

SISUKORD

Sissejuhatus	5
I OSA. Kivid kosmoses ja augud maapinnas	7
Mis on kraater?	9
Vulkaanikraatrid ja maarid.....	9
Langatuslehtritest laviinikraatriteni.....	12
Meteoriidikraatrid Maal ja mujal.....	13
Päikesesüsteem	17
Planeetide süünd.....	19
Theia hüpotees ja Kuu teke.....	22
Asteroidid ja komeedid	25
Teekond läheb viltu.....	28
Kui kivi kukub pähe.....	33
Lend läbi atmosfääri	41
Tükid taga.....	42
Auklik märklaud.....	46
Meteoriitika ajalugu ja meteoriitide päritolu	51
Kuukivid.....	55
Mis on meteoriidi sees?.....	58
Teemandid ja gaasid.....	62
Taevakivide jahil	67
Mida teha, kui arvate, et leidsite meteoriidi?.....	70
Kraatrid ja Eesti.....	73
Kaali – Eesti kauneim.....	97
Kärdla – kraater omanimelise linnaga.....	101
Neugrund – Soome lahe valvur.....	104
Ilumetsa – Kagu-Eesti pärlid.....	106

II OSA. MIKROSKOOBI JA LABIDAGA	109
Meteoriitide liigitamine	111
Kondriidid.....	113
Primitiivsed akondriidid.....	118
Akondriidid.....	122
Meteoriidikraatri teke	129
Kontakt ja tihenemine.....	133
Süvenemine ja laienemine.....	135
Lamenemine.....	140
Suur Sulps.....	145
Kraatrite kosmilise päritolu tõestamine	147
Kraatriümbruse meteoriidid.....	147
Keemilised jäljed.....	148
Mineraloogilised jäljed.....	150
Löökkoonused.....	153
Võimalikud valejäljed.....	156
Märkused ja viited	165

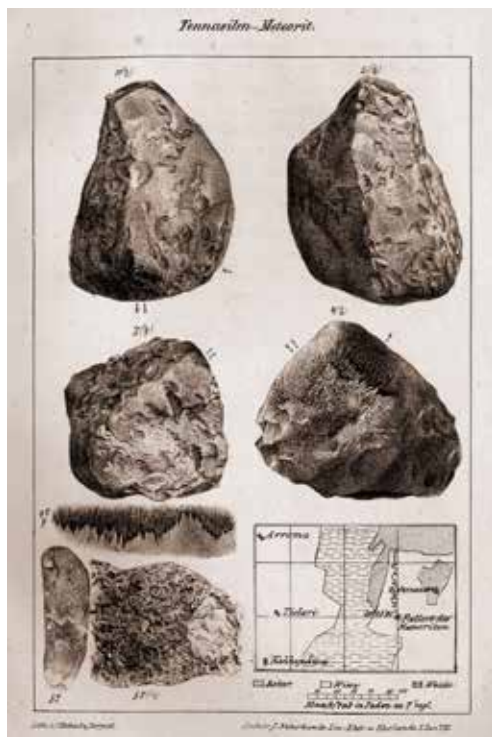
augu), mida säilitatakse TÜ loodusmuuseumis. Õigem oleks küll öelda, et säilitatakse osaliselt, sest Wahhe meteoriiti pole kogus pärast 1897. aastat kohatud ning Kurla pandi 1995. aastal noorte rahahimus kriminaalide tellimusel muuseumi vitriinist pihta.⁹² Väiksem osa (1020 g) algelt pea neljakilosest Kurlast saadi küll hiljem tagasi.

Viimane registreeritud langemine (**Tännassilma**; ametliku nimega Tennasilm; L4) toimus 16. juunil 1872. aastal. Talumehed nägid paar päeva pärast langemist heinamaal auku, kaevasid kivi välja ja huvi puudumisel sättisid selle langemiskoha lähedale põllukivile. Möödaläinud mustlased olla kivist kuulnud, selle leidnud, katki löönud ja kaasa võtnud. Kolm suuremat tükki õnnestus Georg von Schillingul üles leida ja meteoriidi algne kuju üles joonistada (vt joonis 5 lk 74).⁹³

Eesti meteoriitide kollektsioonid on paljuski elanud nende üksikute leidude arvel. Leidusid tükeldades ning teiste riikide muuseumite ja teadlastega vahetades on jõutud koguda arvestatav hulk erinevat tüüpi meteoriite, mille nimekiri ja fotod on leitavad Eesti geokogude infosüsteemi kaudu.⁹⁴ Kahjuks ei ole Eestist korraldatud ametlikke ekspeditsioone, et osaleda Antarktika või Sahara „meteoriidipidudel“, küll aga on Eestisse toodud rikkalik raudmeteoriitide kogu 1947. aastal langenud Sihhote-Alini meteoriidi kraatriväljalt.

