimisel võivad osutada meteorkraatriteks. Autori arvates aga ainult ülalnimetatud 6 kraatrit on kahtlemata meteorkraatrid.

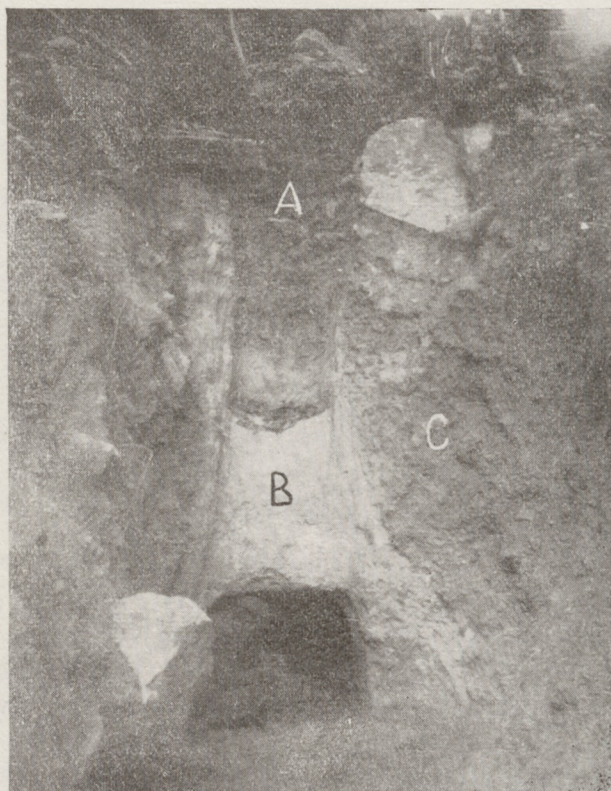


31. joon. Kaali järve kraatri kaldal ülespoole tõstetud dolomiitpangad. — Blocks of dolomite tilted up in the upper part of the interior slope of the Main Crater (Kaalijärv).

Rusu kõrvaldamise järele (kahel diametraalselt vastaspool asuval kohal) tehti kindlaks, et 8 m üldise paksusega ülespoole tõstetud dolomiitkihtide all (32. joon.) asub pehme, valge, natuke pruunika tooniga pulber, mis sisaldab väikesi põletatud dolomiiditükikesi, millised kergesti purunevad sõrmevahel. Pulbri analüüs näitas sama koostist, mis oli kraatri nõlval oleval dolomiidilgi. Edaspidine uurimine näitas, et pulbrit leidub ainult kraatri siseväljal küljel ja et ta asub ülespoole pöördunud dolomiitkihtide (ülevaalt) ja horisontaalselt asetatud kihtide (alamalt) vahel. See pulber ulatub vertikaalses suunas 6 m, horisontaalses 2,0—2,25 m. Laialdasem kraatri põhja paljastamine oli, kahjuks, vee pärast võimatu.

Kraatri põhja uurimine (kolmes suunas risti üle järve, iga 2 meetri tagant) parve pealt andis samuti väga huvitavaid tagajärgi: selgus, et kraatri põhi oli kaussja kujuga, kusjuures keskmise osa oli kaetud pehme dolomiitmudaga, kuna ümberringi oli võrdlemisi kõva rusust koosnev põhja osa.

Muda läbitorkamisel kuni kõva põhjani terava raudoraga tehti kindlaks, et järve põhjas asub lehterjas auk (34×24 m, sügavus on sel kohal 3—5 m), mis on asetatud veidi ekstsentri-



32. joon. Kaali järve sisemine nõlv, mis puhastatud kaevamisega. A — ülespoole tõstetud dolomiitpangad; B — plahvatusega pulbriks purustatud ja põletatud dolomiit; C — pärast plahvatust mahakukkunud segatud puru. — The inner slope of the Kaalijärv cleaned by excavation; A — dolomite plates tilted up; B — by the explosion pulverized dolomite containing dolomite fragments; C — after explosion fallen dawn into the crater fragmentary mass.

liselt. Et muda oli mõnes kohas väga sitke, polnud, kahjuks, võimalik selle augu põhjani tungida.

