Seizoensmatige en andere variatie in de valfrequentie van meteorieten: zijn er “meteorieten-zwermen”?

Marco Langbroek [1]

1. Jan Steenlaan 46, 2251 JH Voorschoten

English summary

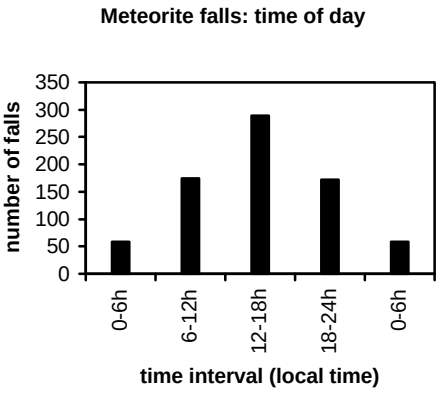
Variations in fall rate of meteorites over the year and over the day have been investigated using the CD-Rom database with the new edition of the *Catalogue of Meteorites* [2]. After definition of general fall rate variations over the year, a search was made for deviating fall rate patterns among certain classes of meteorites, which if they exist might indicate the presence of “meteorite streams”.
From theoretical considerations (low relative speed favouring survival for cosmic objects catching up with earth from behind), it should be expected that most meteorite falls occur during the late afternoon and early evening, and this is confirmed (fig. 1). Meteorites itself have an origin in the asteroid belt [1], and hence their radiants generally should be near the ecliptic. With the most favourable fall conditions occurring during the late afternoon, and radiants generally near the ecliptic, it is to be expected that most meteorite falls occur during that time of the year when during the late afternoon the ecliptic attains its highest position in the sky (this is a situation which would be valid for latitudes above 20º where seasonal variations in ecliptic altitude are most pronounced). Theoretically, the northern hemisphere above 20º N latitude should therefore see a peak in meteorite falls during the late spring months, and a low during the late autumn months. In the southern hemisphere, the trend with respect to fall-distribution over the months should be the reverse. This is to a high degree confirmed by the analysed data (fig. 2).
The second part of this study restricts itself to meteorite falls above 20º N latitude, and employs the northern hemisphere seasonal trend of fig. 2 for comparison (dashed line in the diagrams). Variations in fall rate for H, L and Enstatite chondrites generally confirm to the general seasonal trend (figs. 3, 4 and 7). The apparent subpeak however in the L chondrite distribution in February is interesting. Halliday *et al*. [5] found a grouplet of suspected meteorite falls with very similar orbits in MORP and PN data, all occurring in February: this grouplet includes the Innisfree chondrite, which is an L5.
LL chondrites appear to peak slightly later than the general seasonal trend, as seem to do fall rates for the HED achondrites (figs. 5 and 6), which have asteroid 4 Vesta as their parent body; the difference is so small however that it might not be statistically relevant. Carbonaceous chondrites appear to have a rather even distribution over the year without the expected peak near May (fig. 8). Clearly deviating fall patterns appear in the fall distribution of Iron meteorites (fig. 9). An intriguing distribution is evident for the largest chemical group of Irons, the IIIAB irons (fig. 10). They appear to be clumped into two restricted fall periods near April and November, neither of which is at a position in which maxima in fall rate are to be expected: the peak in April is slightly too early in the year compared to the general seasonal trend, the peak in November occurs at the annual low in the general seasonal trend, and both peaks appear to be relatively compact in time. Is this evidence for two IIIAB meteorite “streams”, perhaps twin streams near the ascending and descending nodes of one single IIIAB stream orbit? The evidence is intriguing but the number of falls involved low, asking for caution. Again, it is highly interesting that Halliday *et al*. [5] found another grouplet of very similar orbits among suspected meteorite droppers in the MORP and PN data, appearing in November.

Inleiding

Meteorieten hebben een oorsprong in de planetoïdengordel [1]. Vanuit het gegeven dat meteorieten een oorsprong in de planetoïdengordel hebben, en daarbij betrokken enkele bekende randvoorwaarden voor het optreden van een meteorietval, zijn verwachtingen te genereren omtrent de distributie van meteorietvallen over het jaar. Tot de verwachting behoort onder andere, dat het aantal meteorietvallen over het jaar verdeeld een duidelijke variatie vertoond. Dit heb ik eens getest met behulp van de CD-Rom database bij de nieuwste editie van de *Catalogue of Meteorites* [2]. Behalve een test van de theoretisch verwachte variatie in meteorietvallen over het jaar, werd ook gezocht naar aanwijzingen voor mogelijke “meteorietzwermen” op specifieke momenten in het jaar gekoppeld aan specifieke meteoriet-typen.

