

Ready for the Storm

Peter Jenniskens¹

1. Peter Jenniskens, NASA-Ames Research Center, M.S. 239-4, Moffett Field, CA 94035-1000, USA

Astronomers are gearing up for a possible spectacular Leonid meteor storm on November 18, which could tell scientists how the stuff of life was brought to Earth.

On most nights, meteors are so rare that, as folklore has it, a single sighting can make your wishes come true. But every now and then, a meteor shower will dazzle the eye with thousands of blazing trails across the sky in just a few hours. Astronomers call these spectacular displays “meteor storms.” Of all the meteor showers that occur each year, the Leonids of mid-November are the only one known to produce a storm in our lifetime. Professional and amateur astronomers alike are gearing up for this year’s Leonid shower, because experts predict that it could produce two of the best meteor storms in recent memory.

The most spectacular meteor storm on record was probably the Leonid display of November 12-13, 1833, when witnesses in North America reported that “never did rain fall much thicker, than the meteors fell towards the Earth.” The spectacle was so powerful that people assumed the world was coming to an end. This storm led to the systematic observing of meteor showers and the realization that meteors originate from outside the atmosphere. The Leonids put on impressive storms again in 1866 and 1867. These displays led to the recognition that the storms were somehow linked to the return of the parent comet 55P/Tempel-Tuttle every 33.25 years. Unfortunately, the returns of 1899 and 1932 were disappointing, and many astronomers gave up on ever seeing anything like the 1833 storm again. Indeed, the spectacular November 1966 storm went mostly unnoticed by the scientific community and came as a real surprise to viewers in North America.

The comet returned to perihelion in 1998, leading to spectacular showers in 1998 and 1999. This time, the scientific community was ready. The recent storms have inspired a new group of scientists that can pry surprising information from the elusive flashes of light. We want to learn more about meteors to prevent damage to satel-

lites. We still need to learn a great deal about how comet dust causes meteor storms. We also want to learn more about the comet and comet dust itself and how meteors may have brought critical organic material to Earth, perhaps leading to the origin and prevalence of life on our planet.

Scientists have recently mounted airborne campaigns to be at the right place at the right time under perfect weather conditions. The Leonid Multi-Instrument Aircraft Campaign (MAC) consisted of two research aircraft that flew 120 kilometers apart for stereoscopic viewing. Missions to Japan in 1998 and to Europe in 1999 collected a bounty of information, leading to a new understanding of meteoroid streams, meteors, and their persistent trains. We discovered that the view at 10 kilometers altitude is spectacular, especially near the horizon, where meteor rates peaked four to five times higher than reported from the ground. And we discovered that meteors provide a surprisingly soft landing for complex organic molecules.

This is an ongoing effort. We anticipate impressive storms in November 2001 and 2002, with potentially intense displays over North America. But professional and amateur astronomers need to prepare themselves for these storms, because we may not see another one until 2099.

Predicting Meteor Storms

Meteor showers occur when Earth plows through debris left behind by comets. As these wandering balls of ice and rock wind around the Sun, they are buffeted by solar radiation, which warms the ice and knocks off grains of dust in a gale of water vapor. Much of that activity occurs in geyser-like fountains of gas and dust. The solar wind and radiation pressure blow the smallest dust particles into a familiar comet dust *tail*. But the larger dust grains are not affected and remain as a gradually expanding cloud of dust around the comet nucleus. By the next return of the comet, that debris spreads along the comet’s orbit in a thin dust *trail*. That spreading is simply due to some particles making a wider orbit and returning later. Meteor storms occur when Earth encounters one of these dust trails.

Only recently, astronomers recognized the full implication of the fact that each 33.25-year return of Tempel-Tuttle creates a new dust trail. The dust trails are often separated from one another, because the comet’s orbit differs slightly each return. An observer on Earth with super eyes would see a series of parallel and collimated streams of dust particles going in the same direction as the comet’s orbit, like the rivers in a delta. Because of

the ever-changing pull of the planets, those rivers of dust follow a different path each year, and only when one of the narrow trails happens to lie in Earth's path do we get to see a meteor storm.

Forecasting meteor showers used to be about as accurate as weather predictions in the era before satellites and computers. But in recent years, as our understanding of comet dust trails has grown more sophisticated, meteor forecasting has passed from the realm of speculation to science. Leading up to the 1999 storm, astronomers realized that they could calculate the position of one of Tempel-Tuttle's dust trails by tracking the various gravitational influences on a single test particle. The line along which that test particle passes Earth's orbit is the center of the dust trail. This method provides the time of the storm, and by comparing the activity of past Leonid storms, astronomers can determine how wide the dust trail is and predict shower rates in future trail encounters.

In November 1999, David Asher from Armagh Observatory in Northern Ireland and Esko Lyytinen, an amateur astronomer in Finland, calculated that the 1899 dust trail would lie in Earth's orbit where our planet would hit it at 2:08 Universal Time (UT), November 18. The storm materialized on schedule and peaked at 2:00 UT with a zenithal hourly rate (ZHR) of 4,600 per hour, meaning an experienced observer under a very dark sky would see 4,600 meteors per hour (about 77 per minute!) if the radiant was situated directly overhead. In most other years, the peak ZHR of a Leonid shower is only 13. Onboard Leonid MAC, we studied the storm just west of Greece, while flying from Israel to the Azores. The view from the aircraft was truly amazing. We occasionally saw six or seven meteors falling at the same time.

If you missed this 1999 storm, there is good news. According to the latest models, the best storms are yet to come. Earth crosses as many as *three* dust trails this November. Earth will cross the 1767 dust trail on the outside, and 8 hours later, it will cross the

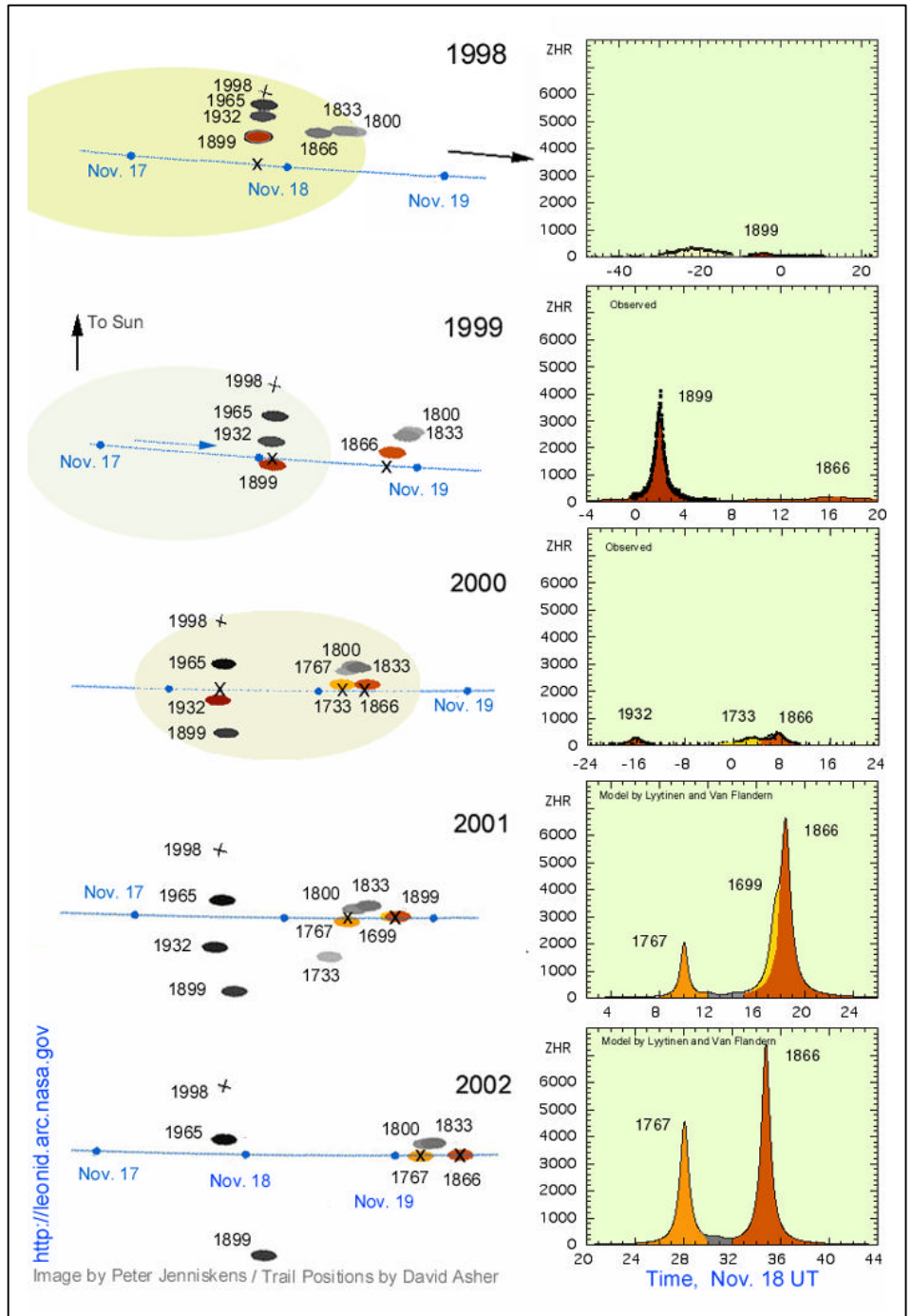


Figure 1 : Earth's path through 55P/Tempel-Tuttle dust trails and observed (1998-2000) and predicted (2001-2002) Leonid shower activity. The Leonid Filament is schematically shown as a yellow shaded region.

1699 and 1866 dust trails on the inside (close enough for the shower profiles to merge into one storm). The storm from the 1699 and 1866 trails should be visible over the western Pacific, Japan, Australia, and parts of China in the predawn hours of Monday, November 19. The 1767 trail, on the other hand, can be seen over nearly all of the continental United States on a

Sunday morning and under moonless conditions at around 5:00 a.m. EST (2:00 a.m. PST) on November 18. Only clouds and city lights can spoil the view. We expect a repeat show next year, but under a full Moon. After that, it's all history. Earth will not go through any dust trails for the next century. Only our grandchildren may

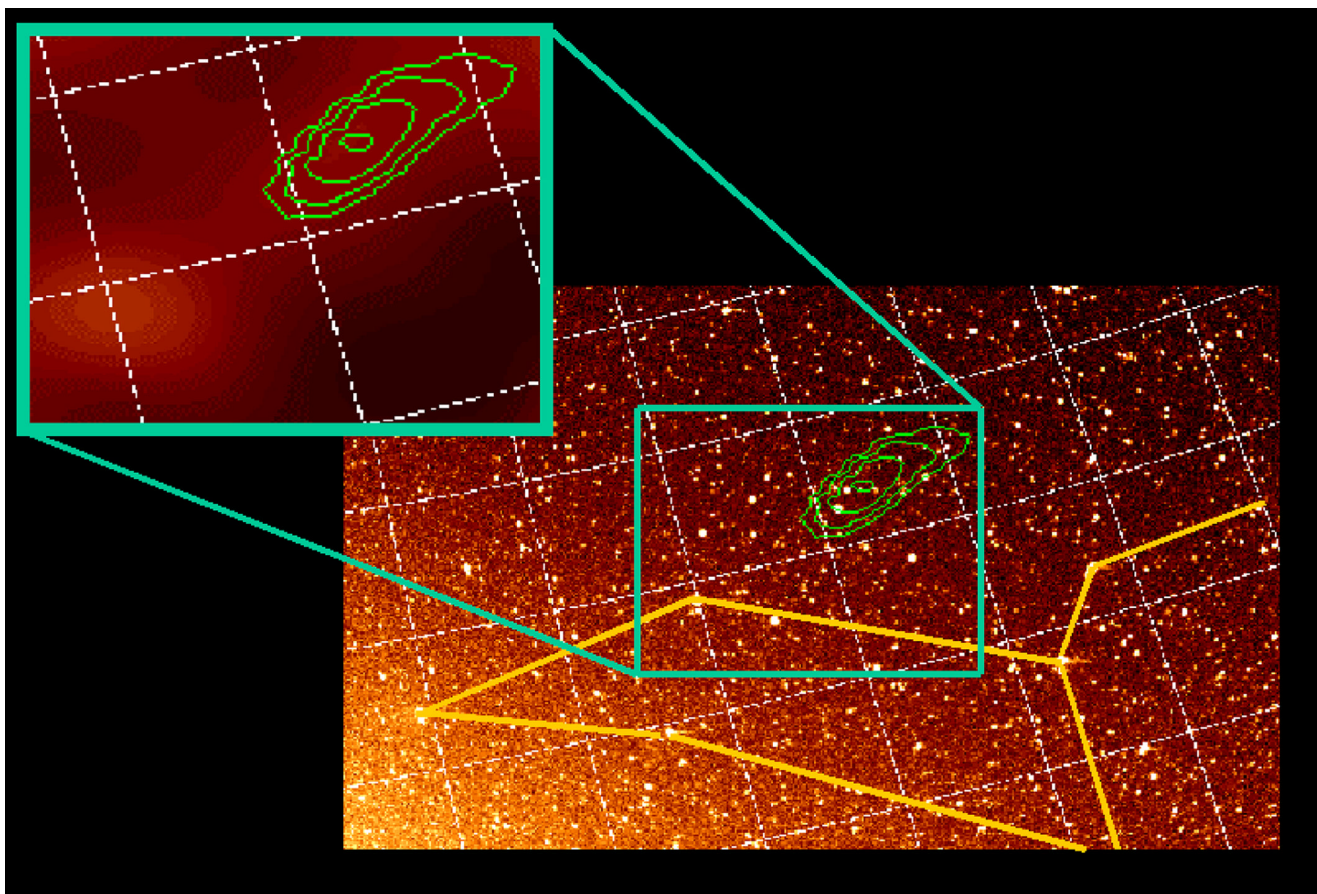


Figure 2 : Faint cloud of scattered sunlight from Leonid meteoroids in space was seen just above the body of the constellation of Leo by Leonid MAC participant Ryosuke Nakamura and colleagues on the ground in Hawaii.

see anything like it again when the comet returns in 2099.

Where To Go?

Professional and amateur astronomers are struggling to decide where to go for the best viewing this year. The peaks will occur 8 hours apart, so one has to decide between one or the other. Asher calculated a rate for the Pacific peak up to 10 times higher than the North America peak, while Lyytinen predicts a Pacific peak rate four times higher. But these calculations assume that there are no mistakes in the estimated position of the trail centers.

The calculations, however, are based on very simplified assumptions about dust ejection. Asher assumed that his model dust grain is ejected forward in the direction of the comet motion at perihelion, while Lyytinen assumed no ejection velocity at all. He thinks that radiation pressure alone will make the particle's orbit wider than the comet's.

Both assumptions lead to almost the same orbit for the test dust particle and thus much the same positions for the dust trails. But are they correct?

Analysis of 1999 and 2000 airborne meteor counts show that the pattern of trails may be shifted slightly inward relative to the calculated positions. The reason for these small displacements could be the presence of a "geyser" of gas and dust, called a jet, that astronomers saw during the comet's 1998 return. Jets tend to shoot the dust particles in a specific direction rather than spread them around equally.

The narrowest and most intense storms occur when the trail position is calculated to be just outside Earth's orbit, like the 1767 trail. If we abandon the idea that the dust distribution has to be centered on the calculated position, and accept the notion of trail shifts, then the 1767 dust trail will be closer to Earth's orbit and the North America peak becomes the more intense one at a ZHR of about 4,200 per hour. How-

ever, the Pacific peak at a ZHR of about 3,700 consists of two slightly displaced and somewhat broader trails, so it still has a 60% higher total influx for Earth-based observers. These calculations suggest that observers in both North America and the western Pacific will enjoy an outstanding storm of similar intensity as the 1999 storm

Check out the activity of the shower from your own location at: <http://leonid.arc.nasa.gov/estimator.html>.

The Fragile Leonids

Meteor science involves more than just predicting storms. We also want to learn about the meteoroids themselves, which in turn tell us a great deal about the parent comet. For example, by tying all recent stream encounters together to build a picture of how comets lose dust, I calculated that Tempel-Tuttle loses about 2.4 times as much

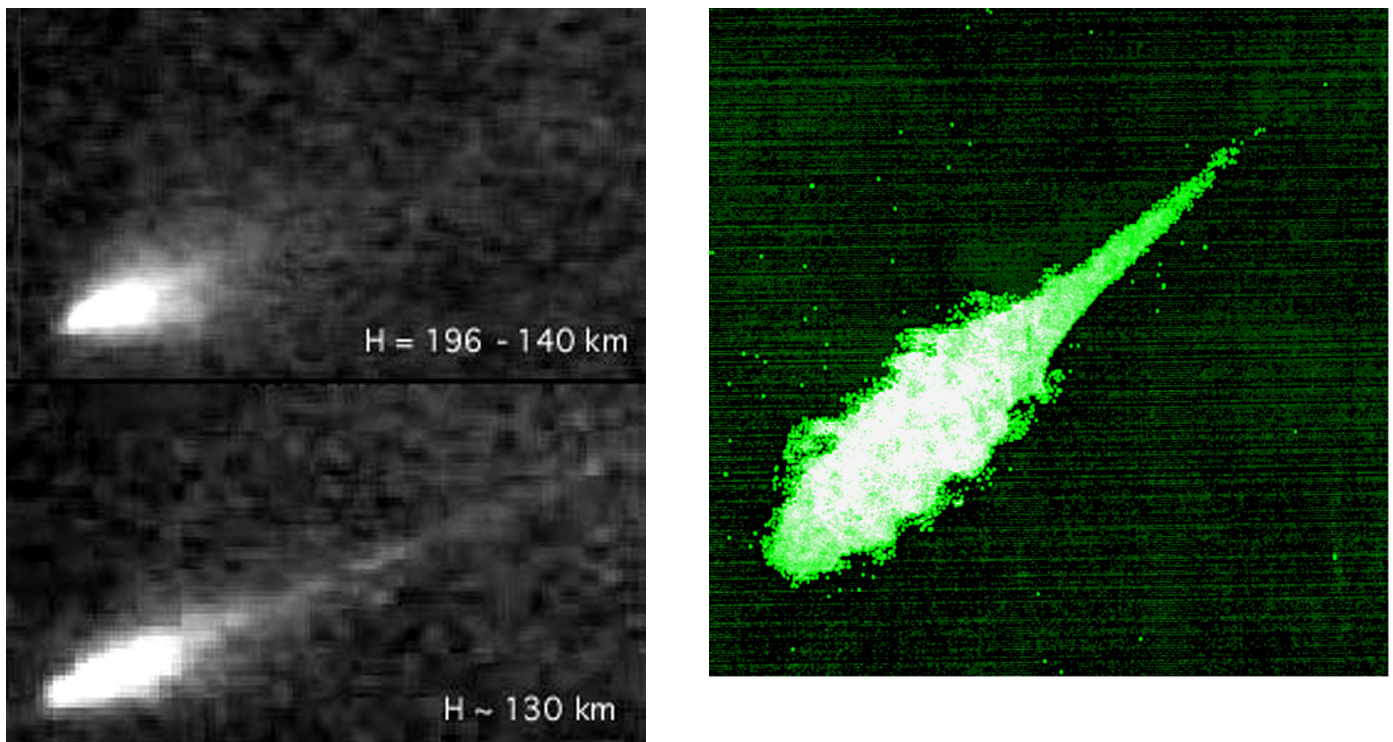


Figure 3 (left) : Fan-shaped glow above 135 km in the video image of a bright Leonid.

Figure 4 (right) : Meteor image (1/30th second exposure) through MgI (518 nm) filter.

mass in the form of dust than in the form of water vapor.

The best showers occur in the year following the comet's return. Because the pressure of sunlight effectively lowers the Sun's gravitational pull on cometary dust particles, the particles tend to make a wider orbit than the comet. As a result, the dust density in the comet's orbit is higher behind the comet than in front. How much the dust particles tend to lag the comet depends on how much sunlight a particle of given mass captures. From that, I calculated that the density of a typical Leonid meteoroid is about 0.97 gram per cubic centimeter, almost the same density as water ice.

But there is no water ice in Leonid meteoroids. All the original water ice from the comet vaporizes in the vacuum of space before the meteoroids — which are typically the sizes of pebbles — enter Earth's atmosphere. Rather, the low density results from the fact that the meteoroids are loose assemblies of tiny rocky grains that are partially held together by a sticky glue of complex organic matter. Freshly

ejected Leonid meteoroids, those that have been free in space for only 100 years or less, are more fragile than the meteoroids of older showers such as the Perseids and Taurids, which are thousands of years old. If Leonid meteoroids become more compact in space as time passes, astronomers might be able to measure this effect by comparing older dust trails, such as the upcoming 1767 and 1699 dust trails.