Kuna peakraatri põhja uurimist takistas vesi, siis lõpetati siin töö ja asuti väiksemate kraatrite uurimisele.

Kõik need kraatrid, väljaarvatud kraater nr. 3, on puude ja põõsastega kaetud, peamiselt sarapuuga.

Ainult ühe kraatri (kraater nr. 1) juures, ja sedagi alles peale hoolikat vaatlemist, võidi valli äärest väljapoole ülestõstetud dolomiitkihte tähele panna; ülejäänud olid täiesti rusuga kaetud.



Mõlema uurimiseks väljavalitud kraatri (kraater nr. 1 läbimõõt 34—39 m, sügavus umbes 4 m ja nr. 4 läbimõõt 20 m, sügavus 1,25 m) ääred sarnanevad peakraatriga, — lahkuminekud on ainult mõotudes. Ülestõstetud dolomiitkihtide paksus on kraatril nr.1 umbes 2 m, kraater nr. 4 ligikaudu 0,70 m, purustatud dolomiitkihi paksus kraater nr. 1-sel ca 1 m, nr. 4-dal 0,30 m. Veel selgus, et peakraatri pulber oli kõige peeneteralisem ja kõige rohkem põletatud; kraater nr. 4-da „pulber“ oli aga kõige jämedateralisem, kõige vähem põletatud ja seda oli kõige vähemal hulgal, kuna kraater nr. 1-se pulbri omadused olid nende mõlema vahel. Tugev vihmasedu ja põhjavee kiire tõus töö ajal takistas kraater nr. 1-se paepõhja paljastamist.

Kõige täielikumaid ja väärtuslikumaid tagajärgi andis aga kraater nr. 4, kus võidi mitte ainult kraatri külgi, vaid ka põhja tähtsamat osa paljastada. Selles kraatris tehti kindlaks purustatud ja põletatud „pulbri“ all 2 kitsast horisontaalset astet, kogupaksuses 0,82 m, kuna nende all tuli nähtavale kraatri põhi, mis koosnes täiesti horisontaalsest dolomiitkihist, ja oli täiesti värsked ja siled; selle läbimõõt ulatus umbes 16 m (33. joon.).

Selle põhja keskmises osas on olemas madal lohk (läbimõõt 5,5 m, sügavus 0,40 m), mida piirab sik-sakjooneline piir, vastavalt dolomiitkihi murdele. Selle lohu põhja moodustab põledatud, lainjalt deformeeritud, aga *in situ* olev dolomiidi kiht. Väga huvitav on, et põletatud dolomiitmassiivi osa asub allpool lohu põhja; pealispind koosneb aga õhukesest, peaaegu värskest dolomiidist, mis lohu äärepoole läheb ikka paksemaks.

Kõige tähelepanuväärsem selle lohu põhjas on aga selle läänepooles osas olev lehterjas ovaalne auk (laius 0,5 m, pikkus 1 m, sügavus 0,5 m) (34 joon.). Lehter paistis nagu väljapressitud põlenud dolomiitpulbrist, ja oli sama rusuga täidetud, nagu kogu kraatergi. Kõige rohkem põletatud ja purustatud on põhja osa, mis lamab otse lehtri ümber, lohu äärtes dolomiit on juba peaaegu värsked.

Nende asjaolude põhjal tehti 1927. a. kindlaks, et lehter kraatripinnas ei võinud muud olla kui allakukkuv meteoridi jälg<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> J. Reinwaldt, Bericht über geologische Untersuchungen am Kaalijärv (Krater von Sall) auf Ösel. Mit Beiträgen von A. Luha. Publications of the Geological Institution of the University of Tartu (Estonia). Tartu, 1928.

Kaks aastat hiljem, 1929. a., külastas autor uuesti Kaali järve ja tegi täiendavaid uurimisi kraatris nr. 4<sup>1)</sup>. Kahjuks oli aga paljastatud kraatri põhi ilmastiku ja kohaliste „uurijate“ poolt saanud kannatada, — leetri seina vastu pressitud pulber alla

Clyde Fischeri (New York, USA) foto.