Algemene variatie-trends over dag en jaar

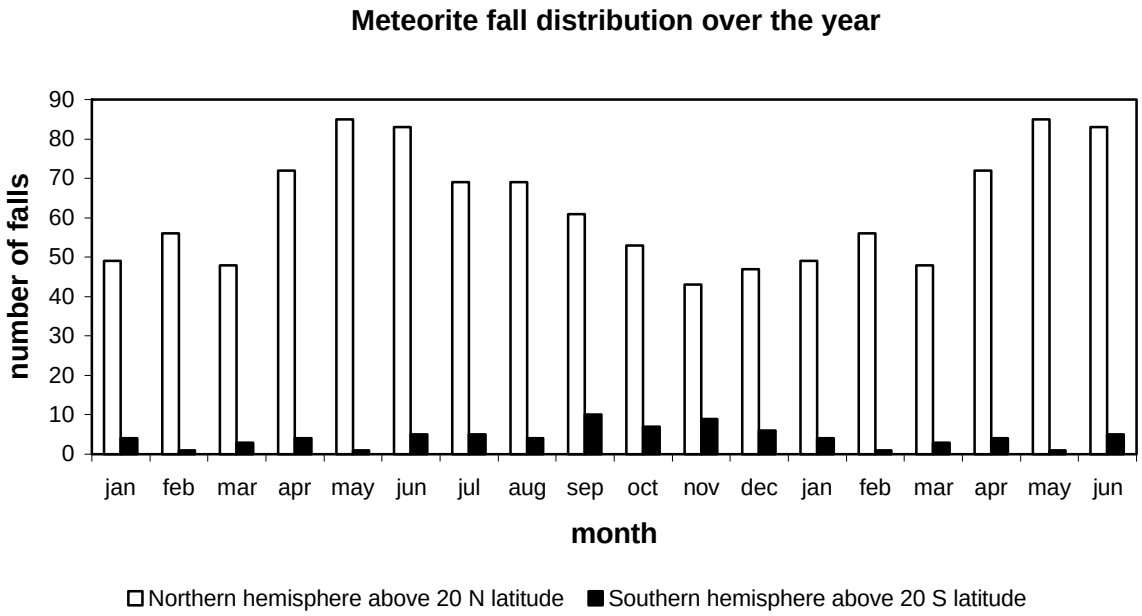
Met een oorsprong in de planetoïdengordel, zal het merendeel van de meteorieten een radiant hebben nabij de ecliptica. Dit betekent dat voor een gegeven geografische locatie de verdeling van het aantal meteorietvallen over het jaar gerelateerd zou moeten zijn aan de variatie in de positie van de ecliptica aan de hemel. Een belangrijke bepalende randvoorwaarde is het



Figuur 1 : *Verdeling van meteorietvallen over de dag.*

Figuur 1 geeft de verdeling over de dag van alle meteorietvallen met een bekend valtijdstip. Inderdaad is er een piek te zien in de middag: de aantallen voor de avond en nacht zijn waarschijnlijk iets geflatteerd omdat het aantal potentiële waarnemers van een val dan in principe lager is.

Vanuit dit randgegeven (meteorietvallen bij voorkeur in de late middag) gekoppeld aan een eclipticale bron voor de meteorieten, valt te verwachten dat het aantal meteorietvallen het grootst is in *dat deel van het jaar waarin de ecliptica tijdens de late middag de hoogste positie aan de hemel inneemt*. Dit is een conditie welke met name geldig is voor breedtegraden boven 20º noorderbreedte en zuiderbreedte, waar sprake is van een significante seizoensmatige variatie in de hoogte van de ecliptica boven de horizon. Voor het noordelijk halfrond valt zo te verwachten dat *de meeste meteorietvallen plaatsvinden in de late lente, en de minste in de late herfst*. Voor het zuidelijk halfrond valt een tegenovergestelde trend te verwachten. Ik heb dit getest door uit de database bij ref. [2] alle meteorietvallen te selecteren met een bekende maand van val, en een breedtegraad boven 20º, en vervolgens het aantal vallen per maand te plotten in een diagram (fig. 2). De dataset is opgesplitst naar noorderbreedte (de witte balken, verreweg het omvangrijkste sample) en zuiderbreedte (de zwarte balken). Inderdaad is in figuur 2 het verwachte patroon te zien: een duidelijke piek rond mei en een duidelijk dal rond november voor het noordelijk halfrond, en een tegenovergestelde trend voor het zuidelijk halfrond. Voor ons, bewoners van een vrij hoge breedtegraad op het noordelijk halfrond, zijn de meeste meteorietvallen dus te verwachten in de late lente en vroege zomer.