The Violent Breakup of Meteoroids

Meteors emit light because the dust particles are traveling so fast through the atmosphere (71 kilometers per *second* for the Leonids) that violent collisions with air molecules evaporate material from the meteoroid, a process called ablation. Until recently, astronomers often assumed that meteoroids melted throughout as they got bombarded by air molecules, and that volatile minerals evaporated first. That picture changed dramatically in 1998 when Leonid MAC aircraft observer Ian Murray of Regina University in

Canada and his ground-based colleague Alan Le Blanc of Mount Allison University in Canada, observing from Mongolia, discovered that some Leonids exhibit jet-like features. The jets formed almost instantaneously and extended up to two kilometers from the pebble-sized meteoroids.

Some scientists thought that lightning might be responsible for the jets. But Mike Taylor of Utah State University followed up in the 1999 Leonid MAC mission, and discovered that rapidly-spinning meteoroids eject small bits of meteoric matter at high speed during their descent. Taylor tuned his camera to the light of one specific atom: magnesium. This atom evaporates from the meteoroid's core olivine and pyroxene minerals and produces a bright green emission line at 517 nanometers. Images at this wavelength clearly show the jets, which have a turbulent and repetitive pattern left and right of the meteor trails. The ejected bits of matter greatly increase the volume of air that can be chemically altered, leading to the jets.

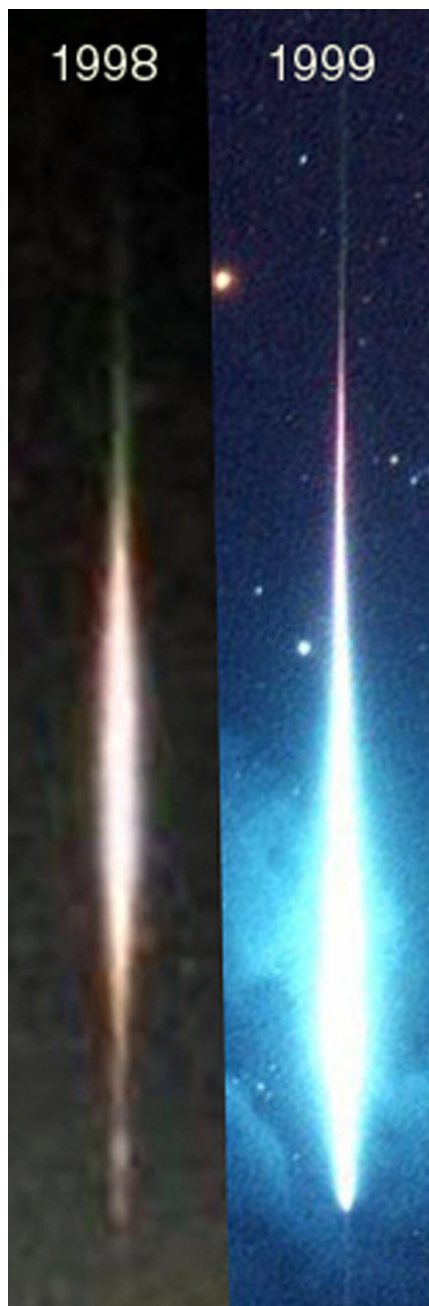


Figure 5 : Leonids photographed in 1998 (R. Haas, Netherlands) and 1999 (Arne Danielsen, Norway) show the typical light curve profiles encountered in the work by Murray.

Images with a narrow 5° to 20° field of view are most likely to reveal the jets. High frame-rate video imaging could provide further insight into dust spinning rates and dust fragmentation. Amateur observers can try to image this phenomenon by using intensified video cameras with a small field of view, and a lot of good luck!

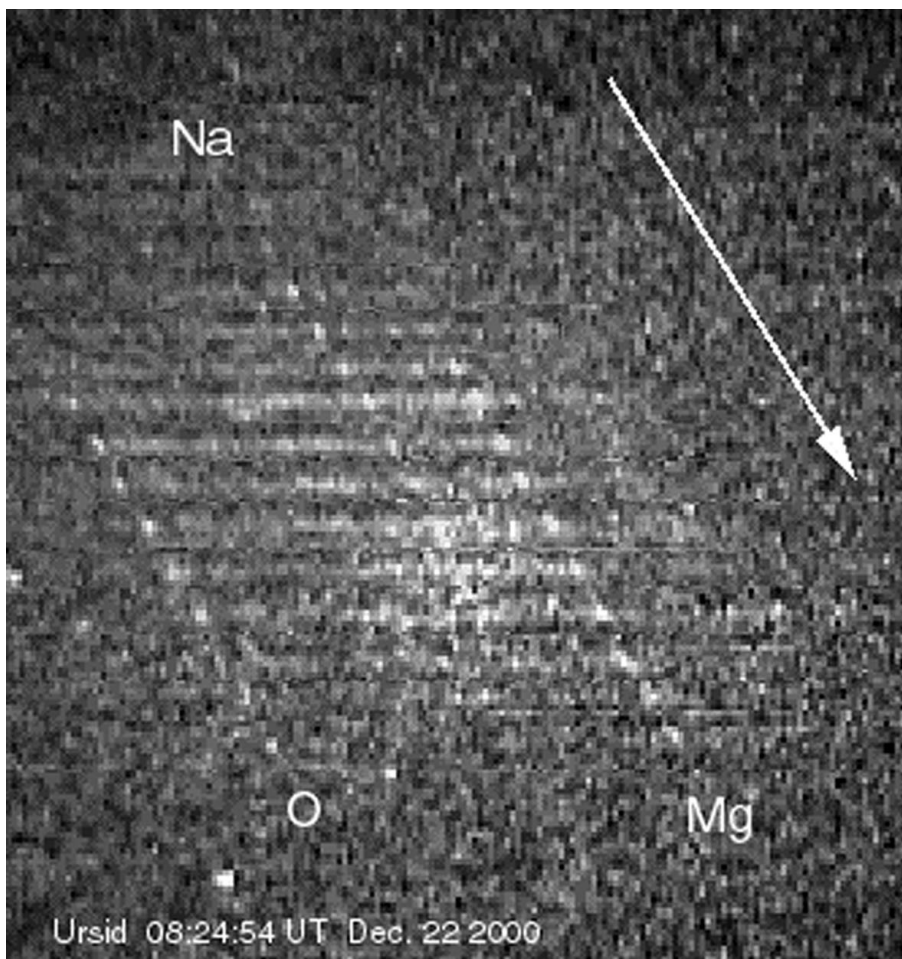


Figure 6 : Meteor spectrum of an Ursid (08:24:54 UT on Dec 22, 2000), showing the same early release of sodium. Direction of motion is indicated. Spectrum runs from blue (right) to deep red (left). Courtesy the author.

The Loss of Organics

Some of a meteoroid's minerals can survive in solid form deep into Earth's atmosphere. But at what altitude do the meteoroids lose their organic glue? The organic matter is expected to evaporate at half the temperature of the minerals, so it should come off higher in the atmosphere, peaking at around 117 kilometers in the case of the Leonids. The most volatile organic components could disappear even higher.

At a record breaking 196 km altitude, meteor astronomers Pavel Spurny of Ondrejov Observatory in the Czech Republic and Hans Betlem of the Dutch Meteor Society discovered a peculiar V-shaped glow on video images of bright Leonid fireballs during ground-based observations in support

of Leonid MAC in China. That is twice the altitude at which meteors typically burn up. The air density at 196 kilometers is a hundred times less than at 100 kilometers, so low that it is on the verge of outer space. It is possible that very volatile organic compounds in the meteoroid are responsible for this luminosity. However, very few collisions with air molecules must be capable of generating a lot of light, so we're not sure what's happening. The fan shape suggests a rapid spreading of charged particles into the ambient ionized air with speeds up to 40 kilometers per second.

The diffuse V-shaped glow quickly transforms to the usual droplet shape when these meteoroids reach 135 to 130 kilometers, where the minerals start to evaporate, and a meteor wake of metal atom emissions and the green-

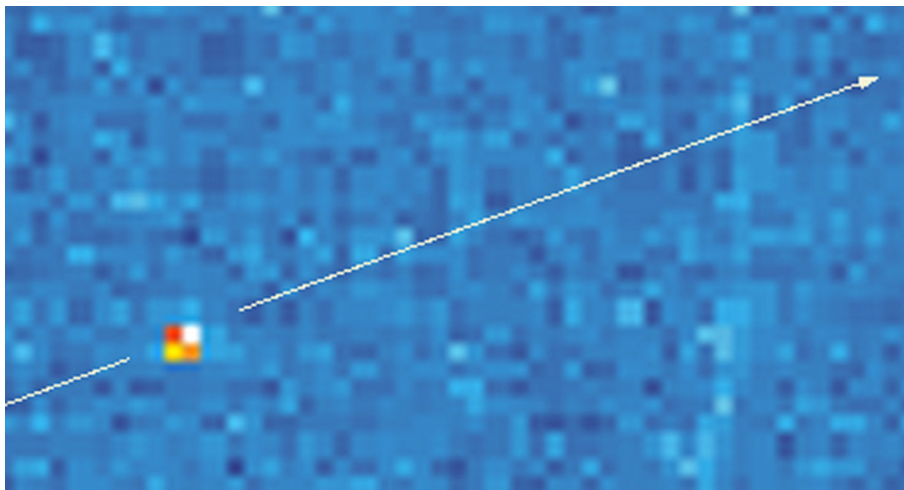


Figure 7 : A dot of infrared light detected from a meteor track (arrow).

ish oxygen OI emission start to develop. The latter can persist for several seconds.

Something volatile does appear to quickly leave the meteoroids at about 117 km. During the 1998 Leonid MAC mission, George Rossano and coworkers at the Aerospace Corporation in Los Angeles detected two bright dots in infrared light that matched the video record of two bright meteors. In both cases, the dots represent a specific point just before the peak brightness at visible wavelengths. The dots represent short exposures of brief flares of infrared emission whose luminosity was 25 times that of visible light. Observers on both MAC aircraft saw the meteors in visible light, so triangulation made it possible to calculate the height of the phenomenon. Rossano's team found that the two infrared dots were located at 117 and 113 kilometers altitude, respectively, just before the peak optical brightness.

These infrared dots possibly represent the ablation of organic matter. If true, this result is important because meteors represent the bulk of infalling extraterrestrial matter, with the possible exception of very large but very rare asteroid and comet impacts. If a significant fraction of meteoritic organic matter survives in some form suitable for initiating interesting organic chemistry on Earth's surface, then meteors might represent the dominant pathway for transforming organic matter in

comets and asteroids to early life on our planet.

Unusual Conditions in the Meteor

In order to understand what happens to organic molecules once they evaporate, we must understand the physical conditions in the meteor itself. After the 1998 Leonid MAC mission, we discovered that the light that we see does not come from the actual evaporation, but from a warm wake just behind the meteoroid. During that mission, Mike Wilson of NASA's Ames Research Center and the author used a cooled unintensified CCD camera with an objective grating to measure the meteor's visible light intensity. The spec-

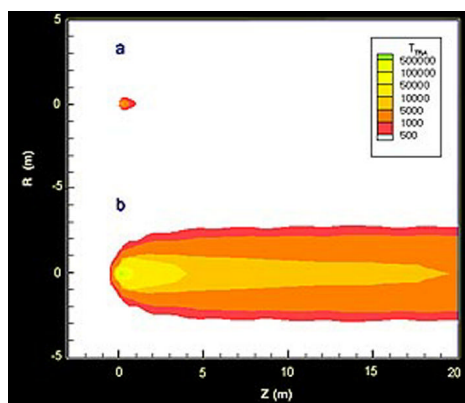


Figure 8 : A Monte-Carlo model of air flow in a meteoroid. The different colors show different temperatures. Case (a) includes no ablation, case (b) includes ablation.

tra we obtained are so detailed that the measurement can be compared directly with models of air plasmas. Christophe Laux and Denis Packan of Stanford University calculated that a temperature of about 4000° C matches the data best. This is a surprisingly low temperature, given that Leonid meteoroids are faster than meteoroids of any other shower, so the collisions with air molecules are extremely violent.

To understand this relatively cool temperature, Iain Boyd of the University of Michigan created a meteor model using statistical calculations to follow the trajectory of individual air molecules and ablated material from the meteoroid. At the same time, Olga Popova of Moscow's Institute for Dynamics of Geospheres RAS calculated what physical conditions may exist near the meteor's head, where air molecules sputter off meteoric material.

Our results paint a fascinating picture of a meteor. Each impacting air molecule knocks off up to 40 molecules and atoms from the meteoroid. This interaction creates a small spherical cloud of dust and gas following the meteoroid on its downward path. The cloud is much bigger than the meteoroid in volume, so more air molecules interact with this "vapor cloud" than with the meteoroid itself. Most collisions occur on the outer edges of the cloud, away from the line of motion, because that is where the surface area is biggest. Secondary collisions inside the vapor cloud then gently knock out the colder vapor near the surface of the meteoroid. This slowed down meteoric vapor then mixes with the heated air but keeps its cool by expanding ten times in size into a warm 4000° C plasma right behind the particle. The light we see from a meteor originates in this wake. The wake itself cools off quickly, so the organic molecules will endure only a limited number of violent collisions. This process opens new pathways for organic molecules to survive the plunge through the atmosphere. We may owe our very existence to the details of this interaction.

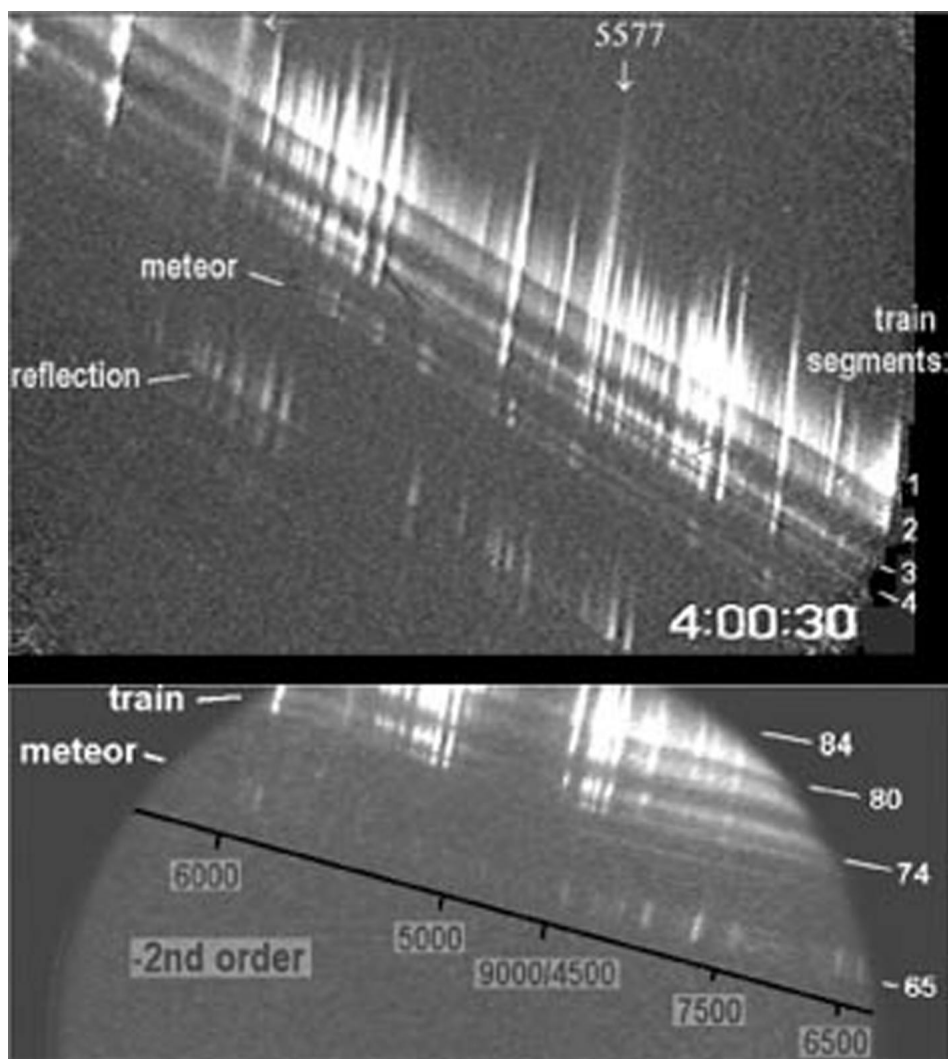


Figure 9 : Two video frames from the 04:00:29 UT "Y2K" fireball. A grating in front of the camera creates a spectrum of the meteor and of its afterglow. Notice the different spectral lines in meteor and afterglow.

The Organic Fingerprint

There are other ways organic matter can survive the violent passage through Earth's atmosphere. As the Leonid MAC aircraft flew over the island of Corsica at 04:00:29 UT, November 18, 1999, a fireball as bright as the full Moon lit up the sky. The 1-kilogram meteoroid responsible for this fireball carried enough kinetic energy so that every single molecular bond could be broken a thousand times.

Meteor spectroscopist Jiri Borovicka of Ondřejov Observatory and I obtained spectra of this afterglow that show a series of parallel images of the meteor. Each image represents the af-

terglow as seen in a specific color of light emitted by a single atomic species. The emissions are interrupted at least four times with a sharp edge, possibly because the 12-centimeter-diameter meteoroid was spinning and thus broke up unevenly. The meteor emissions lack some of the usual atmospheric emission lines and only come from meteoric metal atoms. This data is consistent with the process of secondary ablation, where atoms evaporate from small debris fragments that are left in the wake of a fireball.

Borovicka also discovered a red glow spreading over many wavelengths — the signature of solid matter. The character of that emission implies a

temperature of 1100° C, which would be the first measurement of the melting temperature of cometary matter. It is in fact close to the melting temperature of primitive asteroidal material. To our knowledge, this is the first time anyone has established the formation of meteoric debris as high as 84 kilometers, as determined from the stereoscopic view of both aircraft. Further observations of the afterglow could shed light on how much debris can survive this process in even larger cometary fragments.

Once the afterglow had faded, a persistent emission remained that was visible for at least 11 minutes. Upper atmosphere winds carved the train into the shape of the numeral "2" and immediately it was called the Y2K train. The aircraft operators quickly changed course and put the train in view of the researchers. Ray Russell and George Rossano of Aerospace Corporation pointed their mid-infrared spectrograph at the train to study how the collisions with air molecules may have changed the air composition. They discovered an emission feature at 3.4 microns that has much the same shape as the fingerprint of organic matter found in comet dust.

This finding suggests that organic matter survived more or less intact in the solid debris. Indeed, organic matter in comet dust is intimately mixed with mineral grains. This mechanism offers yet another pathway for organic matter in meteoroids to survive the meteor phase.

A Glowing Effect

Any story on the Leonid storms would not be complete without mentioning some tantalizing atmospheric phenomena observed during the 1999 storm, which had a positively glowing effect on Earth's atmosphere. At the peak of the storm, Mike Taylor and Japanese scientists Hajime Yano and Shinsuke Abe onboard Leonid MAC started recording an unusually large number of elves and sprites, which are lightning-induced flashes of light in the upper atmosphere, just below the meteor layer. At the same time, physicist Joe

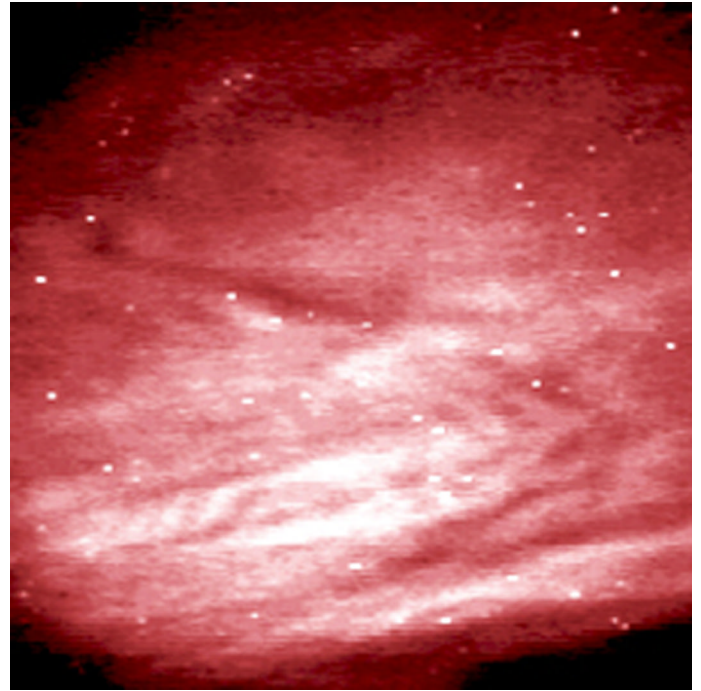


Figure 10 (left) : *Persistent train of the 19h13m53s UT fireball of November 17, 1998. By Kazumi Terakubo (FAS). Exposure of 15 sec. From Narusawa village (Yamanashi pref. Japan) on Fuji Super G Ace800 (ISO 800).*

Figure 11 (right) : *OH airglow at near-infrared wavelengths measured by Joe Kristl and Mike Taylor from FISTA.*

Kristl and colleagues of Stewart Radiance Laboratory near Boston measured that the nighttime hydroxyl airglow became 30% brighter during the storm. With only one case study in hand, we cannot be certain that the meteor storm was responsible for the observed increase in OH, or had anything to do with the observed elves and sprites. These are just a few reasons why we need to continue these studies and validate results from our one prior Leonid storm encounter. With the 2001 and 2002 Leonid storms ahead of us, we have an opportunity to further develop the models of comet dust trails, meteor ablation, persistent trains, and the influence of meteoric matter and meteors on Earth's atmosphere. Further Leonid MAC missions are being organized, with flights to Guam in 2001 and over the continental United States in 2002. Other astronomers will join the effort from observatories and other sites on the ground. My hope is to understand someday the complex chemistry of organic matter in meteors that may have set the stage for the chemistry that led to the first living organism on Earth.

