

# Stofdeeltjes in resonantiebanen en het mogelijke tijdstip van het Leonidenmaximum

Eisse Pieter Bus<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eerste Spoorstraat 16, NL-9718 PB Groningen

## Inleiding

Naar aanleiding van een e-mail bericht van E.D.Reznikov in september 1998 en twee artikelen van D.J.Asher *et al.*, wordt in een samenvatting de eerste resultaten gegeven over een mogelijke tweede oorsprong van de Leoniden activiteit in de nacht van 16/17 november 1998. Tevens wordt voorzichtig vooruitgeblikt naar de komende Leonidenactiviteit. *Noot: alle zonslengtes zijn geldig voor equinox 2000.0.*

De artikelen van Asher's *et al.* geven aan dat het tijdstip van maximale Leoniden activiteit kan worden voorspeld met een nauwkeurigheid van 10 minuten of beter. Zij gaan er vanuit dat stofuitstoot rond knooppassage nabij periheliumdoorgang\*\* van komeet 55P/Tempel-Tuttle ervoor kan zorgen dat door de zogenaamde gemiddelde baanresonantie met Jupiter (bijvoorbeeld: 5 omlopen komeet is 14 omlopen Jupiter), stofdeeltjes zich niet verspreiden, waardoor naar een bepaald aantal omlopen deze cluster van deeltjes precies door de knoop van hun baan gaat als ook de aarde nabij dit punt is.

Zo zouden stofdeeltjes uitgestoten rond periheliumdoorgang van de komeet in 1333 ervoor hebben gezorgd, dat we op 16/17 november 1998 de brede vuurbollenstructuur hebben kunnen zien met een maximum, volgens sommige bronnen, rond 17,1 November.

Ook uit het E-mail bericht van Reznikov werd de indruk gewekt dat niet het periheliumdoorgang in 1985 en 1998 van komeet 21P/Giacobinni-Zinner bepalend is geweest voor de hoge Draconiden maxima in 1985 en 1998, maar een cluster van stofdeeltjes die niet meer is gekoppeld met de komeet en zich in een andere (oude) baan bevindt. Ik noem ze hier voor het gemak maar 'Disconnected Dust-trails'. Simpel gezegd, blijven kort na het ontstaan van een 'Disconnected Dust-trail', de meeste stofdeeltjes nog in een cluster bijeen, terwijl de komeet zich reeds in een andere baan

T Comet	Year	Month	Day in UT		Sol.Long Observ.	JD	Calc. Sol. Long	O - C Sol. Long	Δ Years
<b>1333</b>									
	1532	okt	24,9	st	227,792	2280918,4	227,808	-0,017	199,118
	1998	nov	17,1	s	234,577	2451134,6	234,591	-0,014	665,145
<b>1533</b>									
	1666	nov	6,9	st	229,444	2329864,4	229,443	0,001	133,668
	1998	nov	16,8	s	234,275	2451134,3	234,275	0,000	465,687

heeft begeven. Onder invloed van de zwaartekracht van voornamelijk de grote planeten wordt binnen een aantal omlopen deze cluster steeds diffuser en na verloop van tijd zijn de deeltjes wijd verspreid. Maar er kunnen zich situaties voordoen dat de zwaartekracht van de planeten er juist voor zorgt dat de deeltjes in een cluster juist dicht bij elkaar blijven door de gemiddelde baanresonantie.

Uit verschillende bronnen heb ik ruim 120 tijdstippen van Leoniden activiteit gevonden vanaf 902 t/m 1998. Vrijwel alle auteurs van deze bronnen geven aan, dat het tijdstip niet altijd even nauwkeurig bekend is. Van een paar maxima heb ik met behulp van originele beschrijvingen nog een redelijk nauwkeurig tijdstip kunnen bepalen.

Met behulp van deze lijst en met behulp van de lijst van Yeomans met perihelium tijdstippen tussen 834 en 1998 van de komeet, zijn tot nu toe ruim 180 tabellen geproduceerd met daarin de berekende waarden van zonslengtes. De eerste reeks van berekende zonslengtes zijn bepaald met de aanname dat stofdeeltjes rond een bepaalde periheliumdoorgang zijn uitgestoten.