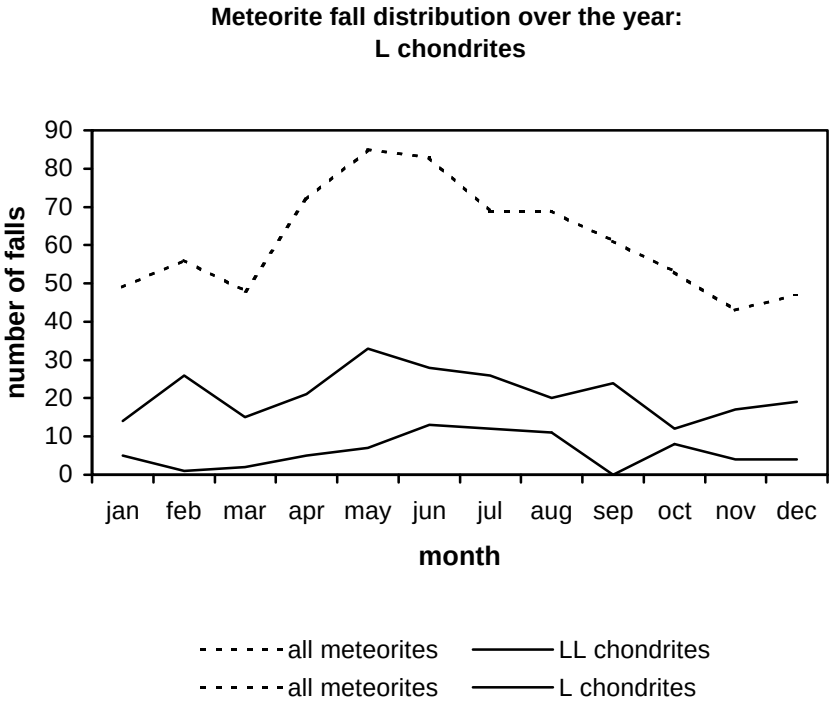
Figuur 2 : *Verdeling van de meteorietvallen over het jaar, opgesplitst naar noordelijk en zuidelijk halfrond.*

gegeven dat meteorietvallen alleen optreden wanneer de intredesnelheid van de meteoriet niet te hoog is, omdat ze anders bij intrede in de atmosfeer een dusdanige kinetische energie bezit dat ze volledig verbrand. De laagste kans op een meteorietval bestaat wanneer een meteoriet frontaal op de aarde botst. De meeste kans op een meteorietval bestaat juist wanneer de meteoriet de aarde van achteren inhaalt, zodat de relatieve snelheid tussen de meteoriet en de aarde het laagst is. Vanuit dit gegeven is te verwachten dat *de meeste meteorietvallen in de late middag en vroege avond* plaats zouden moeten vinden.

Meteoriet "zwermen"?