33. joon. Kraatri nr. 4 põhi puhastatult. Näha purustatud põhja keskosa ja meteoriidi löögi jälg (ilmade mõjul rikutud 10 aasta vältusel). — Bottom of Crater N 4 with the photo-print of a meteorite (damaged by exterior influences during 10 years).

---

<sup>1)</sup> J. Reinwaldt, Kaali-järv — the Meteorite Crater on the Island of Ösel (Estonia). Publications of the Geological Institution of the University of Tartu (Estonia). Tartu, 1933.

varisenud jne. Selle juures oli aga paljastunud dolomiitkihi struktuur, milles lehter oli moodustunud, mis võimaldas kindlaks teha, et lehtri seinu moodustav dolomiit põhjapoolses, idapoolses ja lõunapoolses osas kooldub järsku allapoole <sup>1)</sup> — uus tõendus, et lehter on moodustatud kõva keha löögist.

Puurimisel kahes kohas lehtri põhjas (5,82 meetrini) ja põletatud põhja keskmises osas (3,62 meetrini) tehti kindlaks, et lehtri all on dolomiit kõige rohkem ära põletatud ja purustatud, kuna sügavamal põletamise ja purustamise jäljed kaugemale minnes ikka väiksemaks lähevad; umbes 5 m lehtri all leiti puurimisel juba normaalne värske dolomiit.

Kõigist ülalkirjeldatud asjaoludest selgub, et uuritud kraatrid kujutavad enesest tüüpilisi plahvatuskraatreid; samuti ei ole kahtlust, et kraatri nr. 4. põhja keskmise (põletatud) osa dolomiit on purustatud meteoriidi (läbimõõt mitte üle 0,5 m) tugevast löögist.

Kokkuvõttes kõiki andmeid selgub järgmine pilt kraater nr. 4 tekkimise üle.

Umbes ESE — WNW sihis ja ca 40° kaldenurga all kukkunud meteoriidil oli nii suur kiirus, et ta oma liikumissuunas jääaja setted umbes 2 m ulatuses läbistas ja veel 5 meetrit dolomiidis edasi tungis. Sellest löögist tekkiv soojus oli nii suur, et ta põletas löögiga purustatud dolomiidi, kusjuures selles leiduv vesi muutus auruks <sup>2)</sup>. Sellele järgnenud plahvatusel, mille keskpunkt asus otse löögilehtri all (s. o. meteoriidi tee lõpppunktis), paisati löögist ja eksplosioonist purustatud dolomiit ja selle peal asuvad jääaja setted, samuti ka meteoriit ise (nähtavasti tükkidena, sest et ei ole olemas ühtki ainet, mis nii tugevast löögist terveks võiks jääda). Osa plahvatusega purustatud dolomiidist jäi aga kraatri nõlvadel olevate murtud ja ülespoole pöördunud dolomiitkihtide alla; see osa on kraatrisse jäänud ülalkirjeldatud „pulbri“ vööna.

Pärast plahvatust osa väljavirutatud materjalist kukkus moodustatud kraatrisse tagasi (kõikides kraatrites lamab dolo-