Persistent trains

Leonids are famous for producing persistent trains, a luminescent glow in the path of an unusually bright meteor that persists for a few tens of seconds to several minutes. NASA Ames Astrobiology Academy student Matt Lacey and the author discovered during the 1999 Leonid MAC mission that most of the eerie yellow-orange glow of persistent trains is caused by a broad emission across many wavelengths, which was identified as the emission of iron oxide by John Plane and colleagues of the University of East Anglia in England.

Lacey used a small telescope coupled to a spectrograph via an optical fiber, developed at Ames, and was wearing a video headset display to help point the instrument. The luminescent glow is caused by the same type of chemistry that is responsible for the natural airglow emission of sodium, except that now the iron atoms in the meteor train catalyze the reaction of ambient ozone molecules and oxygen atoms in the train. This makes persistent trains an ideal laboratory to study such chemical reactions.

Scientists have developed the first models of persistent trains, but much remains unknown about Leonid trains: How are they caused? What accounts for their dark centers, their rate of expansion, their turbulent structure? Future work will benefit from good imaging with short (less than 10 second) exposures, best with intensified video cameras zoomed in to a 2° to 5° field of view. This too is a project that is within reach of amateur astronomers.

Leoniden voorspellingen 2001 en 2002

Koen Miskotte ¹

1. De Heuvel 6, 3853 EW Ermelo

Inleiding

Op basis van eigen modellering (welke wel enige overeenkomsten vertoont met de modellen van de heren Asher en McNaught maar er niet gelijk aan is) hebben de Fin Esko Lyytinen en de Amerikaan Tom van Flandern een grafiek gepubliceerd waarop de voorspellingen voor de Leoniden van 2001 gevisualiseerd zijn. Maar uit deze fraaie grafiek zijn meer zaken af te leiden dan alleen de voorspelde maximale activiteit van de Leoniden!

Opbouw van de Leonidenzwerm.

Het gebied waardoor de aarde trekt rond 17, 18 en 19 november 2001 bevat meerdere stofbanen. Deze ontstaan als het moederlichaam, de komeet Tempel-Tuttle, de binnenste delen van het zonnestelsel passeert (men noemt dit het perihelium, de kleinste afstand van de komeet tot de zon). De laatste keer was dit in februari 1998. Uit de bevroren vuile "ijsbal" (wat een komeet in feite is) ontsnappen, door de toenemende warmte van de zon, stof deeltjes en gassen. Omdat de komeet, door planetaire verstoringen maar ook door niet gravitationele effecten zoals bijvoorbeeld de stof en gas uitstoot steeds een iets andere baan heeft ontstaan er steeds nieuwe stofbanen. Dus per 33 jaar (is één omloop van de komeet) komt er één stofbaan bij. Na verloop van tijd worden deze door met name Jupiter en de stralingsdruk van de zon uit elkaar getrokken en ontstaat er in de wat oudere stofbanen een soort verdeling van grotere (heldere meteoren) en kleinere stofdeeltjes (zwakke meteoren). Echter hier speelt ook een verschil in ejectie-snelheid van de stof deeltjes een rol! [ook verschillen in ejectie-snelheid van grote en kleine stofdeeltjes spelen hierbij een rol]

Grafiek Lyytinen/van Flandern.

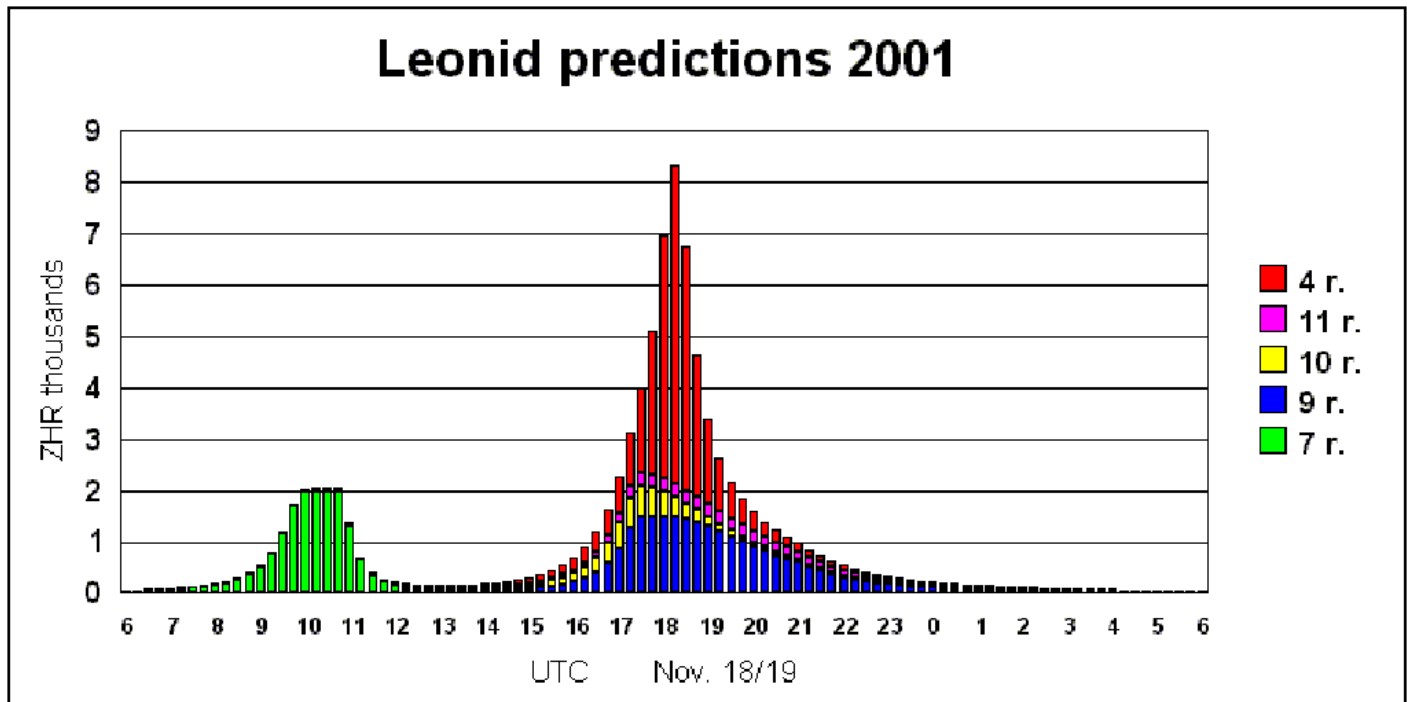
De grafiek op de volgende bladzijde geeft aan op welk tijdstip er een bepaalde activiteit wordt voorspeld. De

tijden (horizontaal) zijn gegeven in Universal Time (UT), dit is onze tijd (Zomertijd) min 2 uur. Verticaal wordt aangegeven de maximale ZHR in eenheden van 1000. Rechts staan vijf gekleurde vakjes, die geven aan welk stofspoor verantwoordelijk is voor een deel van de voorspelde activiteit. Bijvoorbeeld 4 r betekend 4 revolutions. De omlooperperiode van Tempel-Tuttle is 33 jaar, dus 4 r betekend dat de stofbaan is geproduceerd tijdens de perihelium van 4x 33 jaar = 132 jaar geleden in 1866. De komeet ging voor het laatst in perihelium in 1998. De 11 revolution stofspoor is ontstaan tijdens de perihelium passage van 1666. Zie ook tabel 1.

Duidelijk zichtbaar is dat er twee pieken te zien zijn op de 18e november, één met een maximum rond 10h UT en één rond 18 UT. De eerste piek is gunstig voor midden Amerika. Daar is de zichtbaarheidperiode (dit is de periode tussen het moment dat de radiant opkomt en het begin van de ochtend schemering) van 6 tot 11 UT. Deze piek wordt dus geheel veroorzaakt door het 7 revolutions spoor uit 1766.

De piek van 18 UT is eigenlijk een optelsom van vier stofsporen die zeer dicht bij elkaar liggen, of eigenlijk beter gezegd: met elkaar versmolten zijn. De kleuren geven aan welk deel van de totale activiteit bij welk stofspoor hoort. Door de planetaire verstoringen van de oude stof sporen is duidelijk te zien dat deze een asym-

metrische vorm hebben. Dat zijn dus de blauwe, gele en paarse delen van de grafiek. Dit zijn de onderste 3 laagjes in de grafiek. Dit resulteert in snel oplopende activiteit en langzaam afnemende activiteit. Let hierbij ook op de vorm van de eerste piek (7 revolutions), deze is ook afgeplat en asymmetrisch wat erop duidt dat de deeltjes al versmeerd zijn over een groter gebied. Ook is goed te zien dat de bijdragen van de afzonderlijke stofsporen kleiner worden naarmate de leeftijd van het stof spoor hoger is. De activiteit van het 11 revolutions stofspoor is slechts ZHR ~250, het 10 revolutions stofspoor ZHR ~400 en het 9 revolutions stofspoor ZHR 1500. Logischerwijs is het jongste stofspoor (4 revolutions uit 1866) de grootste leverancier van activiteit: ZHR ~6000. Deze piek is ook vrijwel symmetrisch doordat door de relatief jonge leeftijd van dit spoor de planeet Jupiter en de zon nog maar weinig invloed konden uitoefenen. De piek van 18 UT is alleen gunstig voor Oost-Azië. In China loopt het waarneemvenster vanaf 16 UT (opkomst radiant) tot 22h30 UT (opkomende schemering). Nadeel daar is dat de radiant nog maar op 20 graden hoogte staat als het maximum plaatsvindt. Voor een hogere radiant positie (en dus een hogere relatieve activiteit) moet je meer naar het oosten (Japan, Korea of Hawaiï, maar daar zijn de meteorologische omstandigheden veel minder dan in China). Dit alles natuurlijk als dit model uitkomt (en dat is maar de vraag).



Helderheidsverdeling Leoniden.

De piek van 10 UT zal uit relatief veel heldere Leoniden bestaan (oude stofbanen bevatten meestal de zwaardere deeltjes, de lichtere deeltjes zijn door de zon en Jupiter in wijdere banen gedrukt). De piek van 18 UT is moeilijker. Waarschijnlijk zal kort na radiants opkomst, als de ZHR al enkele honderden is, een flink aantal heldere Leoniden zichtbaar zijn. Dit is gunstig want dan verschijnen juist de langste sporen! Immers, de meteoren scheren heel langzaam de atmosfeer in, waardoor het langer duurt eer ze "opgebrand" zijn. Naarmate het maximum nadert zullen naast toenemende aantallen helderen, ook het aandeel zwakke Leoniden explosief toenemen. Vooral de periode 17h30 UT tot 19 UT zullen zwakke Leoniden de boventoon voeren, met regelmatig heldere Leoniden uit de oude stofbanen. Na 19 UT zal het grootste aandeel weer van de oudere stofbanen zijn met relatief veel helderen. Bij bovenstaande beschrijving van de MOGELIJKE activiteit van de Leoniden in 2001 ben ik ervan uitgegaan dat de voorspellingen uitkomen natuurlijk. Er is echter geen garantie.

De zichtbaarheidsperiode van de Leoniden in Nederland loopt van 22 tot

5 UT. Duidelijk is dat er snel afnemende activiteit zal zijn: ZHR 100 a 200 rond radiants opkomst, ZHR 50 rond 5 UT. Let op, dit wordt dus de nacht 18 op 19 november!!!

Uitkomst 2001 model bepalend voor 2002 Leoniden.

Mocht het boven beschreven scenario uitkomen, geeft dit hoop voor 2002. Dan wordt een flinke piek boven Europa verwacht met een ZHR van ~7000. Helaas zal de volle maan flink storen, maar zelfs dan zal het een spectaculaire verschijning worden. Zet de datum 18/19 november 2002 met rood in Uw agenda. Ga er desnoods voor op reis, want waarschijnlijk is dit de laatste kans om een sterrenregen te zien voor de komende decennia. De astronomen Asher/McNaught geven pas voor 2006 weer een verhoogde activiteit van de Leoniden, met een ZHR van (slechts...) 100 alleen zichtbaar vanuit Europa. Maar natuurlijk zullen de Leoniden ook in de tussenliggende jaren uitgebreid waargenomen worden, je weet maar nooit!

DMS expedities in 2001

Waarnemers van de Dutch Meteor Society organiseren drie expedities in 2001. Twee ervan gaan naar de Verenigde Staten van Amerika om de 7 revolutions piek waar te nemen. Eén ervan ergens in de woestijnstaat New Mexico is in samenwerking met de Tsjechische astronoom Pavel Spurný, het andere deel in de omgeving van Willcox in de woestijnstaat Arizona. Amerikaanse meteorwaarnemers van de American Meteor Society.

Het derde deel gaat naar China (waar ondergetekende deel van uitmaakt) en wordt opgezet in samenwerking met de Chinese Academy of Sciences (CAS) en Beijing Astronomical Observatory (BAO). Contacten met China en instanties zijn gelegd en/of verstevigd. De waarnemlocatie van de Nederlandse waarnemers zal de sterrenwacht XingLong worden op 150 km. afstand westelijk van Beijing.

Tot slot

Graag een dankwoordje erbij aan Marco Langbroek, die het artikel zorgvuldig doorgelezen heeft.

Videoresultaten: niet-Leoniden uit de novemberexpedities van 1998 en 1999

Marc de Lignie¹, Koen Miskotte² en Carl Johannink³

1. Steve Bikostraat 298, 3573 BH Utrecht [m.c.delignie@xs4all.nl]

2. De Heuvel 6, 3843 EW Ermelo [k.miskotte@wxs.nl]

3. Schiefestrasse 36, D-48599 Gronau [cjohannink@netside.de]

English summary

Orbital elements and atmospheric trajectories are presented of 169 meteors not belonging to the Leonid meteor shower. These meteors were observed with intensified video cameras during the 1998 and 1999 Leonid expeditions. Combined with a similar data set from 1995, eight minor streams were identified five of which were known from previous publications and three of which were proposed for the first time. Basing ourselves on a simple model by Hughes [4] we argue that we have resolved 15% of a possible 20% of the sporadic background into minor streams. Simultaneously, our analysis is consistent with the number of minor streams predicted by Hughes' model. However, a more rigorous confirmation of the model would require observations covering a much larger interval of solar longitude.

1. Inleiding

De Leoniduitbarstingen van 1998 en 1999 waren aanleiding voor uitgebreide simultane videowaarnemingen tijdens buitenlandse expedities in China respectievelijk Spanje. De resulterende atmosferische trajecten en baanelementen van de Leoniden uit 1998 zijn inmiddels gepubliceerd [1]. Ook de Leoniden van 1999 zullen onderwerp zijn van een afzonderlijk artikel. Het huidige Radiantartikel richt zich op de overige videometeoren die tijdens deze expedities zijn vastgelegd. Het betreft een interessante set meteoren omdat uit de periode rond 18 november inmiddels een groot aantal uren simultane videowaarnemingen beschikbaar is. Dit betekent dat van bekende kleine zwermen een significant aantal leden in de verzameling zit en dat een groot aantal sporadische meteoren beschikbaar is waarin effectief naar nog onbekende zwermen kan worden gezocht. De hoofdmoot van het artikel bestaat uit een presentatie van de ruwe waarnemingsresultaten (hoofdstuk 2) en een bespreking van de aangetroffen zwermen (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 proberen we op basis van de resul-

taten conclusies te trekken over de opbouw van de sporadische achtergrond.

2. Waarnemingen

Tijdens de Leonidenexpeditie van 1998 in China waren er twee video simultaanprojecten. Vanuit de sterrenwacht in Xinglong in het noordoosten van China opereerden Klaas Jobse en Pavel Spurný. Casper ter Kuile en Romke Schievink namen waar vanaf de hoog gelegen radiosterrenwacht te Delingha, in het noorden van China ten zuiden van de Gobi woestijn. De vier gebruikte camera-systemen waren vergelijkbaar van opbouw, typisch bestaand uit een beeldversterker en een camcorder voor "gewone consumenten". Wel zat er behoorlijke variatie in de kwaliteit van de verschillende gebruikte componenten.

Andere verschillen betroffen de gebruikte basislijn en de actieve waarnemingsperiode. Waar de Xinglong waarnemers er ten koste van grote ontberingen in slaagden om de voor de Leoniden ideale noord-zuid basislijn te realiseren, moesten de Delingha waarnemers noodgedwongen geno-

gen nemen met een WNW-OZO basislijn met een lengte van 60 km. Voor de huidige set aan niet-Leoniden heeft dit verschil in basislijn echter weinig invloed. Qua waarnemingsperiodes ontbreekt voor Delingha de nacht van 16/17 november. Xinglong heeft in de nacht van 18/19 november slechts resultaten gedurende één uur. Aan het totaal aantal niet-Leoniden uit 1998 – 116 voor Xinglong en 38 voor Delingha – valt af te lezen dat van de twee projecten Xinglong uiteindelijk de grootste bijdrage heeft geleverd.

Ook tijdens de expeditie in Spanje in 1999 werden er twee video simultaanprojecten opgezet. Eén ervan was echter een Tjechisch project van het Ondrejov Observatorium als onderdeel van de fotografische expeditie van Hans Betlem. De Tjechen zullen hun waarnemingen zelfstandig reduceren en publiceren. Van DMS zijde stonden Casper ter Kuile en Romke Schievink weer paraat, met grofweg dezelfde videosystemen als in 1998. In 1999 is er alleen tijdens de maximumnacht van 17/18 november waargenomen omdat een langdurige autoriteit geen verdere waarnemingen toeliet. De bijdrage tot dit artikel beperkt zich

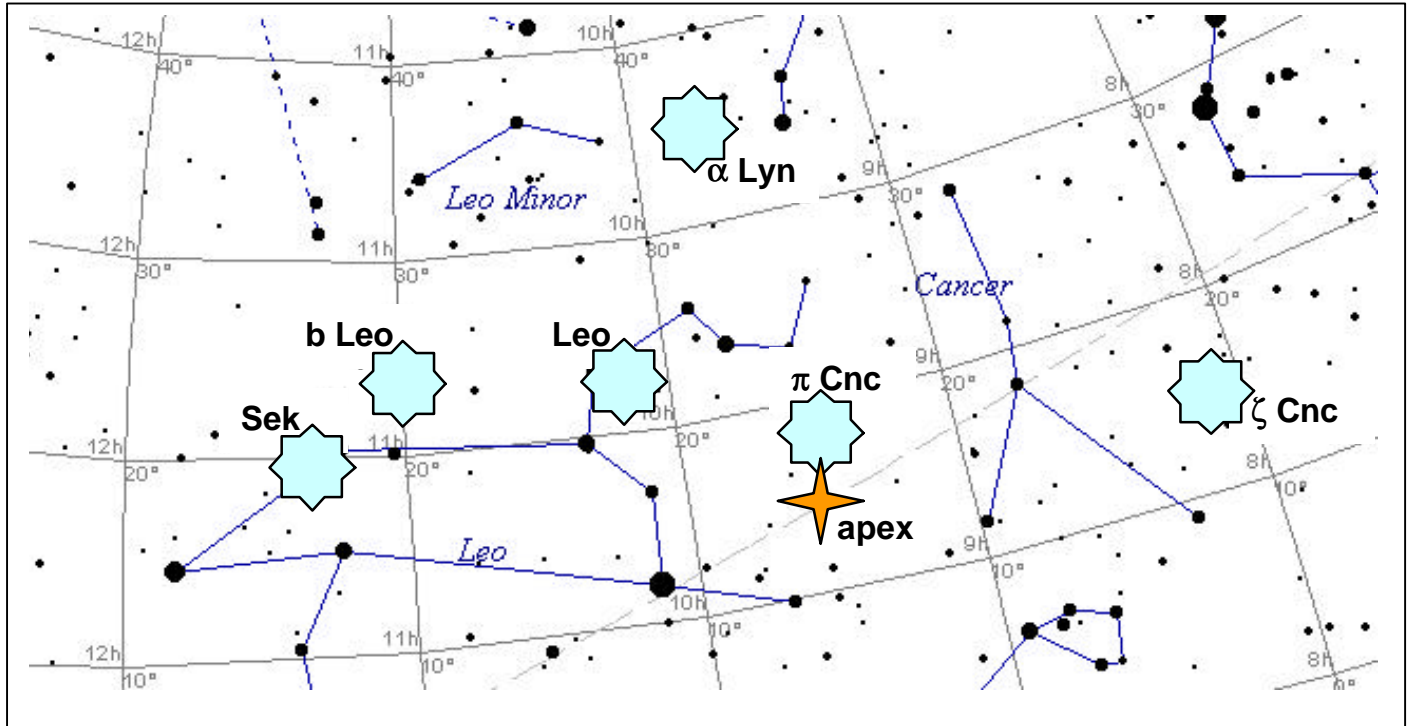


Figure 1. Concentration of several minor streams of very fast meteors near the apex.

daarom tot een vijftiental niet-Leoniden, waarvan 10 sporadischen.