KRAATRID JA EESTI

Meie koduplaneedi 190 tõestatud meteoriidikraatrit on väga vähe, võrreldes kraatrite arvuga näiteks Marsil või Kuul. Põhjusena tuleb esmalt nimetada Maa tüsedat atmosfääri, mis pidurdab ja hävitab kõik vähegi väiksemad sissetungijad. Teiseks põhjuseks võib pidada hüdrofääri. Kümnest meteoriidist tervelt seitse kukub merre, mis püsiva kraatri teket just ei soodusta. Isegi kui ookeani põhja tekkis kauges minevikus kraater, pole sellest enam midagi alles jäänud, sest ookeanilise keskahelikus tekiva ja triiviprotsessis ookeani ääresüvikuis vahevöösse vajuva ookeanikoore vanus on „vaid“ alla 200 miljoni aasta. Kolmandaks põhjuseks on geoloogilised protsessid, mis on aplad värsket kraatrit muutma, hävitades



Joonis 5. Tännassilma (ametliku nimega Tennasilm) meteoriidi kuju ja lange-
miskoht Georg von Schillingu artiklis. [http://wiki.meteoritica.pl/images/f/fb/
Tennasilm_%28Schilling_1873%29.jpg](http://wiki.meteoritica.pl/images/f/fb/Tennasilm_%28Schilling_1873%29.jpg)

lõppeks kraatristruktuuri täielikult või mattes selle plahvatusjärgsete setete alla. Millised protsessid konkreetselt kraatrit vormima hakkavad, sõltub kraatri suuruselt, kivimite või setete füüsikalistest omadustest, kliimaatilistest tingimustest (kraatritekke laiuskraadist), tektoonilisest asendist ning sellest, kas kraatrit katab vesi või mitte. Geoloogilise mitmekesisuse tõttu ei ole võimalik leida Maalt kaht identset meteoriidikraatrit.

Noorel kraatril võivad olla väga järsud nõlvad. Maa raskusjõu mõjul arenevad nõlvad tasakaaluoleku saavutamise suunas, st võtavad asukohast sõltuvate kliimaatiliste ja geoloogiliste tingimuste juures varisemise, libisemise ja nihete kaudu kuju, mis enam ei muutu. Loomulikult on nõlvad

tasakaaluolekus laugemad kui algselt. Vee olemasolu soodustab oluliselt nõlvaprotsesside kulgu. Nõlva mööda alla voolav vesi viib kaasa lahtist, plahvatusel purustatud materjali ja kannab seda kraatristruktuuri põhja. Suuremates kraatrites võib esineda lausa jõgesid ja järvi, mis ajapikku kraatrisse orgusid uuristavad või setteid maha jätvavad. Nõlvaprotsesside kiirus ehk kraatri tasandumise kiirus sõltub oluliselt ka märklaauakivimite tugevusest. Võib arvata, et suhteliselt pehmetesse setenditesse või settetikivimitesse tekkinud kraatrid tasanduvad kiiremini kui kõvadesse kristalliinsetesse kivimitesse moodustunud struktuurid.

Kliima jahenemisel ja lumepiiri* nihkumisel allapoole võivad kraatrid jääda liustike või lausa mandrijää alla. Liustikud ega mandrijää ei püsi paigal, vaid liiguvad aeglaselt. Liustike puhul määrab liikumist raskusjõud, mandrijää liikumise eest vastutab selle mass. Suur, juba sajameetrise paksusega jääkiht avaldab oma taldmikule nii suurt rõhku, et see muutub lõheliseks ja vettsisaldavaks. Taldmiku sulamist soodustab omakorda liustikku altpoolt soojendav Maa. Veesisalduse tõttu muutub liustiku alumine osa plastseks ning liustik võib laiali roomata ja teehöövliina pinda siluda isegi tasasel alusel. Selle käigus pühib liustik väikse kraatri olematusse ja muljub oluliselt ka suuri. Liustiku taandumisel kattub maapind omakorda jääst väljasulanud setetega, mis kraatri avastamisele just kaasa ei aita. Suurtel jääga kaetud aladel Gröönimaal ega Antarktikas ei ole tõestatud ühegi meteoriidikraatri olemasolu, kuigi neid on seal kindlasti. Aastakümneid on räägitud suurest Wilkesi maa kraatrist⁹⁵ Antarktikas ja Maniitsoqi⁹⁶ kraatrist Lääne-Gröönimaal, aga tõestusmaterjali pole siiani leitud.