---

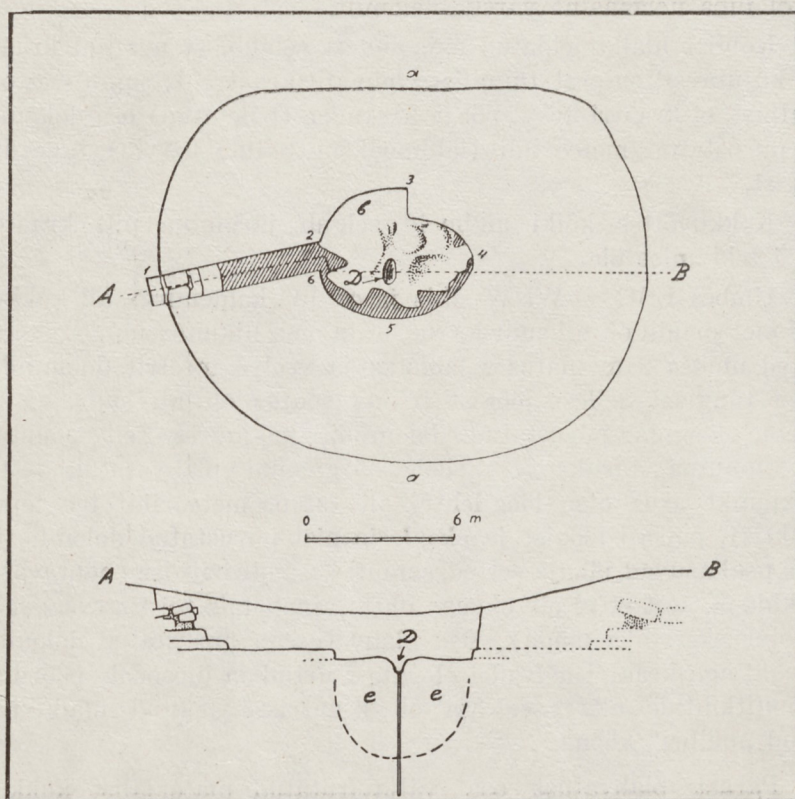
<sup>1)</sup> Kooldumist on kerge kindlaks teha, sest et dolomiidis leidub õhukesi tumedalt värvitud mergli vahekihte.

<sup>2)</sup> On endastmõistetav, et plahvatusel peale veeauru tekkis ka veel teisi gaase, kuid kindlasti vähemal määral, nii et lühiduse ja selguse mõttes mainitakse edaspidi ainult veeauru.

miidi tükide ja jääaja setete segu), suurem osa aga langes kraatri ümbrusse.

Jälje mõõdud, mis meteoriit jättis kraatri põhja põletatud osasse, annavad võimalust kindlaks teha, et meteoriidi läbimõõt ei olnud suurem kui  $\frac{1}{2}$  m. Oletades, et meteoriit oli raudne (kivine oleks vaevalt sarnast tööd võinud korda saata) ja umbes kuuliku kujuline, oleks tema kaal umbes  $\frac{1}{2}$  tonni.

Kraatri mõõt — 20 m läbimõõdus — näitab seega auru plahvatuse suurust, mis tingitud meteoriidi löögijõust ja mitte meteoriidi enese suurusest.



34. joon. Kraatri nr. 4 plaan ja läbilõik. A — kraatri äär; 1-2-3-4-5-6 — puhastatud paepõhja osa; ||||| — värskest dolomiidist moodustatud põhja osa; b — põletatud ja löögiga deformeeritud põhja osa; D — ovaalne meteoriidi löögi jälj; e — dolomiitmassiivi meteoriidi löögi mõjul purustatud osa. — Crater No 4: A — rim of crater; 1-2-3-4-5-6 — cleaned part of the bottom; ||||| — the bottom formed by fresh dolomite; b — the burnt and deformed part of the bottom; D — triangled depression (the trace of the impact); e — part of dolomite massif shattered by impact.

Sarnaste plahvatuste läbi, muidugi vastavalt teistes mõõtu- des, tekkisid nähtavasti ka teised kraatrid <sup>1)</sup>).

Mitme kraatri olemasolu näitab ka mitme meteoriidi kukku- mist. Kraater nr. 2-se ovaalne kuju on kahtlemata sellest tulnud, et kaks meteoriiti on üksteise lähedal alla kukkunud.

Kui üldiselt kraater nr. 4 alusel arvutada meteoriitide suu- rust, mis on moodustanud kraatrid nr. 1—5, siis saame läbimõõte  $\frac{1}{4}$ —1 m. Meteoriit, mis moodustas peakraatri, võis olla umbes 3 m läbimõõduga.