**Tabel 1** - 1<sup>e</sup> kolom: jaar van Perihelium doorgang komeet; 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kolom: jaar, maand en dag van het waargenomen maximum; 5<sup>e</sup> kolom: st = Leonidenregen, s = waargenomen hoge activiteit; 6<sup>e</sup> kolom: Zonslengte voor het waargenomen maximum; JD = Juliaanse Dag voor het waargenomen maximum; 8<sup>e</sup> kolom: berekende zonslengte voor het maximum voor deeltjes in een resonantiebaan; 9<sup>e</sup> kolom: verschil tussen waargenomen maximum en berekende maximum in graden; 10<sup>e</sup> kolom: verschil in jaren tussen periheliumtijdstip en tijdstip waargenomen maximum.

Men ziet dat periheliumdoorgang van de komeet in 1333 een zeer goede overeenkomst geeft tussen het berekende en waargenomen tijdstip voor 17,1 november 1998. Het is mogelijk dat periheliumdoorgang in 1333 een bijdrage heeft geleverd aan de Leonidenregen in 1532 en mogelijk ook mede verantwoordelijk voor die in 1594.

Het is ook niet uitgesloten dat periheliumdoorgang in 1533 er mede voor kan hebben gezorgd voor de brede vuurbollenstructuur op 16/17 november 1998. Er is vrijwel een perfecte overeenkomst tussen de berekende en waargenomen piek op 16,8 november. Mogelijk is ook periheliumdoorgang in 1533 verantwoordelijk voor de Leonidenregen in 1666.

We vinden inderdaad dat periheliumdoorgang van de komeet in 1333, een zonslengte oplevert voor 17,1 november 1998 (zie tabel 1). Op grond van de bevindingen van 1333 en 1998 zou men verwachten dat periheliumdoorgang in 1300 de brede vuurbollenstructuur voor 1965 zou opleveren. Echter uit de berekening volgt dat het jaar 1300 een maximum moet opleveren op 16 november 1965 rond 12h UT (zonslengte  $234^{\circ},42$ ). En dit is beslist niet in overeenstemming met het tijdstip van het waargenomen maximum, die, volgens verschillende bronnen, 8 - 24h later zou hebben plaatsgevonden.

Ook de meeste andere jaren waarin de komeet door het perihelium is gegaan, leveren andere tijdstippen dan is waargenomen. Deels kan dit worden verklaard doordat de tijdstippen van maxima niet goed zijn bepaald, deels doordat de stofdeeltjes juist niet in resonantiebanen zijn terechtgekomen. Echt overtuigend is de theorie van Asher *et al.* dus nog niet.

Daarentegen lijken tijdstippen van een maximum in een bepaald jaar, naar een volgende omloop of naar meerdere omlopen iets betere resultaten op te leveren. De afwijkingen zijn veel kleiner. M.a.w. "Disconnected Dust-trails" lijken in betere resonantiebanen te verkeren die ze in de buurt van de aarde brengen. In feite is dit ook wel min of meer te verwachten.

*Stel 133 jaren is precies vier omlopen van de komeet (4 keer 33,25 jaren) of haar uitgestoten stofdeeltjes\*\*\*, als ze zich in een resonantiebaan zouden bevinden.*

*Een Leonidenregen bijvoorbeeld in 1866 zou ervoor kunnen zorgen dat er in 1999, rekening houdend met de precessie, op vrijwel op hetzelfde tijdstip een maximum (maar niet perse een Leonidenregen) zou kunnen optreden. Voor 1999 geldt dit bij een zonslengte van  $235^{\circ},27$ .*

*Maar de komeet is op 18 januari 1866 door de knoop van haar baan gegaan. 133 jaren later gaan deze deeltjes ook in januari door de knoop van hun baan, terwijl de aarde zo'n twee*