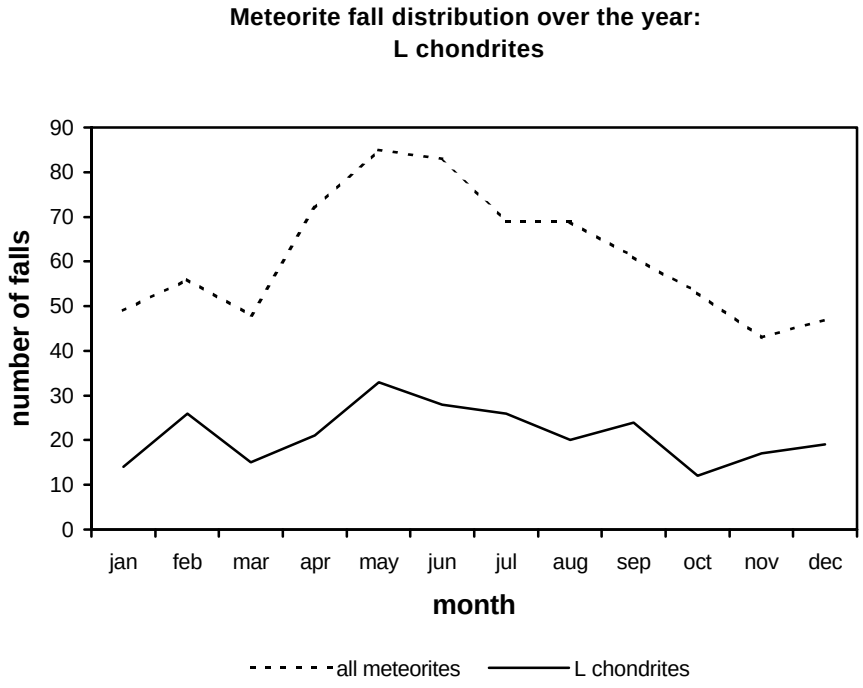
Meteorieten zijn brokstukken van planetoïden. Ze ontstaan doordat bij een grote inslag op het moederlichaam brokstukken van het moederlichaam worden weggeworpen; of zelfs doordat een catastrofale inslag het moederlichaam geheel uit elkaar doet spatten. Ook wanneer een groter brokstuk van het moederlichaam is vrijgekomen in een aardkruisende baan, kan het later nog verder uit elkaar vallen in verschillende brokstukken.

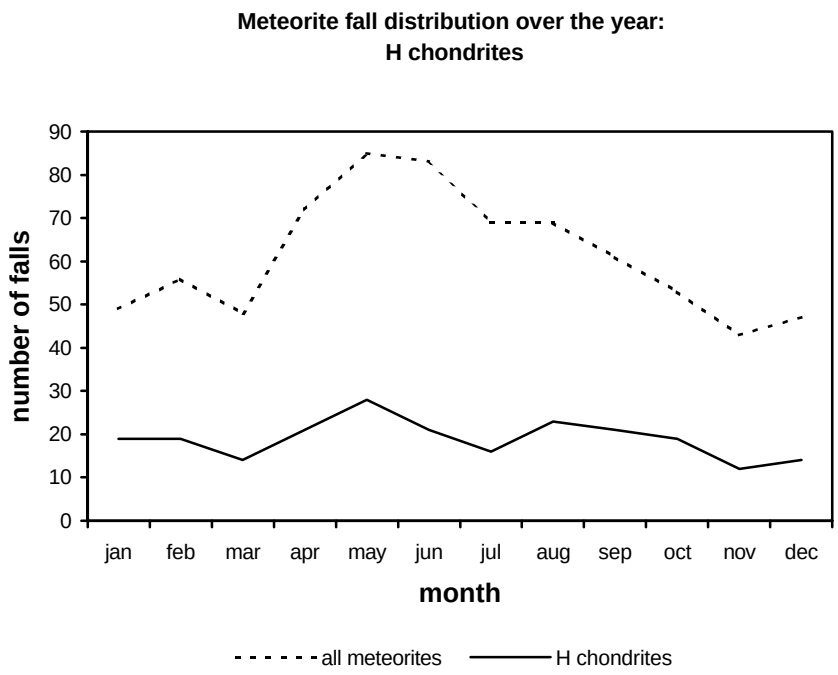
Brokstukken van planetoïden uit het gebied tussen met name 1.8 en 3.5 AU kunnen in een aardkruisende baan



terecht komen als ze in een resonantiegebied binnen de planetoïdengordel belanden. Hun baan wordt dan verstoord, hun excentriciteit neemt toe en hun perihelium kan dan binnen de aardbaan komen te liggen. Een object in een dergelijke baan is gedoemd om binnen enkele miljoenen jaren op de aarde te botsen. Resonanties die als belangrijke 'leveranciers' van meteorieten vanuit de planetoïdengordel worden gezien, zijn de 3:1 mean motion resonantie, en de υ_6 seculaire resonantie.