Terve selle kraatrirühma moodustamisega käis kaasas näh- tavasti väga mõjuv vaatemäng, kuna jäljed, mida plahvatused järele on jätnud, on võrdlemisi suured. Sellest saame ettekaju- tuse, kui võrdleme meteoriitide sagara kukkumisega kaasaskäinud asjaolusid, mis Podkamennaja-Tunguska jõe ääres Siberis tähele pandi 31. VI 1908, mille pealtnägijad praegugi veel elavad. Seal oli allakukkumise läheduses olev mets 50—60 km raadiuse kau- guselt ümberringi täiesti mahamurtud, kusjuures lamavate puu- tüvede ülemised pooled olid ära põlenud. „Tulekera“ kukkumise järel oli näha määratusuurt tulesammast, ja kohe pärast seda kõik oli kattunud musta suitsupilvega (metsapõlemine). Plah- vatus oli kuulda 800 km kaugusele. Kuni 400 km kauguseni klirisesid ja murdusid aknaruudud.

Tõenäoliselt on ka Saaremaal midagi sarnast sündinud ja kõik elusolevused hukkusid kraatrite tekkimise momendil sellest grupist võrdlemisi kauge maa peal ümberringi.

Need kraatrid tekkisid alles postglatsiaalsel ajal: glatsiaal- kiht on plahvatuse mõjul rikutud, kraatrid ise on dolomiidi ja glatsiaal-liivaseguga täidetud ja peakraatri vall on väga hästi alal hoidunud. Söeks põletatud oksatükid, mida on leida kraatri rusukaldes, näitavad, et meteoriidi kukkumise ajal oli seal kuiv maa. Karpide tükid limulistest, kes seal praegugi veel elavad, näitavad samuti kraatri suhtelist noorust.

Kraatrite uurimisel 1927. a. ei läinud korda meteoorraua tükke leida kraatri ümbrusest; oli vähe lootust, et neid ka leida võis: terve ümbrus otse kraatrini on ammust ajast põllumaana tarvitusel olnud, ja kui seal ka meteoriitide tükke olekski leidunud, oleks need juba ammu esimeste põlluharijate poolt ära korjatud.

---

<sup>1)</sup> Piklik lohk, mis peakraatri keskmises osas avastati, vastab nähta- vasti kraater nr. 4 põhja põletatud osale.

Suuremaid väljavaateid võis olla meteoriiditükkide leidmiseks kraatris asuvas rusukihis (tõenäoliselt rauaoksüüdi kujul, mis tingitud niiskest kliimast), kuid tööde kiiruse tõttu kättejõudva halva aastaaja ilmastiku puhul ei olnud kahjuks võimalik kõike kraatrist väljapaisatud rusumassi enam-vähem hoolikalt läbi uurida <sup>1)</sup>).

Kuid käesoleval juhul ei ole meteororraua tükkide puudumine mitte oluline küsimuse lahendamisel, kuna meteorkraatrit ei iseloomusta mitte ainult meteororraua leid, vaid ka kraatri spetsiifilised iseärasused, mis tingitud selle tekkimisloost. Tänu uuritud kraatrite võrdlemisi väikestele mõõtudele on korda läinud neid iseärasusi kindlaks teha, mis pole sugugi vähem kaaluvad tõendised kraatrite tekkimise kohta meteoriitide langemise tõttu, kui oleks kraatrist leitud meteororrauda.

Muidugi täiendavad üksteist need kaks ülalnimetatud tunnust, kuid viimane (meteorraud), mis ilmastiku mõjule palju rohkem alluv, on vähem püsiv meteoriidi löögijäljest, mis rusukatte all oma esialgse kuju on säilitanud.

Lõppeks on huvitav mainida, et Kaali järve kraatrid on üllatavalt sarnased üldiselt meteorkraatriks tunnustatud hii-gelsuure Arizona (USA) „Meteor-Crater’iga“, mille läbimõõt ulatub 1200 km. Vahe seisab ainult selles, et viimane on tekkinud liivakivis ja et seal dolomiitpulbri ja põlenud dolomiidi asemel leiti kvartspulbrit („stardust“ — „tähetolm“) ja sulatatud liivakivi. Eesti ja Ameerika kraatrite sarnasust võib seletada allakirjutanu arvamisel sama tekkelooga, sest et Arizona, kus meteoriit kukkus ka vettsisaldavatesse kihtidesse. (NB! Kraatris leiduvad 90 jala paksused järvesetted.)