De waarnemingen zijn verwerkt op de vertrouwde manier: videobanden afkijken, simultaanlijst opstellen, videometeoren digitaliseren, uitmeten met Astro Record en vervolgens het rekenwerk op de computer met het Tjechische Firbal pakket. De ruwe resultaten van de waarnemingen zijn te vinden in tabellen 1 t/m 4. Het zijn de vertrouwde opsommingen van baanelementen (tabel 1 en 3) en atmosferische trajecten (tabel 2 en 4).

3. Waargenomen zwermen

Zoals valt te verwachten zijn er naast Leoniden en sporadischen ook meteoren van andere zwermen waargenomen. We onderscheiden hier de “erkende zwermen” (bijvoorbeeld die uit IMO’s Meteor Shower Calendar), nieuwe leden van in het verleden opgemerkte mogelijke zwermen en volledig nieuwe mogelijke zwermen. Bij de classificatie tot één van de drie categorieën zwermen wordt progressief kritisch te werk gegaan. Bij classificatie tot een erkende zwerm wordt niet zo nauw gekeken: de radiant moet

liggen binnen het bekende radiantgebied (voor de meeste zwermen behoorlijk groot) en de snelheid moet correct zijn binnen grofweg 5-10%. Deze wijze van classificeren komt ongeveer overeen met die volgens het D-criterium zoals uitgevoerd voor de DMS videometeoren door John Greaives [2]. Bij classificatie tot een onzekere zwerm gaan we wat nauwer kijken: de radiant moet kloppen binnen 5 graden en de snelheid binnen 5%. Voor de introductie van een nieuwe zwerm worden we echt streng: radiant en snelheid moeten dan onderling overeen komen binnen enkele graden respectievelijk enkele procenten. Laatste methode heeft tot gevolg dat mogelijk veel zwermen en zwermclassificaties over het hoofd worden gezien. De kleinere kans op “vals alarm” betekent echter wel dat er voor de wél gevonden “zwermen” een redelijke kans bestaat om in de toekomst aanvullende leden te vinden.

Erkend: α Monocerotiden

In samenhang met de α Monocerotiden uitbarsting van 1995 werd duidelijk dat deze zwerm tevens een zeer

zwakke jaarlijkse activiteit vertoont. Dit wordt nu herbevestigd door twee exemplaren uit 1998, waargenomen circa vijf dagen voor de knoop van de uitbarstingscomponent. Evenals het ene niet-uitbarstingsexemplaar uit 1995, hebben de α Monocerotiden uit 1998 een wat kleinere q en i en een wat grotere ω dan de uitbarstingscomponent. Dus net als bij de Perseïden en de Leoniden – hoewel het daar kortperiodieke zwermen betreft – zien we dat de uitbarstingscomponent een andere baan heeft dan de jaarlijkse zwerm.

Erkend: Tauriden

Zoals te verwachten zijn de Tauriden na de Leoniden de best herkenbare zwerm met 17 treffers in 1998 en 4 treffers in 1999. Het is het plan om de video Tauriden in een apart artikel te analyseren. Eén van de vragen die zou kunnen opkomen is of de verhouding noordelijke en zuidelijke Tauriden van jaar tot jaar varieert. In 1999 behoorden bijvoorbeeld alle vier de treffers tot de zuidelijk tak: is dit toeval of niet?

Herbevestigd: ξ Orioniden

De opvallendste onbekende zwerm uit het 1995 materiaal waren de ξ Orioniden, eerder opgemerkt door Ohtsuka in de IAU database. Ook 1998 en 1999 leveren elk weer één treffer op, aangevend dat het hier echt een jaarlijkse zwerm betreft. Wel lijkt het er op dat het maximum van de zwerm pas na 18 november valt, omdat in 1995 vier van de zes treffers vielen na 20 november en 1998 en 1999 ondanks de langere waarneemduur minder treffers hebben opgeleverd. Wellicht een uitdaging voor de visuele waarnemers om hier een activiteitscurve voor te produceren. Ondanks de nabijheid van de Tauriden en Geminidenradianten zou dit te doen moeten zijn vanwege de relatief hoge snelheid van de ξ Orioniden (45 km/s).

Herbevestigd: Andromeniden

John Greaves merkte in zijn analyse van DMS baanelementen op dat drie al gepubliceerde videometeoren uit november 1995 behoren tot de Andromeniden zwerm [2], ook wel bekend als de Bieliden. In het 1998 blijkt er nu weer één voor te komen. Samen met nog twee fotografische exemplaren uit de IAU databases levert dat een set van zes banen op, waarvan in Tabel 5 een gemiddelde staat weergegeven. Lijkt me leuke input voor modelrekenaars die eens willen uitzoeken of ons ooit nog een opleving van deze zwerm te wachten staat.

Herbevestigd: δ Arietiden

In de videoresultaten van de Leonidenexpeditie 1995 werd een cluster van vier sterk gelijkende banen gevonden. Het ging om zeer trage meteoren met een radiant in Ariës. John Greaves merkte later op dat deze meteoren mogelijk geassocieerd zijn met de Apollo asteroïde 1990 HA [2]. Het 1998 materiaal bevat wederom een meteor met een sterk gelijkende baan, alhoewel de radiant nu net onder de ecliptica ligt. Daarmee is het een lid van de zuidelijke tak van de

zwerm, overeenkomstig de oorspronkelijke classificatie door Lindblad.

Herbevestigd: b Leoniden

In het 1995 videomateriaal werd tien graden ten oosten van de Leonidenradiant een verdichting gevonden bestaande uit vier meteoren (zie Figuur 1). Tevens was de snelheid van deze meteoren wat lager dan voor de Leoniden. In het huidige sample zitten weer twee Leonidenachtige meteoren die aan deze karakteristieken voldoen.

Herbevestigd: Sekiïden

Ook de Sekiïden hebben we weer te danken aan de systematische geest van John Greaves [2] die in het 1995 materiaal een associatie opmerkte tussen drie meteoren en komeet C/1961 T1 Seki. De correctheid van het idee om op deze manier te zoeken naar nieuwe zwermen wordt “bewezen” door de twee nieuwe treffers uit 1998 (Tabel 5). Zoals tevens aangegeven door Greaves is er een sterke gelijkenis tussen de Sekiïden en de b Leoniden, maar gaat het wel om afzonderlijke groepen van meteoren (zie Figuur 1).

Nieuw: α Lynciden

De α Lynciden zijn een mooi voorbeeld van het feit dat met een toenemend aantal waarneemuren rond een bepaalde datum steeds zwakkere zwermpjes zichtbaar worden. De zwerm was nog niet zichtbaar in het 1995 materiaal, maar door het combineren van 1995 en 1998 wordt een radiant zichtbaar rond RA=146, DE=35, gebaseerd op vijf treffers (Tabel 5). Ook deze meteoren zijn zeer snel ($V_{inf}=69$ km/s). Voor de visuele waarnemers is deze zwerm nauwelijks te onderscheiden van de Leoniden en de eerder genoemde b Leoniden en Sekiïden (Figuur 1).

Nieuw: π Cancrien

Het verhaal voor de π Cancrien is identiek aan dat voor de α Lynciden: drie treffers in 1995, twee in 1998 dus

nu voor het eerst herkend als een mogelijke zwerm. Ter versterking werden in de Japanse video database van Shigeno ook nog eens drie zwermleden gevonden (Tabel 5). Ook hier betreft het weer zeer snelle meteoren ($V_{inf}=71$ km/s) met een radiant in het oosten (RA=143, DE=18, zie Figuur 1).

Nieuw: ζ Cancrien

Wat zuidelijker in de kreeft bevindt zich het laatste te bespreken zwermpje: de ζ Cancrien. Het betreft hier een groep van vier meteoren die allen in 1998 zijn waargenomen. De meteoren zitten in een retrograde, kortperiodelijke baan ($P=5$ jaar), dus niet echt een configuratie waarbij je activiteitsverschillen van jaar tot jaar zou verwachten. Waarschijnlijker is dat het activiteitsmaximum van deze mogelijke zwerm vóór 17 november ligt, omdat in 1995 het merendeel van de waarnemingsuren vanaf 20 november bij elkaar werd gesprokkeld. Ook hier draagt de video database van Shigeno weer bij met twee treffers (Tabel 5). De rest van het verhaal klinkt bekend: zeer snelle meteoren ($V_{inf}=64$ km/s) in het oosten (RA=121, DE=15, zie Figuur 1).

Onbevestigd: geen

Ter completering van het zwermenoverzicht is het nuttig om op te merken dat er geen voorheen opgemerkte zwermpjes rond 18 november zijn, die door het huidige materiaal niet worden herbevestigd. Dit geeft aan dat de gebruikte maatstaven voor het aanmerken van nieuwe zwermpjes op basis van videoresultaten, voldoende streng zijn.

4. Opbouw sporadische achtergrond

De verzameling waargenomen zwermen uit hoofdstuk 3 laat zien dat naarmate je langer waarneemt, je steeds zwakkere zwermen kunt gaan zien. De vraag die hierbij opkomt is welk deel van de sporadische achtergrond nu echt sporadisch is, d.w.z.

bestaat uit meteoren die geen deel uitmaken van nog ongedetecteerde zwermen. In het IMO Visual Handbook staat een review van wat hierover in de literatuur bekend is. De hoofdpunten zijn:

- de radianten van sporadische meteoren zijn niet uniform over de hemel verspreid. De hoogste radiantdichtheid ligt rond het apexten gevolge van de beweging van de aarde en de grotere helderheid van meteoren uit die richting. Het apex ligt is het punt op de ecliptica 90 graden voor de zon (Figuur 1). Andere verdichtingsgebieden liggen rond het zogenaamde helion en antihelion, d.w.z. recht richting zon en 180 graden daar vandaan. De oorzaak van deze verdichtingen ligt in de mogelijke botsingsconfiguraties met de Aarde en met het bestaan van het gigantische Encke complex, waartoe o.a. de Tauriden behoren.
- op basis van de massaverdelingen van kometen en grote meteor-zwermen en op basis van een aantal andere aannamen komt Hughes tot een schatting van het aantal daadwerkelijk sporadische meteoren [4], namelijk 80%. Volgens zijn model behoort van de niet-sporadische meteoren 15%

tot zwermen met een ZHR tussen 2.8 en 8.8, 40% tot zwermen met een ZHR tussen 0.88 en 2.8, 25% tot zwermen met een ZHR tussen 0.28 en 0.88 en 20% tot nog zwakkere zwermpjes.

In de set van DMS videowaarnemingen rond 18 november vinden we 254 sporadische meteoren en 45 leden van kleine zwermpjes (die door visuele waarnemers als sporadisch zouden worden geclassificeerd). Deze waarnemingen laten dus circa 85% "echte" sporadischen zien. Dit komt akelig goed overeen met het model van Hughes, omdat de waargenomen onbekende zwermpjes een maximum ZHR hebben in het bereik van 0.28 tot 2.8 (zie Tabel 6 met *gemiddelde* ZHR's). Aannemend dat er rond 18 november geen onbekende zwermen met een ZHR groter dan 2.8 zijn, zouden we van de 20% niet-sporadische meteoren er $(40\%+25\%)/(1-15\%) \times 20\% = 15\%$ moeten hebben gezien. Dit komt exact overeen met het bovengenoemde getal van 85% sporadischen. Uiteraard zit hier de nodige toeval bij, omdat in het model van Hughes een aantal aanvechtbare aannamen zitten en omdat de periode rond 18 november maar een klein deel van het jaar bestrijkt. Niettemin is het een erg spannend idee dat we door middel van jarenlange videowaarne-

mingen wellicht de sporadische achtergrond tot de grootst mogelijke diepte in zwermen hebben opgelost. Om hierover meer te weten te komen zullen we voor meer seizoenen een dergelijke lange waarneemserie moeten opbouwen.

Referenties

- [1] Marc C. de Lignie, Marco Langbroek and Hans Betlem, "Temporal variations in the orbital element distribution of the 1998 Leonid outburst", *Earth, Moon and Planets* **82-83** (2000) 295-304
- [2] John Greaves, "Comet-meteor associations: D' criterion assessment of the meteor orbits' databases of the DMS", *Radiant* **22** (2000) 27-32
- [3] Yoshihiko Shigeno, Hiroyuki Shioi en Shoichi Tanaka, "Double-Station TV Meteor Observations in 1996", *WGN* **25** (1997) 161-165
- [4] David W. Hughes, "The mass distribution of comets and meteoroid streams and the shower/sporadic ration in the incident visual meteoroid flux", *Mon.NotR.astr.Soc.* **245** (1990) 198-203

Tabel 1. Orbital elements of 130 sporadic meteors.

code	day	str	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	ω	tol	node	π	tol
98202	16.7348	Spo	5	0.784	0.022	1.0	0.953	0.03	0.253	0.009	114.3	0.6	271.5	7.0	234.2	145.6	7.0
98203	16.7352	Spo	3	0.552	0.025	2.3	0.430	0.09	0.762	0.042	124.0	1.1	91.2	5.1	54.2	145.4	5.1
98204	16.7370	Spo	4	0.989	0.000	2.1	0.486	0.11	0.520	0.106	127.2	0.9	177.6	1.2	234.2	51.8	1.2
98205	16.7380	Spo	4	0.797	0.011	2.0	0.494	0.04	0.606	0.040	12.5	0.7	241.0	0.6	234.2	115.1	0.6
98207	16.7448	Spo	5	0.634	0.019	1.0	1.040	0.00	0.341	0.021	6.2	0.3	114.3	0.7	54.2	168.5	0.7
98208	16.7473	Spo	4	0.985	0.001	1.7	0.585	0.05	0.424	0.049	137.6	0.5	170.1	1.6	234.2	44.3	1.6
98209	16.7476	Spo	3	0.909	0.005	26.1	0.038	0.07	0.965	0.060	153.7	0.4	326.7	1.5	54.2	20.9	1.5
98210	16.7545	Spo	5	0.915	0.008	5.6	0.178	0.13	0.837	0.118	135.8	0.8	33.2	3.1	54.2	87.4	3.1
98211	16.7609	Spo	4	0.101	0.008	4.0	0.248	0.06	0.975	0.005	117.5	2.2	325.0	2.0	234.2	199.2	2.0
98213	16.7618	Spo	5	0.576	0.005	2.7	0.372	0.02	0.786	0.012	13.4	0.3	267.1	0.4	234.2	141.3	0.4
98220	16.7741	Spo	4	0.886	0.026	17.8	0.056	0.12	0.950	0.108	60.3	1.7	38.2	5.6	54.2	92.4	5.6
98223	16.7829	Spo	5	0.692	0.014	7.9	0.126	0.07	0.913	0.050	168.6	0.4	248.2	2.9	234.2	122.4	2.9
98225	16.7861	Spo	6	0.586	0.037	2.3	0.432	0.13	0.747	0.060	157.3	1.1	87.3	7.4	54.2	141.5	7.4
98226	16.7863	Spo	4	0.453	0.022	2.1	0.481	0.07	0.782	0.023	146.3	0.7	283.6	4.1	234.2	157.8	4.1
98227	16.7868	Spo	4	0.891	0.005	-30.7	-0.033	0.07	1.029	0.062	162.9	0.4	36.4	1.5	54.2	90.6	1.5
98230	16.7926	Spo	6	0.678	0.023	2.2	0.464	0.08	0.686	0.046	165.4	0.7	283.1	5.2	54.2	337.3	5.2
98231	16.7928	Spo	5	0.563	0.018	1.7	0.591	0.04	0.668	0.017	126.6	1.0	94.4	3.3	54.2	148.6	3.3
98234	16.7955	Spo	1	0.968	0.003	9.6	0.105	0.07	0.899	0.064	157.1	0.9	17.1	1.5	54.2	71.4	1.5
98237	16.8053	Spo	5	0.806	0.019	2.7	0.372	0.11	0.700	0.081	163.8	0.5	56.6	5.3	54.3	110.8	5.3
98239	16.8112	Spo	6	0.840	0.019	8.5	0.118	0.18	0.901	0.145	121.3	1.6	47.1	5.1	54.3	101.3	5.1
98240	16.8119	Spo	4	0.981	0.001	2.8	0.354	0.07	0.653	0.069	126.6	0.6	168.7	1.2	234.3	42.9	1.2
98241	16.8129	Spo	3	0.209	0.010	2.5	0.408	0.06	0.915	0.017	12.9	0.8	130.6	0.6	54.3	184.8	0.6
98242	16.8151	Spo	0	0.806	0.008	33.4	0.030	0.06	0.976	0.050	141.1	0.5	51.3	1.8	54.3	105.5	1.8
98243	16.8175	Spo	5	0.364	0.028	-11.6	-0.086	0.15	1.031	0.058	131.6	1.5	75.8	5.2	234.3	310.1	5.2
98244	16.8216	Spo	4	0.986	0.001	2.3	0.427	0.03	0.579	0.030	71.6	0.6	7.1	0.8	54.3	61.4	0.8
98246	16.8224	Spo	5	0.894	0.013	1.9	0.523	0.09	0.532	0.076	146.7	0.6	223.7	5.1	234.3	97.9	5.1
98248	16.8273	Spo	5	0.758	0.010	6.9	0.144	0.06	0.891	0.045	145.3	0.5	120.3	2.2	234.3	354.6	2.2
98250	16.8299	Spo	4	0.969	0.001	3.0	0.339	0.06	0.672	0.058	64.9	1.2	161.9	1.0	234.3	36.2	1.0
98251	16.8350	Spo	5	0.358	0.036	1.5	0.683	0.10	0.755	0.012	174.1	0.9	298.8	6.5	234.3	173.1	6.5
98253	16.8424	Spo	4	0.988	0.000	6.5	0.154	0.05	0.847	0.048	101.7	0.5	182.7	0.6	234.3	57.0	0.6
98255	16.8447	Spo	4	0.803	0.007	-3.8	-0.262	0.08	1.210	0.063	132.2	0.6	228.9	1.5	234.3	103.2	1.5
98256	16.8475	Spo	4	0.250	0.013	5.9	0.169	0.10	0.958	0.026	19.3	1.2	121.8	0.6	54.3	176.1	0.6
98257	16.8482	Spo	6	0.398	0.027	1.8	0.551	0.09	0.781	0.020	148.3	1.0	111.3	5.0	54.3	165.6	5.0
98258	16.8492	Spo	5	0.459	0.022	2.3	0.431	0.07	0.802	0.025	158.8	0.6	78.2	4.1	234.3	312.5	4.1
98261	16.8512	Spo	5	0.614	0.023	-9.4	-0.107	0.09	1.065	0.059	165.0	3.5	74.7	3.6	54.3	129.0	3.6
98262	16.8521	Spo	4	0.989	0.000	3.6	0.277	0.09	0.726	0.092	124.6	0.7	182.5	0.8	234.3	56.8	0.8
98266	16.8678	Spo	4	0.259	0.005	1.9	0.536	0.02	0.862	0.007	14.4	0.3	306.5	0.6	234.3	180.9	0.6
98267	16.8685	Spo	5	0.988	0.000	3.6	0.275	0.08	0.729	0.082	58.1	1.6	183.6	0.8	234.3	57.9	0.8
98271	16.8742	Spo	5	0.167	0.036	0.7	1.496	0.09	0.750	0.039	100.0	7.6	20.1	4.5	234.3	254.4	4.5
98275	16.8793	Spo	3	0.808	0.008	-10.2	-0.098	0.08	1.079	0.068	139.5	1.1	229.7	1.9	234.3	104.0	1.9
98277	16.8821	Spo	3	0.900	0.009	8.2	0.122	0.06	0.890	0.055	122.4	1.3	35.9	2.4	54.3	90.3	2.4
98279	16.8827	Spo	4	0.735	0.027	4.1	0.241	0.14	0.823	0.099	173.5	0.4	115.5	6.2	234.3	349.8	6.2
98280	16.8828	Spo	5	0.533	0.011	4.4	0.227	0.05	0.879	0.026	101.6	0.8	269.2	2.1	234.3	143.5	2.1
98281	16.8828	Spo	3	0.911	0.007	5.9	0.169	0.10	0.846	0.088	163.2	0.5	145.9	2.5	234.3	20.2	2.5
98283	16.8837	Spo	4	0.815	0.060	0.9	1.109	0.04	0.097	0.036	146.8	0.6	4.1	3.9	234.3	238.4	3.9
98287	16.8863	Spo	5	0.968	0.007	1.2	0.819	0.05	0.207	0.046	159.4	0.4	208.7	6.8	234.3	83.0	6.8
98288	16.8887	Spo	3	0.484	0.006	1.9	0.534	0.02	0.742	0.010	11.8	0.2	281.5	0.6	234.3	155.8	0.6
98292	16.9042	Spo	5	0.536	0.015	4.2	0.237	0.06	0.873	0.028	160.6	0.5	91.0	2.7	234.3	325.3	2.7
98293	16.9070	Spo	3	0.963	0.005	1.3	0.774	0.04	0.255	0.035	120.2	0.6	150.6	3.9	234.4	25.0	3.9
98294	16.9088	Spo	4	0.760	0.021	2.0	0.495	0.09	0.624	0.055	175.3	0.4	113.4	5.4	234.4	347.8	5.4
98300	17.6754	Spo	4	0.586	0.018	74.7	0.013	0.09	0.992	0.053	162.6	0.6	259.5	3.3	235.1	134.6	3.3
98301	17.6776	Spo	5	0.286	0.017	8.9	0.113	0.08	0.968	0.021	170.9	0.6	296.4	3.2	235.1	171.6	3.2
98306	17.6982	Spo	4	0.732	0.005	7.7	0.130	0.04	0.905	0.027	77.3	0.6	243.1	1.0	235.1	118.2	1.0
98307	17.6987	Spo	5	0.841	0.022	1.0	1.027	0.02	0.136	0.007	80.6	0.7	75.7	8.7	235.2	310.9	8.7
98310	17.7077	Spo	4	0.299	0.005	1.5	0.652	0.02	0.805	0.009	7.8	0.3	124.4	0.4	55.2	179.5	0.4
98311	17.7082	Spo	6	0.565	0.018	1.9	0.515	0.06	0.709	0.044	5.0	0.3	91.9	0.5	55.2	147.1	0.5
98312	17.7105	Spo	5	0.367	0.014	17.9	0.056	0.07	0.980	0.024	160.8	0.7	285.7	2.6	235.2	160.9	2.6
98314	17.7133	Spo	5	0.948	0.005	-21.3	-0.047	0.14	1.045	0.137	135.1	1.0	203.3	2.0	235.2	78.4	2.0
98320	17.7280	Spo	6	0.792	0.005	2.2	0.449	0.02	0.644	0.016	2.1	0.1	60.6	0.6	55.2	115.8	0.6
98402	17.7298	Spo	3	0.158	0.006	0.9	1.088	0.02	0.829	0.009	23.1	1.0	328.8	0.4	235.2	204.0	0.4
98322	17.7325	Spo	5	0.711	0.007	2.4	0.418	0.02	0.703	0.020	4.8	0.1	71.4	0.4	55.2	126.5	0.4