Van een enkele meteorietgroep, de HED achondrieten (Howardieten, Eucrieten en Diogenieten), waartoe ook onze Nederlandse Ellemeet meteoriet uit 1925 behoort, weten we dat ze een oorsprong hebben in een specifieke planetoide: planetoide 4 Vesta. Van diverse andere meteorietgroepen, bijvoorbeeld de H en de LL chondrieten, weten we dat hun zg. 'exposure age' distributie pieken vertoont bij karakteristieke leeftijden: in het geval van de H chondrieten bijvoorbeeld rond 7-8 miljoen jaar [1], in het geval van de LL chondrieten rond 15 miljoen jaar met een opvallende afwezigheid van leeftijden jonger dan 5 miljoen jaar [3]. De 'exposure age' is de tijdsduur dat de meteorieten als kleine fragmenten vrij in de ruimte hebben bestaan. Deze tijdsduur is te bepalen doordat tijdens deze 'levenfase' van een meteoriet onder invloed van kosmische straling binnen de meteoriet radioactieve isotopen gevormd worden: het gehalte aan deze isotopen is een maat voor de 'exposure age'. Een piek in de exposure age distributie, zoals de 7-8 miljoen jaar bij H-chondrieten, suggereert dat de groep meteorieten (of een belangrijk deel ervan) ontstaan is bij een catastrofale gebeurtenis, het uiteenvallen van een planetoïde, rond dat tijdstip. De vraag is dan: wordt er bij zo'n gebeurtenis ook een echte "meteorietenzwerm" in de zelfde zin als "meteorenzwerm" gevormd, en hoe lang blijft de integriteit van zo'n "zwerm" bewaard? In principe zou je verwachten dat bij een leeftijd van enkele miljoenen jaren, de oorspronkelijke "zwerm" geheel verspreidt is: dispersie treedt naar verwachting op een tijdsschaal van 10^6 jaar op [5]. Toch menen sommige onderzoekers wel degelijk meteoriet-"zwermen" te zien, in de vorm van bijvoorbeeld een clustering van meteorietvallen van een bepaald type in het tijdsbestek van enkele jaren. [4,6]. Treiman bijvoorbeeld, heeft gewezen op een opvallende piek in het aantal vallen van meteorieten van het HED type tussen 1924 en 1939 [4]. Halliday *et al*. [5] vonden bij een analyse van banen van vermoede meteorietvallen gefotografeerd door de MORP en Prairy Network projecten met behulp van het D-criterium een viertal aparte groepjes van vermoede meteorietdroppers met onderling sterk overeenkomende banen en overeenstem-





mende valdata.

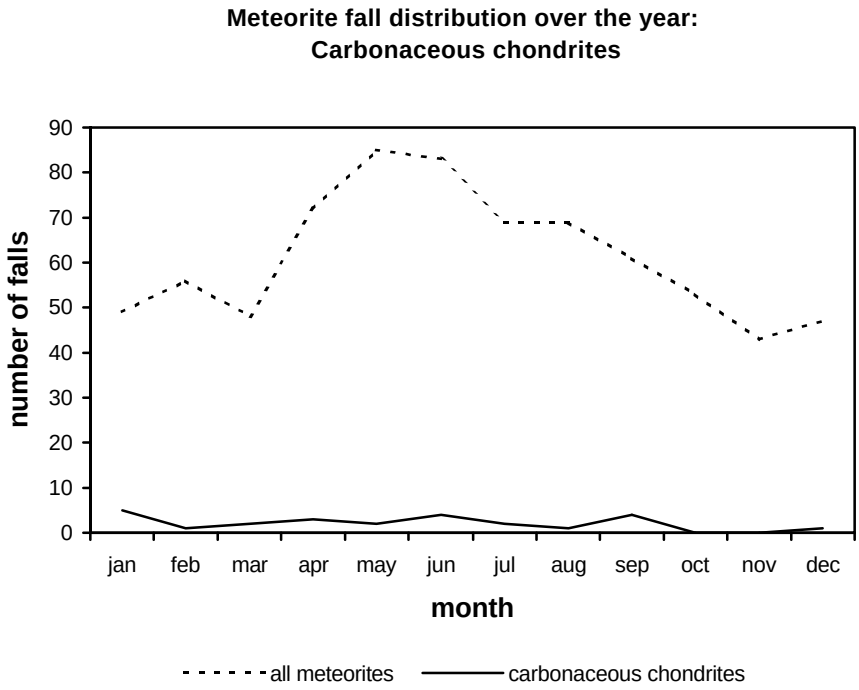
Trends voor verschillende meteorietklassen