Year	Month	Day in UT		Sol.Long Observ.	JD	Calc. Sol. Long	O - C Sol. Long	$\Delta$ Years
1532	oct	24,9	st	227,792	2280918,4	227,792	0	0
1998	nov	17,1	s	234,580	2451134,6	234,577	0,003	466,027
1594	nov	5,7	st	228,697	2303565,2	228,697	0	0
1998	nov	17,1	s	234,577	2451134,6	234,577	0,000	404,023
1666	nov	6,9	st	229,444	2329864,4	229,444	0	0
1998	nov	16,8	s	234,275	2451134,3	234,274	-0,001	332,019

**Tabel 2 :** 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kolom: jaar, maand en dag van het waargenomen maximum; 5<sup>e</sup> kolom: st = Leonidenregen, s = waargenomen hoge activiteit; 6<sup>e</sup> kolom: Zonslengte voor het waargenomen maximum; JD = Juliaanse Dag voor het waargenomen maximum; 8<sup>e</sup> kolom: berekende zonslengte voor het maximum voor deeltjes in een resonantiebaan; 9<sup>e</sup> kolom: verschil tussen waargenomen maximum en berekende maximum in graden; 10<sup>e</sup> kolom: verschil in jaren tussen tijdstip Leonidenregen en tijdstip van het waargenomen maximum.

*Men ziet dat het tijdstip van de Leonidenstorm in 1532 een vrijwel perfecte tijdstip voor 17,1 november 1998 oplevert. Ook de Leonidenregen van 1594 levert een perfecte overeenkomst voor 17,1 november 1998. En de Leonidenregen van 1666 levert een perfecte match voor 16,8 november 1998.*

*Het is dus niet uitgesloten dat de Leonidenregens van 1532, 1594 en 1666 (mede) verantwoordelijk zijn voor de brede vuurbollenstructuur van 16/17 november 1998.*

*maanden eerder in 1998 of zo'n tien maanden later in 1999 dit punt weer gaat passeren. Maar de cluster van stofdeeltjes die vrij zijn gekomen rond 18 januari 1866 zijn dan niet meer op dit punt aanwezig.*

Hoewel in tabel 2 zeer goede overeenkomsten zijn gevonden heb ik echter geen voorspellende karakter kunnen ontdekken in de andere tabellen\*\*\*. M.a.w. het lijkt erop dat er (ook) een toevallige samenloop van omstandigheden ten grondslag ligt aan deze overeenkomsten. Dit wil zeggen dat er omstandigheden kunnen optreden die ervoor zorgt dat zowel een cluster van deeltjes en de aarde elkaar precies treffen zonder dat hier sprake hoeft te zijn van een resonantie effect.

Hoewel ik de theorie van Reznikov en Asher *et al.* beslist niet wil afwijzen, zijn er nog teveel onzekere factoren. Bijvoorbeeld het versimpelen van het rekenmodel door Asher *et al.* Door de uitstoot van de stofdeeltjes in alle richtingen te laten plaatsvinden, i.p.v. ze in één bepaalde richting, kunnen de berekeningen uiteindelijk leiden tot een zeer grote fout. Rob van de Weg heeft met zijn stofstaart berekeningen aan kometen juist laten zien dat een versimpeling van het model in vele gevallen grote afwijkingen van de werkelijkheid gaat opleveren.