Tabel 2. Trajectory data of 130 sporadic meteors.

code	VG	VH	VINF	<V>	tol	HB	HM	HE	RA	tol	DE	tol	RAG	DEG	cos Z	Qmax
98202	50.9	30.8	52.3	52.1	0.5	112.0	104.1	100.2	149.42	0.36	46.82	0.17	150.10	46.89	0.633	47
98203	57.5	37.6	58.8	58.6	1.2	107.6	0.0	99.5	115.44	0.18	-3.93	0.24	115.47	-4.40	0.563	49
98204	60.1	36.9	61.4	61.2	1.4	99.5	94.8	91.1	159.29	0.34	40.32	0.16	159.85	40.28	0.511	54
98205	15.8	36.8	19.1	18.7	0.8	97.3	87.1	84.8	33.31	0.25	42.74	0.24	27.59	41.37	0.831	85
98207	10.4	29.5	15.2	14.7	0.5	89.5	0.0	80.7	72.59	0.19	11.01	0.25	69.62	5.36	0.865	54
98208	61.4	35.7	62.7	62.5	0.6	116.7	111.4	106.3	157.47	0.29	34.25	0.18	157.91	34.18	0.520	42
98209	69.7	42.0	70.9	70.7	0.7	122.3	114.9	107.5	150.81	0.21	-3.60	0.22	151.11	-4.00	0.237	41
98210	65.0	40.5	66.2	66.0	1.5	112.6	106.0	101.3	129.64	0.21	-6.82	0.22	129.72	-7.24	0.463	44
98211	53.2	39.7	54.4	54.2	0.8	102.6	0.0	85.7	100.86	0.15	36.09	0.48	100.54	36.09	0.980	20
98213	23.8	38.3	26.0	25.7	0.3	100.6	0.0	88.1	50.40	0.26	36.56	0.21	47.85	35.77	0.874	79
98220	38.2	41.8	39.8	39.5	1.5	106.4	103.3	102.1	92.60	0.14	-38.80	2.52	91.92	-40.71	0.191	3
98223	68.0	41.0	69.1	68.9	0.8	118.6	0.0	105.0	129.64	0.27	24.55	0.17	129.56	24.49	0.840	66
98225	63.2	37.6	64.4	64.2	1.6	116.5	0.0	107.3	123.81	0.24	9.09	0.45	123.69	8.86	0.771	42
98226	60.1	37.0	61.3	61.1	0.9	111.6	104.1	97.6	124.83	0.26	34.48	0.21	124.69	34.50	0.918	88
98227	71.1	42.7	72.2	72.0	0.7	120.1	111.9	99.7	133.18	0.17	7.76	0.25	133.13	7.56	0.696	58
98230	64.7	37.2	65.9	65.8	1.0	118.3	112.2	109.5	159.90	0.16	0.96	0.34	160.15	0.58	0.379	44
98231	56.7	35.6	57.9	57.6	0.6	103.5	101.1	97.8	118.48	0.25	-3.57	0.53	118.30	-4.02	0.679	37
98234	69.8	41.2	70.9	70.7	0.7	125.8	110.0	106.5	137.97	0.31	2.64	0.55	137.95	2.38	0.628	41
98237	66.3	38.3	67.4	67.3	1.3	116.2	107.7	103.9	131.68	0.21	9.34	0.21	131.57	9.13	0.769	60
98239	61.5	41.1	62.6	62.4	2.1	109.3	106.3	102.4	122.03	0.24	-12.04	0.73	121.83	-12.51	0.581	22
98240	61.4	38.5	62.6	62.4	0.9	113.0	105.4	100.3	162.91	0.26	39.96	0.23	163.12	40.02	0.729	59
98241	34.6	37.8	36.1	35.8	1.1	95.5	87.3	80.2	74.58	0.21	16.23	0.30	73.41	15.47	0.807	63
98242	66.7	42.0	67.7	67.5	0.7	129.7	104.6	91.5	125.15	0.21	-1.70	0.22	124.97	-2.01	0.707	45
98243	62.0	43.3	63.3	63.1	1.7	113.8	112.0	108.2	187.66	0.22	16.67	0.27	188.14	16.37	0.308	42
98244	40.1	37.6	41.7	41.4	0.4	99.6	94.9	93.8	119.69	0.09	-42.45	0.44	119.37	-44.36	0.120	11
98246	63.3	36.5	64.4	64.3	1.2	116.6	107.2	100.7	144.43	0.23	33.01	0.23	144.35	33.02	0.875	75
98248	66.1	40.8	67.4	67.2	0.7	117.2	107.0	100.7	170.94	0.26	23.65	0.18	171.13	23.55	0.609	52
98250	37.7	38.7	39.5	39.2	1.0	104.1	99.3	93.6	213.01	0.51	62.37	0.19	215.77	62.14	0.503	29
98251	59.2	34.5	60.3	60.1	1.4	102.6	93.4	89.8	122.87	0.10	22.64	0.37	122.57	22.51	0.946	30
98253	55.3	40.7	56.6	56.4	0.6	113.6	104.5	98.4	170.33	0.37	55.31	0.22	170.63	55.56	0.788	75
98255	67.4	45.0	68.4	68.2	0.8	117.7	106.5	96.4	136.13	0.18	44.11	0.27	135.85	44.19	0.968	59
98256	36.4	40.6	37.8	37.5	1.5	103.0	92.8	89.8	72.17	0.20	12.06	0.28	70.90	11.18	0.650	51
98257	59.1	36.1	60.1	59.9	1.1	105.0	0.0	92.0	118.00	0.18	8.03	0.34	117.64	7.75	0.848	40
98258	62.3	37.6	63.5	63.4	0.9	115.4	106.8	103.9	173.77	0.21	12.85	0.22	173.94	12.61	0.575	56
98261	68.9	43.5	69.8	69.7	1.0	129.5	108.0	100.5	122.09	0.34	12.95	1.81	121.79	12.77	0.889	4
98262	61.7	39.3	62.8	62.6	1.1	100.1	94.9	90.1	159.98	0.29	42.83	0.22	159.96	42.94	0.867	71
98266	31.4	36.3	33.1	32.7	0.4	95.1	91.5	80.4	71.96	0.32	32.67	0.13	70.09	31.80	0.729	72
98267	34.7	39.4	36.5	36.2	1.3	106.5	96.7	87.9	222.73	2.63	72.18	0.30	227.34	72.18	0.585	15
98271	39.4	21.6	41.2	40.9	2.7	103.6	100.9	96.0	178.87	0.38	26.86	0.17	179.34	26.59	0.723	73
98275	67.6	43.4	68.5	68.3	0.9	116.6	102.6	98.0	136.94	0.15	39.65	0.63	136.59	39.67	0.996	25
98277	62.1	41.1	63.0	62.8	0.6	110.0	101.6	93.1	125.69	0.19	-13.37	0.93	125.31	-13.81	0.592	6
98279	67.7	39.8	68.8	68.7	1.6	103.7	98.1	92.6	163.90	0.22	10.69	0.21	163.83	10.50	0.751	52
98280	53.3	39.9	54.4	54.2	0.7	109.1	102.1	93.8	118.94	0.56	55.14	0.17	118.10	55.23	0.955	79
98281	69.4	40.5	70.4	70.3	1.1	102.6	97.0	90.5	159.40	0.17	18.90	0.25	159.27	18.80	0.846	79
98283	56.2	28.5	57.4	57.2	0.6	101.5	93.6	89.6	153.49	0.21	28.38	0.24	153.29	28.31	0.930	90
98287	61.7	32.7	62.8	62.6	0.7	101.4	100.0	92.1	148.48	0.37	24.35	0.17	148.24	24.26	0.935	84
98288	24.1	36.3	26.2	25.9	0.3	92.7	87.7	81.8	59.93	0.33	35.75	0.13	56.49	33.84	0.554	60
98292	65.0	39.8	66.1	66.0	0.7	117.6	108.3	101.5	173.08	0.20	12.86	0.23	173.01	12.68	0.761	64
98293	55.0	33.3	56.2	56.0	0.6	112.8	106.9	99.4	165.14	0.26	40.69	0.23	164.94	40.78	0.944	88
98294	65.5	36.8	66.5	66.3	1.0	107.2	101.1	93.6	160.99	0.19	10.88	0.23	160.81	10.68	0.825	59
98300	67.4	42.2	68.6	68.4	1.0	113.9	107.8	105.0	125.74	0.26	27.97	0.29	126.01	27.88	0.547	46
98301	62.6	41.2	63.9	63.7	0.9	112.3	107.1	102.1	114.33	0.24	24.95	0.21	114.50	24.86	0.657	58
98306	45.8	41.0	47.3	47.0	0.5	111.2	104.0	95.4	117.18	0.82	70.79	0.13	118.05	71.34	0.764	30
98307	38.8	29.7	40.5	40.2	0.4	108.2	103.9	101.9	181.55	0.37	53.76	0.30	183.89	53.01	0.320	25
98310	28.0	34.9	30.1	29.8	0.4	99.3	91.8	89.3	72.33	0.21	16.99	0.22	71.69	16.15	0.919	83
98311	21.3	36.6	24.0	23.6	1.2	95.0	91.3	85.5	57.79	0.22	14.30	0.21	56.29	12.66	0.886	68
98312	64.0	41.8	65.1	65.0	0.7	113.6	108.7	103.3	117.58	0.21	28.78	0.25	117.64	28.74	0.763	77
98314	67.3	42.9	68.5	68.3	1.5	112.4	109.3	101.1	149.20	0.41	40.27	0.49	149.61	40.27	0.532	41
98320	14.9	37.4	18.4	18.0	0.3	88.3	86.5	83.5	42.12	0.38	13.35	0.28	37.97	9.75	0.766	66
98402	28.7	28.8	30.9	30.6	0.6	99.6	88.9	80.4	87.61	0.30	36.14	0.18	87.86	36.20	0.914	69
98322	18.1	37.7	21.1	20.7	0.4	94.9	88.1	83.3	48.85	0.20	10.78	0.23	45.98	8.08	0.779	72

Tabel 1. (continued)

code	day	str	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	ω	tol	node	π	tol
98404	17.7387	Spo	5	0.878	0.019	1.1	0.934	0.02	0.179	0.032	9.2	1.3	254.6	2.5	235.2	129.8	2.5
98324	17.7426	Spo	3	0.596	0.014	9.1	0.110	0.07	0.935	0.039	125.2	0.8	79.8	2.7	55.2	135.0	2.7
98325	17.7430	Spo	4	0.587	0.016	11.7	0.086	0.06	0.950	0.036	129.7	0.9	99.5	2.6	235.2	334.7	2.6
98326	17.7439	Spo	4	0.960	0.002	10.7	0.093	0.06	0.910	0.059	137.1	0.5	339.8	1.0	55.2	35.0	1.0
98405	17.7458	Spo	4	0.647	0.019	-12.6	-0.079	0.12	1.051	0.077	162.5	0.4	71.1	3.7	55.2	126.3	3.7
98328	17.7463	Spo	3	0.064	0.009	3.2	0.315	0.11	0.980	0.010	15.3	2.3	332.9	1.2	235.2	208.1	1.2
98406	17.7494	Spo	3	0.987	0.001	2.2	0.454	0.05	0.552	0.051	132.7	0.6	174.4	2.3	235.2	49.6	2.3
98409	17.7594	Spo	4	0.857	0.015	7.8	0.128	0.08	0.890	0.069	19.9	0.9	224.1	2.8	235.2	99.3	2.8
98331	17.7817	Spo	4	0.986	0.001	-104.4	-0.010	0.07	1.009	0.067	149.7	0.4	173.6	0.8	235.2	48.9	0.8
98332	17.7865	Spo	3	0.921	0.005	2.8	0.351	0.06	0.677	0.051	143.2	0.5	213.8	2.0	235.2	89.1	2.0
98411	17.7905	Spo	3	0.627	0.016	2.9	0.349	0.06	0.781	0.031	159.1	0.4	80.5	3.0	55.2	135.7	3.0
98335	17.7929	Spo	5	0.757	0.005	2.5	0.407	0.02	0.692	0.014	1.6	0.2	64.7	0.6	55.2	120.0	0.6
98338	17.8000	Spo	0	0.559	0.014	15.6	0.064	0.06	0.964	0.034	175.6	0.5	83.5	2.5	55.3	138.7	2.5
98339	17.8001	Spo	5	0.795	0.011	2.1	0.466	0.05	0.630	0.037	142.7	0.5	60.5	3.1	55.3	115.7	3.1
98342	17.8062	Spo	5	0.956	0.006	2.1	0.485	0.12	0.536	0.110	172.8	0.7	25.3	4.0	55.3	80.5	4.0
98343	17.8064	Spo	4	0.335	0.043	2.6	0.390	0.16	0.869	0.038	155.7	1.2	114.9	8.0	55.3	170.1	8.0
98346	17.8168	Spo	5	0.677	0.015	30.9	0.032	0.09	0.978	0.058	171.9	0.7	248.8	3.0	235.3	124.1	3.0
98350	17.8217	Spo	4	0.768	0.022	1.3	0.745	0.06	0.427	0.030	135.9	0.9	284.8	6.5	55.3	340.1	6.5
98351	17.8255	Spo	2	0.943	0.003	2.3	0.429	0.04	0.596	0.038	102.8	0.6	28.7	1.5	55.3	84.0	1.5
98422	17.8262	Spo	5	0.989	0.000	6.7	0.148	0.15	0.854	0.148	126.4	1.7	0.9	2.7	55.3	56.1	2.7
98352	17.8275	Spo	5	0.576	0.064	1.8	0.555	0.19	0.680	0.074	170.0	0.6	91.7	12.9	55.3	147.0	12.9
98353	17.8277	Spo	4	0.732	0.014	0.9	1.068	0.01	0.218	0.006	58.2	0.7	63.4	3.7	235.3	298.7	3.7
98354	17.8281	Spo	3	0.834	0.008	1.3	0.750	0.02	0.374	0.021	19.7	1.0	244.8	0.7	235.3	120.0	0.7
98355	17.8302	Spo	2	0.723	0.010	-46.0	-0.022	0.06	1.016	0.046	140.6	0.5	117.9	2.0	235.3	353.2	2.0
98425	17.8311	Spo	5	0.955	0.007	4.3	0.233	0.15	0.777	0.139	124.8	1.2	157.4	3.1	235.3	32.7	3.1
98358	17.8446	Spo	6	0.614	0.010	1.7	0.582	0.02	0.643	0.018	1.7	0.3	88.2	0.8	55.3	143.5	0.8
98434	17.8477	Spo	4	0.473	0.012	7.0	0.143	0.05	0.932	0.022	120.5	0.7	94.6	2.1	55.3	149.9	2.1
98363	17.8480	Spo	5	0.805	0.039	1.5	0.674	0.13	0.458	0.081	156.3	0.8	65.9	12.3	55.3	121.2	12.3
98364	17.8488	Spo	5	0.586	0.027	1.9	0.537	0.08	0.685	0.034	155.1	0.6	270.1	5.4	235.3	145.4	5.4
98365	17.8491	Spo	6	0.151	0.007	1.1	0.919	0.03	0.861	0.010	24.2	1.2	326.2	0.4	235.3	201.5	0.4
98366	17.8506	Spo	2	0.967	0.002	13.9	0.072	0.08	0.931	0.075	155.5	0.4	197.2	1.1	235.3	72.5	1.1
98375	17.8599	Spo	2	0.887	0.006	12.3	0.081	0.07	0.928	0.061	178.8	0.4	141.8	1.8	235.3	17.1	1.8
98438	17.8602	Spo	4	0.739	0.007	12.8	0.078	0.09	0.942	0.065	62.0	1.4	61.3	1.9	55.3	116.6	1.9
98378	17.8634	Spo	3	0.856	0.008	4.8	0.210	0.06	0.820	0.053	165.2	0.4	134.5	2.2	235.3	9.8	2.2
98379	17.8643	Spo	4	0.911	0.009	2.4	0.424	0.09	0.614	0.075	154.1	0.5	217.6	3.6	235.3	92.9	3.6
98382	17.8659	Spo	4	0.559	0.092	1.1	0.949	0.16	0.470	0.006	165.9	0.8	291.2	17.8	235.3	166.5	17.8
98383	17.8662	Spo	5	0.878	0.009	5.5	0.182	0.12	0.840	0.102	40.5	2.3	221.0	2.0	235.3	96.3	2.0
98441	17.8662	Spo	4	0.691	0.047	1.8	0.542	0.16	0.626	0.083	161.4	0.7	257.5	10.9	235.3	132.8	10.9
98384	17.8664	Spo	2	0.945	0.004	-7.0	-0.143	0.09	1.136	0.086	117.5	0.8	156.5	1.4	235.3	31.8	1.4
98388	17.8730	Spo	6	0.656	0.035	3.3	0.305	0.17	0.800	0.103	112.1	2.1	255.9	7.8	235.3	131.2	7.8
98389	17.8779	Spo	5	0.985	0.003	12.6	0.079	0.09	0.922	0.085	38.8	1.3	187.3	3.2	235.3	62.7	3.2
98391	17.8821	Spo	5	0.258	0.015	1.8	0.564	0.06	0.855	0.023	3.2	0.4	307.2	0.7	235.3	182.5	0.7
98392	17.8847	Spo	2	0.543	0.034	1.9	0.523	0.10	0.716	0.039	172.6	0.5	274.6	6.7	235.3	149.9	6.7
98447	17.8901	Spo	2	0.584	0.019	1.2	0.820	0.04	0.522	0.009	131.8	0.6	101.3	3.9	55.3	156.6	3.9
98449	17.9010	Spo	4	0.206	0.023	2.0	0.506	0.10	0.896	0.014	156.7	1.4	132.5	4.1	55.4	187.9	4.1
98450	17.9017	Spo	3	0.796	0.015	-215.0	-0.005	0.12	1.004	0.098	151.2	0.5	232.4	3.4	235.4	107.7	3.4
98451	17.9021	Spo	6	0.408	0.152	0.8	1.320	0.19	0.461	0.124	156.1	2.2	329.3	16.3	235.4	204.7	16.3
98393	17.9031	Spo	5	0.530	0.027	15.1	0.066	0.13	0.965	0.065	166.9	0.6	266.9	5.0	235.4	142.2	5.0
98399	17.9033	Spo	5	0.210	0.010	17.6	0.057	0.05	0.988	0.011	148.4	0.8	54.2	2.0	235.4	289.6	2.0
98452	17.9181	Spo	1	0.303	0.043	3.7	0.271	0.18	0.918	0.044	151.6	2.3	243.3	8.0	55.4	298.6	8.0
98455	17.9495	Spo	4	0.903	0.008	6.3	0.158	0.06	0.857	0.057	139.5	0.7	35.7	2.0	55.4	91.1	2.0
98459	17.9563	Spo	4	0.364	0.026	-49.4	-0.020	0.13	1.007	0.047	146.0	1.3	75.0	4.7	235.4	310.4	4.7
98460	18.7190	Spo	3	0.032	0.008	2.0	0.508	0.12	0.984	0.008	21.7	4.0	342.2	1.6	236.2	218.4	1.6
98461	18.7417	Spo	4	0.753	0.022	3.0	0.328	0.06	0.753	0.044	165.6	0.4	243.6	3.6	236.2	119.8	3.6
98462	18.7475	Spo	3	0.329	0.015	2.5	0.403	0.06	0.867	0.015	143.4	0.8	115.8	2.6	56.2	172.0	2.6
98463	18.7549	Spo	4	0.378	0.029	3.6	0.274	0.11	0.896	0.035	177.6	0.3	107.8	5.2	56.2	164.1	5.2
98464	18.7944	Spo	5	0.725	0.050	2.4	0.421	0.21	0.695	0.130	173.3	0.5	249.5	11.7	236.3	125.8	11.7
98470	18.8292	Spo	3	0.845	0.012	-4.4	-0.228	0.17	1.193	0.147	133.0	0.9	222.9	3.1	236.3	99.2	3.1
98471	18.8310	Spo	4	0.948	0.015	1.7	0.598	0.05	0.434	0.052	155.2	1.0	149.7	5.7	236.3	26.0	5.7
99505	18.0026	Spo	5	0.685	0.005	4.2	0.240	0.05	0.836	0.034	64.8	0.9	251.0	1.5	235.2	126.2	1.5
99510	18.0315	Spo	5	0.276	0.020	3.3	0.303	0.08	0.916	0.018	173.5	0.5	300.4	3.7	235.2	175.7	3.7
99526	18.0609	Spo	6	0.637	0.022	12.4	0.081	0.11	0.949	0.069	175.6	0.7	254.4	4.2	235.3	129.7	4.2
99588	18.0935	Spo	5	0.527	0.005	5.7	0.175	0.02	0.908	0.013	23.7	0.4	88.9	0.6	55.3	144.2	0.6
99595	18.0958	Spo	6	0.958	0.012	1.1	0.910	0.04	0.129	0.034	160.3	0.6	136.5	13.2	235.3	11.8	13.2
99630	18.1162	Spo	3	0.810	0.016	2.9	0.347	0.09	0.719	0.069	147.0	0.6	235.4	4.2	235.3	110.7	4.2
99649	18.1415	Spo	5	0.920	0.006	-17.7	-0.057	0.12	1.052	0.109	116.7	1.9	329.8	1.9	55.3	25.1	1.9
99656	18.1641	Spo	4	0.907	0.040	1.3	0.781	0.17	0.291	0.121	137.7	2.1	50.5	21.7	55.4	105.9	21.7
99667	18.2095	Spo	2	0.988	0.000	2.8	0.363	0.05	0.641	0.052	90.3	0.7	182.4	0.7	235.4	57.8	0.7
99671	18.2167	Spo	5	0.971	0.002	8.2	0.121	0.06	0.882	0.059	135.1	0.8	15.8	1.2	55.4	71.2	1.2