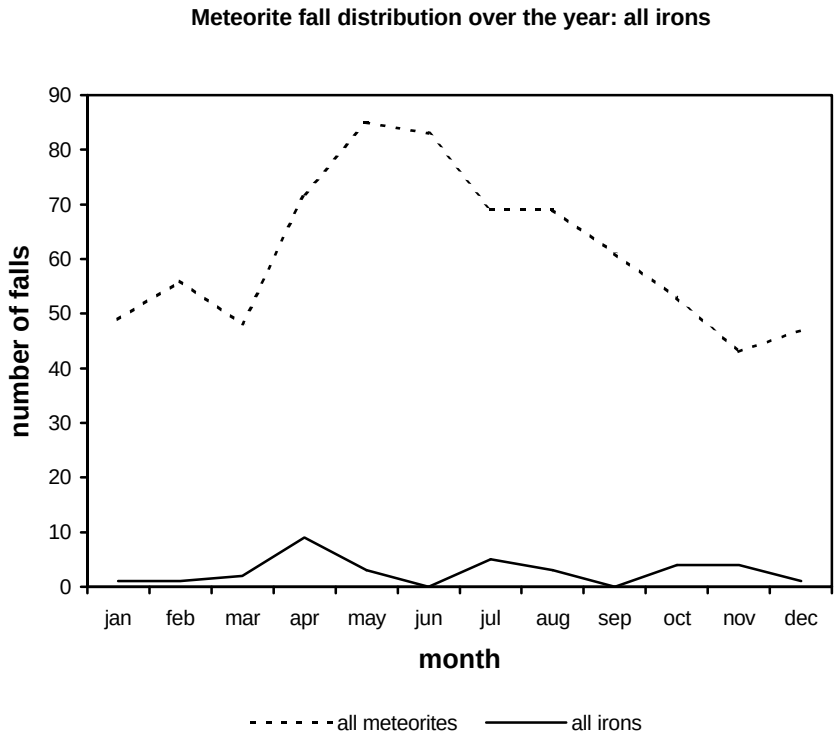
De nu volgende analyse beperkt zich tot meteorietvallen van het noordelijk halfrond boven 20º Noorderbreedte. Voor diverse meteorietklassen afzonderlijk is gekeken in hoeverre de verdeling van vallen over het jaar afwijkt van de algemene trend uit figuur 2. De streepjeslijn in de figuren geeft steeds deze algemene trend, ter referentie.

Verreweg de grootste clan onder de meteorieten wordt gevormd door de "Ordinary" (O) chondrieten: de H, L en LL chondrieten (zie ook http://home.wanadoo.nl/marco.langbroek/nedmet.html). Zowel de H als de L chondrieten, de grootste groepen binnen de O clan, hebben een verdeling die niet noemenswaardig afwijkt van de algemene seizoensmatige trend (figs. 3 en 4), met uitzondering van een mogelijk subpiekje in februari voor de L chondrieten (waarover straks meer). Anders is dit echter voor de meer zeldzame LL chondrieten. Hun valverdeling lijkt iets later in het jaar te pieken, vol in de zomer (fig. 5). De HED-achondrieten (afkomstig van 4 Vesta) lijken ook iets dergelijks te vertonen (fig. 6). De afwijkingen zijn echter misschien toch te gering om werkelijk significant te zijn. Enstatiet chondrieten vertonen een verdeling die niet veel afwijkt van wat te verwachten valt naar aanleiding van de algemene seizoensmatige valtrend (fig. 7), hooguit lijken er iets meer vallen in het najaar te zijn dan je zou verwachten (dit zijn vooral EL chondrieten maar het aantal vallen waarom het gaat is zéér laag, zodat de vraag is of het statistisch significant is). De Koolstof chondrieten (fig. 8) daarentegen vertonen juist weer een opvallende gelijkmatige spreiding over het jaar, zonder noemenswaardige piek in de lente. Hier zou je, mede gezien het samplegrootte, misschien toch een iets duidelijker piek conform de algemene seizoensmatige valtrend verwachten.

Een L chondriet en twee IIIAB ijzermeteoriet zwermen?