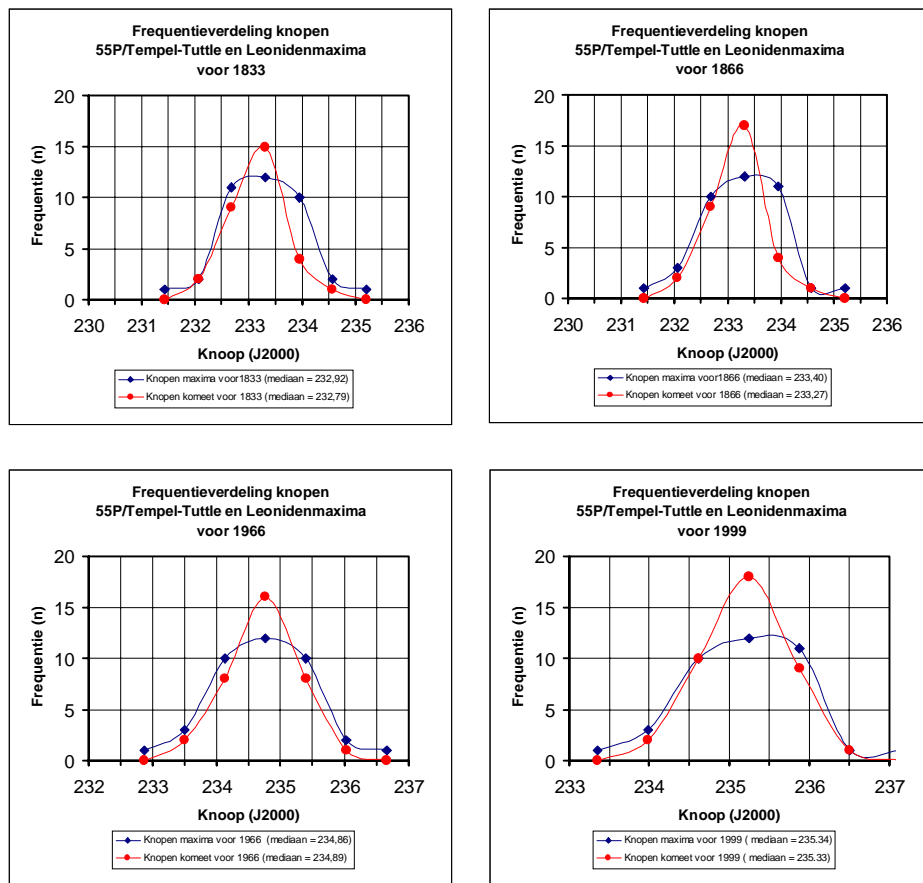
De komende jaren moet blijken of het model van Reznikov en Asher *et al.* voor de Leoniden daadwerkelijk werkt.

### November 1999

Uit historische optekeningen blijkt dat de meeste Leonidenregens op te treden nabij de knoop van de meest recente periheliumdoorgang van de komeet en dat periheliumdoorgangen en maxima van de Leoniden uit het recente en verre verleden voor de brede achtergrondstructuur zorgt.

Het laatste wordt aannemelijk gemaakt door de volgende vier grafieken met frequentieverdelingen voor berekende knopen van de komeet en Leonidenmaxima geldig voor 1833, 1866, 1966 en 1999.

Hierbij werd gebruikt gemaakt van alle periheliumdoorgangen van de komeet in de periode 834 en 1998 én van alle Leonidenregens én een groot aantal andere Leonidenmaxima. Bijvoorbeeld: Stofdeeltjes vrijgekomen tijdens periheliumdoorgang in 901 bij zonslengte  $219^{\circ},61$ , hebben in theorie in 1833, 1866, 1966 en 1999 een zonslengte van resp.  $233^{\circ},43$ ,  $233^{\circ},92$ ,  $235^{\circ},38$ , en  $235^{\circ},85$ . Andere periheliumdata en ook de Leonidenmaxima ondergingen dezelfde bere-



**Figuur 1 t/m 4:** frequentieverdelingen van knopen van de komeet (punten) en Leonidenmaxima (ruitjes) alleen geldig voor een specifiek jaar aangegeven in de grafiek berekend uit de stofuitstoot rond periheliumdoorgangen en Leonidenmaxima uit het verleden. De spreiding ligt voor alle grafieken in de orde van 3,75 graden. M.a.w. de meeste Leonidenactiviteit valt binnen vier dagen en dit kan de oorzaak zijn voor de brede achtergrondstructuur. Eerdere en latere (zeer lage) activiteit is mogelijk vanwege de spreiding van de deeltjes uit hun banen.

keningen die uiteraard andere zonslengtes opleverden.

Bij deze berekeningen is de aanname dat de stofdeeltjes zich in een baan bevinden die alleen door de zwaartekracht van de planeten wordt beïnvloed. Hierdoor zal de baan een bepaalde verschuiving ondergaan door precessie, waardoor theoretisch kan worden berekend wanneer de deeltjes in een bepaald jaar door de knoop van hun baan zullen gaan. Deze deeltjes zijn niet meer gekoppeld aan de komeet maar in feite losgekoppeld (Disconnected). Van de resultaten is voor elk specifiek jaar een frequentieverdeling gemaakt weergegeven in de figuren 1 t/m 4.