Tabel 2. (continued)

code	VG	VH	VINF	<V>	tol	HB	HM	HE	RA	tol	DE	tol	RAG	DEG	cos Z	Qmax
98404	6.8	31.1	13.0	12.5	0.6	80.2	78.3	75.5	43.09	1.34	57.31	1.51	28.63	62.02	0.917	34
98324	60.9	41.2	62.1	61.9	0.8	113.1	106.9	102.3	115.06	0.16	-4.25	0.38	115.03	-4.67	0.587	33
98325	62.3	41.5	63.6	63.4	0.7	119.9	118.4	117.1	182.56	0.38	24.66	0.48	183.28	24.28	0.134	34
98326	66.5	41.4	67.8	67.6	0.7	114.5	112.9	107.2	145.01	0.18	-11.83	0.24	145.32	-12.34	0.209	41
98405	68.9	43.2	70.1	70.0	1.2	107.3	97.3	91.0	123.42	0.29	11.12	0.10	123.60	10.93	0.510	26
98328	42.1	38.9	43.6	43.3	1.6	95.9	90.3	83.9	83.07	0.22	27.31	0.37	82.53	27.10	0.975	43
98406	61.8	37.3	63.1	62.9	0.6	108.8	104.9	98.6	159.34	0.66	37.12	0.18	160.07	36.98	0.314	22
98409	20.1	41.0	22.8	22.4	1.0	111.1	103.2	85.8	15.49	3.17	50.12	0.14	10.30	49.32	0.766	7
98331	70.1	42.5	71.3	71.1	0.7	117.6	104.9	103.2	156.47	0.24	28.89	0.21	156.64	28.85	0.637	54
98332	64.7	38.5	65.9	65.7	0.7	101.1	92.3	87.1	146.76	0.26	34.87	0.21	146.84	34.90	0.775	65
98411	64.6	38.5	65.8	65.6	0.7	118.4	107.9	99.7	125.43	0.34	9.27	0.11	125.49	9.05	0.646	25
98335	16.6	37.9	19.7	19.3	0.3	95.2	92.9	90.1	45.02	0.29	15.65	0.33	40.11	12.07	0.601	62
98338	67.2	41.7	68.3	68.1	0.7	118.6	105.5	97.1	123.63	0.21	17.92	0.22	123.45	17.79	0.877	86
98339	62.6	37.2	63.8	63.6	0.6	114.5	104.8	99.4	128.87	0.15	-1.02	0.26	128.76	-1.36	0.672	39
98342	66.7	36.9	67.8	67.7	1.4	105.5	102.1	90.3	141.88	0.17	11.06	0.41	141.85	10.86	0.719	54
98343	60.4	38.1	61.5	61.3	2.1	100.8	98.0	92.9	116.28	0.27	12.01	0.25	116.02	11.79	0.867	74
98346	68.8	42.0	69.8	69.7	0.9	114.3	106.6	105.3	129.24	0.23	22.93	0.35	129.05	22.85	0.909	79
98350	58.4	33.7	59.7	59.5	0.8	113.4	108.1	105.9	151.51	0.15	-11.42	0.39	151.60	-11.99	0.436	36
98351	53.0	37.6	54.3	54.0	0.6	115.0	111.3	100.5	125.44	0.11	-23.98	0.32	125.21	-24.78	0.416	17
98422	63.5	40.8	64.7	64.5	1.7	114.2	112.0	107.2	137.09	0.78	-15.80	0.99	137.21	-16.32	0.384	15
98352	62.9	36.1	64.0	63.8	2.4	113.9	109.8	100.5	127.87	0.19	14.32	0.24	127.65	14.13	0.873	56
98353	29.3	29.1	31.5	31.2	0.4	104.3	100.1	94.9	199.14	0.59	53.72	0.30	202.29	53.37	0.540	34
98354	14.2	33.6	17.9	17.5	0.6	94.1	85.3	82.6	39.55	0.61	67.84	0.22	23.96	65.62	0.680	44
98355	66.6	42.6	67.8	67.6	0.7	119.0	105.9	99.9	175.75	0.19	24.04	0.25	175.96	23.93	0.582	48
98425	62.1	39.8	63.3	63.1	1.7	113.5	109.2	105.0	168.53	0.84	39.05	0.17	168.98	39.06	0.549	36
98358	18.7	35.8	21.5	21.1	0.5	90.3	85.5	83.3	57.66	0.31	19.40	0.42	53.28	16.41	0.569	65
98434	58.6	40.8	59.7	59.5	0.6	108.9	100.3	94.9	110.82	0.15	-2.85	0.32	110.54	-3.21	0.756	61
98363	62.4	34.6	63.5	63.3	1.7	113.9	108.4	104.1	133.97	0.28	5.06	0.30	133.74	4.78	0.796	47
98364	62.0	36.3	63.1	62.9	1.0	113.7	109.7	104.8	131.87	0.29	30.16	0.24	131.58	30.12	0.970	80
98365	31.4	31.3	33.2	32.8	0.7	98.6	91.8	87.1	86.39	0.26	35.86	0.21	84.81	35.39	0.895	78
98366	69.9	41.6	71.0	70.8	0.8	122.6	106.7	97.3	148.11	0.23	28.02	0.22	147.97	27.99	0.900	76
98375	70.8	41.5	71.9	71.7	0.7	118.4	107.7	97.6	158.34	0.22	10.03	0.21	158.27	9.85	0.732	53
98438	40.0	41.5	41.4	41.1	1.3	102.3	97.8	95.6	89.88	0.45	-28.18	0.41	88.93	-29.47	0.394	29
98378	68.7	40.1	69.8	69.6	0.7	117.8	109.3	100.7	162.33	0.24	16.36	0.19	162.28	16.23	0.766	67
98379	65.6	37.7	66.6	66.4	1.0	114.8	109.7	102.0	144.85	0.27	29.02	0.19	144.63	28.98	0.943	83
98382	58.7	30.9	59.8	59.6	2.3	110.6	105.8	101.9	136.11	0.22	23.72	0.28	135.81	23.60	0.949	80
98383	27.9	40.4	29.9	29.6	1.8	102.5	100.1	98.1	7.55	4.99	78.95	1.02	0.99	76.94	0.562	19
98441	63.5	36.2	64.6	64.4	1.9	113.7	108.7	102.0	135.10	0.41	26.69	0.21	134.96	26.66	0.900	73
98384	63.5	43.8	64.6	64.5	1.0	114.5	105.3	100.0	175.60	0.40	42.42	0.40	175.69	42.53	0.800	54
98388	56.2	39.0	57.3	57.1	2.2	101.3	93.0	88.0	132.24	0.30	51.86	0.53	131.70	51.99	0.978	46
98389	26.2	41.5	28.5	28.1	0.8	105.2	103.1	99.1	282.16	2.46	69.62	2.81	287.07	66.91	0.368	4
98391	30.4	36.0	32.1	31.8	1.2	99.7	94.6	91.4	73.44	0.22	25.66	0.23	71.48	24.53	0.642	68
98392	62.9	36.5	63.9	63.7	1.3	113.0	105.6	99.8	128.82	0.25	22.45	0.20	128.44	22.30	0.951	59
98447	55.7	32.7	56.9	56.6	0.6	118.1	102.0	92.4	124.62	0.17	-2.85	0.25	124.31	-3.25	0.759	87
98449	57.2	36.7	58.2	58.0	1.2	115.2	105.7	99.7	113.05	0.87	14.46	0.23	112.61	14.24	0.919	23
98450	68.6	42.4	69.6	69.4	1.3	125.8	106.2	98.6	136.72	0.29	32.85	0.17	136.47	32.86	0.968	81
98451	53.0	25.0	54.3	54.0	3.4	113.3	105.8	99.8	141.77	0.68	25.95	0.41	141.56	25.88	0.931	78
98393	66.5	41.7	67.4	67.2	1.4	112.6	99.3	91.5	124.61	0.14	26.02	0.27	124.19	25.89	0.948	51
98399	60.7	41.8	61.9	61.7	0.6	113.6	106.0	98.6	187.40	0.19	7.61	0.23	187.51	7.31	0.594	50
98452	60.8	39.4	62.1	61.9	2.2	124.8	115.8	108.7	174.02	0.53	-8.29	0.71	174.17	-8.76	0.439	10
98455	65.9	40.7	66.8	66.6	0.7	102.6	98.2	92.5	131.19	0.42	-5.01	0.35	130.83	-5.32	0.739	34
98459	63.5	42.6	64.7	64.6	1.4	114.3	103.9	100.7	184.37	0.57	12.57	0.19	184.42	12.38	0.684	38
98460	42.5	36.7	44.1	43.8	1.8	94.2	88.2	82.9	89.14	0.39	27.30	0.17	89.18	27.20	0.863	81
98461	66.5	38.8	67.7	67.6	0.7	113.4	109.1	101.6	135.52	0.88	24.69	0.14	135.86	24.58	0.471	24
98462	58.9	37.9	60.2	60.0	0.7	114.9	105.7	98.6	114.70	0.50	7.73	0.09	114.84	7.45	0.597	28
98463	63.1	39.4	64.3	64.1	1.3	109.4	105.6	90.2	119.93	0.30	19.70	0.11	120.06	19.58	0.664	45
98464	65.7	37.7	66.9	66.8	2.4	101.5	98.4	93.2	134.45	0.50	20.80	0.18	134.56	20.70	0.672	52
98470	67.7	44.7	68.8	68.6	1.8	121.8	108.6	97.9	141.31	0.43	42.81	0.28	141.35	42.94	0.811	34
98471	64.0	35.6	65.3	65.1	0.7	114.1	109.4	104.9	158.65	1.14	23.30	0.32	158.90	23.21	0.570	27
99505	40.1	39.8	41.7	41.4	0.7	107.2	0.0	94.5	95.26	0.84	72.31	0.16	95.80	73.08	0.788	86
99510	61.0	39.1	62.3	62.1	1.0	107.6	0.0	89.6	115.83	0.28	23.77	0.16	115.92	23.67	0.728	48
99526	68.0	41.5	69.2	69.0	1.2	112.9	0.0	105.1	127.37	0.38	21.33	0.33	127.43	21.24	0.704	51
99588	29.3	40.5	31.2	30.9	0.4	93.6	0.0	87.7	64.78	0.26	-2.22	0.33	63.38	-3.71	0.675	56
99595	60.6	31.4	61.9	61.7	0.6	100.6	0.0	93.6	153.69	0.30	21.66	0.30	153.97	21.50	0.564	55
99630	64.6	38.6	65.8	65.6	1.1	110.6	0.0	101.8	139.86	0.40	33.92	0.21	139.86	33.96	0.833	66
99649	62.3	43.0	63.5	63.3	1.1	111.9	0.0	106.2	146.26	0.44	-24.79	1.33	146.34	-25.45	0.281	9
99656	58.8	33.2	60.0	59.8	2.3	112.0	0.0	100.9	135.13	0.21	-5.40	0.93	134.95	-5.83	0.670	33
99667	48.9	38.4	50.3	50.0	0.7	104.3	0.0	91.2	178.09	0.41	59.12	0.21	178.38	59.50	0.817	84
99671	65.8	41.1	66.7	66.6	0.7	112.5	0.0	105.5	135.25	0.19	-9.66	0.49	134.94	-10.02	0.657	39

Tabel 3. Orbital elements of 39 meteors belonging to streams other than the Leonids.

code	day	str	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	ω	tol	node	π	tol
98235	16.7999	α Mon	4	0.449	0.022	9.1	0.110	0.10	0.951	0.041	130.3	1.4	97.0	4.0	54.2	151.2	4.0
98410	17.7692	α Mon	3	0.437	0.022	-5.6	-0.178	0.09	1.078	0.040	132.0	1.8	94.3	3.3	55.2	149.5	3.3
98212	16.7616	N-Tau	5	0.384	0.005	1.9	0.537	0.02	0.794	0.009	3.1	0.2	292.5	0.6	234.2	166.7	0.6
98214	16.7629	N-Tau	5	0.395	0.012	1.8	0.547	0.04	0.784	0.024	4.3	0.4	291.5	0.5	234.2	165.7	0.5
98219	16.7718	N-Tau	3	0.423	0.024	1.8	0.553	0.08	0.766	0.048	0.5	0.3	288.6	0.7	234.2	162.8	0.7
98327	17.7459	N-Tau	6	0.421	0.005	2.1	0.475	0.02	0.800	0.010	2.5	0.3	287.0	0.4	235.2	162.2	0.4
98413	17.7956	N-Tau	5	0.402	0.011	2.1	0.477	0.04	0.808	0.018	3.8	0.3	289.1	1.3	235.3	164.4	1.3
98347	17.8170	N-Tau	5	0.403	0.017	1.6	0.609	0.05	0.755	0.031	1.0	0.3	292.2	0.7	235.3	167.5	0.7
98446	17.8847	N-Tau	5	0.271	0.033	2.7	0.369	0.11	0.900	0.024	4.1	0.6	302.2	5.3	235.3	177.5	5.3
98465	18.7956	N-Tau	2	0.523	0.046	1.7	0.573	0.13	0.701	0.084	3.1	0.7	278.3	4.8	236.3	154.5	4.8
99520	18.0523	N-Tau	5	0.445	0.005	2.2	0.464	0.02	0.793	0.011	1.5	0.2	284.1	0.4	235.3	159.3	0.4
99523	18.0575	N-Tau	4	0.429	0.005	2.2	0.463	0.02	0.801	0.010	3.0	0.2	285.8	0.4	235.3	161.0	0.4
99645	18.1305	N-Tau	5	0.442	0.014	2.2	0.453	0.05	0.800	0.029	2.8	0.3	284.1	0.6	235.3	159.4	0.6
99650	18.1420	N-Tau	5	0.406	0.005	2.3	0.427	0.02	0.827	0.009	2.7	0.3	287.5	0.4	235.3	162.9	0.4
98201	16.7335	S-Tau	5	0.528	0.013	2.1	0.467	0.05	0.753	0.032	6.3	0.3	94.9	0.7	54.2	149.0	0.7
98305	17.6974	S-Tau	4	0.450	0.007	1.8	0.571	0.03	0.743	0.015	5.6	0.2	106.2	0.5	55.1	161.3	0.5
98313	17.7106	S-Tau	5	0.469	0.023	2.0	0.505	0.09	0.763	0.052	5.3	0.4	102.3	0.8	55.2	157.5	0.8
98316	17.7156	S-Tau	2	0.506	0.006	1.9	0.514	0.02	0.740	0.014	6.0	0.2	98.5	0.4	55.2	153.7	0.4
98407	17.7526	S-Tau	2	0.471	0.006	2.1	0.486	0.02	0.771	0.012	5.9	0.2	101.7	0.4	55.2	156.9	0.4
98420	17.8167	S-Tau	4	0.291	0.044	1.7	0.583	0.17	0.831	0.070	5.9	1.1	123.8	3.8	55.3	179.1	3.8
98349	17.8200	S-Tau	4	0.491	0.005	2.3	0.432	0.02	0.788	0.010	6.0	0.2	98.2	0.5	55.3	153.5	0.5
98421	17.8213	S-Tau	-3	0.413	0.013	2.2	0.449	0.05	0.815	0.027	6.3	0.3	107.3	0.9	55.3	162.6	0.9
98361	17.8458	S-Tau	5	0.504	0.009	2.3	0.433	0.03	0.782	0.019	4.1	0.3	96.7	0.5	55.3	152.0	0.5
98215	16.7650	And	3	0.814	0.004	3.2	0.308	0.02	0.750	0.016	11.4	0.2	234.1	0.4	234.2	108.3	0.4
98423	17.8264	S δ Ari	4	0.628	0.047	2.3	0.435	0.14	0.727	0.099	2.1	0.6	82.4	5.7	55.3	137.7	5.7
98272	16.8749	π Cnc	4	0.899	0.012	1.8	0.546	0.08	0.509	0.065	175.5	0.6	223.0	4.7	234.3	97.3	4.7
98377	17.8620	π Cnc	6	0.932	0.004	8.9	0.112	0.07	0.895	0.062	175.6	0.4	208.5	1.5	235.3	83.8	1.5
98408	17.7570	b Leo	5	0.918	0.015	-79.7	-0.013	0.21	1.012	0.197	158.4	0.9	149.1	4.5	235.2	24.3	4.5
98427	17.8325	b Leo	4	0.956	0.006	8.4	0.119	0.10	0.887	0.100	151.8	0.5	158.4	2.2	235.3	33.7	2.2
98232	16.7929	α Lyn	4	0.971	0.002	5.8	0.173	0.10	0.832	0.100	147.9	0.5	196.2	1.4	234.2	70.5	1.4
98276	16.8794	α Lyn	5	0.924	0.004	10.2	0.098	0.06	0.910	0.059	146.6	0.5	210.4	1.3	234.3	84.7	1.3
98296	17.6624	ξ Ori	3	0.110	0.004	4.1	0.245	0.04	0.973	0.005	31.1	1.1	143.4	0.6	55.1	198.5	0.6
99615	18.1053	ξ Ori	4	0.074	0.003	3.9	0.257	0.03	0.981	0.003	18.3	1.1	150.2	0.5	55.3	205.5	0.5
98318	17.7254	Sek	6	0.864	0.008	2.9	0.343	0.06	0.704	0.048	156.0	0.4	134.1	2.5	235.2	9.3	2.5
98439	17.8614	Sek	4	0.807	0.015	3.3	0.307	0.07	0.752	0.054	153.0	0.6	124.9	3.3	235.3	0.3	3.3
98282	16.8828	ζ Cnc	4	0.516	0.034	3.0	0.336	0.12	0.827	0.053	168.4	0.6	93.3	6.4	54.3	147.6	6.4
98396	17.89	ζ Cnc	5	0.443	0.017	3.5	0.287	0.06	0.873	0.024	165.0	0.5	100.7	3.1	55.3	156.0	3.1
98453	17.94	ζ Cnc	3	0.374	0.033	2.9	0.349	0.11	0.869	0.035	163.8	1.1	109.7	5.5	55.4	165.1	5.5
98454	17.95	ζ Cnc	4	0.430	0.108	2.4	0.415	0.37	0.822	0.115	168.7	1.4	104.6	19.8	55.4	160.1	19.8

