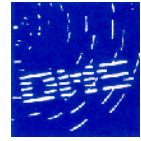


eRadiant



Jaargang 6, nr.6

November 2010

Elektronisch e-zine voor meteoren waarnemers uitgegeven door de Dutch Meteor Society



In dit nummer:
Geminiden: 30 jaar visuele waarnemingen

Colofon

Redactie eRadiant

Kometen	Peter Bus
Meteoren	Carl Johannink
Samenstelling	Koen Miskotte
Correcties	Jaap van 't Leven
Verspreiding	Casper ter Kuile

eRadiant is een elektronisch tijdschrift van en voor meteorwaarnemers. Het blad wordt uitgegeven door de Dutch Meteor Society. Het is kosteloos te downloaden vanaf de website van de Dutch Meteor Society:

www.dmsweb.org



Voorplaat

Deze keer weer een bijzondere voorplaat. Het is een compositie foto gemaakt door Erno Berko uit Hongarije. Hij heeft tijdens de Geminiden van 2007 gedurende vier nachten een Canon EOS 350D buiten gehad met een Peleng 8 mm fish eye lens. Hij fotografeerde ruim 130 Geminiden waarvan een groot deel is gebruikt in deze compositie. De opname was ook APOD op 3 januari 2008. Zie ook: <http://apod.nasa.gov/apod/ap080103.html>

Redactioneel

Het is de nacht 14/15 december 2007 tussen 23:00 en 04:00 UT. Vijf waarnemers liggen in Portugal de Geminiden waar te nemen en zijn zeer enthousiast. Zij zien namelijk de ene na de andere Geminidevuurbol omlaagsuizen en in aantallen zoals niet eerder waargenomen. Lees ook [eRadiant 2008-2 blz. 42-53](#). Direct na deze actie werd begonnen met de analyse van het 2007 materiaal. Het leverde leuke resultaten op ([eRadiant 2008-2 blz. 56-60](#)). Na deze analyse werd gekeken in de DMS database en de VMDB van IMO of er eerdere meldingen waren van extreem veel heldere vuurbollen. Al doende ontstond bij Koen het volgende idee:

"Er zijn meerdere theorieën bekend over de evolutie van de Geminiden meteorenzwerm. De DMS heeft in zijn ruim 30 jarige bestaan een aantal succesvolle Geminiden acties gedraaid. Zou het niet leuk zijn om eens te kijken of we deze modellen niet kunnen toetsen met onze data van de afgelopen 30 jaar? M.a.w. is er iets van een evolutie zichtbaar in de DMS Geminidendata?"

Welnu, bijna 3 jaar later is het zover. Het is een enorme klus geworden: allereerst de data uit de DMS database lichten, vervolgens eventueel aanvullen met data uit de VMDB. Dit leverde een berg data op van ruim 40000 Geminiden. Er volgde een strenge selectie en er is uitgebreid literatuur onderzoek gedaan in Radiant, met name de oudere analyses. Al dit rekenwerk werd gedaan tussen alle andere analyses en eRadianten door in de periode eind 2007 - zomer 2008. Er volgde een periode waarin weinig gebeurde tot na de Geminiden 2009. Dit jaar is er in perioden weer volop gewerkt aan de analyse.

Vervolgens werd een flink verhaal geschreven dat ettelijke malen gelezen en deels weer herschreven is. Verwacht geen gortdroog verhaal, het nummer is doorspekt met foto's van Geminiden, expeditiefoto's en leuke (en één minder leuke...) anekdotes van enkele bekende waarnemers. Veel leesplezier!

De redactie.

Inhoud eRadiant 2010-6

Blz.	Artikel
150	Voorplaat
151	Redactioneel
152	Geminiden: 30 jaar waarnemingen (1980-2009)

Auteur(s)
Erno Berko
Redactie
Koen Miskotte, Carl Johannink, Michel Vandeputte en Peter Bus

Geminiden: 30 jaar waarnemingen (1980-2009)

Koen Miskotte, Carl Johannink, Michel Vandeputte en Peter Bus

Inleiding

De Geminiden meteorenzwerm staat onder de actieve meteorenwaarnemers bekend als de meest "betrouwbare" zwerm die waarneembaar is. De zwerm is medio december actief en dat heeft zowel voor- als nadelen. Het voordeel is dat de nachten erg lang zijn en de zwerm de hele nacht waarneembaar is. Tijdens een glasheldere nacht 13/14 december kan een meteorenwaarnemer afhankelijk van perceptie, waarnemomstandigheden en waarnemingsduur al gauw honderden zo niet duizend meteoren tellen. Nadeel is dat het weer vooral in West Europa nogal matig is in december: in Nederland is de kans op een heldere nacht minder dan 10%, terwijl op gunstige locaties zoals Spanje of Portugal dit percentage ook nog slechts 50% is.

Het interessante aan de Geminiden is dat de zwerm pas in de loop van de 19^e eeuw ontdekt werd en stelselmatig actiever werd in de loop van de jaren. Heden ten dage is de zwerm uitgegroeid tot een heuse topper waarbij wetenschappers zich afvragen of deze evolutie in de komende decades nog verder zal toenemen of dat deze trend zal gaan stabiliseren en/of afnemen. Er zijn wetenschappers die beweren dat we het hoogtepunt al bereikt hebben rond het jaar 2000; maar er zijn ook andere theorieën die stellen dat we in de komende decades steeds meer en meer Geminiden zullen zien. Zo oppert Peter Jenniskens in [1] dat de hoogste aantallen Geminiden te zien zullen zijn rond 2050. Ook het aandeel heldere Geminiden zal flink toenemen is de verwachting.

Heden ten dage pieken de Geminiden met een ZHR van ~120-140 meteoren per uur. Dat is meer dan een doorsnee Perseïden terugkeer (ZHR 80). Maar of de activiteit nu daadwerkelijk aan het stijgen of dalen is zal men alleen maar kunnen achterhalen aan de hand van een goede dataset over een groot aantal jaren. En net als binnen de klimatologie zal men dit ook alleen maar kunnen beoordelen op basis van jarenlange intensieve waarnemingsarbeid door het liefst steeds dezelfde waarnemers.

De Dutch Meteor Society is actief sinds 1979 en sinds die tijd is de zwerm een aantal keren goed waargenomen. De Geminiden evolutie verloopt niet zo heel snel, maar in een periode van 30 jaar moet er toch iets van terug te vinden zijn? In dit artikel geven wij een overzicht van de Geminiden activiteit tussen 1983 en 2009 en proberen we te kijken of we één van genoemde modellen kunnen staven met onze data. M.a.w. is er iets van deze evolutie zichtbaar is in onze data?

Hoofdstuk 1.0: DMS en de Geminiden in een notendop...

Jaar	n Geminiden	N obs
1980	38+?	2
1983	1659	5
1984	310	6
1985	1660	2
1987	217	2
1990	2483	6
1991	4194	11
1994	580	6
1996	2995	6
1998	238	1
1999	239	1
2001	2739	9
2004	4088	8
2006	1009	1
2007	5806	7
2008	746	5
2009	4181	10
Totaal	33144	

Tabel 1: Overzicht van goede Geminiden jaren in de periode 1979-2009. Let op, dit zijn de aantallen Geminiden die in deze analyses zijn gebruikt, de totaal aantallen waargenomen meteoren van deze acties liggen veel hoger. Over de data uit 1980 is geen analyse gedaan. Een "goed" Geminidenjaar is als er een flinke periode van goed helder weer was in de nachten 13/14 en/of 14/15 december. Voor de volledigheid is 1980 ook toegevoegd, maar deze data is niet gebruikt in de analyses.

Afgelopen drie decennia konden de Geminiden, ondanks het vaak matige weer in december, toch regelmatig waargenomen worden. Vooral de laatste decennia was dit mogelijk dankzij korte buitenlandse acties. Die acties leveren doorgaans veel en goede data op. Tabel 2 geeft een overzicht van de aantallen Geminiden per decennium die gebruikt zijn in deze analyses.

Periode	n Geminiden
1980-1989	3846
1990-1999	10729
2000-2009	18569
3 decennia	33144

Tabel 2: Overzicht Geminiden per decennium.

Hoofdstuk 2.0: Werkwijze analyses 1983-2009

Natuurlijk zijn van de meeste Geminiden acties uitgebreide analyses gedaan door o.a. Rudolf Veltman, Peter Jenniskens, Marco Langbroek en ondergetekenden. Toch werd besloten om alle data nog eens te berekenen en indien mogelijk extra data toe te voegen bijvoorbeeld uit de DMS database of de VMDB van de IMO. Daarna werd deze data aan een streng selectieproces onderworpen. Zo is een deel van de data uit eerdere analyses verworpen: dit kan zijn door te lage grensmagnituden maar ook het gebruiken van een andere waarneemtechniek is een reden om data uit de berekeningen te houden.

Het doel van dit alles: ZHR grafieken maken die op exact dezelfde (reken) wijze tot stand zijn gekomen. En vervolgens eens te kijken hoe de zwerm zich heeft ontwikkeld in die 30 jaren.

Allereerst werd alle Geminiden data uit de visuele database van DMS gelicht. Daarnaast werd, indien nodig, gespeurd in de archieven van de IMO. Bij elkaar leverde dat een berg data op van ruim 40000 Geminiden. Na een flinke schifting bleven ruim 33000 Geminiden over (zie tabellen 1 en 2). Voor deze schifting werd gekeken naar radianthoogten (alleen data met radianthoogten vanaf 30 graden werd gebruikt), ervaring van de betreffende waarnemers, grensmagnituden en waarneemperioden. Tevens werd de dataset beperkt tot de nachten 13/14 en 14/15 december. Voor deze analyse werden alleen uurtellingen gebruikt. In de database kwamen ook heel veel kwartiertellingen voor, die samengevoegd werden tot uurperioden.

In tabel 3 een lijst van waarnemers waarvan data is gebruikt in de analyses. Van sommige waarnemers is slechts eenmaal data gebruikt in de analyses, maar er is wel gekeken naar de ervaring van de betreffende waarnemer. Een voorbeeld is Hans Breukers van wie alleen data is gebruikt uit 1983. In de periode 1981-1986 was dit een zeer actieve waarnemer die helaas alleen de Geminiden van 1983 goed heeft kunnen waarnemen. Alle relevante data werd opgeslagen in één groot spreadsheet. Dit werk gebeurde tussen de eRadiant werkzaamheden en andere zwerm analyses door.

	Naam	Jaar --->	80	83	84	85	87	90	91	94	96	98	99	01	04	06	07	08	09	Tot
1	BENPA	P. Bensing							x											1
2	BETFE	F. Bettonvil															x		x	2
3	BETHA	H. Betlem								x									x	2
4	BIEJE	J.M. Biets													x				x	2
5	BREHA	H. Breukers		x																1
6	LIGMA	M. de Lignie						x	x											2
7	DIJSI	S. Dijkstra												x	x		x	x	x	5
8	GRIAR	A. Grinwis															x			1
9	HAARO	R. Haas	x		x				x	x										4
10	JENPE	P. Jenniskens							x	x										2
11	JOBKL	K. Jobse		x	x	x			x	x	x									6
12	JOHCA	C. Johannink	x	x					x		x			x	x		x	x	x	9
13	KEERO	R. Keeris													x				x	2
14	LANMA	M. Langbroek							x	x	x			x						4
15	LEUPE	P. van Leuteren															x	x	x	3
16	LEVJA	J. van 't Leven								x	x									2
17	MILOL	O. van Mil									x									1
18	MISKO	K. Miskotte	x	x	x				x	x	x			x	x		x	x	x	11
19	NIJJO	J. Nijland		x							x						x		x	4
20	OSVDA	D. van Os												x				x	x	3
21	RISBA	B. Rispens		x	x			x	x											4
22	ROGPA	P. Roggemans						x	x	x	x									4
23	SCHAL	A. Scholten							x	x		x							x	5
24	TUKAR	A. Tukkers													x					1
25	VANMC	M. Vandeputte											x	x	x	x	x	x	x	6
26	VANSI	S. Vanderkerken											x				x			2
27	VERRI	R. Verhoef												x	x					2
	Totaal		3	6	5	2	2	4	11	7	6	1	1	9	8	1	8	5	12	91

Tabel 3: Overzicht van alle waarnemers waarvan data is gebruikt in de analyses. De in rood aangegeven nummers zijn niet gebruikt.

Vervolgens werden nauwkeurige ZHR curven bepaald per jaar. De ZHR curven werden berekend met aangenomen R waarden (2.50 voor zonnengte 262.2 en 2.30 na zonnengte 262.2) afkomstig van gemiddelde IMO waarden. Daarnaast werd om redenen genoemd in [18, zie het hoofdstuk "De invloed van gamma 1.4 op de ZHR berekeningen] een gamma correctie van 1.0 i.p.v. 1.4 gebruikt. Al dit werk leverde een flink aantal ZHR curven op die gebruikt zijn in dit artikel.

Er werd ook nog gekeken naar literatuur over de Geminiden. In de literatuur [1, 35, 36] vonden wij terug dat er een 'double main peak structure' bestaat.

Uit onderzoek van G. Spalding [36] in de periode 1969 - 1980 werd weinig shift gevonden in de piektijdstippen. Peter Jenniskens vond uit onderzoek tussen 83-85 data: zonnengte 261.01 \pm 0.02° en zonnengte 262.34 \pm 0.01°

IMO (periode 1988 tot 1997): zonnengte 262.12 \pm 0.02° (ZHR 140) en zonnengte 262.33 \pm 0.02° (ZHR 90 a 110).

Hoofdstuk 3.0: Geminiden in de 80-er jaren

De Geminiden van 1980 waren de eerste DMS Geminiden [2] waarnemingen, helaas zit er alleen van MISKO waarnemingen in de database en dan slechts twee uur waarin 38 Geminiden werden geteld. Van de jaren 1983, 1984, 1985 en 1987 zijn ZHR grafieken gemaakt worden, waarvan 1984 en 1987 van matige kwaliteit zijn door een te geringe hoeveelheid data en het overvloedige maanlicht.



*Foto 1: Opname van een tweetal Geminiden uit de nacht 13/14 december 1980 vanuit Harderwijk. Tijdens de belichting heeft de camera een stoot gehad getuige de verschoven ster sporen. Camera: Practica LTL 3 met een 28 mm groothoeklens, film: Tri-X.
Foto: Koen Miskotte*

3.1: De eerste fraaie DMS Geminiden actie was in 1983

Maan: Net voorbij eerste kwartier, dus storing in het eerste deel van de nacht.

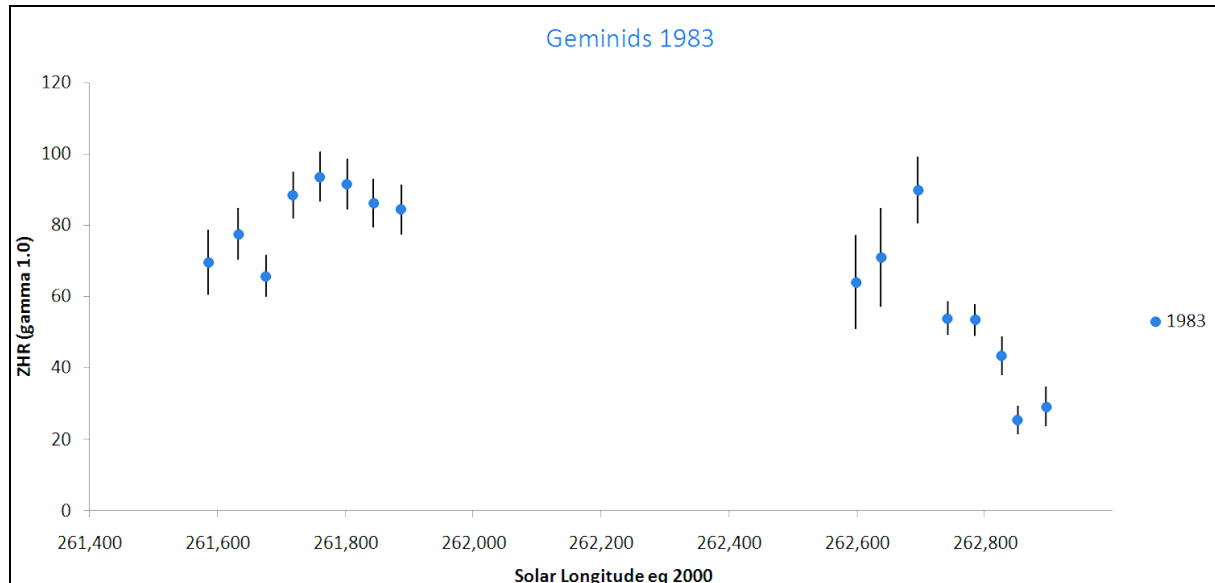
Weer: 13/14 december lokaal deels of geheel helder en een geheel heldere 14/15 december.

Locatie: Nederland.

In de aanloop naar het maximum waren er al een aantal (deels) heldere nachten. De nacht 13 op 14 december verliep geheel helder in het oosten. Helaas trok een bewolkingsband traag van west naar oost over het land waardoor waarnemers in o.a. Loosdrecht en Harderwijk na een uur dicht zaten. Klaas Jobse kon weer profiteren van nieuwe opklaringen in de laatste uurtjes van deze nacht. De nacht 14/15 december verliep helder in heel Nederland en werden vele heldere Geminiden gezien, waaronder een aantal vuurbollen [3]. Tevens werd een sporadische vuurbol van -7 waargenomen en quadrimultaan gefotografeerd [4, 28, 29].

De grafiek uit het jaar 1983 lijkt duidelijk een "dubbele" piek te laten zien. We moeten ons wel realiseren dat de dataset relatief beperkt is qua aantallen, de tweede "piek" is gebaseerd op data van slechts 2 waarnemers

onder maanlicht omstandigheden. Duidelijk is ook dat vooral de eerste grafiekpunten van 14/15 december 1983 te lijden hebben van maanlicht (grote error bars). Verder viel dat jaar op dat het heldere spul in de nacht 14/15 december viel. De analyse van Rudolf Veltman gaf een maximum ZHR van 130 tegen de ochtend van de 14^e december [19]. Dit zijn veel hogere ZHR's dan gevonden in deze analyses, maar er zijn in die tijd nog geen cp waarden meegenomen in de data reductie en er werd een zenit exponent van 1.4 gebruikt tegen de 1.0 die in deze analyse werd gebruikt, zie [18] om de redenen. De huidige analyse geeft een maximale ZHR van 95.



Grafiek 1: Geminiden 1983 gebaseerd op 1659 Geminiden waargenomen door BREHA, JOBKL, JOHCA, MISKO, NIJJO en RISBA.

3.2: Zeer hoge ZHR's in 1984?

Maan: Een vrijwel volle maan de hele nacht boven de horizon.

Weer: Zeer lokaal opklaringen.

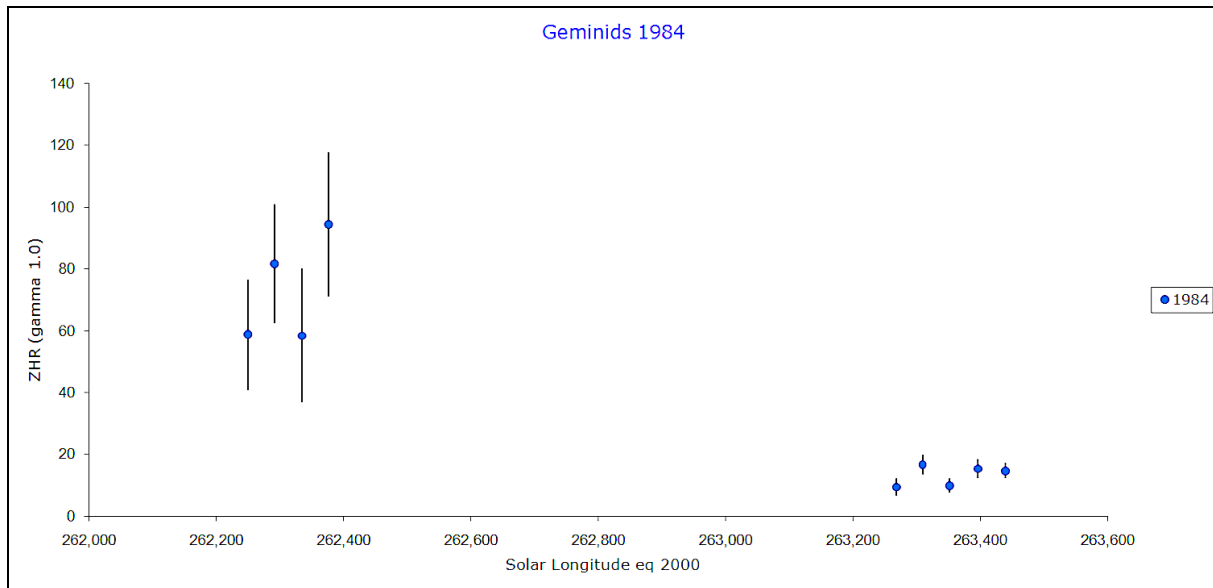
Locatie: Nederland.

In 1984 trok er een opklaringsgebied traag van west naar oost over Nederland die vanuit het westen door bewolking weer verdreven werd. Daarnaast verlichtte een bijna volle maan de waarneem terreinen. De waarnemers in het westen moesten al snel stoppen, maar de waarnemers in Harderwijk konden doorgaan tot 1:00 UT. Daar werden drie (zeer) heldere Geminiden van respectievelijk -4, -8 en -7 gezien en gefotografeerd [5,29].

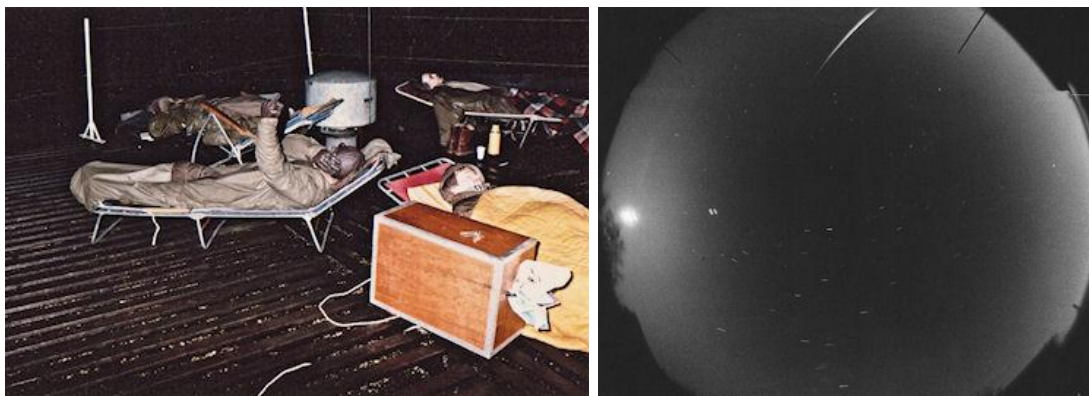
In de analyse van 1984 worden zeer hoge ZHR's gevonden met waarden tot tegen de 150 [20]. In 1984 hadden de waarnemingen zwaar te lijden van het overvloedige maanlicht, er werd waargenomen met grensmagnitudes tussen de 4,8 en 5,4 [5]. In de originele verwerking werd ook de waarneemdata uit het westen meegenomen, ondanks de zeer lage radiantstanden (beneden de 30 graden) waardoor grote afwijkingen in de ZHR kunnen ontstaan.