Eesti territooriumi katnud viimase, Weichseli jäätumise (mis algas umbes 116 000 aastat tagasi ning lõppes 13 000 – 11 000 aastat tagasi⁹⁷) tulemusel ei ole põhjust eeldada, et meie aladel oleks säilinud ükski jäätumiseelne, minu hinnangul kuni kilomeetrise läbimõõduga meteoriidikraater. Aeg-ajalt püütakse neid siiski leida: 2017. aasta sügisel jõudsid meediasse uudised Raplamaal Keava raba lääneservas paiknevast 650-meetrise

* Lumepiir on mõtteline piirjoon, millest ülalpool on tahkete sademete bilanss null ning saab võimalikuks tahkete sademete kuhjumine ja liustike tekkimine.

läbimõõduga ringstruktuurist, mida markeerib meetrikõrgune „vall“. Oletades, et Keava meteoriidikraater on „värske“ ehk kindlasti jäätumisjärgne, peaks kraatri sügavus olema 130–215 meetrit. Keava struktuuri sügavus on puurimisandmete kohaselt aga vaid paar meetrit ja seega ei saa see olla jäätumisjärgne. Kuna pinnakatte paksus on sealkandis kümme-konna meetri ringis, peaks suur osa kraatrist olema kaevunud Siluri ja Ordoviitsiumi karbonaatkivimitesse. Mingeid anomaalseid väljapaisatud kivimeid pole aga arvatava kraatri ümbrusest leitud. Oletades, et struktuur on jäätumiseelne ja kuni paarisaja meetri sügavuselt erodeeritud, pole põhjust arvata, et reljeefis võiks näha vähimatki jälge meetrikõrgusest kraatrivallist või ringjast struktuurist.

Madalmerre tekkinud kraatreid, nende süvikuid, nõlvasid ja isegi valle võivad katta plahvatusjärgsed setted. Settimise jätkudes reljeef tasandub ning mere taandudes ei pruugi kraatrist midagi näha olla. Samas on maetud kraatrites alles peaaegu kõik plahvatuses mõjutatud kivimid ning kraater on puuritav ja uuritav. Sarnane on olukord liivakõrbetes või vulkaanide jalamil, kus kraater võib luiteliiva või laava alla mattuda ja näiliselt kaduda.

Kõige armutumad kraatrite hävitajad on aga mandrite triiviga seonduvad tektoonilised protsessid: ookeaniääreline vahevöösse „sukeldumine“ ehk subduktsioon ja kollisioon ehk kontinentide pörkumine. Kontinentide pörkumisel, millega kaasneb kurdmäestike teke, moonduvad kõik kunagise kontinendi kokkupörkeservas olnud kraatrid tundmatuseni. Seetõttu on mäestikulisel alad peaaegu kraatrivabad või on sealt leitud vaid üksikuid noori ja pisikesi kraatreid.

Vaadates kraatrite asukohti Maa mandrilisel koorel (vt joonis 6 lk 77), on näha, et ka mäestikevälistel aladel jaotuvad need küllaltki ebaühtlaselt. Mõnes piirkonnas on kraatreid palju ja teistes väga vähe. Kas tõesti on olemas alasid, mida pommitatakse kosmosest rohkem kui teisi? Osaliselt on see tõsi, osaliselt mitte. Maa-lähedase orbiidiga objektid tiirlevad sarnaselt Maaga valdavalt ekliptikatasapinnal; seega peaks teoreetiliselt kolmest kaks kraatrit moodustuma ekvaatorilähedases vööndis, mõnikümmend laiuskraadi sellest põhja või lõuna poole. Kraatrite teket ekvaatori lähedal



Joonis 6. Meteoriidikraatrite globaalne jaotus.

võrreldes pooluste ümbrusega soodustab ka meteoorkeha atmosfääris viibimise aeg, mis ekliptikatasapinnalt saabuva meteoori puhul on ekvaatoril lühem kui pooluste läheduses. Meenutagem, et mida lühem on teekond läbi atmosfääri, seda suurem on võimalus, et meteoorkeha jõuab maapinnale kraatrit tekitama.

Võrreldes teoreetilise arutluskäiguga, on kraatrite jaotus globaalsel kaardil aga hoopis teistsugune: enamik neist paikneb parasvöötmes – Põhja-Ameerika kesk- ja lõunaosas, Euroopas, Austraalias, Lõuna-Aafrikas ning Lõuna-Ameerika keskosas. Olukorra selgituseks tuleb appi võtta geoloogiline aeg ja mandrite triiv. Kui mandrid triivivad, liiguvad koos nendega ka kraatrid. Rohkem kui paarikümne miljoni aasta vanused kraatristruktuurid ei asu seetõttu enam kaugeltki sellel laius- ega pikkuskraadil, kus need algselt tekkisid. Mandrite asend geoloogilises ajaloos on suhteliselt hästi teada, kuigi mööndustega, sest mida rohkem ajas tagasi, seda lünklikumad teadmised on. Viimase poole miljardi aasta kohta teame mandrite asendeid piisavalt, et leida ühe või teise kraatri umbkaudne asukoht tekkehetkel. Nihutades kraatreid koos mandritega tekkehetke asendisse, selgub erinevalt tänapäevasest vaatest, et enamik