Tabel 4. Trajectory data of 39 meteors belonging to streams other than the Leonids.

code	VG	VH	VINF	<V>	tol	HB	HM	HE	RA	tol	DE	tol	RAG	DEG	cos Z	Qmax
98235	60.7	41.2	61.7	61.5	1.1	112.0	0.0	102.0	111.43	0.14	1.37	0.62	111.17	1.05	0.769	24
98410	63.2	44.2	64.4	64.2	0.9	113.0	108.0	100.3	110.01	0.57	2.54	0.91	110.00	2.25	0.655	18
98212	26.5	36.3	28.6	28.2	0.3	100.9	0.0	90.6	64.54	0.27	24.95	0.17	62.97	24.13	0.910	64
98214	26.0	36.2	28.2	27.8	0.9	99.9	0.0	86.6	63.99	0.23	26.05	0.27	62.35	25.23	0.910	68
98219	25.0	36.1	27.2	26.8	1.7	102.7	92.5	87.0	63.32	0.21	22.48	0.23	61.51	21.40	0.872	75
98327	26.1	37.1	28.3	27.9	0.3	98.2	92.8	90.1	62.87	0.21	24.20	0.29	61.38	23.38	0.921	71
98413	26.7	37.0	28.9	28.5	0.7	91.5	86.2	79.6	63.75	0.66	25.29	0.19	62.30	24.67	0.944	29
98347	24.9	35.4	27.0	26.7	1.1	93.5	91.8	86.2	66.64	0.23	23.67	0.26	64.38	22.39	0.783	82
98446	32.4	38.3	34.1	33.7	1.1	107.1	101.4	96.2	70.26	2.61	25.49	0.34	68.66	24.77	0.783	7
98465	21.7	35.9	24.2	23.8	2.5	102.9	88.8	80.1	60.05	2.44	25.30	0.33	57.91	24.35	0.925	4
99520	25.5	37.2	27.7	27.4	0.4	97.6	0.0	87.5	61.45	0.21	23.01	0.25	60.09	22.20	0.940	79
99523	26.0	37.2	28.2	27.9	0.3	102.9	0.0	81.0	62.06	0.20	24.52	0.24	60.69	23.78	0.943	78
99645	25.7	37.3	27.8	27.5	1.0	99.0	0.0	90.0	62.13	0.26	24.70	0.29	59.95	23.57	0.791	54
99650	27.2	37.6	29.2	28.8	0.3	101.0	0.0	87.2	63.75	0.21	24.62	0.24	61.70	23.54	0.771	62
98201	23.1	37.1	25.5	25.2	0.9	102.6	93.1	88.5	58.67	0.34	13.44	0.22	57.03	11.90	0.854	50
98305	24.1	35.9	26.5	26.1	0.5	98.3	91.9	85.3	63.89	0.24	15.95	0.19	62.97	14.77	0.913	81
98313	24.3	36.7	26.7	26.3	1.7	102.9	93.6	90.9	62.21	0.36	15.87	0.18	61.06	14.67	0.905	60
98316	23.1	36.6	25.6	25.2	0.4	102.2	86.2	80.8	60.95	0.17	14.46	0.25	59.61	13.06	0.889	87
98407	24.6	36.9	26.9	26.6	0.4	106.5	87.6	81.3	61.98	0.21	15.12	0.22	60.95	14.08	0.926	71
98420	29.1	35.7	31.1	30.7	3.3	103.8	93.3	84.3	72.18	1.85	18.53	0.30	70.95	17.79	0.915	15
98349	24.7	37.6	26.8	26.5	0.3	100.6	93.5	87.4	61.83	0.22	15.17	0.22	59.42	13.47	0.665	53
98421	26.9	37.4	28.9	28.6	1.0	116.0	75.3	65.1	65.13	0.42	16.04	0.04	63.52	15.03	0.858	9
98361	24.2	37.6	26.3	25.9	0.6	98.0	92.7	89.3	60.90	0.18	17.18	0.30	58.11	15.25	0.581	63
98215	17.2	39.0	20.2	19.8	0.3	99.0	0.0	84.2	28.62	0.31	38.24	0.18	23.10	35.95	0.699	67
98423	20.3	37.5	22.9	22.5	2.4	97.7	92.5	88.5	53.34	3.06	16.99	0.22	50.30	15.13	0.768	7
98272	65.7	36.2	66.7	66.6	0.9	114.2	107.7	106.3	140.33	0.30	18.20	0.33	140.08	18.06	0.911	55
98377	70.7	41.2	71.7	71.6	0.7	103.2	100.3	92.3	141.29	0.24	17.99	0.20	141.08	17.87	0.896	73
98408	70.8	42.5	72.0	71.9	2.2	114.1	112.2	108.7	161.09	0.98	21.32	0.13	161.62	21.09	0.173	18
98427	68.9	41.1	70.1	70.0	1.1	117.6	107.7	103.2	159.96	0.56	25.84	0.12	160.19	25.78	0.565	27
98232	67.8	40.5	68.9	68.8	1.1	115.2	108.7	102.4	148.99	0.23	32.11	0.23	149.06	32.11	0.755	61
98276	68.0	41.3	68.9	68.8	0.7	106.8	95.8	90.7	144.79	0.15	34.18	0.30	144.52	34.18	0.974	30
98296	41.7	39.7	43.3	43.0	0.5	93.1	90.8	86.3	81.29	0.25	13.63	0.28	81.26	13.18	0.803	63
99615	42.2	39.6	43.6	43.3	0.5	95.0	0.0	85.1	82.66	0.20	18.69	0.27	81.99	18.30	0.921	74
98318	66.5	38.6	67.7	67.6	0.7	108.5	107.0	102.7	162.88	0.21	21.32	0.23	163.37	21.06	0.262	43
98439	66.1	39.0	67.3	67.1	0.8	114.8	109.5	107.7	166.67	0.61	21.24	0.18	166.88	21.13	0.575	30
98282	64.1	38.7	65.0	64.8	1.5	101.3	96.7	87.5	122.74	0.19	14.95	0.24	122.36	14.75	0.897	43
98396	63.4	39.2	64.3	64.1	0.8	113.0	108.7	102.0	120.47	0.23	14.25	0.20	120.06	14.03	0.879	56
98453	61.9	38.5	62.8	62.6	1.3	121.4	107.3	100.6	118.68	0.93	14.49	0.33	118.23	14.28	0.897	24
98454	62.4	37.8	63.3	63.1	4.5	102.7	97.9	90.4	121.86	1.09	15.60	0.31	121.41	15.41	0.904	21

Table 5. All known orbital elements shown together for a number of minor streams present in the sample. The orbits with code numbers starting with MSS are taken from [3]. The two Andromedid orbits with deviating code numbers were taken from the IAU database of photographic orbits.

code	year	Mv	q	a	1/a	e	i	ω	node	VG	RAG	DEG
95533	1995	6	0.827	2.68	0.37	0.691	10.2	233.2	235.3	15.8	23.64	35.33
95539	1995	4	0.805	3.01	0.33	0.733	9.8	235.9	235.3	16.9	26.65	33.58
95650	1995	4	0.814	2.82	0.35	0.712	6.2	234.9	238.5	15.7	31.04	27.70
98215	1998	3	0.814	3.25	0.31	0.750	11.4	234.1	234.2	17.2	23.10	35.95
11182 245P	1957	0.0	0.791	3.07	0.33	0.742	10.8	238.1	231.5	17.6	24.20	33.80
053822136M	1952	0.8	0.800	3.40	0.29	0.770	10.0	236.0	230.0	17.4	21.00	31.00
Average for Andromedids			0.80	3.10	0.32	0.74	9.63	235.81	234.14	16.75	24.94	32.89
95649	1995	4	0.733	4.92	0.20	0.851	152.2	116.1	238.5	66.4	173.33	18.44
95730	1995	6	0.780	11.95	0.08	0.935	148.5	124.4	239.4	67.5	174.48	20.59
95746	1995	5	0.752	13.31	0.08	0.944	158.3	120.5	239.4	68.5	172.66	15.51
98439	1998	4	0.807	3.26	0.31	0.752	153.0	124.9	235.3	66.1	166.88	21.13
98318	1998	6	0.864	2.92	0.34	0.704	156.0	134.1	235.2	66.5	163.37	21.06
Average for Sekiids			0.79	4.94	0.20	0.84	153.61	124.00	237.56	67.00	170.15	19.35
95508	1995	4	0.948	13.19	0.08	0.928	144.7	203.8	235.2	68.1	147.99	34.53
95586	1995	3	0.846	20.63	0.05	0.959	143.7	225.0	237.2	67.4	142.57	35.84
95643	1995	4	0.889	-8.72	-0.11	1.102	139.4	216.0	238.5	68.4	146.76	37.92
98232	1998	4	0.971	5.77	0.17	0.832	147.9	196.2	234.2	67.8	149.06	32.11
98276	1998	5	0.924	10.21	0.10	0.910	146.6	210.4	234.3	68.0	144.52	34.18
Average for α Lyncids			0.92	17.80	0.06	0.95	144.45	210.30	235.90	67.92	146.18	34.91
95573	1995	6	0.955	10.28	0.10	0.907	175.8	201.9	235.4	71.1	142.83	17.18
95626	1995	5	0.905	4.92	0.20	0.816	172.8	215.5	238.4	69.5	143.28	18.73
95645	1995	2	0.920	3.79	0.26	0.757	170.8	212.8	238.5	68.9	144.82	19.40
98272	1998	4	0.899	1.83	0.55	0.509	175.5	223.0	234.3	65.7	140.08	18.06
98377	1998	6	0.932	8.92	0.11	0.895	175.6	208.5	235.3	70.7	141.08	17.87
MSSI6M	1993	6	0.931	2.93	0.34	0.682	173.6	211.1	233.4	68.2	140.29	19.20
MSSIFj	1995	5.8	0.983	1.88	0.53	0.477	176.6	190.5	236.0	66.4	147.44	15.12
MSSISj	1996	6.8	0.978	-16.40	-0.06	1.060	169.0	191.7	234.7	72.7	146.04	20.45
Average for π Cancriids			0.94	3.40	0.29	0.72	174.06	204.96	235.75	69.16	143.23	18.25
98282	1998	4	0.516	2.98	0.34	0.827	168.4	93.3	54.3	64.1	122.36	14.75
98396	1998	5	0.443	3.48	0.29	0.873	165.0	100.7	55.3	63.4	120.06	14.03
98453	1998	3	0.374	2.86	0.35	0.869	163.8	109.7	55.4	61.9	118.23	14.28
98454	1998	3.5	0.430	2.41	0.41	0.822	168.7	104.6	55.4	62.4	121.41	15.41
MSSI6D	1993	7	0.475	2.62	0.38	0.819	174.8	98.8	53.5	63.4	121.34	17.99
MSSIFI	1995	7	0.550	2.23	0.45	0.753	163.3	91.9	56.0	63.2	125.42	11.52
Average for ζ -Cancriids			0.45	2.66	0.38	0.83	167.13	101.14	54.99	63.07	121.47	14.66

Table 6. Average ZHR's of the observed minor streams. The weighed average is calculated over the entire sum of observing intervals and the weighing factor equals the number of sporadic meteors in each interval. Video ZHR's, or VZHR's, are meant to be comparable to visual ZHR's.

Zwerm	ξ Ori	And	δ Ari	b Leo	Seki	α Lyn	π Cnc	ζ Cnc
<VZHR>	0.59	0.47	0.39	0.84	0.57	0.47	0.36	0.27

Overzicht visuele waarnemingen juni-september 2001.

Koen Miskotte ¹, Michel Vanderputte ², Carl Johannink ³ en Rob Sanders ⁴

1. De Heuvel 6, 3843 EW Ermelo, Nederland

2. George de Smetstraat 59, B-9600 Ronse, België

3. Schiefestrasse 36, D-48599 Gronau, Duitsland

4. Prunellapad 17, 5643 BW Eindhoven, Nederland

Inleiding.

Na de fraaie waarneem maanden april en mei zag de toekomst er veel belovend uit wat betreft het visuele werk binnen DMS. Helaas heeft het weer nogal tegengezeten. Juni was al mager, maar juli was dat helemaal. De traditionele Perseïdenactie in augustus viel ook dit jaar, voor de 4e keer op rij tegen. De nacht 10/11 augustus was halfbewolkt, de nachten 11/12 en 12/13 augustus grotendeels geheel bewolkt waren in Nederland. Alleen zuid van de grote rivieren kon er nog gaatjes gekeken worden. De nacht 13/14 augustus leek aanvankelijk goed te gaan maar ook nu moesten Nederlandse meteorologen waarnemers tandenknarsend tegen een wolkendek aankijken. Pas 14/15 augustus werd het flink helder en kon er flink waargenomen worden.

Onze Belgische DMS collega's hadden wat meer geluk met het weer en hadden een heldere 11/12 en 13/14 augustus. Zie hieronder enkele impressies van de waarnemers.

Verder heeft een aantal waarnemers nog waarnemingen verricht vanuit hun vakantie locatie: Carl Johannink, Koen Miskotte en Sietse Dijkstra. Van de eerste twee is al een verslag gepubliceerd in Radiant 2001/3.

Perseïdenmaximum vanuit de Ardennen (Michel Vanderputte)

11 augustus 2001, we hadden een stralende dag tot diep in de namiddag. Toen een opkomende cirrusscherm de voorbode vormde van een naderend zwak warmtefront brak er enige paniek uit. Want wat al een tijdje door mijn hoofd zweefde, werd plots heel snel uit de kast gehaald. Op een half uurtje tijd werd immers een nieuwe crash actie opgezet. Analyse van de laatste klimatologische omstandigheden en mogelijke waarneemposten werden kritisch bestudeerd. Dit jaar zou La Roche - in het hartje van de Belgische Ardennen - het decor moeten vormen voor een nieuwe fijne Perseïdenactiedisplay. Om 18 UT verliet ik "vercirrust" Ronse (samen met collega waarnemer en stadsgenoot Simon Vanderkerken). Het was al aardig donker toen we aangekomen waren in dit pittoreske middeleeuws stadje, diep in de Ourthe vallei verborgen. Er was geen tijd meer voor enige sightseeing en gastronomisch genot : maar wel voor "astronomisch genot". Genot ? Verduivelt nog aan toe !! Zelfs in de Ardennen hadden de luchten een

triestige aanblik, vervuult met cirrus en wolkenvelden...Het leek mij wel verstandig niet te hard van stapel lopen en deze situatie een half uurtje later opnieuw te gaan analyseren. Heel rustig werden enkele mogelijke waarneemposten bezocht bovenop de donkere heuveltoppen van La Roche, in het gehucht "Beausaint".

21.00 UT ; een vage blik naar omhoog bezorgde mij een plotse ejectie van Adrenaline doorheen de aderen. Want in een mum van tijd was het loeihelder geworden. Onder een imposante melkweg en sterren tot op de horizon startten we onze waarnemingen om 21.10 UT. Wat jammer dat een klein uurtje later, de maan als heuse stoorzender zou gaan optreden. Maar klagen mochten we niet ; want we hadden dan toch nog heldere hemel. En ja ; daar waren de Perseïden. Het eerste uur (21.10-22.10 UT) zag ik er 15 bij een nog lage radiantstand. Even paniek rond 22.10 UT bij de passage van enkele hogere sluierwolken waarvoor een korte pauze werd gehouden. Vanaf 22.35 UT kon ik ongestoord verder waarnemen. Desondanks het felle maanlicht haalde ik

toch nog grensgrootte 6.00 in telgebied 15. Mijn beeldveld was gericht naar het noordwesten. De volgende uren steeg de ZHR gestaag van 40 tot iets boven 60 bij de ochtendgloren. De hoogste uurtelling deed zich voor tussen 0.35 en 1.35 UT met 27 stuks. Het laatste uur had ik echter weer te kampen met enkele wolkenvelden ; anders was deze uurtelling zeker nog hoger opgelopen! Wat echter wel sterk opviel, was het ontbreken van de heldere jongens onder de Perseïden. Een -2 omstreeks 1.38 UT (en in de buurt van het tijdstip der oude knooppassage) viel mij ten prooi van het netvlies. Om 2.31 UT deed er zich wel een felle flits voor in het lucht ruim ; helaas op dat ogenblik boven de wolken voor mij.

Het dictafoontje en haar waarnemer zwegen omstreeks 3.10 UT. En deze sloot de ogen enkele uurtjes tot hij wakker kwam in een schitterend decor! Azuurblauwe lucht, frisse denengeur en een adembenemend uitzicht over de beboste heuvels en wouden...Dit is eens iets anders dan bruusk te moeten ontwaken ten gevolge van schreeuwerige wekker op een maandagochtend...

Finaal over 5.29 effectieve uren werden 211 meteoren ingesproken ; 129 Perseïden, 1 Kappa Cygnide, 3 Aquariden en 78 spor's. Ik moet toegeven dat ik geluk, erg veel geluk gehad heb bij het zien van de NOAA satellietkaarten later op de dag !!

Waarnemingen vanuit Lattrop (Carl Johannink)

14/15 augustus.

Afgelopen nacht een leuke sessie. Op 'COSMOS' was het een gezellig gebeuren met in totaal 7 participanten in deze actie. Rita Verhoef, Arnold Tukkers (met zijn onafscheidelijke wekker, die het overigens deze keer wel perfect deed), Sietse Dijkstra, Daniel van Os, Tonny Eisink, gastwaarnemer Rob Sanders (in een last-minute actie hier naar toe gekomen; LEUK!) en ondergetekende.

Het was een leuk nachtje! Geen overdreven drukke perioden, geen overdreven heldere meteoren, maar ook geen lange stille pauzes (met vol smachtende blikken omhoogkijkende waarnemers). De grensmagnitude liep voor de meesten op tot tegen de 6.5, met wel de kanttekening dat het op lagere hoogte beduidend slechter was. Na drie uur kwam er uit het zuiden bewolking over, maar het waarnemen in noordelijke richting kon vrij ongestoord worden voortgezet. Arnold had wel te kampen met de nodige troep in zijn deel van de hemel. Daniel ook. Hij maakte in die omstandigheden wel de leukste opmerking van de avond: "die luitjes van het wolken-tel-project bij het KNMI zitten nu ook buiten te tellen: 'een ...'".

Ik zag in totaal 113 meteoren in 5,6 uur Teff.

16/17 augustus.

Na een middag met nogal wat buien, brak de bewolking hier in Gronau vanuit het zuidwesten rond 8 uur 's avonds. Het opklaren ging echter niet van harte, en rond 22 uur was nog steeds 40% van de hemel bedekt met dunne wolkenpakketjes. Nog een uur later was het echter prachtig helder, en zag ik stom toevallig een hele

fraaie -1 Perseïde onder Cassiopeia. Mocht ik nog getwijfeld hebben, dan was dat wel het sein om te gaan waarnemen.

Precies op het moment dat de torenklok van Gronau middernacht sloeg, stapte ik door de achterdeur naar buiten en installeerde me op het grasveld achter ons huis. De Grote Beer spatte van de lucht, maar in de Kleine Beer zag ik een klein wolkje ...

Begonnen om 22:03 UT. Lm=6.1, niet slecht voor Gronau. En ik zie meteen een prachtige oranje trage sporadische meteor (viel geen zwerm van te maken) in Cepheus.

Ik ging er eens goed voor liggen. Heelaas duurde de pret niet lang. Vanaf 22:17 UT borrelden met grote regelmaat dunne wolkenlierten van achter het woonhuis op die dan weer eens nauwelijks dan weer eens 10 - 20% van mijn beeldveld afsnoepten.

De Grote Beer kreeg het ook steeds moeilijker: deze was na 22:45 UT eigenlijk niet meer zichtbaar.

Rond die tijd hield de bewolkingsaanvoer vanuit het zuidwesten op, maar even later dreef vanuit het zuidoosten nieuwe troep over.

Na zo nog een tijd te hebben waargenomen bij een gemiddeld bedekkingspercentage van 20%, vond ik het rond 23:25 UT wel welletjes. De LM liep intussen ook terug tot net boven de 5. Resultaat 15 meteoren in 1,37 uur Teff. De eerste was de beste. De Perseïden verdwijnen nu in de achtergrond, en er werd in die tijd geen kappa-Cygnide gezien.