Het grote nadeel van deze lage grensmagnitudes is dat als er één ster meer waargenomen wordt in een telgebied de grensmagnitude soms 3 of 4 tienden hoger ligt. Bij zeer lage grensmagnitudes maakt dit erg veel verschil in de uitkomsten van ZHR berekeningen.

Bij nader onderzoek naar de grensmagnitudes waargenomen in 1984 bleek nog een (groter) probleem. Een voorbeeld: zo zag Koen Miskotte in 1984 7 sterren in telgebied 2. Kijken we op de oude grensmagnitude tabel van het oude DMS visuele handboek uit 1988 [21] dan geeft dat een grensmagnitude van 5,1. Kijken we in de huidige IMO tabel dan geeft het een grensmagnitude van 5,55. Voeren we deze nieuwe grensmagnitudes in dan volgen veel lagere ZHR's tussen de 80 á 100. Gelukkig zijn de verschillen in de grensmagnitudes hoger dan 6.0 veel kleiner zodat hier amper grote verschillen optreden. Het zou een ondoenlijke klus zijn om al die grensmagnitude bepalingen nog eens na te lopen. Uiteindelijk leverde dit grafiek 4 op, meteen valt op aan de error bars dat de maan flink stoorde. In ieder geval is de ZHR nu meer in lijn met de jaren 1983 en 1985. Duidelijk is wel dat dit soort "maanlicht" data ongeschikt is voor een serieuze analyse en dus ook voor vergelijkingen met recente jaren voor wat betreft de vraag ligt de ZHR nu hoger dan in de 80-er jaren, dit door de zeer grote deviaties die optreden bij ZHR berekeningen.



Grafiek 2: ZHR curve Geminiden 1984 na correcties op de grensmagnitude. Gebaseerd op data van 310 Geminiden en data van GRIAR, HAARO, JOBKL, KELER, MISKO en RISBA



Foto's 2 en 3: Links: team Delphinus in actie op het dak van de watertoren nabij Harderwijk tijdens de Geminiden van 1984. V.l.n.r. Olaf Miskotte, Arjen Grinwis, Bauke Rispens en Koen Miskotte. Rechts: Opname van een -8 Geminide met een Canon T70 camera voorzien van een Canon FD 4.5/7,5 mm fish eye lens.

3.3: De zuid Franse Geminiden 1985

Maan: Nieuwe maan op 12 december, geen storend maanlicht.

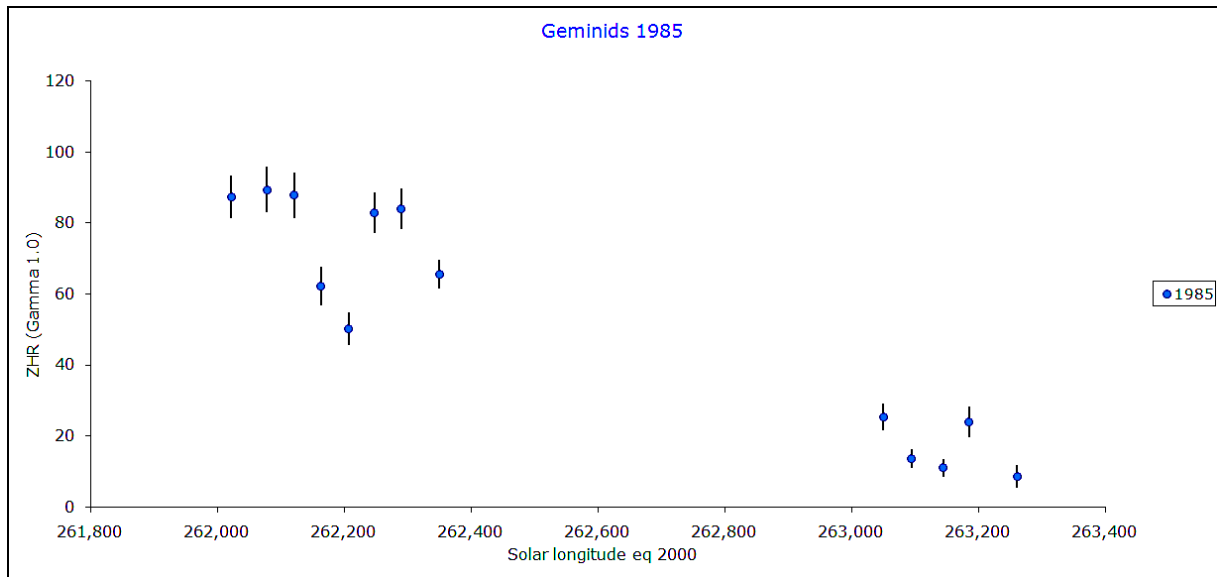
Weer: Helder weer.

Locatie: Puimichel, Zuid-Frankrijk.

In 1985 nam Klaas Jobse samen met de bekende Belgische waarnemer Paul Roggemans waar vanuit Puimichel, zuid Frankrijk. Zij namen vrijwel hetzelfde aantal Geminiden waar als de vijf waarnemers in twee nachten in Nederland 2 jaar eerder [6]. Hun data in de nacht 13/14 december laat een forse dip zien gedurende een periode van 2 uur waarbij de ZHR zowat halveerde. Het nalezen van het verslag [6] geeft wellicht deels een mogelijke oorzaak van deze nogal forse dip: er wordt melding gemaakt van een overtrekkend cirrus veldje in de periode ergens tussen 23:00 en 02:00 UT. De Lm gaat inderdaad een stukje omlaag.

Voor de waarnemers JOBKL en ROGPA werd nog eens een cp berekend. Beiden hadden de zomer ervoor uitgebreid waargenomen in Puimichel en er was dus voldoende data beschikbaar voor een goede cp berekening. Dit leverde een cp op van 1.43 voor ROGPA en 1.45 voor JOBKL. Rudolf Veltman vindt een maximum ZHR van 126 deze nacht [19]. Ook in deze analyse werden vervolgens lagere ZHR's gevonden: zo rond de 80 à 90. Dit dus door de gebruikte cp's en de gamma 1.0 i.p.v. 1.4.

De dubbele piek die dus vanuit Puimichel werd vastgelegd is als basis gebruikt voor het artikel van Peter Jenniskens in 1986 [20]. In de nieuwe analyse komt hij er ook erg duidelijk uit, maar de vraag is in hoeverre de cirrus invloed had op deze diepe dip. Maar, toch komt deze piek mooi overeen met de gevonden dubbele piek van de IMO uit de periode 1988-1997 rond zonnelongte 262.12 \sim 0.02° (niet qua ZHR: 140) en 262.33 \sim 0.02°. Ook in 1983 is een dubbele piek zichtbaar in de curve maar deze liggen veel verder uit elkaar. De dubbele piek uit 1983 komt overigens wel weer mooi overeen met o.a. de curven uit 1991 en 2007 (zie o.a. hoofdstuk 6.1).



Grafiek 3: Geminiden 1985 gebaseerd op 1660 Geminiden waargenomen door JOBKL en ROGPA

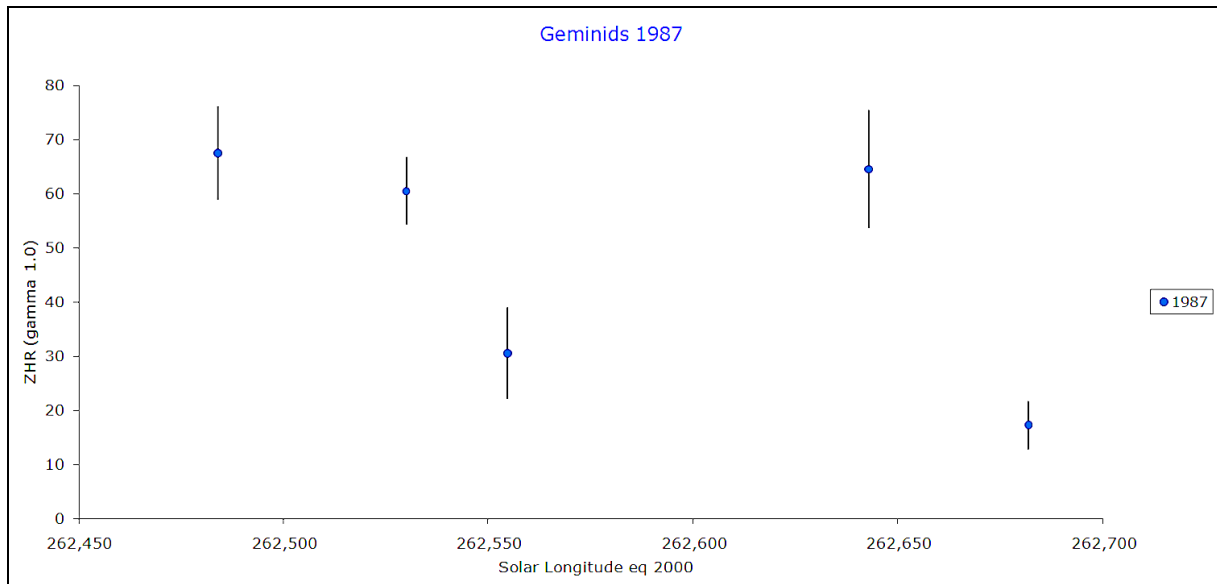
3.4: De zuid Franse Geminiden van 1987

Maan: Een halfvolle afnemende maan stoorde flink in het grootste deel van de nacht.

Weer: Een volledig heldere nacht.

Locatie: Lardiers, zuid Frankrijk.

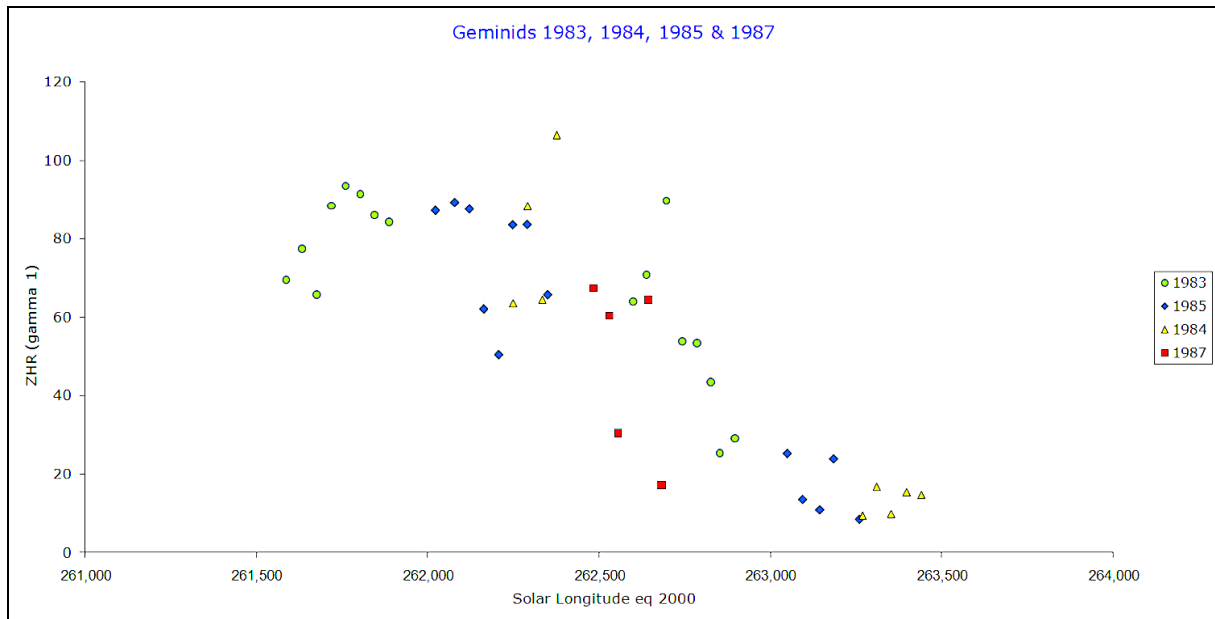
Ook in 1987 vertoefden twee waarnemers in zuid Frankrijk, ditmaal in het plaatsje Lardiers. Een groep waarnemers waaronder Paul Roggemans en Bauke Rispens bivakkeerde daar tussen 14 en 25 december om de Geminiden en Ursiden waar te nemen. Deze actie leverde aardig wat Geminiden op. Door het vele maanlicht en matige omstandigheden is dit jaar echter ongeschikt voor vergelijking van ZHR waarden.



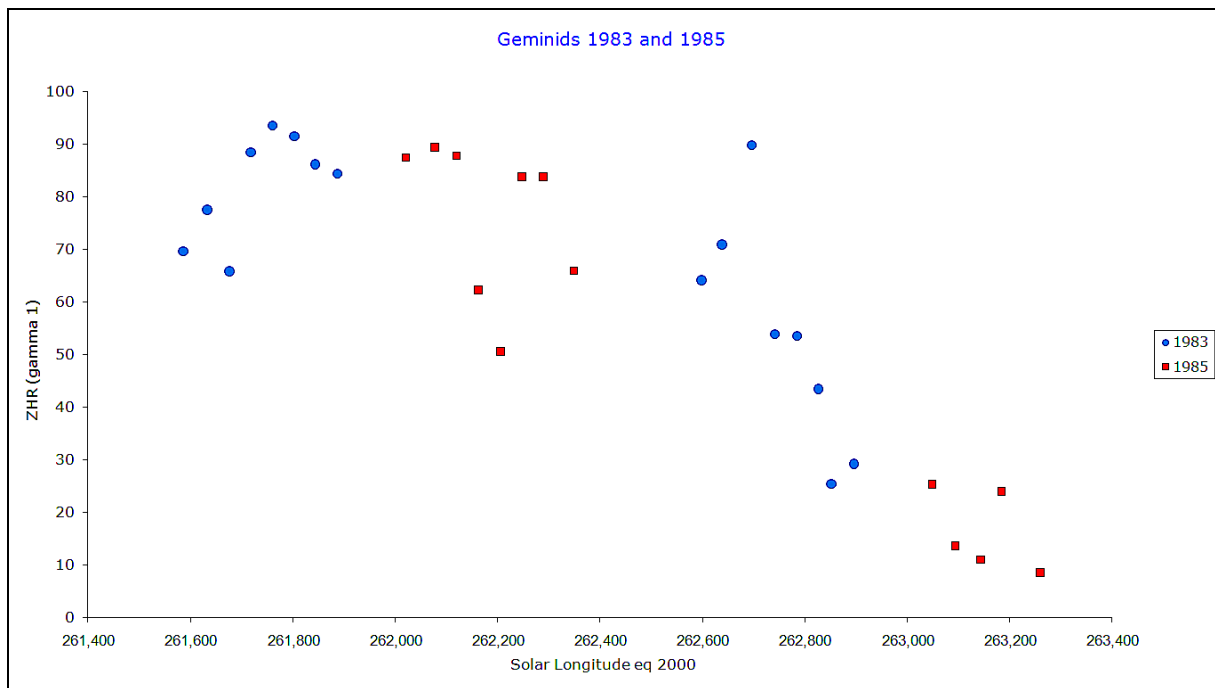
Grafiek 4: Geminiden curve 1987 gebaseerd op 217 Geminiden waargenomen door RISBA en ROGPA.

3.5: Conclusies 80-er jaren

Al met al kunnen we concluderen dat de ZHR van de Geminiden zoals waargenomen in de jaren 80 op basis van DMS en deels IMO data niet hoger lag dan tussen de 80 en 100. Tot slot geven we een gecombineerde curve 1983, 1984, 1985 en 1987 (grafiek 5) en grafiek 6 met alleen de goede jaren 1983 en 1985. Opvallend is dat het einde van 13/14 december 1983 aardig aansluit bij de start van 13/14 december 1985. Dit geldt ook voor het einde van de nacht 14/15 december 1983 en het begin van 14/15 december 1985.



Grafiek 5: gecombineerde ZHR curven uit 1983, 1984, 1985 en 1987.



Grafiek 6: gecombineerde curven 1983 en 1985.

Hoofdstuk 4.0: Geminiden in de 90-er jaren

4.1: De zuid Franse Geminiden in 1990

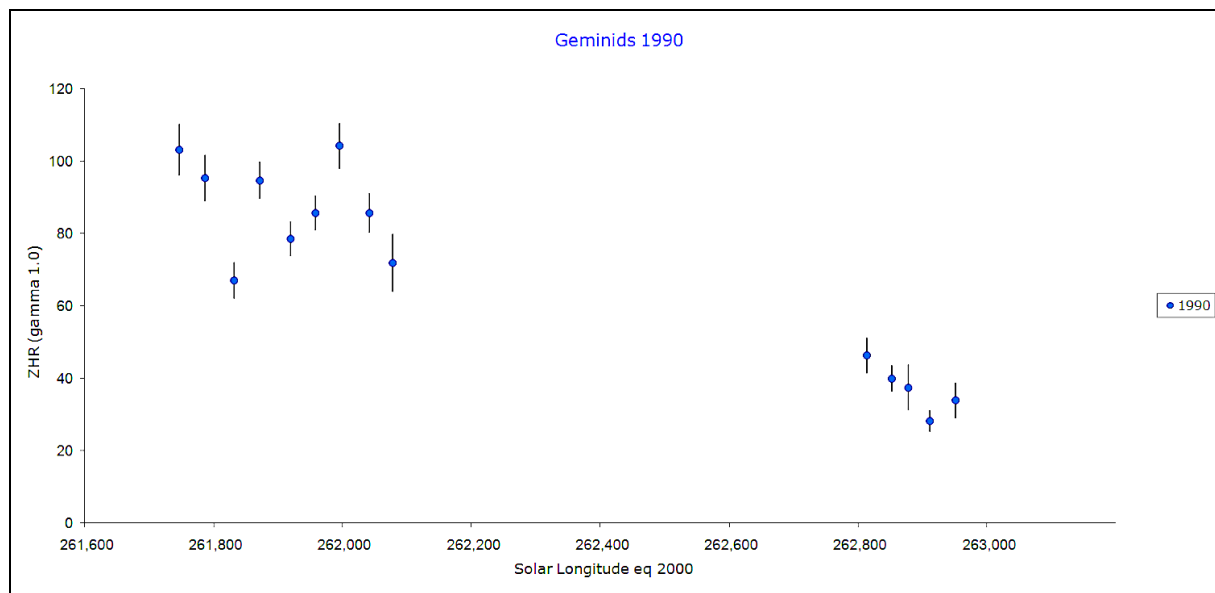
Maan: Enkele dagen voor nieuwe maan, geen maanlicht dus.

Weer: Beide nachten helder.

Locaties: Lardiers, Le Thouron en Quinson, zuid Frankrijk

In december 1990 trokken een aantal DMS-ers (Casper ter Kuile, Marc de Lignie, Peter Jenniskens, Paul van der Veen et al) naar zuid Frankrijk [7] alwaar een netwerk van drie fotografische posten werd opgezet [7, 8]. Onder glasheldere, maar soms barre omstandigheden (temperaturen tot -10 bij een vlagerige mistral) werden vele Geminiden gezien. De actie werd een groot succes omdat vele tientallen Geminiden simultaan werden gefotografeerd [25, 30, 31]. Daarnaast waren er ook een aantal visuele waarnemers paraat. Voor Nederlandse begrippen werden flinke aantallen meteoren waargenomen, in [22] meldt Peter Jenniskens dat er bijna 7000 Geminiden en 2000 sporadische meteoren zijn gezien. De data van "Groep Loosdrecht" is niet meegenomen in de analyse omdat ze een afwijkende waarneemmethode hadden. Er werd namelijk ge-Öpikt en hadden als waarnemingsrichting exact het zenit. Ook is de data van de groep waarnemers rond Bernard Koch [22] niet meegenomen omdat ze niet voorkomt in de DMS database en er geen data beschikbaar is voor CP berekeningen.

Voor deze analyse werden uiteindelijk 2483 Geminiden gebruikt van 4 waarnemers (3 in de Provence, één in Nederland). Het resultaat is een nogal hobbelige curve met ZHR's tussen de 65 en 105 (zie grafiek 4). Ook de grafiek uit [22] laat een wolkig geheel zien. De curve van de nacht 14/15 december is veel gelijkmatiger en zoals verwacht aflopend qua activiteit.



Grafiek 7: Geminiden 1990 curve gebaseerd op 2483 Geminiden en data van JENPE, JOBKL, LIGMA en ROGPA

Een waarneemimpressie uit 1990 van Peter Jenniskens (Radiant 13-1 blz. 9-12)

"De reis voerde mij naar de omgeving van Quinson. Boven op de vlakte vond ik een veldweg die na enige honderden meters bij de rand van een bos uitkwam. De bomen temden de mistral en de nabijgelegen heuvels schermden de eerste paar graden van de sterrenhemel af. Een ideale plek. Met het bos en de auto in de rug had ik vrij uitzicht van 40 graden hoogte in het noorden tot diep in het zuiden. Terwijl ik de camerabatterij uit de auto haalde, zag ik in drie seconden vijf meteoren. Om 19h43m20 UT stond alles open.

De hoeveelheid meteoren was catastrofaal. Wegduiken in de auto om even een kop koffie te nuttigen, was er niet bij. De twintig graden zicht door de voorruit was voldoende voor de meteoren om genadeloos te blijven toeslaan. Een fraaie -3 Geminide bescheen het vermoeide gelaat van de geschokte waarnemer, treiterend gevolgd door een drietal van kleiner kaliber. Genoeg. De waarnemingen konden niet anders dan snel weer hervat worden. Het waarnemen zelf ging onder behaaglijke omstandigheden. De waarneemplek lag veel lager dan Le Thouron. De sneeuw was door dooien vrijwel volledig verdwenen. Het enige ongerief was het doordraaien van de camera's elk half uur. In tegenstelling tot Marc in Le Thouron kon ik dat echter op mijn sokken doen. Na een voldane nacht kwam om kwart voor zes plaatselijke tijd de schemering plots invallen. Een maansikkeltje had zich kort daarvoor boven de heuvel verheven. Met de batterij op de voorbank probeerde ik toen op de achterbank mijn roes uit te slapen. Dromend van de 648 meteoren die in 6,3 uur effectieve tijd waren opgetekend".