Als we nu kijken naar de waargenomen maxima weergegeven in figuur 5 dan valt direct op dat de meeste maxima vallen ná knooppassage van de komeetbaan door de aarde als de komeet het perihelium reeds is gepasseerd.

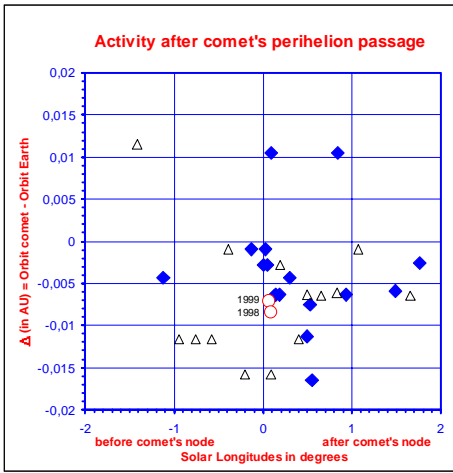
Mogelijk is het volgende aan de orde. De deeltjes die Leonidenregens veroorzaken zitten nog in vrijwel dezelfde baan als de komeet en vinden mo-

gelijk hun oorsprong in een recente periheliumpassage van de komeet die tenminste 1 omloop eerder heeft plaatsgevonden. Hierin worden we gesteekt door het volgende. Uit de historie blijkt, tot zover bekend, dat nog niet eerder een Leonidenregen heeft plaatsgevonden op meer dan 2 jaren ná periheliumpassage van een komeet en dat binnen 1 à 2 jaren ná periheliumpassage van de komeet de meeste Leonidenregens lijken op te treden. (zie figuur 6).

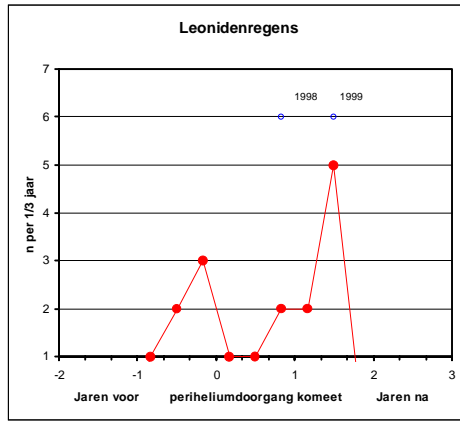
**Tijdstip?**

Wanneer kunnen we nu het maximum verwachten? Uit eerder onderzoek lijkt een relatie te bestaan tussen de afstand van de komeetbaan tot de aarde maar ook tussen de banen van de deeltjes en de aardbaan. In figuur 7 is nu deze relatie weergegeven als een lijn die is ontstaan uit de punten berekend uit het tijdsverschil tussen de maxima van 1833, 1866 en 1966 en de banen van dat moment. De cirkels geven de huidige mogelijke posities aan voor de baan van de komeet en/of voor die van de deeltjes. Indien de

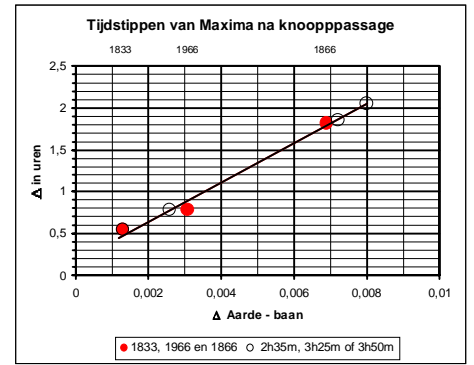
deeltjes zich in een baan op zo'n 0,0026 AE van de aardbaan bevinden dan zal het maximum op 18 november 1999 rond 2h35m UT kunnen optreden. Bevinden ze zich dicht bij de komeetbaan, op 0,0072 of op 0,0080 AE van de aardbaan dan kan het maximum rond 3h25m of rond 3h50m UT optreden. Maar er bestaat de mogelijkheid dat het maximum waargenomen rond 235°,32 in 1998 (van Mil & Betlem, Arlt) wellicht het eerste teken is geweest van waar het maximum dit jaar zal kunnen vallen. Rekening houdend met de precessie dan zal dit jaar dezelfde piek rond 3h15m UT kunnen gaan optreden. Maar vele andere auteurs hebben verschillende benaderingen. Sommigen willen reeds op de 17° rond 9h UT het maximum laten vallen, weer anderen rond 10h UT op de 18°, maar de meeste auteurs verwachten het maximum in de vroege ochtend van de 18°. Wellicht dat een aantal overeenkomsten zijn in hun benaderingen maar er zijn ook verschillen. In tabel 3 is een aantal tijdstippen op een rijtje gezet.