Selge on, et enne kui kukkumisest tekkinud kuumuses kvartsi-liivakivi ära sulas, muutus liivakivis olnud vesi auruks. Selle tagajärjeks oli kohutav plahvatus, millest tekkis suur kraater, kusjuures ühes purustatud kivimiga ka meteoriit välja paisati, mis allakukkumise ja plahvatuse mõjul väikesteks tükkideks oli purunenud.

---

<sup>1)</sup> Tänavu suvel ettevõetud uurimistel kraatrites nr. 2 ja 5 leiti 30 meteororraua tükikest 0,1—24 g rasked.

## Summary.

The author describes the group of Kaalijärv meteor craters (Island of Saaremaa, Estonia) formed in postglacial time and very well preserved till to-day. The main crater of the group (diameter — 110 m, depth — 15) is the Kaalijärv (fig. 29), its rim rising 6—7 m above its environs. Inside the crater, in the upper part of the slope, blocks of dolomite tilted up (fig. 31) are to be seen; the lower part of the slope is covered with rubble. The lake is at the bottom of the crater (diameter 50—60 m, depth at average water level — 3,5 m). Not far from Kaalijärv there are 6 small dry craters (fig. 30) (diameter 12—40 m) similar on the whole to the main crater.

With regard to its geological character, the locality consists of dolomite strata of Upper Gottland (Silurean) lying nearly horizontal and covered with sandy glacial deposits.

In 1927 the author investigated the main crater and craters N 1 and N 4. The inner slopes of all three craters were partly cleared of loose masses and the similarity of their structure was ascertained: in all three craters (figs. 31, 32) a zone of fine crushed dolomite was discovered under the blocks of tilted up dolomite and all three craters are filled with a mixture of dolomite fragments and glacial deposits. These features are characteristic of explosive craters.

In crater N 4 it was possible even to clean and examine the solid bottom, hitherto the only one in the world laid open and investigated (figs. 33, 34). The bottom of the crater proved to be step-shaped. The most remarkable part of the bottom is its lower (central) platform on which the distinct trace of the impact of a solid body — about  $\frac{1}{2}$  m in diameter — was discovered, surrounded with broken and burnt dolomite. The boring in 1929 showed that below the trace of the impact, at a depth of about 5 m, the dolomite is in a normal condition and position.

The author believes that the above mentioned trace can only be that of the impact of a meteorite — most probably of an iron one, and by combining the facts he discovered he offers the following explanation concerning the formation of crater N 4.

In this spot there fell a meteorite not more than  $\frac{1}{2}$  m in diameter moving approximately in the direction ESE — WNW at an angle of about  $40^\circ$  to the horizon. The meteorite moved at an enormous speed, for it broke into the dolomite to a depth of about 2,5 m, thus passing in the direction of its course about 2 m along glacial deposits and about 5 m along the dolomite. Owing to the impact an enormous quantity of heat was emitted, this being proved by the burnt condition of the dolomite around the trace of the impact. The water in the burnt part of the dolomite was immediately turned into steam. An explosion ensued, forming a crater 20 m in diameter.

By the force of the explosion not only were fragments of dolomite and the corresponding glacial deposits ejected from the crater, but also the meteorite itself broken into small pieces under the combined influence of the impact and the explosion. After the explosion, part of this mixture fell back into the crater while the rest lay round the crater.

This explanation makes it evident that the other craters of the group were also formed in the same way.

The following important results have thus been ascertained:

1. The meteorite that fell on the spot did not remain in the crater, having been broken and ejected by the force of the explosion together with the other fragments.

2. The dimensions of the crater correspond to the force of the explosion and considerably exceed the dimensions of the meteorite itself.

3. The traces of the impact and of the influence of the high temperature have been preserved on the solid bottom of the crater.

The author did not find any meteoric iron in the area described here either in 1927 or in 1929, this being accounted for by the fact that this area has been cultivated from time immemorial<sup>1)</sup>.

There is a striking likeness between the craters described here and the meteor craters of Arizona („Meteor Crater“), of Texas (near Odessa) and those in Central Australia (near Henbury).

The author believes that they too were formed in the same way as the craters of the Kaalijärv group.