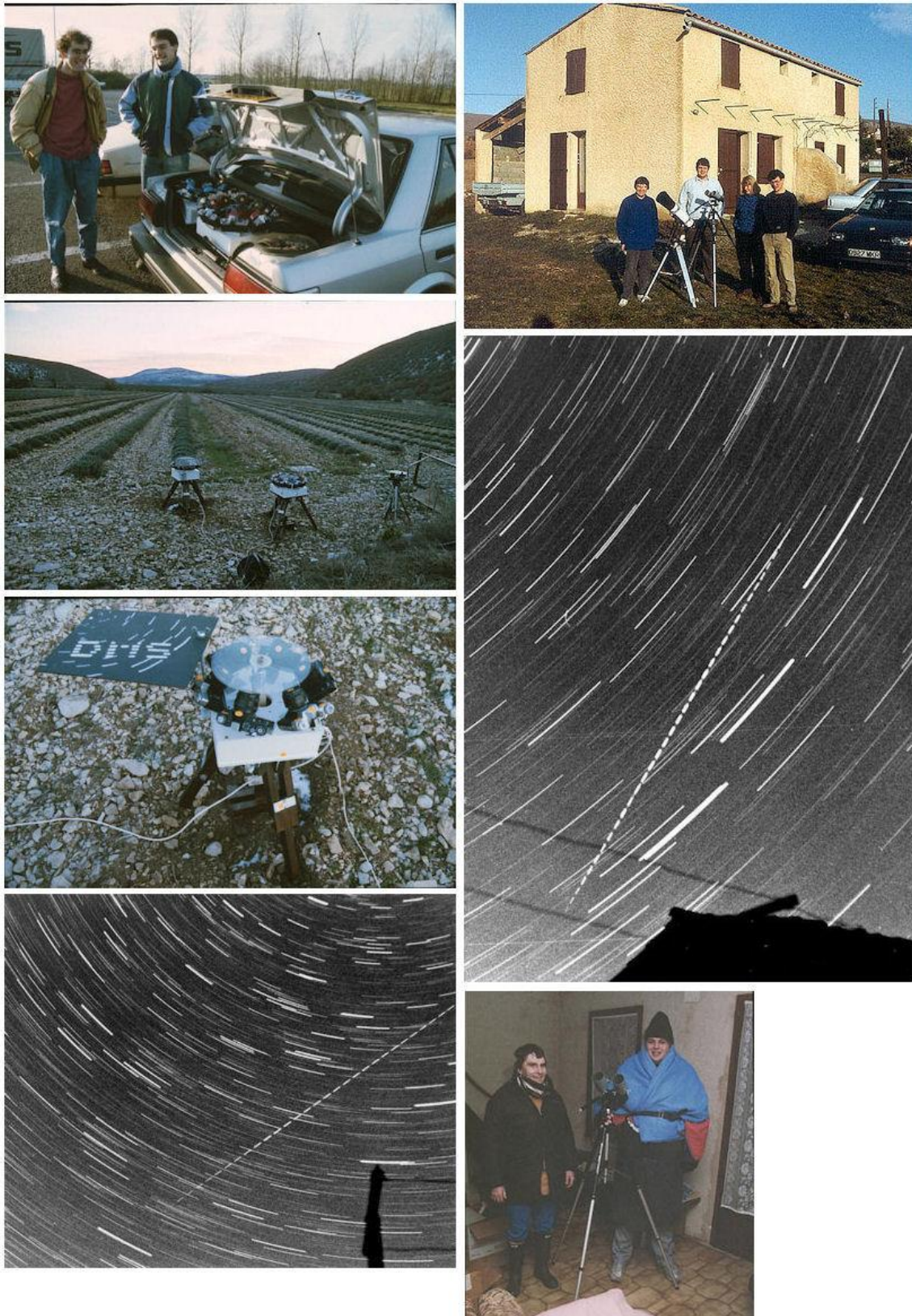


Foto 4: Compilatie van een aantal foto's van de roemruchte Geminiden 1990 expeditie. Foto linksboven: Peter Jenniskens en Marc de Lignie kijken tevreden naar de inhoud van Caspers auto: volgeladen met camera batterijen.... Foto rechtsboven: Groepsfoto team Lardiers met v.l.n.r. Malcolm Currie, Mark Vints, Evelynne Blomme en Paul Roggemans. Verder zien we opnamen van de apparatuur van post Lardiers, enkele fraaie meteoren opnamen en rechtsonder twee tevreden verkleumde Engelse meteoren waarnemers (Malcolm Currie en Mark Vints) na een nachtje Geminiden harken... Alle foto's: Casper ter Kuile.

4.2: 1991: Vulkanstof versus het stof van 3200 Phaethon?

Maan: Eerste kwartier op 15 december, alleen in de voornacht maanlicht.

Weer: Beide nachten grotendeels helder.

Locatie: Nederland.

Een zeer geslaagde actie vanuit Nederland, de twee maximum nachten op rij helder. In [24] staat een uitgebreide analyse van Peter Jenniskens. Opvallend in deze analyse is dat er lagere ZHR's uitkomen dan in die van de 80-er jaren en 1990. De maximum ZHR aan het einde van de nacht 13/14 december ligt rond de 75, zie grafiek 8.

Vergelijken we de curve (grafiek 9) van 13/14 december 1991 met die van 13/14 december 1983 dan valt meteen op dat de structuur er vrijwel hetzelfde uit ziet, maar dat de ZHR's in 1991 ongeveer 20% lager liggen. De nacht erna liggen de ZHR's op bijna hetzelfde niveau al lijkt de 1983 curve iets later te vallen. Dit kan liggen aan het feit dat het Geminiden maximum plaatsvindt ergens in een periode van 3 uur rond het maximum (rond zonnelongte 262.2). Toch hebben de curven uit 1983 en 1991 een redelijk gelijk verloop.

Een mogelijke verklaring voor de lagere ZHR's in de maximum nacht zou de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo op de Filipijnen kunnen zijn. Deze vulkaan kende een reeks zeer explosieve uitbarstingen tussen 7 en 15 juni 1991 waarbij de bijbehorende askolommen tot 38 km hoogte reikten. Men vermoedt dat hoeveelheid uitstoot (maar liefst 17 miljoen ton SO₂) van het as en (fijn) stof de grootste hoeveelheid is sinds de beruchte Krakatau uitbarsting in 1883. De Pinatubo uitstoot zorgde voor een reductie van het zonlicht van 5% waardoor wereldwijd de temperatuur 0,5 graden daalde. Een ander opmerkelijk effect van het stof in de atmosfeer deed zich voor tijdens maansverduisteringen. Normaal gesproken is de maan nog altijd zichtbaar tijdens de totaliteit, maar in het jaar na de Pinatubo uitbarsting was ze amper meer waarneembaar. Men gaf in die periode vaak de maansverduisteringen op de schaal van Danjon (lopend van 0 naar 4 oftewel zwak tot heldere maan) een 0 of 1. Dit als gevolg van absorptie van het weerkaatste zonlicht door het fijnstof in de atmosfeer.

Welke invloed zou dit stof dan hebben op zwakke meteoren van +4 en +5 die relatief laag aan de hemel verschijnen? Ook werden maandenlang wereldwijd "paarse" avond- en ochtend schemeringen gemeld, een bekend verschijnsel na zware vulkaan uitbarstingen.

Het Geminidenmaximum kenmerkt zich altijd door de grote hoeveelheid zwakke meteoren. Het idee is dat de zwakste meteoren (+4 en +5) amper waarneembaar waren door het stof, met name de meteoren die schijnbaar op lage hoogte verschijnen t.o.v. de waarnemer. Natuurlijk hef je dit effect deels op door grensmagnitude bepalingen, maar de atmosferische extinctie is veel groter door het vulkaanstof dan in normale jaren. Dus op lagere hoogte neemt de grensmagnitude veel sneller af dan onder normale omstandigheden. Grensmagnituden worden meestal bepaald als de telgebieden op 50 graden of hoger zitten. Dit zou betekenen dat op grote hoogte aan de hemel weinig zwakke meteoren worden gemist t.o.v. een normaal jaar, maar dat naarmate de zwakke meteoren lager verschijnen er (veel) meer meteoren worden gemist dan onder normale omstandigheden. Dit zou ook verklaren waarom de ZHR in de nacht 14/15 december wel op (bijna) hetzelfde niveau zat als in 1983. Dan verschijnen wat meer heldere meteoren die makkelijker zichtbaar zijn. Helaas zitten er geen magnitude distributies van meteoren tot en met 1994 in de DMS database, anders zou er heel makkelijk een onderzoekje gedaan kunnen worden naar het aandeel zwakke Geminiden in 1991 en bijvoorbeeld 1990. Helaas is een vergelijking met andere zwermen in 1991 ook niet mogelijk: de Perseiden 1991 waren alleen zichtbaar in het eerste deel van de nacht 12/13 augustus, de Orioniden hadden last van maanlicht en in 1992 waren er ook amper geslaagde acties.

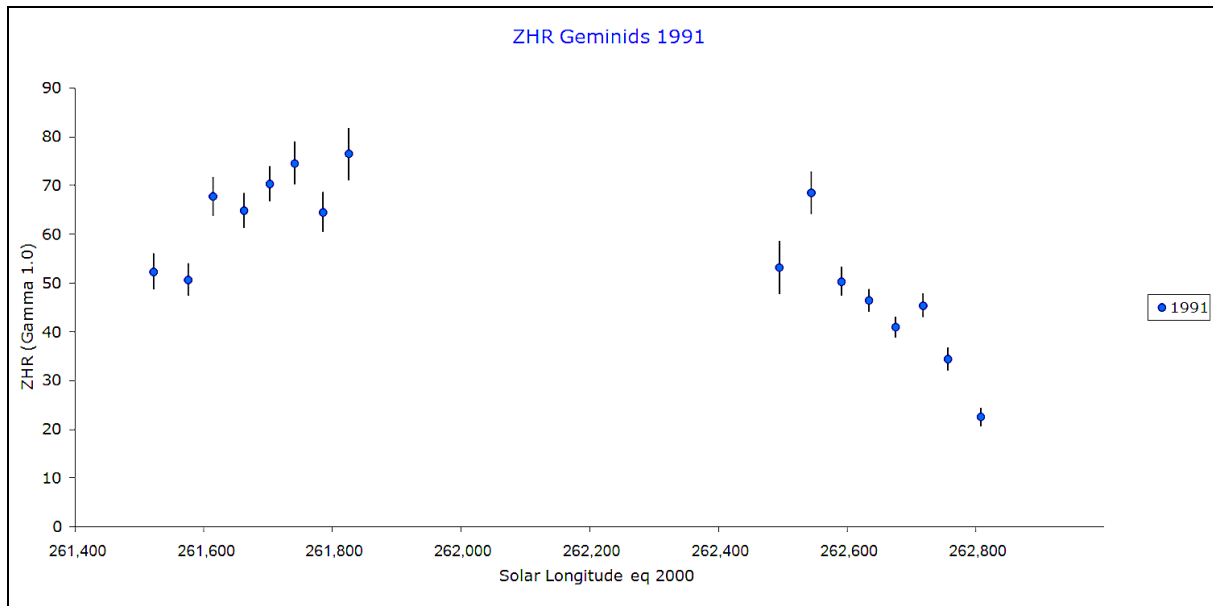
Er is ook nog onderzocht of de veel lagere ZHR's de oorzaak kan zijn van bijvoorbeeld enkele waarnemers die systematisch zeer lage ZHR's produceren. Dit is niet het geval, de individuele ZHR's liggen over het algemeen dicht bij elkaar.

Een ongelukkig Geminidenmaximum door Koen Miskotte (Radiant 14-1 blz. 9-10)

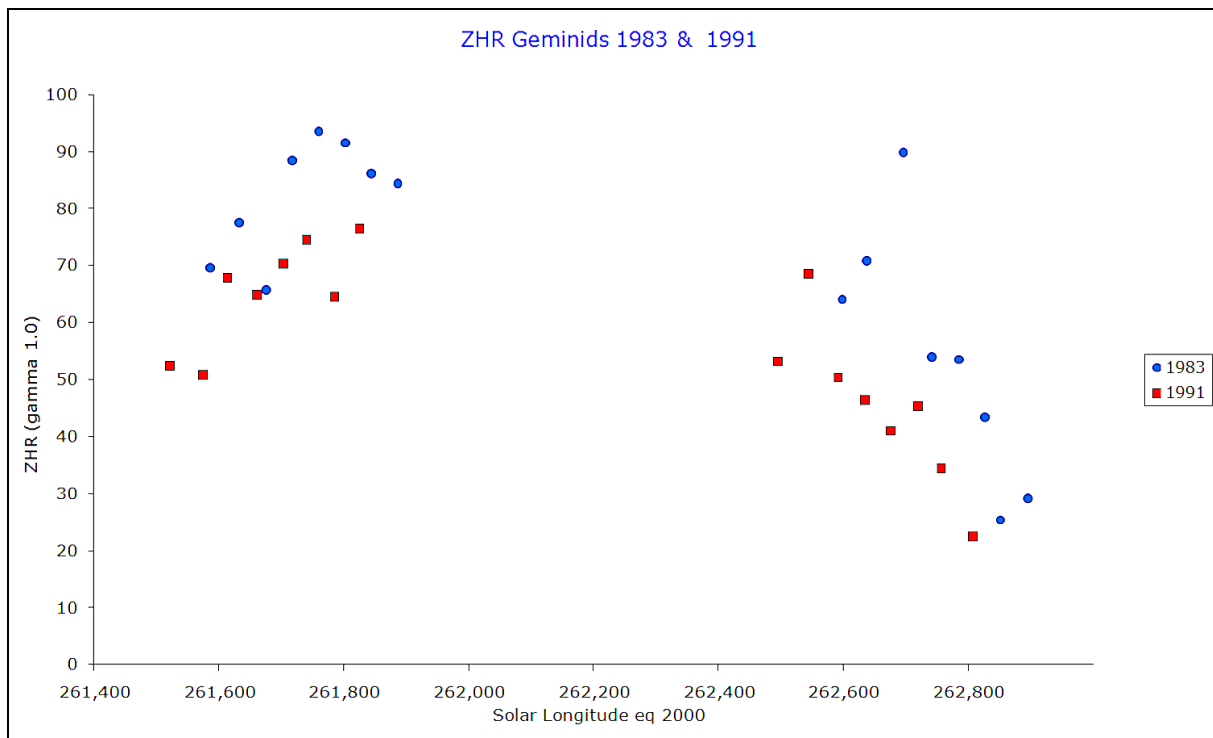
"Aangekomen op de watertoren besloot Koen om meteen de camera's startklaar op het dak te zetten. Als het open zou trekken, konden meteen de camera's opengezet worden. Zo nu en dan waren er wat gaatjes in de bewolking want de maan prikte er doorheen. Koen wachtte beneden de zaak af en keek om de vijftien minuten door het luik of het opklaarde. Zo ook rond 21h UT en bij die gelegenheid maakte de losstaande trap een zwieper en stortte schrijver dezes met veel misbaar naar beneden. Tijdens die val kreeg hij ook het ca. 30 kg zware luik op zijn hand, die door de val er met een ruk weer tussenuit werd getrokken... Gevolg: een gekneusde hand waar de vellen los van hingen...

Toch maar proberen om te wachten op helder weer, maar al gauw werd de hand pijnlijker en dikker... Omdat het om 21h30m nog niet opgeklaard was, werd besloten om de actie op de toren af te blazen en naar huis te gaan om de hand te verbinden. Achteraf kreeg die valpartij op de toren nog een vervelend staartje in de vorm van een ontstoken enkel met als gevolg een weekje ziekte met een dikke voet. Om 22 UT thuis, verbinden en maar naar bed, want het was nog steeds bewolkt.

Om 01 UT werd weer naar buiten gekeken en het was helder. Het zou te lang duren om weer naar de toren te fietsen en de zaak opnieuw op te zetten, dus werd besloten om vanaf het noord balkon te kijken. De all-sky automaat werkte die nacht al vanaf de avondschemering en aan de hand van de negatieven bleek, dat het rond 00:30 UT opgeklaard moet zijn".



Grafiek 8: Geminiden ZHR in 1991, gebaseerd op 4194 Geminiden waargenomen door BENPA, HAARO, JENPE, JOBKL, JOHCA, KELER, LANMA, LEVJA, LIGMA, MYSKO, RISBA, ROGPA en SCHAL



Grafiek 9: Geminiden curven uit 1983 en 1991 naast elkaar, duidelijk valt de veel lagere ZHR in 1991 op.

4.3: 1994 maanlicht overgoten Geminiden

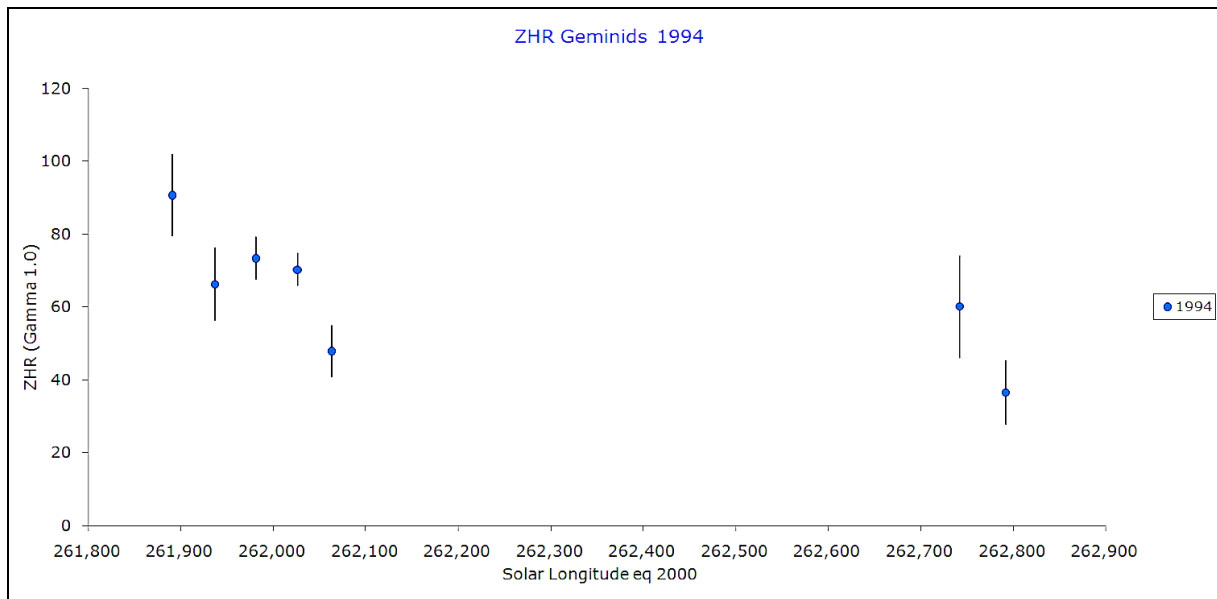
Maan: Bijna volle maan, vrijwel de hele nacht maanlicht.

Weer: Een wegtrekkend koufront naar het zuiden met erachter felle opklaringen.

Locatie: Nederland.

In de avonduren nog zware neerslag (regen) van een overtrekkend koufront, maar na 1:00 UT fraaie opklaringen [10]. Een zestal waarnemers actief resulterend in 603 verwerkbare Geminiden. Maximum werd verwacht in het laatste uurtje van de nacht, maar de curve laat een ander beeld zien: het maximum lijkt 3 a 4 uur eerder te vallen. Maar door het vele maanlicht is hier wellicht een vertekend beeld ontstaan. Dit effect zie je wel vaker bij maanlichtwaarnemingen. Anderzijds werden die nacht wel een aantal heldere vuurbollen gezien wat erop duidt dat het maximum voorbij was. Met name MYSKO was getuige van enkele zeer fraaie Geminiden

waaronder een pareltje van -8 (net onder het beeldveld van de 16 mm All Sky camera, alleen de eerste twee lichtmoten gefotografeerd...) en een -6 in de Grote Beer die wel vereeuwigd werd vanuit Harderwijk en Benningbroek.



Grafiek 10: ZHR Curve Geminiden 1994 op basis van 603 Geminiden en data van BETHA, HAARO, JOBKL, LANMA, MISKO en SCHAL

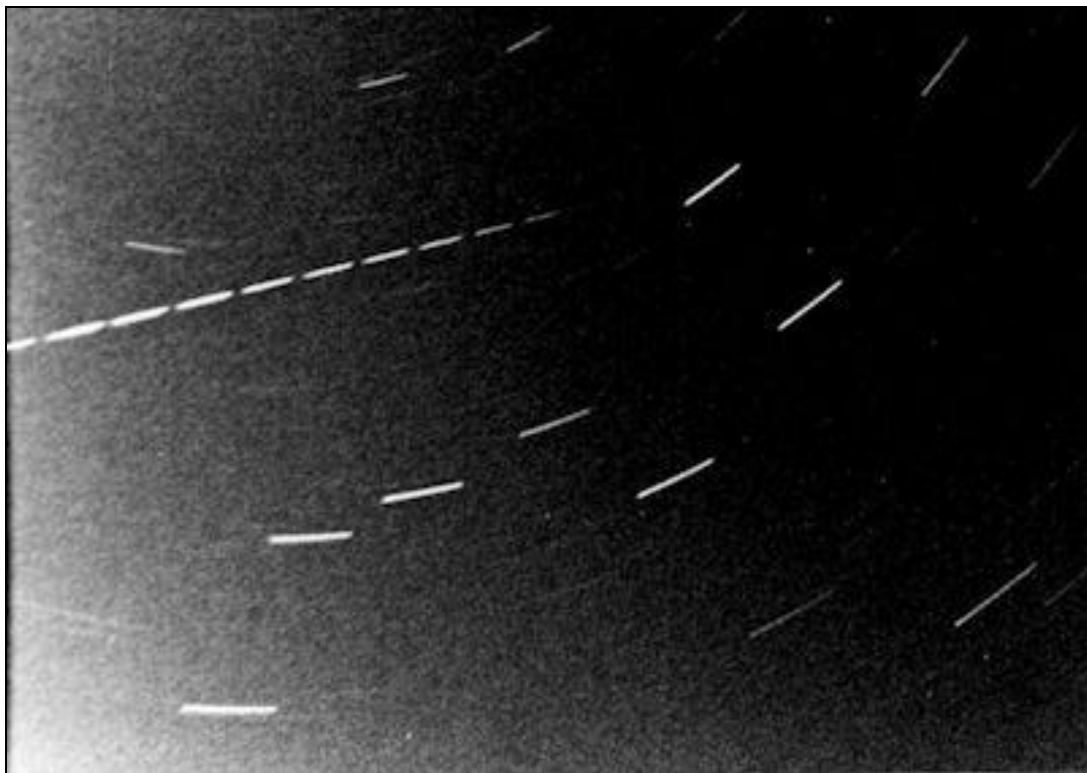


Foto 5: 13/14 december 1994, een -6 Geminide in Ursa Major. Camera: EN-98 Canon T70 met Canon FD 15 mm F 2.8 lens. Locatie: Harderwijk. Foto: Koen Miskotte

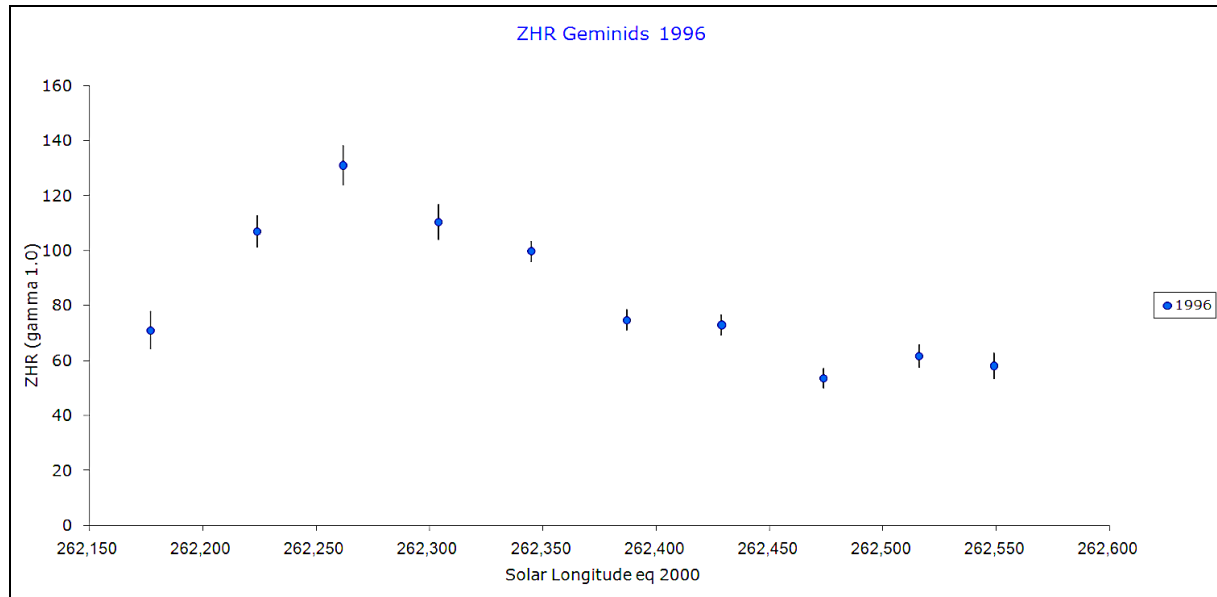
4.4: Geminiden 1996 een superactie vanuit Nederland.