**Figuur 5 :** Verdeling van de Leonidenmaxima vóór of ná knooppassage in de jaren ná periheliumpassage van de komeet. De ruitjes zijn Leonidenregens en de driehoekjes hoge activiteit. De cirkels geven de posities van 1998 en 1999 aan.



**Figuur 6 :** Frequentieverdeling van Leonidenregens van vóór en ná periheliumpassage van de komeet in perioden van 1/3 jaar. Boven in de grafiek zijn de posities van de knooppassages van 1998 en 1999 gegeven. Er was dus wel een redelijke kans dat in 1998 een Leonidenregen zou optreden. Maar de kans lijkt dit jaar groter. Daarna wordt de kans wel heel erg klein. Maar volgens Asher et al. zal juist in 2001 én 2002 een Leonidenregen kunnen gaan optreden.



**Figuur 7 :** Relatie tussen het tijdstip van het maximum na knooppassage en de afstand tussen de baan van de deeltjes en de aardbaan. Horizontaal het verschil tussen de banen in AE en verticaal het tijdverschil na knooppassage. De jaartallen geven de positie aan van de Leonidenregens in het verleden (stippen). De open cirkels vertegenwoordigen de mogelijke posities van de stofdeeltjes voor 18 november 1999.\*\*\*\*\*

Yeomans	McNaught en Asher	Rao	EPB	Jenniskens	Brown
1h48m	2h08m	3h00m	2h35m	1h30m	23h (17 nov)
			3h15m		
		2h08m t/m	3h25m		2h20m
		4h17m	3h50m		

**Tabel 3 :** Tijdstippen van het maximum volgens verschillende auteurs voor 18 november 1999 (tijdstippen in UT)

Maar verassingen zijn beslist niet uitgesloten!

**Hoogte van de activiteit?**

Welke activiteit kunnen we nu tijdens het maximum verwachten? Ook dit is afhankelijk van de afstand van de baan tot de aardbaan en van de dichtheid van de deeltjes in deze baan. Als we ervan uitgaan dat de dichtheid hetzelfde is als in 1833, 1866 en 1966 dan komen we tot de volgende mogelijkheden.

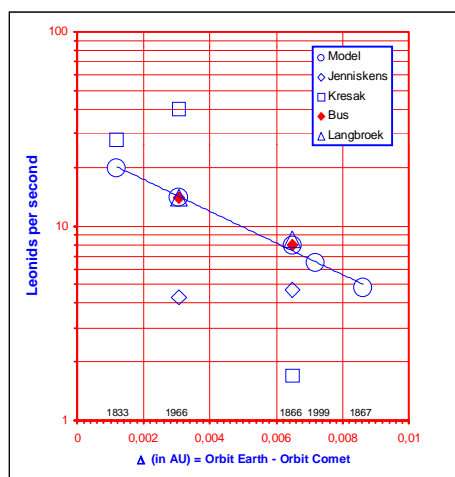
Op een afstand van 0,0026 AE kunnen we dan maximaal zo'n 13 Leoniden per seconde te zien krijgen. Is de afstand groter, dan vinden we rond het maximum bij 0,0072 en 0,008 AE maximaal ca. 6 à 7 Leoniden per se-