Waarnemingen vanuit Ermelo (Koen Miskotte)

14/15 augustus

Eindelijk was het zover. Gedurende één nachtje konden we nog even rijken aan de "uitstervende" Perseïden activiteit. Doordat ik moest werken een actie vanuit de achtertuin en vanaf 22:04 UT tot aan de schemering. De lucht was redelijk helder, niet optimaal. Er leek weer zo'n dunne laag heiligheid voor de hemel te hangen. Lm maximaal 6,3, later iets minder door de maan. Er werd waargenomen

tussen 22:04 en 02:45 UT wat in totaal 95 meteoren opleverde in teff 4,54 uur. Een aantal fraaie Perseïden van 0 (2x), -1 (1x) en -2 (2x) werden gezien.

Weinig activiteit van de k Cygniden, enkel een vijftal zwakjes werden gesignaleerd. Een sporadische van -1 (of misschien toch een kCyg) was ook de moeite waard. Verder werden nog enkele delta en iota Aquariden gezien. Al met al weer een geslaagde nacht.

16/17 augustus.

Nog een heldere nacht en (gelukkig) onder betere omstandigheden dan onze waarnemers in het oosten des lands. Inderdaad dreven vannacht scherpbegrensde middelbare of cirrus achtige bewolking over, maar dan alleen aan de oostkant van mijn waarnemveld. De westkant was geheel helder (van ~22:45 tot 02:45 UT). Gedurende deze nacht moest ik éénmaal 6 minuutjes pauzeren toen er een cirrus veld passeerde. Daarna was het geheel helder.

In tegenstelling tot Carl heb ik wel een leuk aantal kappa's gezien. Daarbij een tweetal van 1 en een 0 (laag zuid, maar dit zou misschien ook een spor geweest kunnen zijn). In totaal zag ik 67 meteoren, daarvan waren er 15 Perseïden, 5 delta- en 5 iota Aquariden en 8 kappa Cygniden. Toen ik later die ochtend naar mijn werk fietste door de landerijen tussen Harderwijk en Ermelo heb ik nog even stil gestaan om te genieten van een fraai uitzicht: Aldebaran, Saturnus, Venus, Jupiter, maan (met een fel asgrauw schijnsel) en het sterrenbeeld Orion dat lag in het oosten stond. Wat een fraai gezicht. Nu al ruim 20 jaar actief en het blijft boeien die sterrenhemel!

Waarnemingen vanuit Eindhoven (Rob Sanders)

Na een vrij rustig meteoren seizoen voorjaar 2001 keek ik reeds lange tijd uit naar de Perseïden die dit jaar in het weekend van 11/12 augustus zou vallen. Eindelijk weer eens een kans om de meteoren in grote getale tijdens goede weersomstandigheden waar te



Figuur 1 (links) : De radio apparatuur is opgesteld. Op de voorgrond de antenne.

Figuur 2 (rechts) : Eindelijk waarnemen op de heide bij Eindhoven.

nemen zo hoopte ik. Omdat ik recent ook een ontvanger voor het waarnemen van forward meteor scatter in elkaar had gezet, leek het me interessant om de samenhang tussen visueel en radio eens in de praktijk te bekijken en beluisteren.

Reeds dagen tevoren was de hele opstelling mobiel gemaakt. Omdat mijn waarneemplek op de Leenderheide slechts met de fiets te bereiken is, moest alles achterop mee. Dit resulteerde in accu en radio in de fietstassen. Waarneem-zetel en foto-statief op bagagedrager en last but not least fototoestel, intekenformulieren, extra kleding, en de thermos in de rugzak. Nu was het alleen nog wachten op dat bewuste heldere moment waar het hele voorjaar al over gedroomd was. Maar het bleef bewolkt....

Op de middag van de elfde meldt Casper dat er mogelijk opklaringen in het zuiden komen, de spanning stijgt. Maar het blijft bewolkt tot laat in de avond. Rond middernacht hoop ik om 1:00 uur paraat te zijn. Aangekomen

bij de rand van de stad ziet het er nog steeds niet uit, en besluit ik nog even naar huis te gaan.

Om twee uur begint het dan toch op te klaren, de eerste Perseïden schieten door de gaten in het wolkendek. Het wachten is beloond ! Zo snel als maar mogelijk is wordt het hele apparatenpark op de hei uitgesteld.. De radio-reflecties op 48.25 MHz zijn niet van de lucht. In totaal werden 5 Perseïden en 4 Sporadische gezien. Het hoogtepunt was een Perseïde van magnitude -4 die de wolken oplichtte.

Ondanks het feit dat er zowel op radio als visueel gebied behoorlijke activiteit was, bleek er geen enkele samenhang tussen de visueel waargenomen meteoren en de radio-reflecties te bestaan.

De nacht van 14 op 15 augustus was weer een heldere. Omdat het weer nu toch wel in zeer schril contrast stond met het voorgaande weekend, en je als waarnemer toch ook niet altijd in je eentje op de hei wil zitten besloot ik dit maal eens naar het bekende obser-

vatorium in Lattrop te trekken. Inderdaad een geheel andere manier van waarnemen dan ik gewend ben. Talloze Perseïden, maar ook paar hele fraaie Kappa-Cygniden fleuren de nacht op. Helaas overleeft mijn audio-recordertje deze duurproef niet. Dit was weer eens wat anders als met de hand intekenen !

Resumerend

In de tabellen 1 tot en met 4 staan overzichten van alle binnengekomen waarnemingen (per 1-10-2001). In totaal werden in deze periode 1707 zwerm en 1905 sporadische meteoren gezien, een totaal dus van 3642 stuks. Met het oog op de komende expedities zal voorlopig nog geen verdere verwerking gedaan worden aan dit materiaal.

Date	Observer	IMO Code	Teff	Lm	Streams						pso	Total
					jLyr	Sag	oSco	gDel	jBoo	tHer		
31/01-06	Rob Sanders	SANRO	0,75	5,4		0	0				1	1
15/16-06	Michel Vanderputte	PUTMI	1,97	5,8	4	0	0	0			8	12
19/20-06	Rob Sanders	SANRO	2,17	5,8		0				0	2	2
22/23-06	Carl Johannink	JOHCA	1,05	6,0	0	2	1			0	8	11
	Michel Vanderputte	PUTMI	2,93	5,9		1					27	28
	Koen Miskotte	MISKO	2,04	6,1	0	0	0			0	16	16
23/24-06	Michel Vanderputte	PUTMI	2,21	5,9		0				0	15	15
24/25-06	Michel Vanderputte	PUTMI	2,92	5,9		0				0	20	20
25/26-06	Carl Johannink	JOHCA	1,80	5,7	0	0	0			0	11	11
26/27-06	Rob Sanders	SANRO	0,75	5,5		0				0	1	1
8	4 observers		18,59		4	3	1	0	0	0	109	117

Date	Observer	Observing location	IMO Code	Teff	Lm	Streams								spo	Total
						Per	Aqr	Cap	Cyg	Sag	PsA	k-Cy	j-Peg		
01/02-07	Koen Miskotte	Ermelo, NL	MISKO	2,08	5,6	2	1	1					0	8	12
12/13-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	1,48	6,0	1	0	0		0			1	9	11
14/15-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	1,66	5,8	2	1	0					0	17	20
15/16-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	2,92	6,1	3	0	0	0	0	0			30	33
16/17-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	3,48	6,0	4	0	2	1		0			28	35
	Daniël van Os	Lattrop, NL	OS-	1,47	5,2	0		1	1					9	11
19/20-07	Carl Johannink	Gronau, GE	JOHCA	0,63	6,1	0	0	0	0	0				2	2
20/21-07	Rob Sanders	Eindhoven, NL	SANRO	1,44	5,7	0				1				2	3
	Carl Johannink	Gronau, GE	JOHCA	2,55	6,2	2	2	1						24	29
	Jean Marie Biets	Wilderen, BE	BIEJE	1,17	6,1	2		1	1					4	8
22/23-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	1,59	6,1	9	2	1						16	28
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	4,29	6,6	12	18	10	10	1	0			50	101
23/24-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	2,16	6,0	2	3	2			0			24	31
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	4,11	6,7	13	26	6	3	0	1			65	114
24/25-07	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	3,33	5,8	2	1	1			0			20	24
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	2,30	6,6	10	11	4	0	0	0			31	56
25/26-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	2,18	5,9	8	3	4						23	38
26/27-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	1,68	6,1	5	3	5						24	37
	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	3,32	6,1	4	6	0			0			27	37
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	3,66	6,6	17	26	7		0	1			50	101
27/28-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	1,86	6,1	9	10	1						27	47
	Michel Vanderputte	Ellezeles, BE	PUTMI	3,05	5,4	2	4	1			0			15	22
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	5,10	6,5	20	44	12		0	0	0		75	151
28/29-07	Carl Johannink	Radicondoli,	JOHCA	4,13	6,3	9	20	8						63	100
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	3,28	6,5	17	38	5		0	1	3		36	100
29/30-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	0,91	5,7	3	0	1						10	14
	Carl Johannink	Radicondoli,	JOHCA	4,00	6,2	11	13	4						59	87
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	3,18	6,5	19	45	5		0		2		33	104
30/31-07	Sietse Dijkstra	Huben, AU	DIJSI	1,22	5,7	7	0	1				3		12	23
	Carl Johannink	Radicondoli,	JOHCA	2,17	6,3	7	6	4						32	49
	Koen Miskotte	Chios, GR	MISKO	2,84	6,5	25	41	1		0		3		26	96
16 nights	7 observers			79,2		227	324	89	16	2	3	11	1	851	1524

Date	Observer	Observing location	IMO Code	Teff	Lm	Streams							spo	Total
						Per	Aqr	Cap	Cyg	Aur	PsA	Psc		
31/01-08	Michel Vanderputte	Ronse (Be)	PUTMI	1,58	5,9	3	2	1	0		0		14	20
06/07-08	Carl Johannink	Radicondoli (It)	JOHCA	1,25	5,5	2	0	0	0				8	10
07/08-08	Carl Johannink	Radicondoli (It)	JOHCA	2,45	6,2	8	3	2	0				20	33
08/09-08	Carl Johannink	Radicondoli (It)	JOHCA	1,50	6,1	4	0	0	2				13	19
	Sietse Dijkstra	Almelo (NI)	DIJSI	0,70	5,4	3	1	0					2	6
09/10-08	Carl Johannink	Radicondoli (It)	JOHCA	2,45	6,2	8	1	0	0				21	30
10/11-08	Sietse Dijkstra	Lattrop (NI)	DIJSI	0,86	6,0	17	1						2	20
	Remco Scheepmaker	Lattrop (NI)	SCHRE	1,12	5,7	19							2	21
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	4,32	5,8	26	3	0	1				41	71
	Rita Verhoef	Lattrop (NI)	VERRI	1,00	5,9	24							7	31
	Daniël van Os	Lattrop (NI)	OSVDA	0,98	5,3	16							5	21
11/12-08	Dominique Steuckers	Holsbeek (Be)	STEDO	3,41	5,8	71	1		3				4	79
	Michel Vanderputte	Beasant La Roch (Be)	PUTMI	5,29	6,0	116	3	0	0				74	193
	Rob Sanders	Eindhoven (NI)	SANRO	0,92	5,0	5							4	9
13/14-08	Jean Marie Biets	Walshoutem (Be)	BIEJE	4,92	6,1	60	3		8				10	81
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	3,00	6,3	37	2		1				37	77
	Dominique Steuckers	Holsbeek (Be)	STEDO	3,00	6,2	40	1		4				7	52
14/15-08	Jean Marie Biets	Walshoutem (Be)	BIEJE	5,50	6,3	41			10				7	58
	Daniël van Os	Lattrop (NI)	OSVDA	4,57	5,6	41	3		5				37	86
	Arnold Tukkers	Lattrop (NI)	TUKAR	5,00	6,2	44	1		4				49	98
	Carl Johannink	Lattrop (NI)	JOHCA	5,60	6,2	71	6		5				31	113
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	6,00	6,3	33	3	1	1				64	102
	Dominique Steuckers	Holsbeek (Be)	STEDO	5,00	6,2	42	3		1				26	72
	Koen Miskotte	Ermelo (NI)	MISKO	4,54	6,3	31	14	0	5				45	95
16/17-08	Carl Johannink	Gronau (Ge)	JOHCA	1,37	5,7	3	1	0	0				11	15
	Koen Miskotte	Ermelo (NI)	MISKO	3,99	6,4	15	10	0	8				34	67
17/18-08	Ton Schoenmaker	Roden (NI)	SCHTO	1,41	5,3	5							1	6
	Carl Johannink	Gronau (Ge)	JOHCA	2,60	5,9	8	1	1	2				18	30
	Arnold Tukkers	Denekamp (NI)	TUKAR	1,00	5,6	2	2		1				5	10
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	3,75	6,3	15	2	0	3				44	64
19/20-08	Arnold Tukkers	Denekamp (NI)	TUKAR	1,50	6,1	1							18	19
24/25-08	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	2,25	6,2	0	2		0	1			18	21
25/26-08	Carl Johannink	Gronau (Ge)	JOHCA	2,37	6,1	3	3		3	0			22	31
	Koen Miskotte	Ermelo (NI)	MISKO	2,00	6,1	4	2		3	1			14	24
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	4,82	6,2	1	1		1	0			36	39
27/28-08	Rob Sanders	Eindhoven (NI)	SANRO	1,07	4,7					2			1	3
	Carl Johannink	Gronau (Ge)	JOHCA	2,42	6,1	1	0		1	3			25	30
	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	2,88	6,4	0	1		0	4			41	46
	Koen Miskotte	Ermelo (NI)	MISKO	4,13	6,4	4	2		3	4		2	51	66
28/29-08	Carl Johannink	Gronau (Ge)	JOHCA	2,35	6,1	0	0		1	6			32	39
29/30-08	Michel Vanderputte	Ellezeles (Be)	PUTMI	1,00	6,1	0	0		0	2			7	9
	Koen Miskotte	Ermelo (NI)	MISKO	2,03	6,2	1	0		1	3		1	23	29
														0
17 nights	12 observers			118		825	78	5	77	26		3	931	1945

Date	Observer	IMO Code	Teff	Lm	Streams			Spo	Total
					dAur	Pis	kAqr		
16/17-09	Koen Miskotte	MISKO	0.78	6.4	2	1	0	9	12
22/23-09	Michel Vandeputte	PUTMI	3,75	6,4	1	2	0	34	37
	Rob Sanders	SANRO	1,25	5,9	1	2	1	0	4

Mogelijke Draconide gefotografeerd op 8 oktober 2001

E.P.Bus¹

1. Eerste Spoorstraat 16, NL-9718 PB Groningen

Inleiding

Sinds 1993 probeer ik volgens verschillende waarneemmethoden mogelijke Draconidenactiviteit te registreren. Tot 1999 met de radiomethode, nadien visueel en/of fotografisch. Met de radiomethode werd rond 8 oktober altijd iets hogere activiteit geregistreerd dan in de dagen ervoor of erna. Meestal betrof dit een significante verhoging van alleen de langdurige reflecties.

Na de schitterend geregistreerde Draconiden uitbarsting van 1998 kwam het radiowaarnemen op een zeer laag pitje te staan, voornamelijk veroorzaakt door de afnemende aantallen Oostblok frequenties, ruwweg gelegen tussen 65 en 72 MHz. Het Oostblok stapte in een zeer hoog tempo massaal over naar Westerse frequenties, ruwweg gelegen tussen 80 en 110 MHz. Hierdoor werd ik wel genoodzaakt om te zappen naar het visuele en fotografische werk. Niet met het doel om zeer frequent dit soort werk te verrichten, maar meer om eventuele Draconiden activiteit te traceren tijdens de zogenaamde off-season perioden. Vorig jaar lukte het mij om twee Draconiden visueel waar te nemen en fotografisch een mogelijk zwak exemplaar. Dit jaar is op 8 oktober een Draconide visueel gezien en een mogelijk helder exemplaar gefotografeerd.

De waarnemingen

Op 7 maar voornamelijk op 8 oktober konden fotografische en visuele waarnemingen worden verricht met als doel een mogelijke activiteit van de Draconiden te traceren én de T-70 te testen voor de a.s. Leoniden.

Op 7 oktober zijn bij een zeer slechte lucht - een grensmagnitude van hooguit +4,3 - tussen 18h26 en 18h45m UT alleen fotografische opnames gemaakt met een belichtingstijd van 2 minuten per opname. Gestopt i.v.m. opkomende bewolking. Op deze opnames zijn geen meteoren getraceerd.

Op 8 oktober was de lucht boven Groningen acceptabel helder maar door nog drukke bezigheden besloot ik om eerst de camera zijn werk te laten beginnen in de achtertuin. Tussen 18h20m tot 20h22m UT zijn zo'n 48 opnames gemaakt met een belichtingstijd van 2 minuten per opname. De grensmagnitude was variabel tussen +4,3 en +5,0 vanwege dunne smalle cirrusbanden.

Tussen 19h30m en 20h20m UT heb ik visueel waargenomen met een T_{eff} van 43 minuten bij een gemiddelde grensmagnitude van +5,0. Alleen gefocusseerd op Draconiden, met andere



Figuur 1 : Mogelijke Draconide op 8 oktober 2001, opgenomen met de Canon T-70, F 2.8/28mm, 400 ASA Sensia II Fujichrome diafilm. De kandidaat Draconide begint nabij de veranderlijke ster RR Umi vlak boven de punt van het dak. Start opname om 18h26m UT, belichtingstijd 2 minuten. Het zichtbare spoor tot aan de dakrand heeft een lengte van ca. 6 graden. (Dit is digitale opname van een gedeelte van de dia, het origineel is scherper).

woorden alleen Draconiden zouden worden ingetekend op een sterrenkaart. Het aantal sporadische bedroeg 6 stuks (van +2 tot +3) en om 19h51m zag ik een trage meteor van +3. Na latere intekening op bijgaande kaart van Marco blijkt dit een zeer goede

Draconide kandidaat te zijn. Dit gezien het feit dat het naar achteren verlengde spoor een punt kruist, waar een aantal door Marco in 1999 waargenomen naar achteren verlengde Draconidensporen samenkomt.

Dit punt is dicht gelegen bij de radianten van 1985 en 1946.

Een mogelijke Draconide (ca.+2 à +3) verscheen aan de rand van het waarnemveld, vrijwel pal in het zenit, maar kon niet met zekerheid als zodanig worden geïdentificeerd omdat ik het lichtspoor in de periferie van mijn oog zag. (N.B. voor de ingewijden, het oog heeft weer zijn scherpte terug). De trage meteoroor leek uit de richting van de Draak te komen, maar een exacte richting kon ik niet bepalen. Ik heb hem als een sporadische aangemerkt.

Na ontwikkeling van de diafilm vond ik al snel een vrij heldere meteoroor die vlak boven het dak van mijn huis was verschenen. (Zie opname).

Op het eerste gezicht lijkt de meteoroor uit het vluchtpunt in de buurt van de kop van de Draak te zijn gekomen. Bij nadere intekening op het kaartje van Marco Langbroek uit WGN 27-6 pp.337, lijkt de meteoroor de in 1999 visueel waargenomen Draconiden, nrs.171, 178 - en eventueel 174 - op vrijwel hetzelfde punt rond $\alpha=264^\circ$ en $\delta=+49^\circ$ te snijden¹.

(Zie ook het kaartje van figuur 2).

Als dit dan een Draconide is geweest, dan was het wel een zeer heldere (0 à -2?). Op de originele opname is te zien dat de meteoroor eerst zwak begint (relatief gezien dan) en dan plotseling in helderheid toeneemt. Het helderste gedeelte is onregelmatig van structuur (variatie van de helderheid in het lichtspoor) dat kan duiden op de losse structuur van het stofdeeltje, die van Draconiden bekend zijn. De mogelijkheid is dus niet uitgesloten dat het hier een Draconide betreft. Echter het is ook niet uitgesloten dat dit een sporadische meteoroor is die toevallig uit de richting van de Draak is gekomen.

Conclusie

Deze waarnemingen en die van voorgaande jaren blijken nu te bevestigen dat de Draconiden elk jaar in de zogenaamde off-season jaren een zekere activiteit te vertonen met een ZHR van tenminste 1 à 2 rond 8 oktober.

Noot 1: Het interessante van dit punt is dat de zwakke meteoroor die vorig jaar is gefotografeerd vrijwel precies uit dit zelfde gebiedje lijkt te zijn gekomen.

Figuur 2 : Kaartje van Marco Langbroek uit WGN 27-6 (dec 1999) pagina 7. De nummers bij de sporen verwijzen naar de meteoroor, waaronder Draconiden die op 8 oktober 1999 door Marco zijn gezien. De letter V bij het spoor nabij Wega is de visueel waargenomen Draconide die op 8

oktober 2001 om 19h51m UT verscheen en de letter F verwijst naar de gefotografeerde meteoroor die tussen 18h26 en 18h28m UT in het grensgebied van de Kleine Beer en de Draak verscheen. Verschillende radianten uit het verleden zijn met symbolen aangegeven: "O" = 1985: bepaald uit fotografische- en video opnamen. "x" = 1946, bepaald uit 'single-station' fotografische opnamen en "+" = 1953, uit 'multi-station' fotografische opnamen.