Maan: Twee dagen na nieuwe maan, geen storend maanlicht.

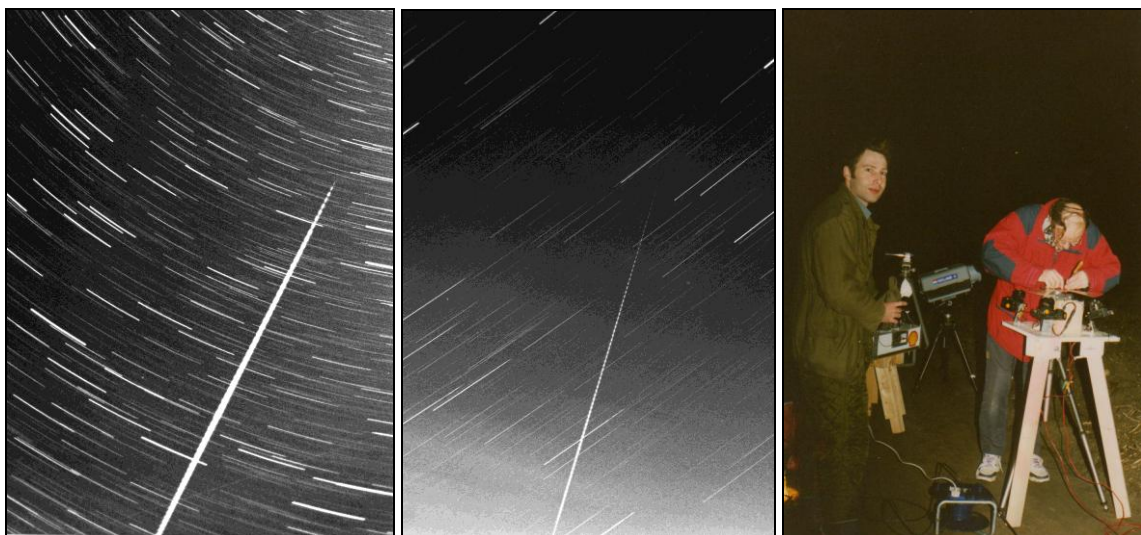
Weer: Na passage van een zwak koufront de hele nacht 13/14 december helder.

Locatie: Nederland.

December 1996 staat te boek als een sombere en bewolkte maand. Echter, de nacht 13/14 december was vrijwel geheel helder als gevolg van een passerend zwak koufront. Het resultaat was een flinke hoeveelheid data [11, 12, 34, 35]. Het werd de tot dan toe beste Geminiden actie ooit vanuit Nederland [11, 12]. Een aantal waarnemers gingen voor het eerst in hun leven door de "1000 meteoren in één nacht" grens: LANMA en MISKO vanuit de stikdonkere locatie nabij Biddinghuizen. Het foto- en videowerk leverde deze actie vele tientallen simultaan opnamen op [34, 35]. De ZHR liep op tot tegen de 135. Een duidelijke piek is zichtbaar in de data. Vrij snel na het maximum begon het heldere spul te vallen, dit werd ingeluid door de val van een -8 Geminide laag in het zuiden. Aan het einde van de nacht was de ZHR gehalveerd.



Grafiek 11: Zeer fraaie curve van de Geminiden 1996 op basis van 2995 Geminiden en data van JOHCA, LANMA, LEVJA, MILOL, MISKO en NIJJO.



Foto's 6, 7 en 8: twee fraaie Geminiden van magnitude -5 (04:48 UT) en -3 (23:54:41 UT) gefotografeerd vanuit Biddinghuizen in de nacht 13/14 december 1996. Camera's: Canon T70 met Canon FD 1.8/50 mm objectief. Foto's 6 en 7: Casper ter Kuile. Foto rechts: Casper ter Kuile en Marco Langbroek zetten de foto apparatuur op. Op de achtergrond de videobeeldversterker. Foto 8: Koen Miskotte.

Een verslag uit Varsseveld door Hans Betlem (Radiant 19-2 blz. 31-35)

"Om 0h48m30s UT zet een -6 tot -8 Geminide bij Sirius de hele omgeving even in het licht. Sensatie voor diegenen die er net naar toe keken. Uur na uur glijdt voorbij. Rond 3h UT slaat bij enkelen de vermoeidheid toe. Een team van zes drukt door. Zo'n nacht maak je maar zelden mee. Op sommige momenten zijn twee of drie meteoren tegelijk zichtbaar. Een duidelijk verloop in de activiteit lijkt er niet te zijn. Wel valt het grote aantal zeer lange meteoren op waardoor ze veel trager lijken dan de reglementair voorgeschreven 36 km/s. Zeer lange sporen, soms zelfs tot op de horizon. Een gemiddelde -2 tot -3 Geminide duurt vlug een volle seconde... 50 moten op de negatieven. Dat wordt uitmeten.

Om 5h30m UT wordt het team nog eens een stuk uitgedund. Olga en Michelle bikkelen het laatste halfuurtje eruit, terwijl Jeffrey en schrijver dezes het eerste opruimwerk aanpakken. Een lange nacht waarnemen met een man of 10 brengt meestal toch een kleine ravage met zich mee. GSM contact met Biddinghuizen. Ook daar een gevecht tegen de vermoeidheid. Sterke schemering. De laatste 20 minuten. Nog steeds zijn de -3'en en de -4'en niet van de lucht. Het eerste landbouwverkeer dient zich aan op de Aaltenseweg. De eerste kunstmanen.

Even schrik bij controle van de video. Een uitermate wazig beeld op de monitor met grote vlekkelijke sterren. Het objectief is lekker warm en de camera draait goed. Dan wordt het euvel duidelijk... dat wordt ijs krabben op de monitor. En al schrapend komen de scherpe sterbeeldjes tevoorschijn...

Om 6h UT houden we het voor gezien. De camera's worden gesloten en de video gestopt".

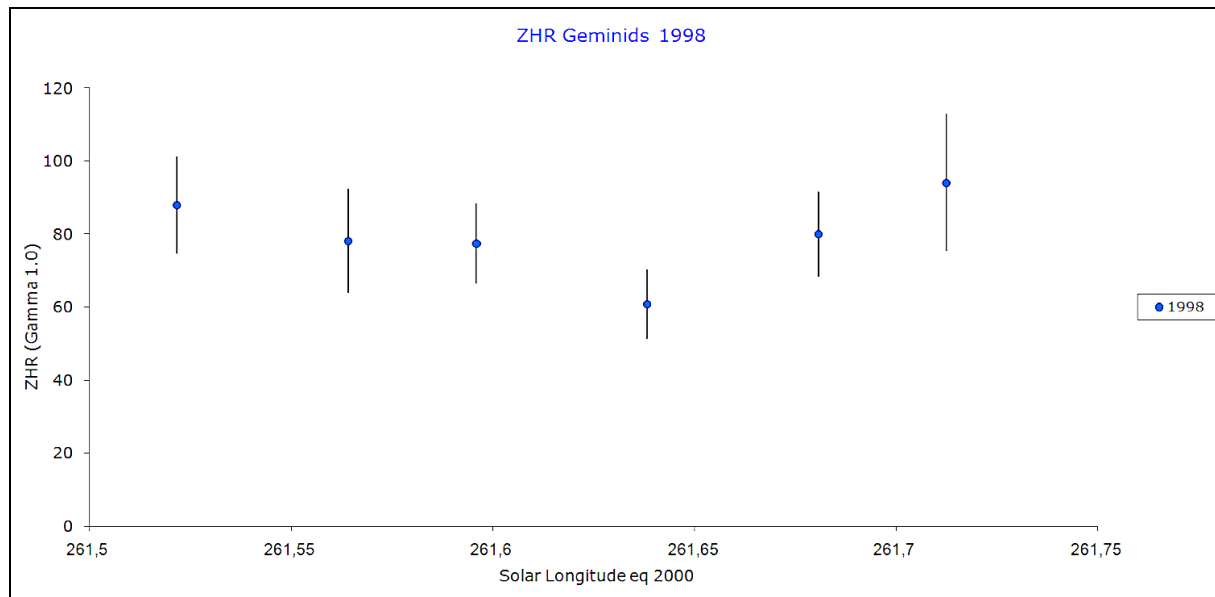
4.5: IJskoude Geminiden 1998 uit Tibet...

Maan: Enkele dagen voorbij laatste kwartier

Weer: Heldere nacht, koude en harde wind

Locatie: Tibet, China

Tijdens zijn wereldreis streek Alex Scholten neer in Tibet rond 14 december 1998. Daar kon hij vanuit een Sameye-klooster op 155 km afstand van Lhasa, de hoofdstad van Tibet, de Geminiden waarnemen. Gedurende enkele uren kon hij een fraaie Geminidenshow waarnemen. Door de harde wind en koude moest hij wel vanuit een beschutte plek waarnemen wat zijn beeldveld nadelig beïnvloedde [45]. Voor de ZHR berekeningen gaf Alex aan dat er rekening moest worden gehouden met een beeldveld van slechts 50%. We geven voor de volledigheid hier een ZHR curve, maar door de hoge correctiefactoren zijn deze resultaten in de uiteindelijke analyse niet meegenomen.



Grafiek 12: ZHR curve Geminiden 1998 op basis van 238 Geminiden waargenomen door SCHAL.

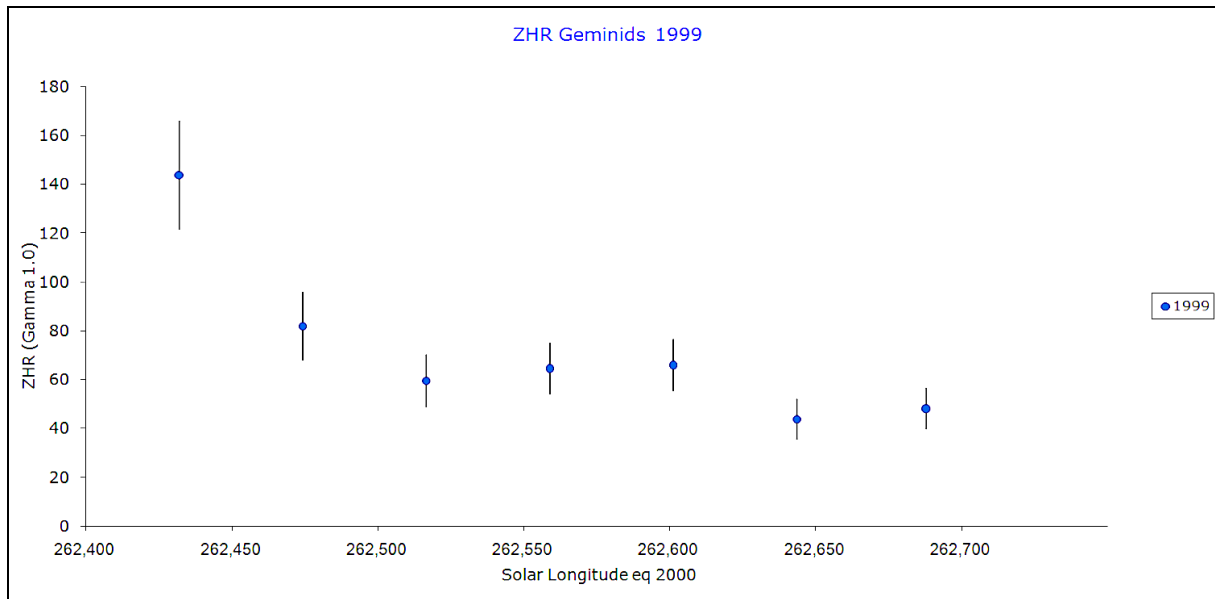
4.6: Geminiden 1999 vanuit België

Maan: Een 30% verlichte maan zorgde voor wat storing in de voornacht.

Weer: In Nederland geheel bewolkt, in België klaart het op in de tweede helft van de nacht 14/15 december.

Locatie: België.

Een goede waarneemreeks van Michel Vandeputte vanuit België gedurende het tweede deel van de nacht 14/15 december. Redelijk veel helder spul maar amper vuurbollen. Het eerste datapunt van deze nacht is erg hoog. Helaas data van slechts één waarnemer.

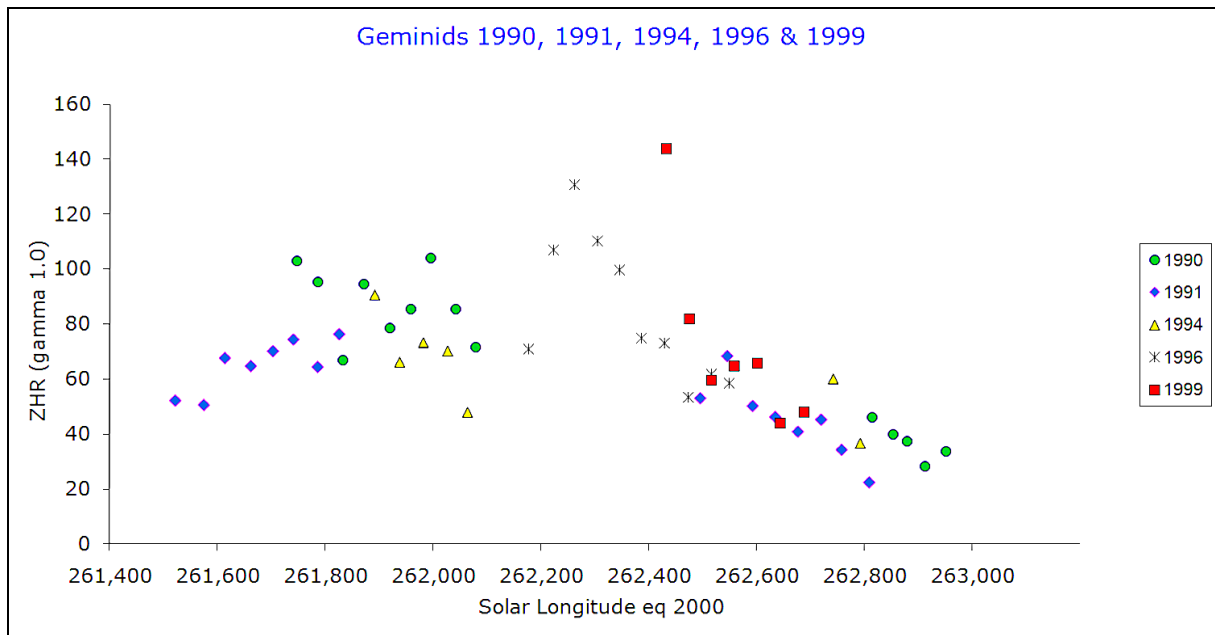


Grafiek 13: Geminiden curve 1999 op basis van 239 Geminiden en waarnemer VANMC.

4.7: Gecombineerde curven uit de 90-er jaren

Tot slot geven we hier nog een gecombineerde curve (grafiek 13) uit de 90-er jaren. De fraaie piek uit 1996 is slechts eenmaal waargenomen in de 90-er jaren. Dan zou er data uit 1992 verzameld moeten zijn, maar helaas was dat een matig jaar voor de Geminiden met veel maanlicht. Verder valt de lage curve uit 1991 op, waarvoor we in hoofdstuk 4.2 een mogelijke verklaring geven.

Voor de nacht 14/15 december liggen de grafieken aardig op dezelfde hoogte hoewel de 1990 curve wat later lijkt plaats te vinden.



Grafiek 14: Gecombineerde ZHR curve van de Geminiden uit 1990, 1991, 1994, 1996 en 1999.

Hoofdstuk 5.0: De Geminiden in de eerste decade van 2000

De best waargenomen Geminiden displays zijn die van 2004, 2007 en 2009. Het zijn ook de acties waarin het buitenland werd opgezocht op zoek naar helder weer. In 2001, 2008 en 2009 kon er ook goed waargenomen worden vanuit Nederland.

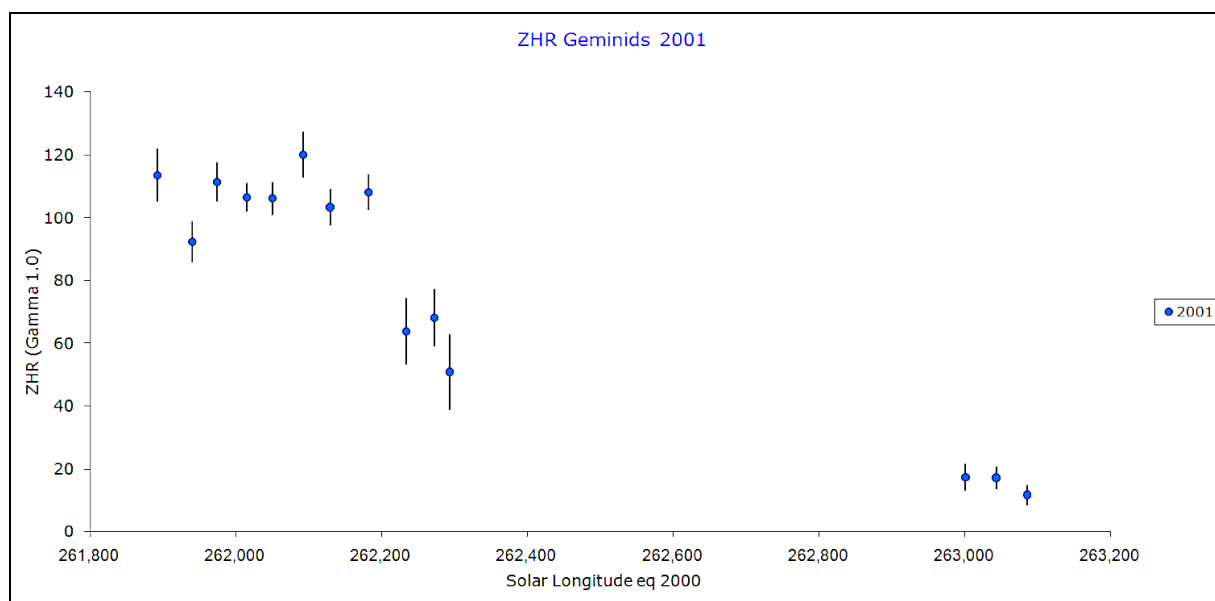
5.1: Geslaagde Geminiden 2001 actie vanuit de Benelux

Maan: Nieuwe maan op 15 december, geen storend maanlicht.

Weer: Opklaringen, maar iets heilig.

Locatie: Benelux

Opklaringen breidden zich uit over Nederland in de vroege avond van de 13 december 2001 [13]. Een 9-tal waarnemers sprokkelden ruim 2700 Geminiden bij elkaar. Dit leverde grafiek 14 op. De ZHR bleef het grootste deel van de nacht boven de 100 hangen en pas in de latere uurtjes trad een snelle daling op. Aan het einde van de nacht was de ZHR al bijna gehalveerd. Helaas kon er vanwege de enorme aantallen gefotografeerde Leoniden een maand eerder vanuit de VS of China geen simultaan actie opgezet worden. De nacht 14/15 december kon alleen door VANMC vanuit Ellezelles in België waargenomen worden.



Grafiek 15: Geminiden 2001 op basis van 2739 Geminiden en data van DIJSI, JOHCA, LANMA, MISKO, OSVDA, SCHAL, VANMC, VANSI en VERRI

5.2: Top Geminidenactie vanaf de Kähler Asten, Winterberg, Duitsland

Maan: Nieuwe maan op 12 december, geen maanlicht.