conde (zie figuur 8). Uiteraard hoeft dit niet te betekenen dat er een Leonidenregen dit jaar zal gaan optreden! Sinds het jaar 902 zijn er zo'n 20 Leonidenregens opgetreden. Gemiddeld zou dit 1 per 2 omlopen van de komeet zijn. Maar in tenminste 4 gevallen zijn er Leonidenregens geweest in twee opeenvolgende jaren. De kans lijkt dus kleiner dan 50% dat er dit jaar een Leonidenregen optreedt. Maar als we nu eens gaan kijken wat de oorzaak kan zijn geweest als er geen Leonidenregen is opgetekend. (Behalve dan dat het wel is waargenomen, maar niet is opgetekend; of wel is opgetekend maar de informatie is verloren gegaan of nog niet teruggevonden; of dat het wel is opgetre-

den maar door bijvoorbeeld bewolking niet is waargenomen.)

Er zijn twee oorzaken aan te wijzen. Bij vrijwel alle niet opgetekende Leonidenregens lag de baan van de komeet buiten de aardbaan (14 keer) en in 5 gevallen, kan de oorzaak wellicht worden gezocht door de invloed van de grote planeten die de stofdeeltjes of hebben verspreid of de banen hiervan buiten die van de aardbaan hebben gestoord (waaronder die van rond het begin van de eeuw en in de 30-tiger jaren).

Aangezien de komeetbaan nu binnen de aardbaan ligt en de deeltjes geen grote storingen hebben ondervonden van de grote planeten en de meeste Leonidenregens binnen 1 à 2 jaren na periheliumpassage optreden, lijkt de



**Figuur 8:** Relatie tussen de maximale activiteit van Leonidenregens en de afstand van de deeltjes tot de aardbaan. Horizontaal de afstand tussen de aardbaan en de komeetbaan en verticaal het aantal Leoniden per seconde tijdens het maximum. \*\*\*\*\*

kans dus nu veel groter (>75% volgens de statistiek) dat we dit jaar ergens op de wereldbol een Leonidenregen te zien kunnen krijgen.

Maar het is de vraag of de stofdeeltjes zich ook maar iets van deze statistiek zullen aantrekken.

### Radiant gloed ?

Een indicatie voor een mogelijke zeer hoge Leonidenactiviteit kan de zogenaamde radiant gloed opleveren die dan mogelijk hooguit een paar uur vlak voor knooppassage zichtbaar zal kunnen worden. Door voorwaartse verstrooiing van het licht kan een grote cluster van deeltjes, indien de dichtheid hiervan groot genoeg is, zichtbaar worden nabij de ware radiant. Deze radiant gloed wordt dan ongeveer zichtbaar in de nabijheid van 54 Leo. Indien deze gloed zichtbaar wordt kan dit betekenen, dat binnen een paar uur hoge activiteit van de Leoniden kan worden opgetekend.

### Conclusie

Vele auteurs leveren evenveel opties voor de komende maximale activiteit en het tijdstip van het maximum én niet één is tot nu duidelijk overtuigend. Voornamelijk wordt dit veroorzaakt doordat de banen van de stof-

deeltjes niet bekend zijn. Zolang we dit niet precies weten, blijft het dus een grote gok\*\*\*\*\*.

Waarnemen is dus de enige optie die overblijft en waarnemen in de nacht vóór en ná knooppassage, is gezien de historie, zeer aan te raden!

*Met dank aan Carl Johannink voor het kritisch doorlezen van deze samenvatting en zijn zeer bruikbare opmerkingen.*

*Noot\*:* oorspronkelijk was dit verhaal bedoeld als een discussie inbreng op de DMS bijeenkomst van 2 oktober 1999 te Lattrop. Helaas was schrijver verhinderd. Hiervoor in de plaats is deze samenvatting.

*Noot\*\*:* Asher et al. hebben als startpunt het tijdstip van knooppassage van de stofdeeltjes genomen. In dit artikel heb ik het tijdstip van periheliumpassage genomen die ca. 7 á 8 dagen eerder plaats vond. De verschuiving van de knoop hierdoor ligt in de orde van ongeveer 0,0003 graad en heeft dus geen noemenswaardig effect op de berekeningen.