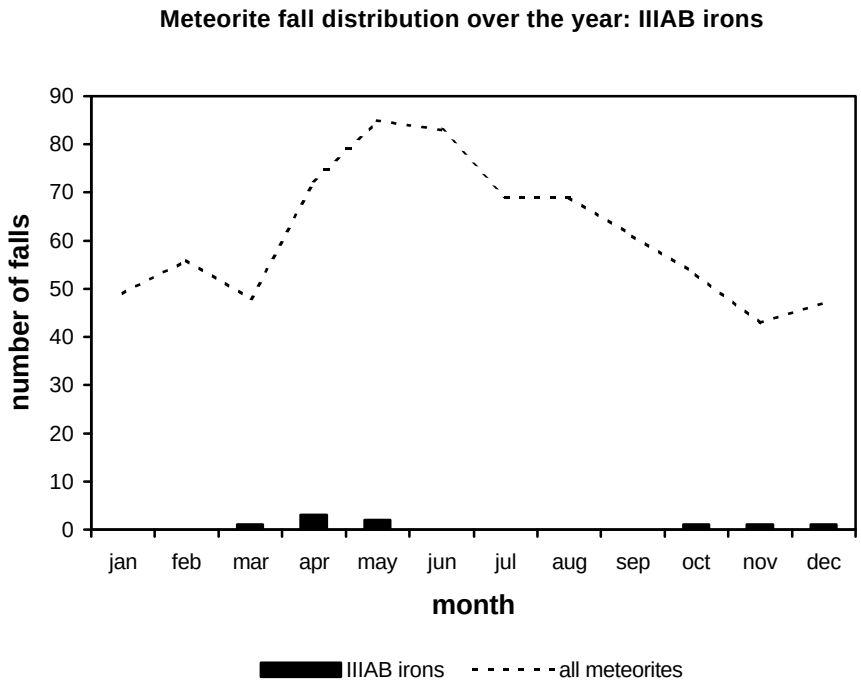
Hierboven vermelde ik dat de distributie van L chondrietvallen over het jaar de algemene seizoensmatige trend lijkt te volgen. Er zit niettemin echter een mogelijk subpiekje in de distributie in de maand februari. Het opmerkelijke is, dat Halliday *et al*. [5] in de data van het MORP en PN netwerk een groepje vermoede meteorietdroppers met onderling sterk gelijkende banen hebben gevonden, welke allen in de eerste helft van februari verschenen. Tot dit groepje behoort de Innisfree meteoriet uit 1977. De Innisfree is, frappant genoeg, een L5 chon-





driet. De gemiddelde radiant van deze mogelijke "zwerm" ligt bij RA 41º, dec. +54º.

De verdeling van ijzermeteorietvallen over het jaar lijkt toch ook duidelijk afwijkend (fig. 9). Er is een dal waar een piek hoort te zitten, en er zijn opvallend veel vallen in het najaar. Helemaal interessant wordt het echter wanneer we ons beperken tot de grootste chemische groep onder de ijzermeteorieten, de IIIAB meteorieten (fig. 10). Nu hebben we opeens twee relatief kortdurende, geconcentreerde pieken die niet samenvallen met de tijd van het jaar waar een piek te verwachten is: een piek rond april, iets te vroeg, en een piek in het najaar waar juist een dal hoort te zitten. Zou het kunnen dat we hier te maken hebben met twee IIIAB "zwermen": misschien tweelingzwermen nabij de dalende en klimmende knoop van een enkele meteorietenzwerm? Het is een intrigerend idee, maar de dataset waarop het gebaseerd is, is erg klein en dus is voorzichtigheid op zijn plaats. Niettemin zet het tot denken dat Halliday *et al*. [5] juist in november een groepje vermoede meteorietdroppers in de MORP en PN data vinden met in hoge mate overeenstemmende banen. De radiant van dit groepje banen ligt nabij RA 336º, dec. –5º.



Referenties:

1] H.Y. McSween: *Meteorites and Their Parent Planets*. Cambridge Univ. Press, 1999.