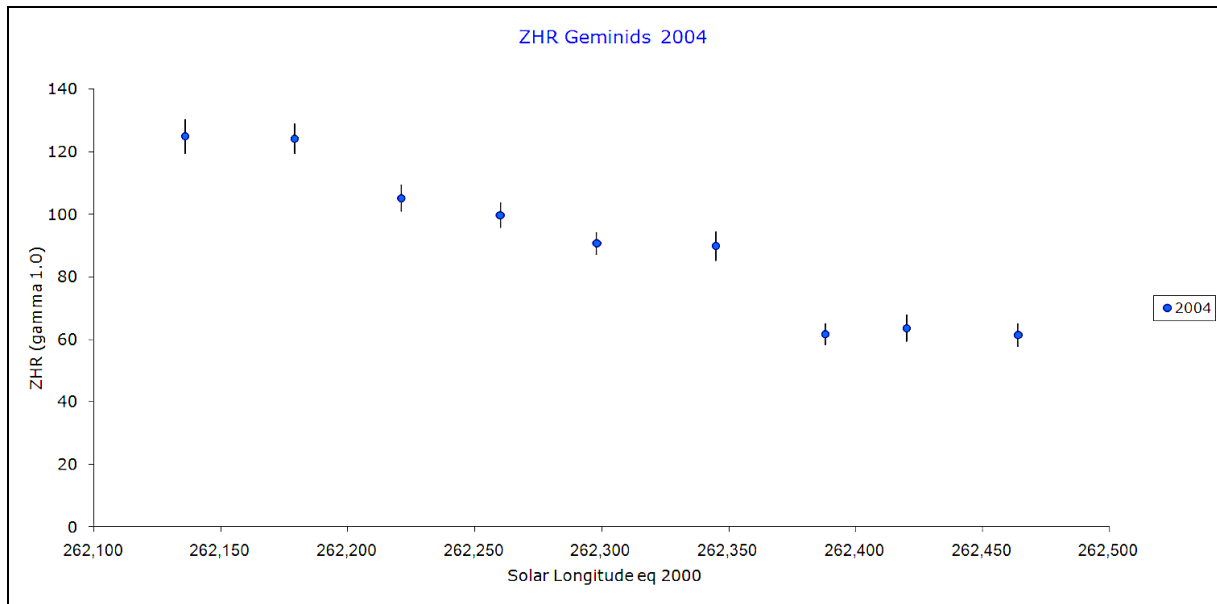
Weer: Hoge druk inversie, boven 600 meter helder weer.

Locatie: Kähler Asten, Winterberg, Duitsland.

Hoge druk boven Nederland zorgde voor een inversie van mist, lage bewolking en luchtvervuiling. De inversie grens lag op ongeveer 700 meter hoogte en dus reisden een aantal DMS-ers af naar het Sauerland en zochten daar de hoogste berg op [14]. Dit werd dus de Kähler Asten met zijn 900 meter. Eenmaal boven de inversie was het schitterend helder en kon de hele nacht waargenomen worden. In deze data set zijn later ook de waarnemingen van BIEJE (Wilderen, België) en KEERO (Ardennen, België) meegenomen in de analyse. In totaal zag deze groep mensen ruim 5000 meteoren, waarvan 4088 Geminiden gebruikt konden worden in de analyse. Er werd op dezelfde zonnelongte waargenomen als in 1996, zie ook [26]. Opvallend was dat het maximum in 2004 enkele uren eerder plaatsvond dan in 1996. De ZHR ligt een stukje lager in 2004, maar dat kan ook komen omdat de waarnemers meteen al startten met de hoogste ZHR's zodra de radiant op "verwerkbare" hoogte lag (=30 graden hoogte).



Foto 9: Compilatie Geminiden 2004. Linksboven: mooi uitzicht over de inversielaag (Foto: Rita Verhoef), rechtsboven: klapper van de nacht: een -6 Geminide in Orion (Foto: Koen Miskotte, Canon T70 met Canon FD 15 mm F 2.8 objectief), midden rechts: Carl Johannink, linksonder: twee Geminiden van -3 en 0 gefotografeerd met een Canon EOS 10D en een Canon EF 15 mm F 2.8 objectief (Foto: Koen Miskotte), rechtsonder: na een lange waarnemingsnacht checkt Michel Vandeputte zijn memorecorder (foto: Koen Miskotte).



Grafiek 16: ZHR curve Geminiden 2004 op basis van 4088 Geminiden en op basis van data van BIEJE, DIJSI, JOHCA, KEERO, MISKO, TUKAR, VANMC en VERRI.

5.3: VANMC en de Geminiden van 2006

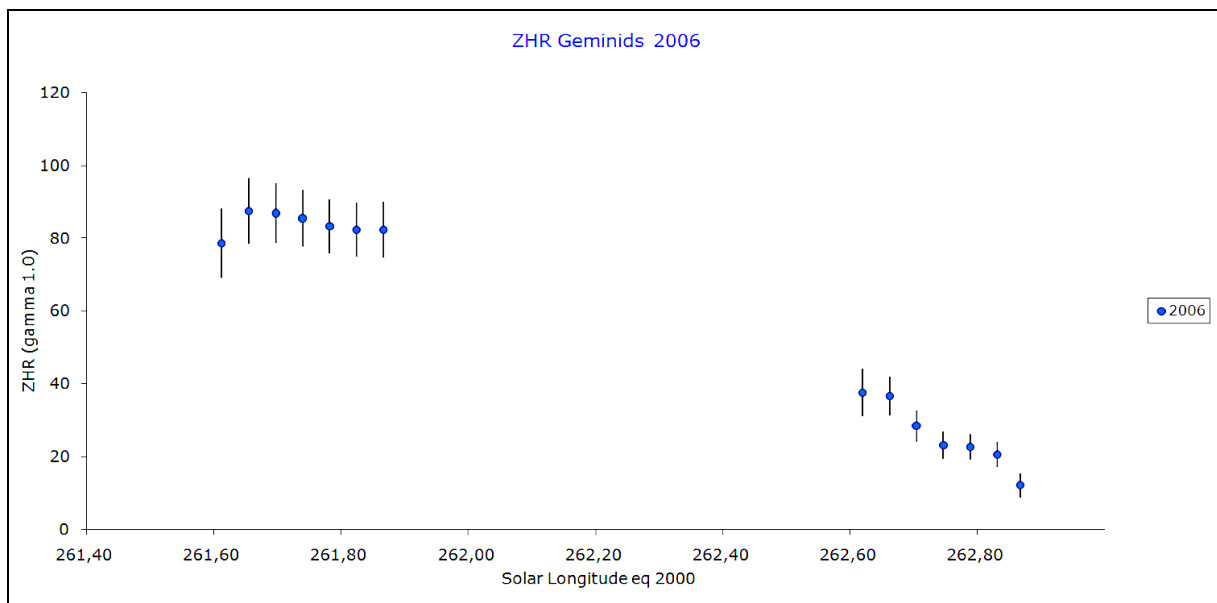
Maan: Laatste kwartier 13 december, storing in de nanacht.

Weer: Helder beide nachten.

Locatie: Vogezen, Frankrijk.

In een tijd dat iedereen de hoop had opgegeven op een succesvolle Geminiden actie kreeg Michel Vandeputte het voor elkaar een geslaagde Geminiden campagne (een heldere 13/14 en 14/15 december) te draaien in de Vogezen [15]. En het resultaat mag er zijn.

In de grafiek 16 zien we zijn resultaat, duidelijk is dat er lagere ZHR waarden worden gevonden t.o.v. andere jaren. De ZHR haalde nergens de 100, wellicht is dit veroorzaakt doordat de pieken van 1996 en 2004 overdag vielen op 14 december 2006. Beide nachten werden ook enkele fraaie vuurbollen gezien (waaronder een -8, -6, meerdere Geminiden van -4). Deze prima actie van Michel luidde een periode in waarin de Geminiden vaker waargenomen zouden worden middels vliegacties naar zuid Europa.



Grafiek 17: Geminiden curve uit 2006 gebaseerd op 1009 Geminiden en data van VANMC



Foto 10: Fraaie waarneemlocatie in de Vogezen. Foto: Michel Vandeputte.

5.4: Spektakel Geminiden 2007 vanuit Portugal

Maan: Nieuwe maan op 10 december, alleen wat storend maanlicht in de voornachten.

Weer: Drie heldere nachten op rij helder in Portugal, in Nederland enkele korte opklaringen.

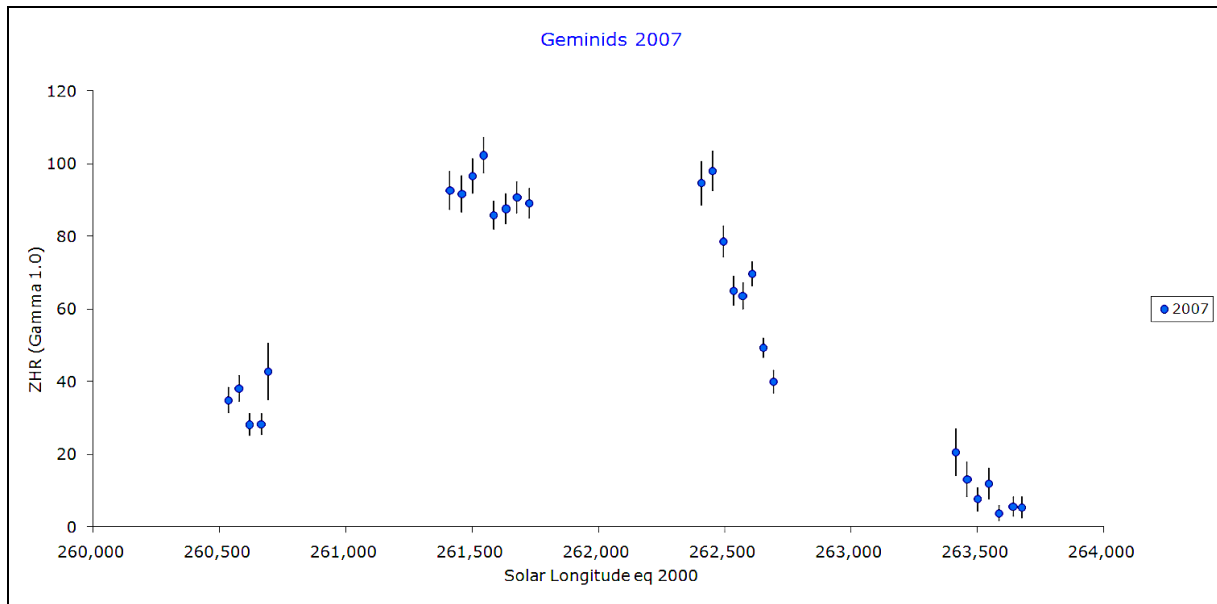
Locaties: Portugal, La Palma en Nederland

In 2007 vlogen vier DMS-ers naar Portugal om het slechte weer in de Benelux te ontsnappen [16]. Zij konden daar waarnemen gedurende drie nachten op rij (12/13, 13/14 en 14/15 december). Sietse Dijkstra en Peter van Leuteren leverden een waardevolle aanvulling op deze dataset door uitgebreid waar te nemen in de nacht 15/16 december [38]. Zij hebben ook waargenomen in de maximumnachten maar hun data kon niet meegenomen worden in de berekeningen i.v.m. te lage radianthoogten en onstabiele weerscondities. Jos Nijland kon in de maximumnacht precies een uur kijken voordat de wolken weer toesloegen. De actie in Portugal was een groot succes, de nacht 13/14 december kenmerkte zich door hoge aantallen maar veel zwakke Geminiden. De helderste Geminiden waren van -3. De nacht erna een waar spektakel, vooral na 23:00 UT was het raak met vuurbollen. In totaal werden 20 verschillende Geminiden gezien van magnitude -3 tot -8 [16]. Dit zijn aantallen die toch wel bizar zijn. Felix Bettonvil kon de grote hoeveelheid heldere Geminiden bevestigen vanuit La Palma [39]. Grafiek 14 toont het resultaat.

Duidelijk zichtbaar is een piek, gevolgd door een flinke afname in activiteit: in de individuele data van alle Portugal waarnemers is deze dip goed waarneembaar. Precies dat uur was ook Jos Nijland actief en ook hij behaalde vergelijkbare resultaten, zodat het duidelijk lijkt dat deze dip "echt" was. De nacht 14/15 begint met hoge activiteit (ZHR 100) maar neemt vrij snel af naar een ZHR van ~30 aan het einde van de nacht.

Vuurbol na vuurbol, door Michel Vandeputte (eRadiant 2008-2 blz. 42-53)

"Na een aantal -2 Geminiden was het na bijna twee volle waarneemuren eindelijk raak met het verschijnen van een blauwwitte -5 Geminide in de Grote Beer. Een eerste oerkreet bij ondergetekende overgalmde het waarneemveld. Een dikke tien minuten later verscheen er een -3 vanuit Gemini naar de Canis Minor; ook al een fotografische treffer voor Koen. Erna volgden er tussen 23:00 - 01:00 nog een heel pak -2 en twee maal -3 Geminiden aan het zwerk. Meer helder spul dus; maar nog niet overtuigend genoeg op dat moment. 00:54 UT: een -5 Geminide schitterde laag in het zuiden (omgeving Eridanus - Horlogium); Koen heeft deze net niet fotografisch. Maar om 1:18 UT verscheen een -5 Geminide in Hydra (wel fotografisch vastgelegd); ondergetekende mist deze visueel maar ziet wel een -2 oplichten in de buurt van Polaris. Erna werd het er maar alleen op beter en beter. 01:47 UT: een felwitte -5 Geminide verscheen in Hydra (een schitterende treffer voor Koen), nauwelijks 9 minuten later wederom -4 in Coma Berenices. 02:08UT: een -3 naar Taurus, 02:10 UT een fragmenterende -3 nabij Polaris, 02:13 UT: een peervormige witte -4 Geminide met kort spoor nabij het radiant. Ja hallo! Drie heldere jongens op nauwelijks vijf minuten tijd. Waar in het verleden hebben we dit spektakel nog gezien? En of we het beste gezien hadden? Absoluut niet; om 02:39 UT verscheen er in het oosten de helderste Geminide van de nacht. Een terminale burst van maar liefst magnitude -8 liet de hemel kortstondig oplichten. Ook andere waarnemers op honderden kilometers afstand in het Spaanse binnenland hebben deze bolide opgemerkt (F. Ocana schatte deze op -9). Show must go on. 02:48 UT: een -3 in de Grote Beer, 03:24 UT: een groene -4 in Draco, 03:48UT: een -6 bolide in de Kleine Beer. Tgoh! 04:03 UT: de Grote Beer kreeg terug bezoek van een -5 Geminide...04:06 UT: nogmaals prijs in de Grote Hond met een -4 Geminide. Dit werd echter de laatste grote visuele treffer. Erna ging de schwing er snel uit en doofde de zwerm zeer sereen en geleidelijk aan uit. De aarde verliet de dichtere delen van de Geminiden meteoroidengordel. Om 5 UT werden de waarnemingen gestaakt. Tevredenheid alom".



Grafiek 18: Geminidencurve uit 2007 op basis van 5807 Geminiden en data van BETFE, DIJSI, JOHCA, LEUPE, MISKO, NIJJO, VANMC en VANSI.



Foto 11: Fotocompilatie Geminiden 2007 vanuit Portugal. Boven de groepsfoto met v.l.n.r. Michel Vandeputte, Inneke Verkerken, Simon Vanderkerken, Carl Johannink en Koen Miskotte (Foto: Koen Miskotte & Michel Vandeputte). Links onder een compilatie van meerdere opnamen met o.a. Geminiden van -5 (Foto: Koen Miskotte). Rechts onder: Koen positioneert zijn camera (Foto: Michel Vandeputte).

5.5: De maanlicht overgoten Geminiden van 2008

Maan: Volle maan op 13 december betekent de hele nacht maanlicht.

Weer: Flinke opklaringen vanuit het westen, later weer bewolkt.

Locatie: Nederland

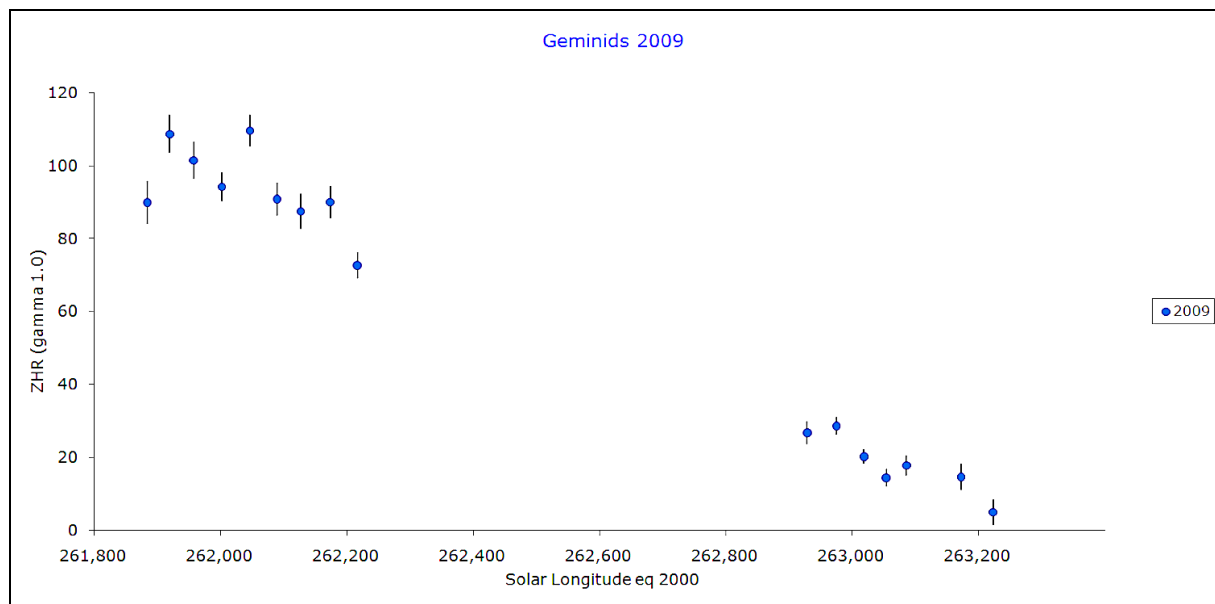
Een bijna volle maan zette de waarnemers in het licht. Opklaringen werden vanuit het westen verdreven door wolken. Desondanks werden aardig wat Geminiden waargenomen en vooral aan het einde van de nacht een aantal fraaie vuurbollen tot magnitude -6. De ZHR berekeningen geven extreem hoge ZHR's zo tussen de 150 en 230 bij alle waarnemers. Dit is wellicht geheel te wijten aan onderschatting van de grensmagnitude en het bekende probleem van stertellingen bij lage grensmagnituden: één ster meer betekent soms een forse verhoging van de grensmagnitude. Geen curve van deze verschijning derhalve. Waarnemers in 2008: DIJSI, JOHCA, LEUPE, MISKO en OSVDA. Rest alleen de opmerking dat de Geminiden tijdens (volle) maanlicht omstandigheden nog steeds het aanzien meer dan waard zijn, aantallen tussen de 40 en 50 per uur zijn geen uitzondering. Voor serieuze data verwerking zijn dit soort jaren echter ongeschikt...

5.6: Fraaie Geminiden 2009 vanuit Portugal én Nederland

Maan: Nieuwe maan op 16 december, geen storend maanlicht.

Weer: Portugal: helder, Nederland: lokaal helder, lokaal bewolkt.

Locaties: Portugal, Nederland en Soedan.



Grafiek 19: Geminiden 2009 curve op basis van 4185 Geminiden en data van BETFE, BETHA, BIEJE, DIJSI, JOHCA, KEERO, LEUPE, MISKO, NIJJO, SCHAL en VANMC

Geïnspireerd door het resultaat uit 2007 ging ook nu weer een groep DMS-ers op pad naar Portugal om de Geminiden waar te kunnen nemen. Zij werden niet teleurgesteld, de nachten 13/14 en 14/15 december verliepen helder [17]. Maar gelukkig kon er ook lokaal vanuit Nederland goed waargenomen worden [40, 41, 42, 43]. Mooie aantallen werden waargenomen en evenals een (dubbel?) maximum rond zonnelongtes 261,90 en 262.046. Daarna een gestage daling met heldere Geminiden à la 1996. Ook de r waarde gedroeg zich als in 1996 [45]. Enkele Geminiden van -5 en -4 werden gezien.

De nacht 14/15 december flink lagere activiteit, maar nog wel een aantal vuurbollen, visueel werden een -4 en -6 gespot, later die nacht werd nog een -10 vastgelegd door de all sky camera van Peter van Leuteren. Ook vanuit de Benelux konden de Geminiden waargenomen worden, waarbij het weer lokaal erg verschild. Tevens werd een kleine hoeveelheid data uit Soedan gebruikt. Grafiek 18 geeft het resultaat. Opvallend is dat de ZHR in 2009 niet zo hoog kwam als bijvoorbeeld in 1996 en 2004 ondanks het feit dat we deels op dezelfde zonnelongte keken.

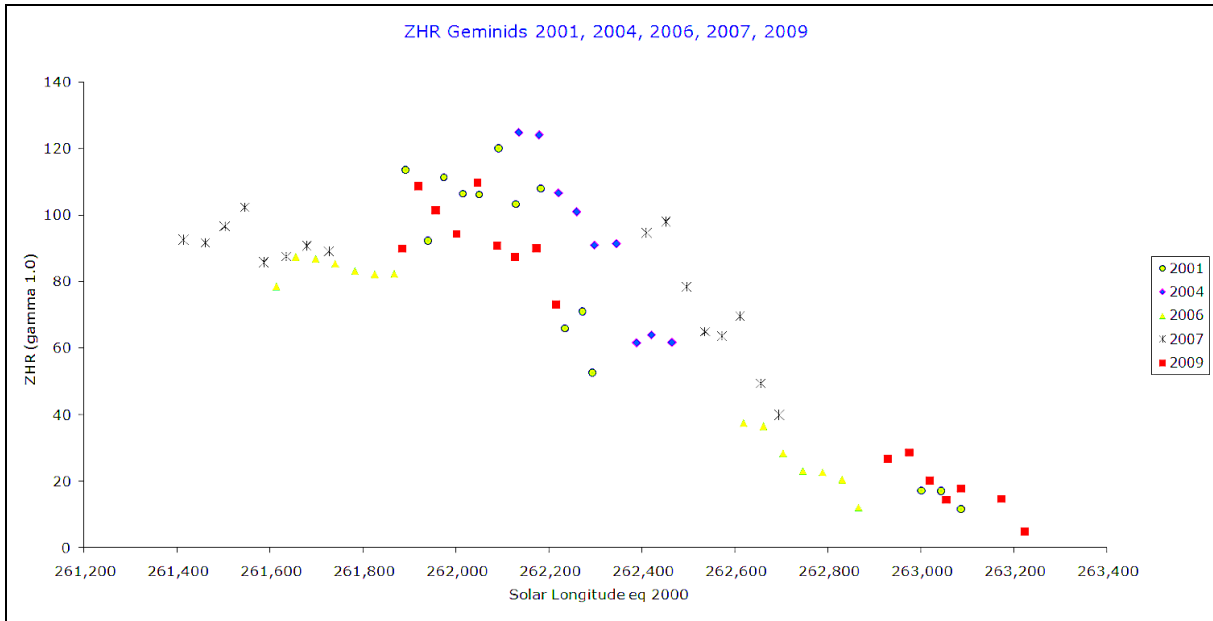


Foto 12: Compilatie van de Geminiden 2009 actie. Linksboven: groepsfoto bij een menhir, v.l.n.r. Roy Keeris, Koen Miskotte, Peter van Leuteren, Michel Vandeputte, Inneke Verkerken en Sietse Dijkstra (Foto: Sietse Dijkstra). Rechtsboven: -10 Geminide gefotografeerd door Peter van Leuteren met zijn Canon EOS 40D met Sigma 4,5 mm F 2.8 lens. Linksonder: compilatie Geminiden 2009 genomen met een Canon EOS 40D met een Canon EF 15 mm. F 2.8 lens (foto: Koen Miskotte). Rechtsonder: Michel Vandeputte bereid zich voor op een nachtje Geminiden harken (Foto: Peter van Leuteren).