*Noot\*\*\*:* om precies te zijn is het verschil tussen 14 november 1866 en 18 november 1999 133,008 jaren en is de gemiddelde periode van de stofdeeltjes 33,252 jaren.

*Noot\*\*\*\*:* uit berekeningen blijkt dat een grote groep van periheliumdoorgangen van de komeet en van Leonidenactiviteit uit het verleden ook zonlengtes opleveren gelegen tussen 0h en 12h UT. Er is dus altijd wel één die toevallig samenvalt met een eventuele piek op a.s. 18 november. Echter dit wil dan beslist niet zeggen dat dit dan ook de bron is. Ditzelfde geldt als een piek samenvalt op het voorspelde tijdstip van één van de andere auteurs. Zonder onderbouwing van het waarom is het een gewone goede gok.

*Noot\*\*\*\*\*:* Uit de figuren 7 en 8 is op te maken dat er een relatie bestaat tussen het tijdsverschil en de intensiteit van de Leoniden. Hoe dichter het maximum na knooppassage van de komeet, desto intenser is de activiteit. Deze regel zou in strijd zijn met de bevindingen van Asher et al. die het maximum 20 minuten na knooppassage willen laten plaatsvinden maar met een ZHR van 1200 a 1500.

### Referenties:

1. Arlt, R., WGN, **26**, 239-248 (1998)
2. Asher, D.J., Mon. Not. R. Astron. Soc., 1-6, *In press* (1999)

3. Asher, D.J., M.E.Bailey and V.V.Emel'yanenko, Mon. Not. R. Astron. Soc., 1-5, *In press* (1999)
4. Bronsten, V.A., in *Physics and Dynamics of Meteors, Proceedings of IAU Symp. No. 33*, 440-445 (1968)
5. Brown, P., M.Simek and J.Jones, Astron. Astrophys, **322**, 687-695 (1997)
6. Curry, P.A. Mon.Not.R. Astron. Soc., **93**, 3, 190-192 (1933)
7. Diggelen, J. van, Hemel en Dampkring, **65**, 6, 167-180, (1967)
8. Diggelen, J. van, Hemel en Dampkring, **65**, 6, 181-182, (1967)
9. Guth, V., in *Physics and Dynamics of Meteors, Proceedings of IAU Symp. No. 33*, 476-480. (1968)
10. Hasegawa, I., in *Meteoroids and their Parent Bodies*, 209-223 (1993)
11. Jenniskens, P., Astron.Astrophys, **287**, 990-1013 (1994)
12. Jenniskens, P., Astron.Astrophys, **295**, 206-235 (1995)
13. Jenniskens, P., Meteoritics & Planetary Science **31**, 177-184 (1996)
14. Kazimirzak-Polonskaja, E.I., N.A.Beljaev, I.S.Astapovic, A.K.Terentjeva, in *Physics and Dynamics of Meteors, Proceedings of IAU Symp. No. 33*, 449-475 (1968)
15. Kresak, L., Astron.Astrophys. **279**, 646-660 (1993)
16. Langbroek, M., *privé correspondentie* (1998)
17. Maanders, E.J., Hemel en Dampkring, **65**, 6, 149-160, (1967)
18. Mason, J.W., J.Br.Astron.Assoc. **105**, 5, (1995)
19. Mil, O. van, en H. Betlem, Radiant, **21**, 3, 65-72, (1999)
20. McNaught, R.H., e-mail bericht in Oktober 1998
21. McNaught, R.H., and D.J.Asher, WGN, **27**, 85-102 (1999)
22. Milton, D., J.Br.astr.Ass., **72**, 2, 89-93 (1967)
23. Plavcova, Z., in *Physics and Dynamics of Meteors, Proceedings of IAU Symp. No. 33*, 432-439 (1968)
24. Rao, J., WGN, **27**, 177-194 (1999)
25. Weg, R.L.W. van de, *privé correspondentie*
26. Wu, Z., and I.P.Williams, **280**, 1210-1218 (1996)
27. Yeomans, D.K., Icarus **47**, 492-499 (1981)
28. Yeomans, D.K., K.K.Yau and R.Weissman, Icarus **124**, 407-413 (1996)