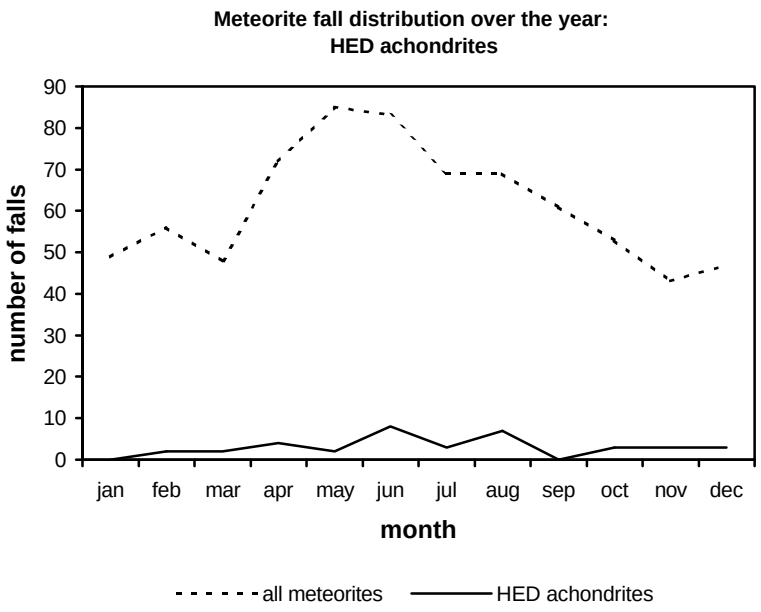
2] M. Grady: *Catalogue of Meteorites* (5th edition). Cambridge Univ. Press, 2000.

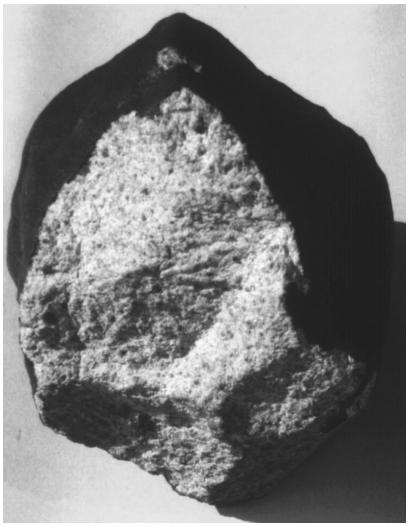
3] T. Graf & K. Marti: Collisional records in LL-chondrites. *Meteoritics* **29** (1994), 643-648.

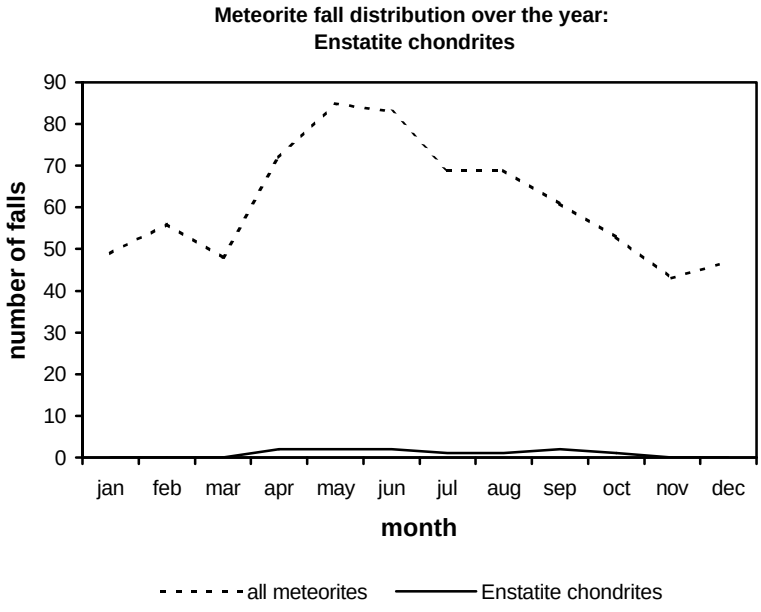
4] A.H. Treiman: An improbable concentration of basaltic meteorite falls (HED and mesosiderite) in the mid-20th century. *Meteoritics* **28** (1993), 246-252.

5] I. Halliday, A.T. Blackwell & A.A. Griffin: Evidence for the existence of groups of meteorite-producing asteroidal fragments. *Meteoritics* **25** (1990), 93-100.

6] M.E. Lipschutz, S.F. Wolf & R.T. Dodd: Meteoroid streams as sources for meteorite falls: a status report. Planet. Space. Sci. **45** (1997), 517-523.







Foto's rechts van boven naar onder : *1] Gao Een val uit maart: Gao-Guenie (Ivoorkust, 1960: H5 chondriet) 2] Utrecht, Een val uit juni : Utrecht (Nederland 1843: L6 chondriet). Foto P. Jenniskens 3] Mbale Een val uit augustus: Mbale (Oeganda, 1992: L5/6 chondriet)*