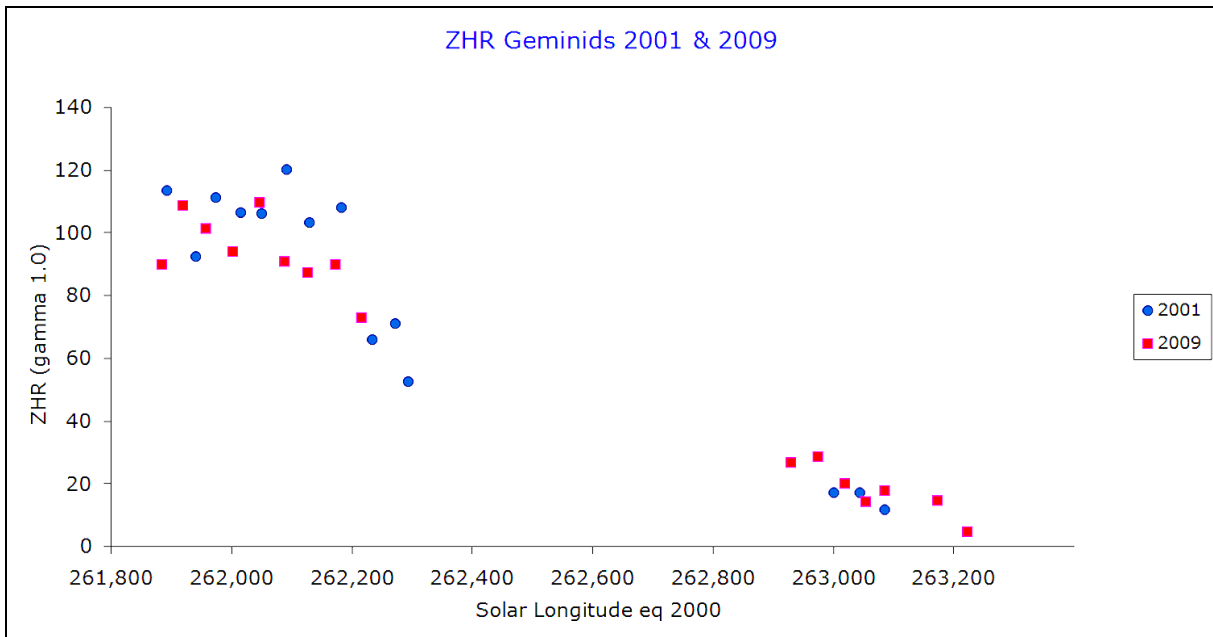
5.7: Gecombineerde ZHR curven in de eerste decade van 2000

Tot slot geven we hier een gecombineerde curve van de Geminiden 2001, 2004, 2006, 2007 en 2009. Opvallend is dat de data uit 13/14-12-2006 toch mooi aansluit op data van 13/14-12-2007 en 2001/2009. De soms forse dips tijdens het maximum lijken een terugkerend verschijnsel, maar het is moeilijk te kijken of de waargenomen dips steeds dezelfde zijn. Immers, het maximum tijdstip van de Geminiden varieert, het vindt plaats in een periode van ongeveer 6 uur. Dat leidt dan ook tot verschuivingen van de hele curve. Wie goed

kijkt ziet overeenkomsten die dan wat eerder of later lijken plaats te vinden, bijvoorbeeld de dalende curve uit 2007 lijkt erg op de dalende curve van 2004 maar 2007 lijkt wat later in de tijd plaats te vinden. Opvallend is dat de curve uit 2009 toch significant lager is dan die van 1996 en 2001. Zouden we nu dan nu al een dalende trend gaan zien van de Geminiden? Om hier antwoord op te krijgen: we need more data (in the future.....). Voor een directe vergelijking tussen 2001 en 2009 hebben we nog een aparte grafiek 20 gemaakt.



Grafiek 20: Gecombineerde ZHR curven van de Geminiden 2001, 2004, 2006, 2007 en 2009



Grafiek 21: Gecombineerde ZHR curven uit 2001 en 2009.

Hoofdstuk 6.0: Geminiden ZHR curven vergeleken op dezelfde zonnelongte

Nadat alle ZHR berekeningen voltooid waren, hebben we reeksen van jaren gemaakt waarin we op dezelfde zonnelongte keken en de waarnemomstandigheden (maan) hetzelfde zijn. Dit gebeurt grofweg steeds om de acht jaar. Het resultaat is onderstaande tabel 4.

	Jaar	Jaar	Jaar	Jaar	Jaar
Reeks 1	1988	1996	2004	2012	
Reeks 2	1985	2001	2009	2017	
Reeks 3	1990	1998	2006	2014	
Reeks 4	1983	1991	1999	2007	2015
Reeks 5	1994	2002	2010	2018	
Reeks 6	1984	1992	2000	2008	

Tabel 4: Jaren waarin waargenomen kon worden onder dezelfde zonnelongte en maan condities. De blauwe jaren geven de toekomstige jaren aan met ruwweg dezelfde waarnemcondities. Deze jaren zijn dus bij uitstek geschikt om te kijken naar evolutie ten opzichte van eerdere jaren in dezelfde reeks.

In de onderstaande beschreven reeksen introduceren wij twee begrippen: de "main peak" reeks en de "plateau" reeks. De "main peak" reeks geeft aan dat het waarnemingen betreft waar de theoretisch genoemde pieken vallen in het waarnemvenster. Vaak is er dan duidelijk één of twee pieken te zien. De "plateau" reeks geeft aan dat het waarnemingen zijn waarbij de theoretische pieken overdag vallen. Vaak is dan een vlakke ZHR curve te zien. We toetsen nu dus eigenlijk de theorie met de praktijk.

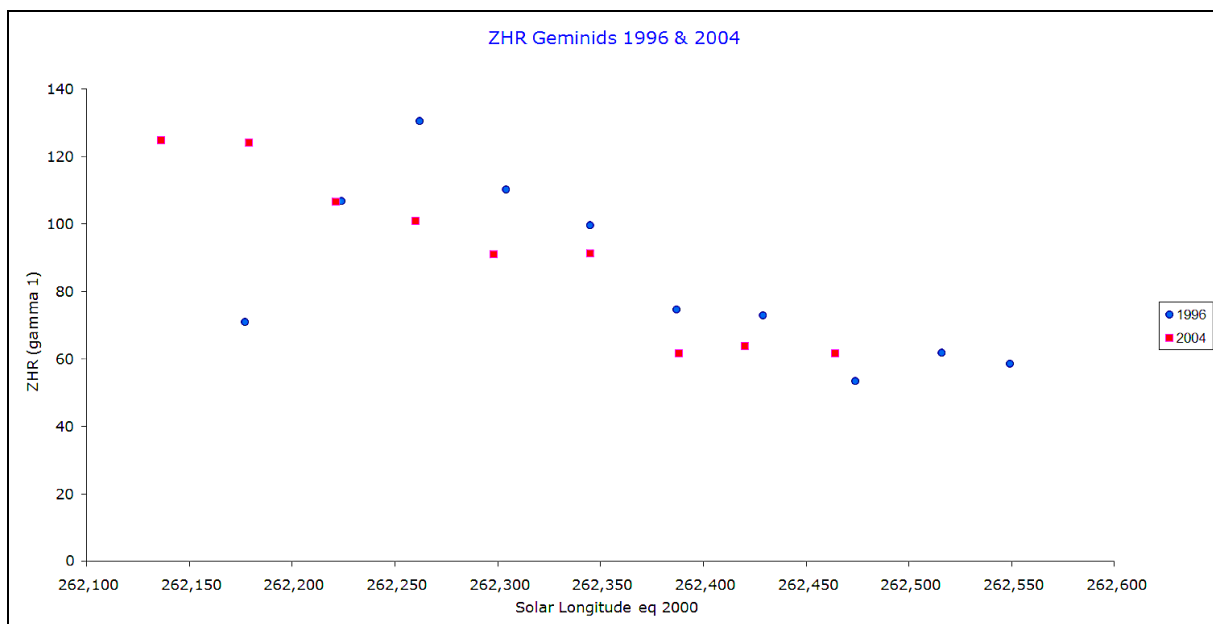
In de literatuur [1, 35, 36] vonden wij terug dat er een 'double main peak structure' bestaat.

Uit onderzoek van G. Spalding [36] in de periode 1969 - 1980 werd weinig shift gevonden in de piektijdstippen. Peter Jenniskens vond uit onderzoek tussen 83-85 data: zonnelongte $261.01 \pm 0.02^\circ$ en zonnelongte $262.34 \pm 0.01^\circ$

IMO (periode 1988 tot 1997): zonnelongte $262.12 \pm 0.02^\circ$ (ZHR 140) en zonnelongte $262.33 \pm 0.02^\circ$ (ZHR 90 a 110).

6.1: Reeks 1: 1988 – 1996 - 2004 - (2012)

Deze reeks omschrijven wij als een "main peak" reeks. Dus de theoretisch genoemde piekmomenten vallen binnen ons tijdvenster. Twee zeer fraaie terugkeren in 1996 (Benelux) en 2004 (Sauerland). Grafiek 21 geeft beide curven uit 1996 en 2004.



Grafiek 22: Geminiden 1996 en 2004

1988: Helaas geen data van deze terugkeer.

1996: Een zeer hoog en vrij scherp maximum valt rond zonnelongte 262.25-30. Deze valt rond het theoretische moment van het 2^e hoofdmaximum en misschien was deze in 1996 wel extra sterk. Wel is het vreemd dat de ZHR bij aanvang nogal laag is. Je zou een wat hogere aanvangs ZHR verwachten kort na de 1^e hoofdpiek. Of er was sprake van een zwakkere 1^e hoofdpiek.

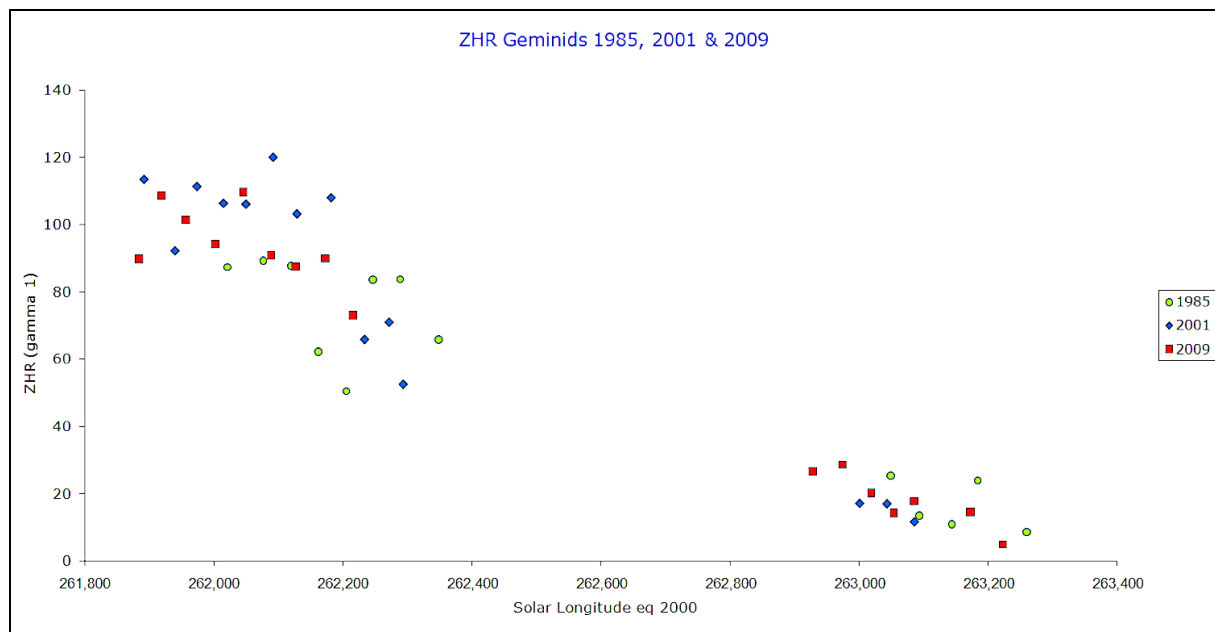
2004: start hoog in correlatie met het moment van de eerste hoofdpiek. Er lijkt ook een indicatie van lichte verhoging te zijn rond het moment van de tweede piek; deze keer een fractie later rond zonnelongte 262.35. De daling in de r waarde kwam er beter uit in 1996 dan 2004 maar dat is vrij logisch aangezien de 1996 terugkeer iets later komt in zonnelongte.

2012: Nieuwe maan op 13 december dat jaar geeft ons de kans om rond beide theoretische submaxima waar te nemen. Grote actie dus.

Resumerend: Twee fraaie terugkeren in deze reeks. Helaas is deze reeks door het ontbreken van data uit 1980 en 1988 ongeschikt om te kijken of de ZHR in de 80-er jaren lager lag dan in de twee decennia erna. Beide jaren geven grofweg dezelfde ZHR's. Bij een dalende trend zou in 2012 de ZHR wat lager moeten liggen.

6.2: Reeks 2: 1985 – 1993 – 2001 – 2009 - (2017)

Deze reeks is ook een typische "main peak" reeks. Dit is wellicht de beste reeks om de hoofdpiek rond zonnelongte 262.0-1 in kaart te brengen en te vergelijken met ZHR's in de 80er jaren. We hebben drie goede terugkeren ter beschikking: 1985 (Provence), 2001 (Benelux) en 2009 (Portugal & Benelux). Zie voor het resultaat grafiek 22.



Grafiek 23: Geminiden 1985, 2001 en 2009

1985: hoofdpiek rond zonnelongte 262.0-1 gevolgd door een forse dip (al dan niet nog wat meer naar beneden getrokken door dat veldje cirrus) met een tweede piek rond zonnelongte 262.3 (tweede main peak). ZHR overeenstemmend met de literatuur in die periode (Literatuur: ZHR 88 +/- 4 in de periode 1981-1991).

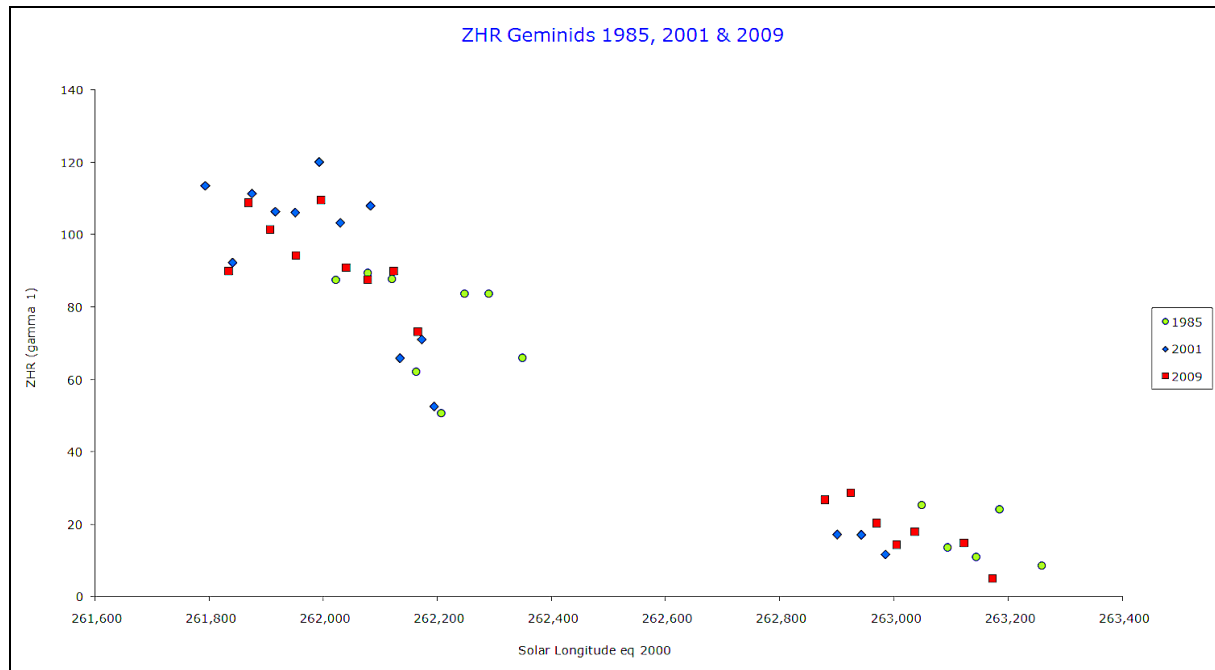
1993: Geen data helaas.

2001: Maximum ZHR 120 rond zonnelongte 262.1. Opvallend aan deze curve is de zeer grote dip van 262.2, de ZHR halveert in een uur tijd. Speelt hier de vermoeidheid in combinatie met een dalende ZHR en radianthoogte aan het einde van de nacht een rol? Neen, wellicht niet en is dit dezelfde dip als in 1985 maar dan 0,1 graad (2,4 uren) later in zonnelongte. Zie ook grafiek 23.

2009: Piekmoment tussen 261.9 - 262.1. Het bekende 'maximumdipje'; en dan nog een bescheiden opleving rond zonnelongte 262.2. Anderzijds: aan het einde van de nacht een scherpere daling, is dit het begin van de zelfde dip als gezien in 1985 en 2001? Schuiven we de zonnelongtes van 2009 0,05 graden (1,2 uren) naar voren dan is duidelijk zichtbaar dat deze ook qua verloop mooi past. Het is ook bekend dat het maximumtijdstip van de Geminiden soms wat kan verschuiven, dus andere structuren zouden dan ook mee kunnen verschuiven. De maximum ZHR dit jaar ligt iets lager dan in 2001.

2017: Een goed jaar om eens te kijken of de stijgende tendens tussen 1985 en 2001 doorzet, of dat er juist sprake is van een dalende tendens die begint na 2004. De maan kan geen reden zijn om niet waar te nemen, ze is enkele dagen voor nieuwe maan. Tevens kunnen we kijken of die dip waargenomen in 1985, 2001 en misschien 2009 terugkeert. In 2017 is er nog een reden om de Geminiden goed in de gaten te houden, zie hiervoor hoofdstuk 7.0.

Resumerend: Deze reeks is het fraaiste om eens te kijken naar de eventuele evolutie in ZHR. Duidelijk zichtbaar is dat 1985 het jaar was met de minste activiteit in deze reeks. Het jaar 2001 scoort het hoogste qua ZHR en in 2009 is de ZHR toch weer een stukje lager. Mocht de ZHR in 2017 weer een stukje lager liggen dan in 2009 dan is het toch wel duidelijk dat we weer in een dalende trend zitten van de activiteit van de Geminiden. Dan liggen de jaren met de hoogste ZHR's alweer achter ons. Deze periode met hoogste activiteit zal dan ergens tussen 1996 en 2004 gelegen moeten hebben, zie ook hoofdstuk 6.1.



Grafiek 24: Dezelfde grafiek als 23, maar nu zijn de zonnelongtes van 2001 0,1 graad en die van 2009 0,05 graden naar voren geschoven. Opmerkelijk is dat de grafiek dan qua verloop vrijwel exact hetzelfde is geworden. De ZHR is natuurlijk wel verschillend.

6.3: Reeks 3: 1990 – 1998 – 2006 - (2014)

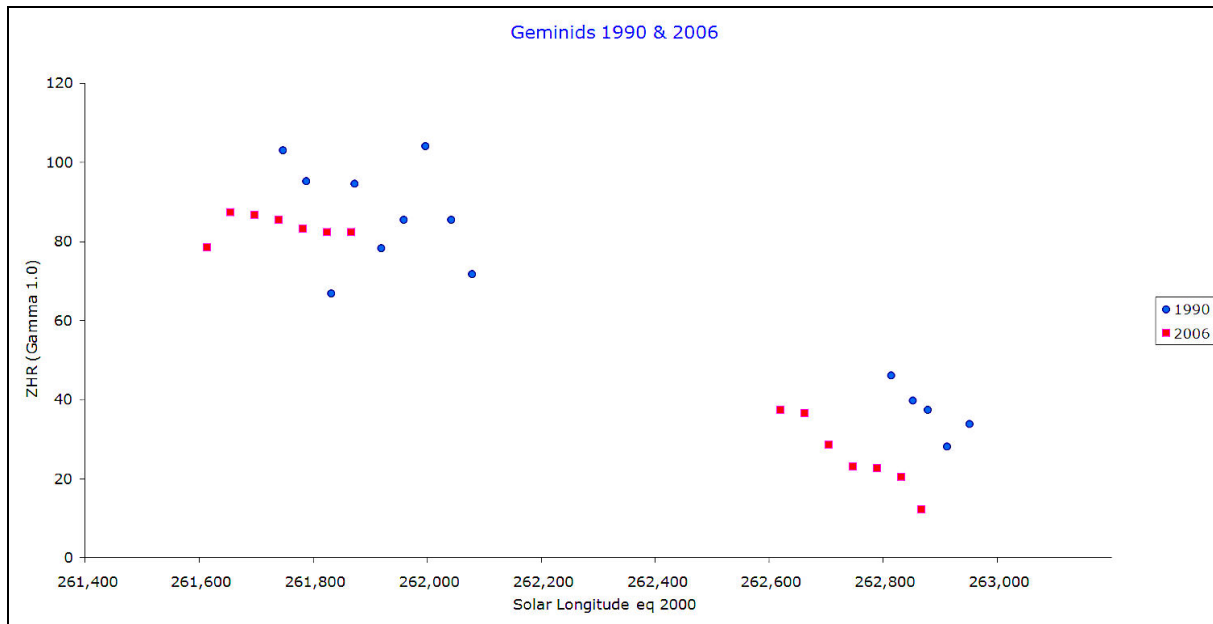
Deze reeks omschrijven wij als een "plateau" reeks. Deze reeks is niet geschikt voor de hoofdpieken, maar wel interessant voor de dalende tak na het maximum. Wel veel minder indrukwekkend dan die andere 'plateau' reeks 1983 - 1991 - 1999 – 2007. Twee heldere terugkeren: 1990 (Provence) en 2006 (Vogezes). Het resultaat is te zien in grafiek 24.

1990: Bekend Provence verhaal: Peter Jenniskens berekent een gemiddelde ZHR $77 \pm 8 \pm 1.3$. In 14-15 december net als in 1983 heldere Geminiden. Deze analyse geeft ZHR's tussen de 80 en 105.

1998: Helaas geen data.

2006: Plateau gedurende 13-14 december (zonnelongte 261.6 - 261.9). 14-15 december: meer heldere Geminiden maar geen vuurbollen binnen de 'vuurbollenperiode' die we in 2007 waargenomen hebben. Opgelet de periode waarin twee vuurbollen in 2007 verschenen viel dan ook vroeger in zonnelongte met lagere radiantstand.

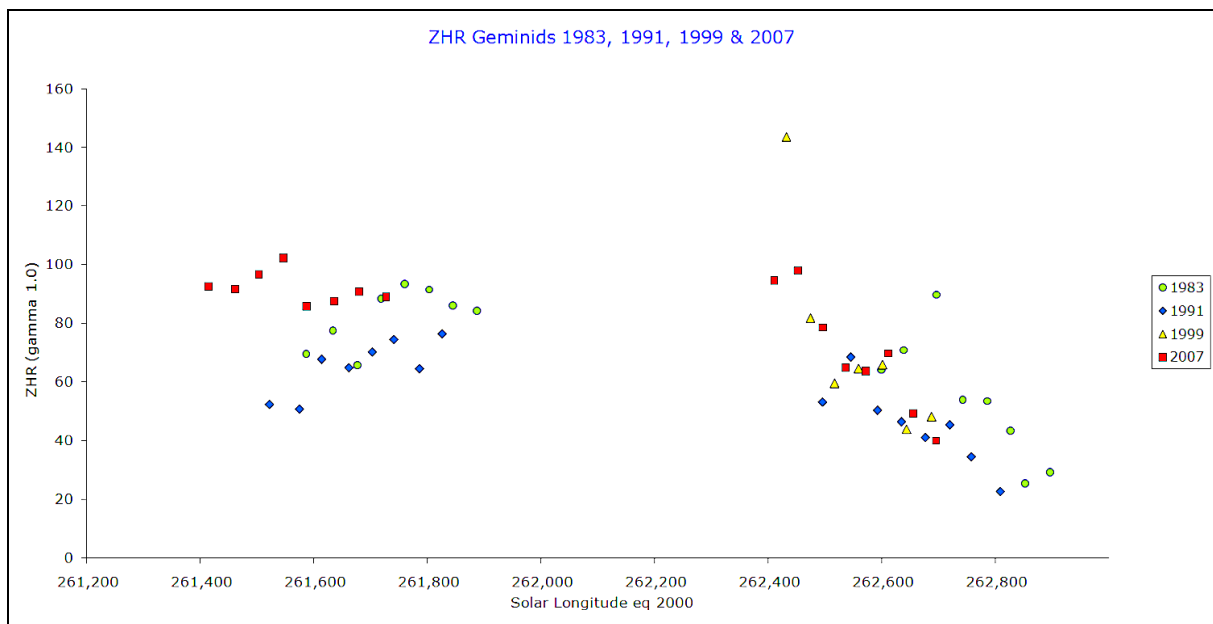
2014: Matige omstandigheden dat jaar, laatste kwartier op 14 december. Maar, toch het veld in, ook met maanlicht zijn er genoeg Geminiden te zien.



Grafiek 25: 1990 en 2006

6.4: Reeks 4: 1983 - 1991 - 1999 - 2007 - (2015)

Deze reeks omschrijven wij ook als een 'plateau' reeks. De beste in haar 'genre' vooral voor het waarnemen van de dalende piek (valt kort na het hoofdmaxima). Grafiek 24 is het resultaat van deze reeks.



Grafiek 26: Geminiden 1983, 1991, 1999 en 2007. 2007 geeft een wat hogere ZHR dan in 1983. 1991 is duidelijk een uitbijter met flink lagere ZHR's in de nacht 13/14 december, de nacht erna is dit effect minder. Zie ook hoofdstuk 4.2 voor een mogelijke verklaring.

1983: data beperkt. 14/15 december: melding van enkele heldere meteoren. Maar geen "extreme zaken" zoals in 2007.

1991: het verhaal is bekend, dit jaar is een uitbijter. Gemiddeld wat lagere ZHR's (invloed Pinatubo?). Ook weinig echt heldere Geminiden in de dalende piek.

1999: enkel 14-15 december fraai helder in Vlaanderen. Heldere Geminiden; doch weinig vuurbollen. Helaas data van slechts één waarnemer.

2007: het plateau tussen zonnelongte 261.2 - 261.8. De vuurbollenparade tussen zonnelongte 262.50 - 262.68.

[2015](#): Prima jaar om de Geminiden waar te nemen, nieuwe maan op 11 december levert alleen in de voornacht (als de radiant nog laag staat) een beetje maanlicht op.

Resumerend: Enkele opvallende zaken zijn natuurlijk de lagere ZHR's in 1991 en de opvallende vuurbol activiteit in de nacht 14/15 december 2007. ZHR in 2007 wat hoger dan die in 1983. De curve van 2007 lijkt ook wat meer naar voren geschoven t.o.v. 1983.

6.5: Reeks 5: 1994 - 2002 - (2010)

Deze reeks geeft jaren met aanzienlijk maanlicht, hoewel 2010 mee gaat vallen. Er kunnen hier dus geen echte conclusies getrokken worden. Geen grafiek omdat er geen zinvolle vergelijkingen gemaakt kunnen worden door het overvloedige maanlicht.

[1994](#): geen fraaie curve; hoogste data punt bij storend maanlicht. Bovendien zou in theorie de activiteit fors moeten stijgen op het einde van de nacht naar de 'theoretische hoofdpijk' toe maar waarschijnlijk werd dit effect teniet gedaan door een sterk dalende radiant.

[2002](#): Helaas bewolkt weer boven de Benelux. Een last minute crashactie met auto's van enkele DMS-ers/VVS-ers mislukte door extreme winterse omstandigheden.

[2010](#): de fouten van 2002 rechttrekken. Maanloos in zonnelongte 261.7 – 262, dit is het tweede deel van de nacht. Kunnen we nog eens experimenteren bij de theoretisch hoogste activiteit versus dalende radiantstand en vergelijken met het 1994 verhaal en de 2006 problematiek. Tijdstippen maansondergang in 2010 in Nederland: 13/14 december om 00:05 UT (55% verlicht) en 14/15 december om 01:13 UT (63% verlicht). Het tweede deel van deze nachten is dus vrijwel maanlichtloos.

6.6: Reeks 6: 1984 - 1992 - 2000 – 2008 - (2016)

Deze reeks is de volle maanreeks: zoals eerder gezegd, dit soort jaren levert geen betrouwbare data op. Enkel leuk om lekker te genieten van een fraaie show. In 2016 ook weer volle maan, lekker kijken vanuit Nederland als het helder is.

Hoofdstuk 7.0: De vuurbollenshow van 14/15 december 2007 en 3200 Phaethon

In de nacht 14/15 december 2007 werden tussen grofweg 23:00 en 04:00 UT 20 verschillende Geminiden tussen magnitude -3 en -8 waargenomen vanuit Portugal. Felix Bettonvil kon onze waarnemingen staven met visuele en fotografische data vanuit La Palma [16,27,38]. Aangezien (3200) Phaethon zich in december 2007 in de nabijheid van de Aarde ophield (0,145 AE op 14 december 2007), liggen de volgende vier vragen voor de hand:

- 1) Is er vanuit andere locaties in deze nacht ook een opvallende 'vuurbolactiviteit' waargenomen?
- 2) Zijn er in het recente verleden meer van zulke vuurbolrijke verschijningen geweest?
- 3) Is er een relatie tussen het aantal heldere vuurbollen en de afstand van 3200 Phaethon tot de Aarde op 14/15 december
- 4) Zijn er in de toekomst vaker dichte ontmoetingen met 3200 Phaethon?

7.1: Waarnemingen vanaf andere locaties

In de IMO database vonden wij een aantal waarnemingen van meer ervaren waarnemers welke eveneens rond dezelfde zonnelongte zijn uitgevoerd. Het gaat hierbij om waarnemingen uit Israël (Shy Halatzi / Anna S Levina), Slovenië (Javor Kac) en Slowakije (Jacub Koubal).

Criteria om juist naar hun waarnemingen te kijken waren:

- Voldoende lang waarneemvenster zowel voor 23:00 UT als tot ver in het interval waarin er vanuit La Palma en Portugal meer heldere meteoren verschenen (23 – 04 uur UT)
- Goede waarneemcondities

Het resultaat is tabel 5 met bovenaan de Portugese data.

Waarnemer	Magn.---->	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	m
JOHCA	21:00 - 00:00 00:00 - 03:30	0	0	0	0	4	7	13	20	33	38	18	19	0	2,32 1,59
MISKO	21:00 - 00:00 00:00 - 04:00	0	0	0	0	3	4	9	15	42	55	47	10	0	2,66 2,00
VANMC	21:00 - 00:00 00:00 - 04:00	0	1	0	2,0	5,0	8,0	14,0	32,0	54,0	85,0	64,0	18,0	0,0	2,52 2,09
BETFE	01:36 - 03:59	0	0	1	5	10	7	23	19	47	45	34	16	3	2,08
HALSH	21:00 - 00:00 00:00 - 02:50	0	0	1	4	10	13,5	20,5	20	18,5	24,5	32,5	22	0,5	1,94 1,86
LEVAN	21:00 - 00:00 00:00 - 03:00	0	0	2	3	8	12	22	32	24	37	31	4	0	1,66 1,36
JOUKA	21:07 - 23:52 23:52 - 02:38	0	1	0	0,5	3	5,5	14,5	27,5	34	27	20,5	6,5	0	1,95 2,05
KACJA	23:04 - 00:00 00:00 - 03:12	0	0	0	0,0	2,0	0,0	3,0	5,0	10,0	7,0	3,0	0,0	0,0	1,80 1,83

Tabel 5: Data van waarnemers die actief waren in de "vuurbollennacht" 14/15 december 2007. Duidelijk is de flinke toename van het aantal zeer heldere Geminiden in het tweede deel van de nacht vanuit Portugal. Helaas worden deze waarnemingen niet ondersteund door data van andere waarnemers die op hetzelfde moment actief waren. HALSH (Shy Halatzi, Israël), LEVAN (Anna Levina, Israël), JOUKA (Jakub Koukal, Tsjechië) en KACJA (Javor Kac, Slovenië).

Bij geen van deze mensen was er na 23 uur een duidelijke toename van heldere Geminiden op te tekenen in vergelijking tot de periode voor 23 uur. Er werden zelfs in verhouding tot de waarnemers in Portugal en La Palma heel weinig Geminiden gezien welke helderder dan -2 waren.

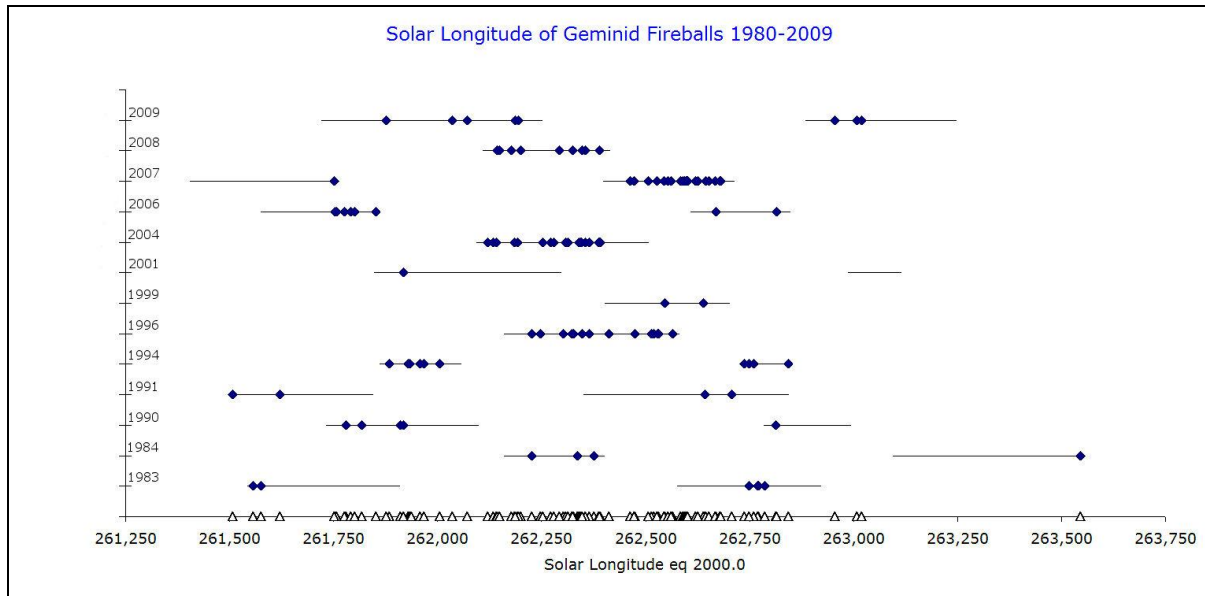
We kunnen dus stellen dat het verschijnsel wat zich boven zuidwest Europa voltrok in oost Europa en Israël onopgemerkt voorbij is gegaan. Een lagere radiantpositie kan niet als verklaring hiervoor worden aangedragen.

7.2: Zijn er in het recente verleden meer van zulke vuurbol rijke verschijningen geweest?

Een klein onderzoek in o.a. de VMDB van de IMO kon geen positief antwoord genereren. Natuurlijk blijft de beschikbare data beperkt tot de jaren vanaf 1982. En natuurlijk worden in de nacht 14/15 december vaker vuurbollen waargenomen, maar niet in die aantallen zoals waargenomen vanuit Portugal in 2007. Een mooi voorbeeld van een "vuurbolarm jaar" is 1991, toen vrijwel op dezelfde zonnelongte werd waargenomen: een grote groep waarnemers zag vanuit Nederland slechts enkele -3 Geminiden, terwijl slechts vier waarnemers vanuit Portugal in 2007 20 Geminiden tussen de -3 en -8 zagen.

7.3: Is er een relatie tussen het aantal heldere vuurbollen en de afstand van (3200) Phaethon tot de Aarde?

Misschien zijn er alleen meer vuurbollen waarneembaar als (3200) Phaethon de Aarde zeer dicht nadert. In 2007 had (3200) Phaethon de dichtste nadering tot de Aarde in 50 jaar. Op advies van Peter Bus zijn van alle waargenomen Geminidenvuurbollen de zonnelongtes bepaald en in een grafiek gezet. Opgelet: dit zijn de individueel waargenomen vuurbollen, dus als drie waarnemers dezelfde vuurbol zagen werd deze als één exemplaar genoteerd. Hiervoor werd gespeurd in de waarnemingen van vele waarnemers, verslagen op Internet, Radiant of eRadiant. Maar ook de DMS foto database [46] van simultaan opnamen was een goede bron van gegevens. In totaal konden zo de tijden van 118 individuele Geminidenvuurbollen tussen de magnitude -3 en -10 worden achterhaald. Het resultaat is te zien in grafiek 25 (het beste te bekijken op 200%).



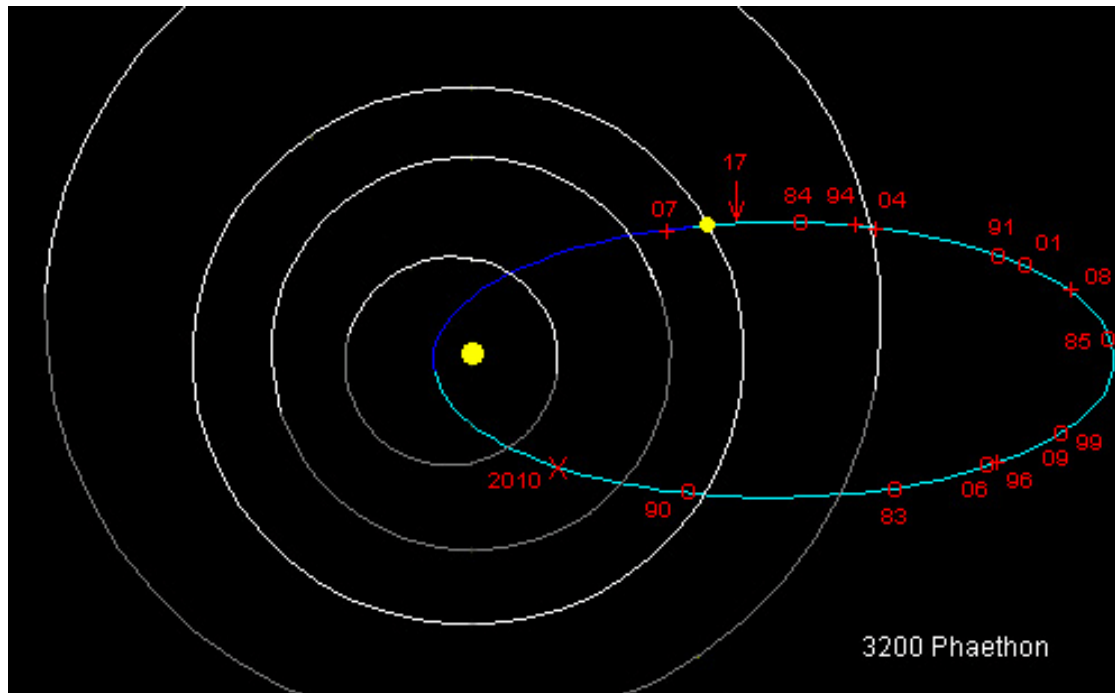
Grafiek 27: Alle Geminiden vuurbollen waargenomen in de periode 1980-2009 uitgezet tegen de zonnelongte (eq 2000.0). Op de onderste lijn staan alle vuurbollen vermeld, de lijnen erboven geven de vuurbollen per jaar uitgezet tegen de zonnelongte. Het beste te bekijken op 200%.

Hieruit blijkt duidelijk dat de rijke vuurbollennacht 14/15 december 2007 een bijzondere gebeurtenis was. In grafiek 26 zijn in de onderste lijn met witte driehoeken duidelijk twee concentraties zichtbaar. Vanaf zonnelongte 262,2 (en dat is ook het maximum van de Geminidenzwerm) is duidelijk een concentratie vuurbollen zichtbaar. Vrij snel na het maximum wordt de r waarde lager en verschijnen veel meer heldere meteoren en vuurbollen (zoals waarneembaar in o.a. 1996, 2004 en 2009). Dit wordt dus mooi bevestigd in deze grafiek.

Daarna wordt de concentratie vuurbollen wat minder maar vanaf zonnelongte 262,5 is er weer een concentratie zichtbaar. Deze zonnelongte valt samen met het begin van de vuurbollen periode in 2007. Kijken we vervolgens naar de jaarlijnen erboven dan is duidelijk dat 2007 verreweg het grootste aandeel heeft in deze opeenhoping van vuurbollen. Bijvoorbeeld als we de jaarlijn van 2007 vergelijken met die van 1991 en 1983, waar in hetzelfde tijdvenster kon worden waargenomen.

Natuurlijk moet je bij dit onderzoek rekening houden met de "kijkdichtheid", m.a.w. waren er niet veel waarnemers actief gedurende een bepaald tijdvak waardoor iets meer vuurbollen werden opgemerkt. Daarvoor zijn in grafiek 25 ook de perioden waarin werd waargenomen aangegeven met lijnen en daaruit is duidelijk zichtbaar dat er "redelijk homogeen" is waargenomen.

Het is jammer dat onze data niet ondersteund wordt door data van andere Europese waarnemers. Mede hierdoor wordt het uiterst onwaarschijnlijk dat de dichte nadering van 3200 Phaethon verantwoordelijk was voor de grotere hoeveelheid vuurbollen in de nacht 14/15 december 2007.



Figuur 1: Op de sterk elliptische baan zijn de posities van 3200 Phaethon geprojecteerd voor 14 december van een bepaald jaar waarin Geminiden zijn waargenomen met een helderheid van magnitude -3 of helderder [47,48].

Een + geeft het aantal van 10 of meer heldere Geminiden en een 0 minder dan 10. De banen van de planeten Mercurius t/m Mars zijn weergegeven en worden van bovenaf gezien. De positie van de aarde is voor 14 december gegeven. Ook zijn de posities voor 3200 Phaethon voor 2010 en 2017 gegeven. Figuur: Peter Bus.

Zeer voorlopige eerste conclusie

Vanwege het kleine aantal goed waargenomen Geminidenverschijningen (in 30 jaren 14 keer waargenomen) lijkt op dit moment dat de heldere Geminiden egaal langs de baan van Phaethon zijn verspreid met hier en daar statistische uitbijters.

Echter, als (3200) Phaethon zich, zoals in 2007, in een positie bevindt op ca. 1 week na tot circa 6 weken vóór knooppassage rond 14 december, zou er een (zwakke) trend aanwezig kunnen zijn van grotere aantallen heldere Geminiden. De reden hiervoor kan zijn is dat de grotere stofdeeltjes langer dicht bij het "moederobject" blijven dan de kleinere stofdeeltjes. Echter de hogere aantallen kunnen uiteraard ook worden veroorzaakt door de bekende statistische uitbijters. Daarnaast, zoals reeds opgemerkt in 7.1, wordt de bijzondere waarneming in 2007 vanuit Portugal en La Palma niet bevestigd door andere goede data welke in dat tijdvenster zijn waargenomen. Het feit dat het om een tijdvenster van slechts een paar uur gaat is in deze ook niet erg tevredenstellend: je zou verwachten dat áls er een correlatie is met de nadering van (3200) Phaethon, er gedurende langere tijd meer heldere Geminiden te zien zouden moeten zijn. Meer waarnemingen zijn dus hoognodig.

7.4: Zijn er in de toekomst vaker dichte ontmoetingen met (3200) Phaethon?

Het antwoord hierop is ja, in 2017 gaat er een zeer dichte nadering van (3200) Phaethon plaats vinden. In 2007 was de afstand tot Aarde op 14 december 0,145 AE en in 2017 wordt dit op 14 december slechts 0,084 AE. In tabel 6 geven wij de afstanden voor (3200) Phaethon voor de komende 10 jaar en daarbij de maanstanden. Helaas valt het tijdvenster waarin in 2007 de vuurbollen werden gezien in 2017 boven het westelijke deel van de Pacific waardoor alleen China, het Koreaanse schiereiland, Japan, Hawaï en noord Australië er iets van kunnen waarnemen. Maar gezien de grote onzekerheden in dit hoofdstuk is het duidelijk dat de Geminiden van 2017 zeker waargenomen dienen te worden.

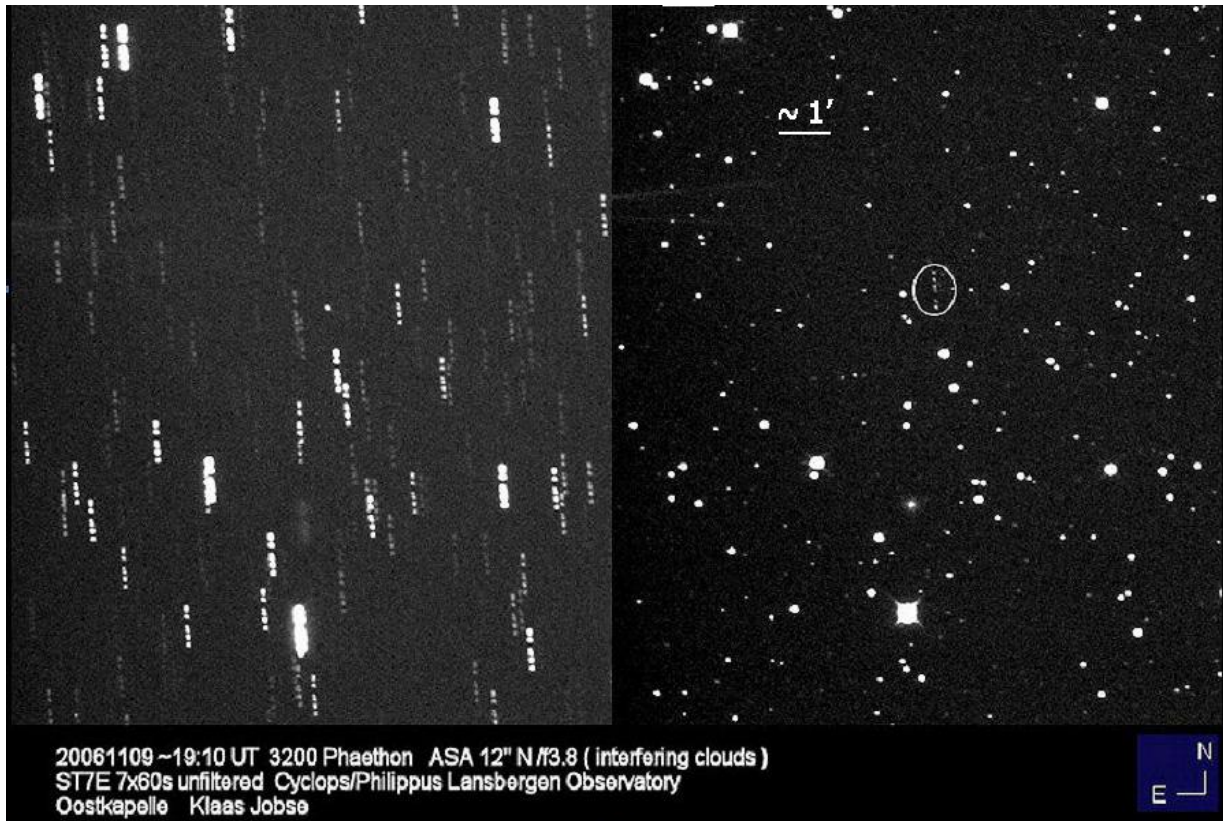


Foto 13: Opnamen van 3200 Phaethon genomen door Klaas Jobse met zijn ASA 12"/f 3.8 telescoop.

Jaar	Δ 3200	Maan	Jaar	Δ 3200	Maan
1983	1,401 AE	EK (13-12)	2007	0,146 AE	EK (17-12)
1984	0,275 AE	LK (15-12)	2008	1,487 AE	VM (12-12)
1985	1,579 AE	NM (12-12)	2009	1,651 AE	NM (16-12)
1990	1,136 AE	NM (17-12)	2010	1,113 AE	EK (13-12)
1991	1,002 AE	EK (14-12)	2011	1,202 AE	VM (10-12)
1994	0,463 AE	VM (18-12)	2012	1,712 AE	NM (13-12)
1996	1,558 AE	EK (17-12)	2013	1,232 AE	VM (17-12)
1998	1,424 AE	LK (10-12)	2014	0,767 AE	LK (14-12)
1999	1,668 AE	EK (16-12)	2015	1,666 AE	NM (11-12)
2001	1,110 AE	NM (14-12)	2016	1,461 AE	VM (14-12)
2004	0,625 AE	NM (12-12)	2017	0,088 AE	LK (10-12)
2006	1,501 AE	LK (12-12)	2018	1,534 AE	EK (15-12)
2007	0,146 AE	EK (17-12)	2019	1,613 AE	VM (12-12)

Tabel 6: Afstand (3200) Phaethon tot de aarde op 14 december 0:00 UT voor het gegeven jaar. Ook de maanfase het dichtst gelegen bij 14 december is gegeven [47].

7.5: Vooruitzichten Geminiden 2010-2019

Tabel 6 geeft ook gelijk de maanlicht omstandigheden voor de komende periode. Daaruit blijkt dat 2012, 2015, 2017 (!) en 2018 mooie condities geven met amper maanlicht. Ook in 2010, 2013 en 2014 zijn er nog wat kansen, de andere jaren hebben veel te lijden van maanlicht. De jaren 2011, 2015 en 2019 zijn de jaren met in beide nachten 13/14 en 14/15 december veel activiteit. De piek valt dan overdag op de 14^e december. De andere jaren kunnen we ons meer op de maximumnacht concentreren.

Hoofdstuk 8.0: Activiteit waargenomen bij 3200 Phaethon

Op 14 oktober 1983 meldde Simon Green van de Universiteit van Leicester, dat met de Infrared Astronomical Satellite (IRAS) op 11 oktober een snel bewegend object (1983 TB) is waargenomen [49]. C.M. Bardwel, Center for Astrophysics, publiceerde de eerste baanelementen waaruit bleek dat het om een Apollo-type object gaat, met op dat moment de kleinste periheliumafstand dan welke planetoïde ook [50]. F.L. Whipple, Center for Astrophysics meldde dat de baanelementen van 1983 TB van Bardwel goed overeenkomen met de gemiddelde baanelementen van 19 gefotografeerde Geminiden [51]. Sindsdien is algemeen aanvaard dat 1983 TB (= 3200 Phaethon) het moederobject is van de Geminiden. Sommigen houden het erop dat Phaethon een "dode" komeet is waarbij de oppervlakte wordt gesinterd door de zon. Anderen houden het op een rotsachtige planetoïde die oorspronkelijk uit de planetoïdengordel afkomstig is. Echter 3200 Phaethon heeft sinds de ontdekking geen enkele vorm van (kometaire) activiteit of een andere vorm van materie verlies vertoond die voor aanvulling van de Geminidenzwerm zorgt.

K. Battams en A. Watson [52] meldden dat volgens de gegevens van de SECCHI HI-1A (STEREO) satelliet een paar uur nadat 3200 Phaethon op 20 juni 2009 het perihelium was gepasseerd zo'n 2 magnituden helderder was geworden. Phaethon was te zien als een niet-stellair object. Battams en Watson veronderstellen dat de toename in helderheid zou zijn veroorzaakt door interactie met de zonnwind. Als deze waarnemingen juist zijn, dan zou dit de eerste keer zijn dat materieverlies bij 3200 Phaethon is waargenomen.

Na de melding van Battams en Watson, hebben D. Jewitt en J. Li van de NASA's STEREO-A, beelden gebruikt van 3200 Phaethon uit de periode 17 juni t/m 22 juni 2009 [53]. Uit deze beelden heb zij kunnen afleiden dat 3200 Phaethon zo'n factor 2 helderder is geworden vanaf 20,2 ± 0,2 juni 2009. Jewitt en Li veronderstellen dat deze niet verwachte helderheidstoename is veroorzaakt door het plotseling vrijkomen van stofdeeltjes van de oppervlakte van Phaethon. Volgens de auteurs zouden per omloop ca. 10 van deze gebeurtenissen moeten plaatsvinden om de Geminidenzwerm volledig te kunnen blijven aanvullen. Het is zeer onwaarschijnlijk dat het vrijkomen van stof veroorzaakt zou zijn door een impact.

Phaethon wordt rond perihelium te heet $T = 746$ Kelvin (bij een niet roterend zwart lichaam) om waterijs te laten overleven (*of $T = 711$ Kelvin bij een niet roterend lichaam met een albedo van 0,17, Peter Bus*). Daarom is het vrijkomen van stof door ijssublimatie zoals bij kometen zeer onwaarschijnlijk omdat de oppervlakte en het binnenste van Phaethon veel te heet worden om waterijs vast te houden.

Jewitt en Li stellen dan ook voor dat Phaethon een zogenaamde "rots komeet" is, waarbij stof ontstaat door het thermische barsten en verweren van waterhoudend mineralen (klei) bij de hoge temperaturen nabij perihelium. Deeltjes kleiner dan ongeveer 1 mm kunnen niet tegen de stralingsdruk nabij perihelium door Phaethon worden vastgehouden, die als het ware de oppervlakte van Phaethon schoon blaast.

Van de nu 19 bekende planetoïden die kleinere periheliumafstanden hebben dan Phaethon wordt niet 1 helder genoeg om door STEREO te worden waargenomen. Daarom is het belangrijk het gedrag van Phaethon in de toekomst nabij het perihelium waar te waarnemen en daarmee de frequentie van de gebeurtenissen van het massa-verlies vast te leggen om vast te stellen of de Geminidenzwerm wel of niet op peil wordt gehouden.

8.1: Behoort 3200 Phaethon tot de Pallas familie?

J. Licandro, et al, hebben de compositie en de dynamische connectie tussen de twee B-type objecten 2 Pallas en 3200 Phaethon vastgesteld [54]. Ze hebben eerst van beide objecten de visuele en het nabije infrarood spectra vergeleken met alle tot zover bekende B-type planetoïden die tot de Pallas familie behoren. Ze bevatten allen waterrijke mineralen (klei). Zij hebben ook gekeken of er overeenkomsten zijn tussen Phaethon of welke andere B-type planetoïde dan ook in de planetoïdengordel. Diverse simulaties zijn verricht om te zoeken naar dynamische overeenkomsten tussen de banen van Pallas en Phaethon.

Het resultaat geeft aan dat er belangrijke verschillen zijn tussen de waarneembare golflengte van beide spectra. Wel vonden ze dat de negen planetoïden behorend tot de Pallas familie spectraal verrassend goed met die van Phaethon overeenkomen en minder goed met die van Pallas. Door de spectrale overeenkomsten tussen Phaethon en de Pallas familieleden, samen met de vastgestelde dynamische connectie, wordt het zeer aannemelijk dat Pallas het moeder object is van Phaethon en daarmee van de Geminidenzwerm. Het verschil in het spectrum tussen Pallas en Phaethon wordt door de auteurs voornamelijk toegeschreven aan het verschil in de onderlinge diameters.

8.2: Voorlopige conclusies

Het is zeer aannemelijk dat Phaethon geen zogenaamde "dode" komeet is, maar een planetoïde die waarschijnlijk tot de Pallas familie behoort. De waargenomen toename in helderheid in 2009 kan worden toegeschreven door zonneactiviteit waarbij de stofdeeltjes als het ware van de oppervlakte van Phaethon zijn "afgeblazen". Vanwege de korte omlooptijd van 1,43 jaren, zullen deze stofdeeltjes zich snel langs de gehele baan van de planetoïde verspreiden. Dit is vrijwel zeker een van de redenen dat er geen correlatie is gevonden tussen de dichte naderingen van Phaethon tot de aarde en de hoeveelheid waargenomen vuurbollen.

Noot van Peter Bus

Tijdens de radiowaarnemingen in de 90-er jaren op o.a. 72.11 MHz, was het karakter van het geluid van een Geminide erg afwijkend tot die van de andere zwermen. Meteoren van kometen, zoals de Perseïden, Draconiden, Leoniden, en Ursiden begonnen vaak "aarzelend" terwijl die van de Geminiden er vrijwel altijd direct in "knalden". Wellicht heeft dit te maken door het steviger gesinterd materiaal t.o.v. meteoren van kometaire oorsprong die broos van samenstelling zijn.

Hoofdstuk 9.0: Enkele voorzichtige eindconclusies

- 1) Er zijn weinig variaties of verschuivingen gevonden in het optreden van de maximumtijdstippen. Het maximum keert frequent terug rond zonnelongte 261.1 +-0.1.
- 2) Er zijn echter ook enkele aanwijzingen dat het piektijdstip van de Geminiden wellicht toch verschuift, zij het in hele kleine stapjes. Meer goede data uit de komende tien jaar is noodzakelijk om dit hard te kunnen maken.
- 3) Evolutie in ZHR: zeker gestegen in vergelijking met de jaren 80. De vraag naar aanleiding van de 2009 verschijning is of we misschien nu al in een dalende ZHR trend terecht zijn gekomen? Hoogste waarden rond de eeuwwisseling? Natuurlijk, één matig Geminiden jaar voor wat betreft de ZHR zegt nog niets, de zwerm kent ook lichte variaties in activiteit. Krijgen we in de toekomst één of meerdere sterkere terugkeren dan is het verhaal alweer anders....
- 4) Heeft moederlichaam 3200 Phaethon nu iets te maken met de inbreng van helder materiaal? We denken van niet, maar 2017 biedt een goede mogelijkheid om dit na te gaan.
- 5) Dit onderzoek kan en gaat wellicht nog meer uitgebreid worden met data uit de pré maximumnacht 12/13 december. Ook het toevoegen van data van bekende waarnemers die al vele jaren actief zijn (b.v. Jurgen Rendtel, Pierre Martin en Robert Lunsford) is een optie.

Verder is de conclusie dat de Geminiden een zeer interessante zwerm is, ook al om het feit dat de samenstelling van het moederlichaam een nog steeds doorlopende discussie is. Dit onderzoek stopt niet met dit artikel. Dit artikel is meer te zien als een tussenstop naar een volgend artikel over wellicht 5 of 10 jaar. Wellicht dat bepaalde conclusies dan harder gemaakt kunnen worden of juist ontkrachtigd. Duidelijk is wel dat een aantal mensen de komende jaren alles op alles zullen zetten om de Geminiden te kunnen waarnemen middels acties à la 2007 en 2009. Te beginnen in 2010, wie doet er mee?

Dankwoord

Als laatste willen wij alle waarnemers bedanken voor hun waarnemingen. Deze vonden vaak plaats onder koude omstandigheden of werd er kosten nog moeite gespaard om in helder weer te raken. Hulde voor dit getoonde doorzettingsvermogen. Wij hopen dat er nog veel Geminiden data zal bijkomen en dat er over een aantal jaren een vervolg geschreven kan worden... Verder een woord van dank aan Paul Roggemans en Casper ter Kuile voor het opzoeken van data en/of foto's. Tot slot een woord van grote dank aan Jaap van 't Leven voor een uitvoerige controle op dit artikel.

Referenties

- [1] Jenniskens P., Meteor Showers and their Parent Comets, Cambridge University Press 2006.
- [2] Betlem H., Geminiden 1980 fotografisch (Benelux), Radiant maart 1981, blz. 58-59.
- [3] Betlem H., Bruining J., Jobse K., Breukers I., Nijland J., Geminiden verslagen 1983, Radiant 1984-1 blz. 11-15.
- [4] Koning P., Quadrimultaan raak!, Radiant 1984-1 blz. 16-17.
- [5] Miskotte K., Geminidenwaarnemingen vanuit Harderwijk, Radiant 1985-1 blz. 6-7.
- [6] Jobse K., Geminiden 1985, Radiant 1986-1 blz. 15-16.
- [7] Jenniskens P., ter Kuile C., De Lignie M., Geminiden 1990 in Zuid Frankrijk, [Radiant 1991-1 blz. 8-19](#).
- [8] ter Kuile C., Een Post-Geminiden filosofie, [Radiant 1991-2 blz. 52-54](#).
- [9] Johannink C., ter Kuile C., Miskotte K., Betlem H., Jobse K., en De Lignie M., Van Vliet M., Scholten A., Jenniskens P., Geminiden 1991: Een geslaagde actie!, [Radiant 1992-1 blz. 4-18](#).
- [10] Miskotte K., Betlem H., Jobse K., ter Kuile C., Langbroek M., Kuiper J., Geminiden 1994: Een onverwacht succes!!, [Radiant 1995-1 blz. 1-15](#).
- [11] Betlem H., van 't Leven J., Johannink C., Scholten A., Langbroek M., Geminiden 1996: Het wonder van 1991 herhaald.... [Radiant 1997-2 blz. 31-38](#).
- [12] Miskotte K., ter Kuile C., Geminiden 1996: een zeer fraai maximum!, [Radiant 1997-3, blz. 51-53](#).
- [13] Koppejan R., Biets J.M., Betlem H., Johannink C., ter Kuile C., Scholten A., Radiant 2002-2 Blz. 42-44.
- [14] Johannink C., Een expeditie naar het Sauerland, [eRadiant 2005-1 blz. 4-8](#).
- [15] Vandeputte M., Geminiden "top" bovenop de Vogezen, [eRadiant 2007-2 blz. 40-44](#).
- [16] Vandeputte M., Grootse Geminidenzwerm boven Portugal!, [eRadiant 2008-2 blz. 42-53](#).
- [17] van Leuteren P., Miskotte K., Voor de Geminiden op expeditie, eRadiant 2010-2, blz. 51-57.
- [18] Johannink C., Miskotte K., Geminiden 2007: analyse van de waarnemingen, eRadiant 2008-2 blz. 56-60.
- [19] Veltman R., De Geminiden van 1985, Radiant 1986-3, blz. 56-57.
- [20] Jenniskens P., De structuur van het Geminiden maximum. De evolutie van een holle meteorenzwerm, Radiant 1986-3, blz. 58-59.
- [21] Jenniskens P., DMS visueel handboek. (1988).
- [22] Jenniskens P., Winter 1990: Geminiden, Monocerotiden en oHidrusiden, [Radiant 1991-6 blz. 126-133](#).
- [23] van der Veen P., De methode van Öpik, Radiant 1984-6 blz. 75-80.
- [24] Jenniskens P., Winter 1991: Geminiden, Monocerotiden en snelle meteoren uit de Leeuw, [Radiant 1992-2 blz. 28-33](#).
- [25] Betlem H., ter Kuile C.R., de Lignie M.C.: Three-Station Photographic Observations of the 1990 Geminid Meteor Shower. In Stohl and Williams (eds.): Meteoroids and their Parent Bodies, Proceedings of the International Astronomical Symposium at Smolenice, Slovakia 1992 p. 161-163
- [26] Johannink C., Miskotte K., Resultaten van de Geminiden waarnemingen: ZHR + r waarde, [eRadiant 2005-1 blz. 9-12](#).
- [27] Bettonvil F., Drie Palmanese winteraktie's op rij: Geminiden, Ursiden en Quadrantiden, [eRadiant 2008-2 blz. 40-41](#).

- [28] Betlem H., ter Kuile C.K., de Lignie M.C., van 't Leven J., Jobse K., Miskotte K. and Jenniskens P.: Precision meteor orbits obtained by the Dutch Meteor Society Photographic Meteor Survey (1981 - 1993). [PDF \(260 kB\)](#), *Astronomy & Astrophysics - Supplement series 128* 179-185 (1999).
- [29] Betlem H., de Lignie M. en ter Kuile C., Simultaan opnamen, weer 18 sets berekend, *Radiant* 1985-4, blz. 61-72.
- [30] de Voogd K., Veldman G., Drie simultane Geminiden. Eerste resultaten 1991, [Radiant 1993-2, blz. 30-32](#).
- [31] Betlem H., ter Kuile C.R., de Lignie M.C., van 't Leven J. En van Vliet M., Geminiden 1990: fotografisch resultaten (1): Baan elementen, [Radiant 1994-2, blz. 33-38](#).
- [32] Betlem H., ter Kuile C.R., de Lignie M.C., van 't Leven J. En van Vliet M., Geminiden 1990: fotografisch resultaten (2): Trajecten en radiantposities, [Radiant 1994-3, blz. 57-62](#).
- [33] Betlem H., Geminiden 1991 en 1994: fotografische resultaten, [Radiant 1996-1, blz. 1-3](#).
- [34] de Lignie M.C., Betlem H., Simultane videometeoren van de Geminidenactie 1996, [Radiant 1997-6 blz. 111-114](#).
- [35] Betlem H., Geminiden 1996: Fotografische resultaten, [Radiant 1997-6 blz. 115-117](#).
- [36] Spalding G., The Geminid meteor stream in 1980, *Journal of the British Astronomical Association* 92, blz. 227-233.
- [37] Jenniskens P., Meteor Stream activity 1. The annual streams, [Astron. Astrophys. 287, 990-1013 \(1994\)](#)
- [38] Leuteren van P., Wolken weg, Geminiden weg!, [eRadiant 2008-2 blz 54-55](#)
- [39] Bettonvil F., Drie Palmanese winterakties op rij: Geminiden, Ursiden en Quadrantiden, [eRadiant 2008-2 blz. 40-41](#).
- [40] Betlem H., Geminiden 2009. Langevelderslag, [eRadiant 2010-2 blz. 45](#).
- [41] Biets J.M., Geminiden vanuit Zoutleeuw, [eRadiant 2010-2, blz. 46](#).
- [42] Nijland J., Geminiden op de dijk Enkhuizen-Lelystad bij "Checkpoint Charlie", [eRadiant 2010-2, blz. 48-49](#).
- [43] Scholten A., Geminidenactie vanuit Bussloo, [eRadiant 2010-2 blz. 50](#).
- [44] Johannink C., Vandeputte M., Miskotte K., Geminiden 2009: een geslaagde actie, [eRadiant 2010-2, blz. 58-61](#).
- [45] Scholten A., Geminidenactie vanaf het dak van de wereld, [Radiant 21-3 blz. 73](#).
- [46] <http://www.dmsweb.org>
- [47] JPL HORIZONS *on-line* zonnelongtear system data and ephemeris computation service. <http://ssd.jpl.nasa.gov/?glossary&term=ephemeris>.
- [48] Orbit Diagram: JPL Small-Body Database Browser <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=3200;orb=1;cov=0;log=0;cad=0#orb>.
- [49] IAUC 3887, 14 October 1983.
- [50] IAUC 3879, 19 October 1983.
- [51] IAUC 3887, 25 October 1983.
- [52] IAUC 9054, 3, 2009.
- [53] David Jewitt and Jing Li, Activity in Geminid Parent (3200) Phaethon. *The Astronomical Journal*, 140:1519-1527, 2010 November.
- [54] J. Licandro, H. Campins, T. Mothé-Diniz, N. Pinilla-Alonso, and J. de León, The nature of comet-asteroid transition object (3200) Phaethon, *A&A* 461, 751-757 (2007).