

De grote Spaanse vuurbol van 17 november 1995 23h59m36s UT

Hans Betlem¹ Pavel Spurny²

1. Lederkarper 4, 2318 NB Leiden

2. Ondrejov Observatory. 251-65 Ondreov, Czech Republic

English Summary

In November 1995 the Dutch Meteor Society organised an expedition to Southern Spain to monitor and photograph the 1995 Leonids and the expected return of the alpha Monocerotids.

On November 17, 1995 23h59m36s UT a brilliant -12 to -15 Taurid fireball illuminated the observing sites at Alcudia, Almedinilla and Zafarraya. The fireball was photographed from all stations and orbital and trajectory data could be computed with very high precision.

About four minutes after the appearance of the fireball detonations were heard at Almedinilla and Zafarraya, the stations which were closest to the fireball. Fortunately these detonations were recorded by the image intensified video systems which were operating at these two stations. The multi station sound recordings are still subject to further studies.

Inleiding

De Leonidenactie 1995 is als een legendarische de DMS geschiedenis ingegaan. Niet alleen werd het maximum van de Leoniden 1995 visueel, fotografisch en met video vastgelegd en werden de eerste baanelementen van uitbarstings Leoniden verkregen, maar ook werd de voorspelde uitbarsting van de alpha Monocerotiden door vijf tot de tanden bewapende observatieteams opgewacht en vastgelegd.

Verschillende publicaties over de Leoniden en alpha Monocerotiden verschenen inmiddels in de vakbladen [1,2] en in Radiant [3,4,5]. In dit artikel aandacht voor een spectaculaire verschijning tijdens deze actie, die eveneens veel stof heeft doen opwaaien maar die een beetje in de vergetelheid is geraakt : De grote vuurbol van 17 november 1995 om 23h59m36s UT.

De waarnemingen

Na een aantal bewolkte en regenachtige dagen hadden de Spaanse expeditieteams eindelijk succes met de Leoniden. De maximumnacht belooft helder te worden voor de drie DMS teams te Almedinilla, Zafarraya en Alcudia. Al vanaf ongeveer 21h UT waren de teams visueel en fotografisch in de lucht. De Leonidenradiant stond rond 0h UT net boven de horizon. De verwachtingen waren hooggespannen. Om 23h59m36s UT doorkliefde een vuurbol van ontzaglijke helderheid de Spaanse nachthemel en leek de inktzwarte met sterren bezaaide hemel in ruim één seconde tijd als het ware in tweeën te splijten, enkele tientallen waarnemers in consternatie achterlatend.

Almedinilla

In Almedinilla was het grootste team actief. 12 Waarnemers, merendeels scholieren, draaiden de eerste Leonidennacht. De vuurbol verscheen hier het hoogste aan de hemel, vrijwel in het zenit. De geschatte zichtbaarheidsduur bedroeg ruim één seconde. De helderheidsschattingen liepen uiteen van -10 tot -15 .

Omdat in Almedinilla nog wat laatste bewolking aanwezig was van het wegtrekkende koufront, was de vuurbolverschijning hier, mede vanwege de hoge positie aan de hemel, het impo- santst. De aanwezige Cu en Ac bewolking lichtte op spectaculaire wijze op (zie foto voorplaat) en leek gedurende één seconde een uitzonderlijk fraai kleuren- pallet. Het leek even, alsof een

gigantische olievlek met helderrode en groene structuren zich langs de hemel spoedde. Het verschijnsel duurde te kort om de oorzaak van de kleuren goed te kunnen begrijpen. Mogelijk heeft zich een extreem voorbeeld van irisatie voorgedaan : Fraaie kleuren- ringen zoals die ook rond de maan wel te zien zijn.

Het enorme lichtflitsen van de vuurbol werden door de operationele videocamera te Almedinilla vastgelegd. Gelukkig verscheen de vuurbol buiten het beeld. Het meermalen oplichten van de hemel is goed te zien op de video en het audio kanaal legde eveneens de luidruchtige en emotionele reacties van de twaalf waarnemers te velde vast.

Fotografisch werd de vuurbol te Almedinilla door twee onder elkaar gericht camera's van resp. de midden-



Foto 1 : Het tweede deel van de opname van post Almedinilla. De vuurbol zet de nog aanwezige Ac bewolking in een spectaculaire gloed. De opname is onscherp. Toch is op het originele negatief de fragmentatie goed te zien.

en de lage batterij vastgelegd. De opname van de lage batterij is het meest spectaculair en siert de voorplaat van dit nummer van Radiant. Het is echter ook de opname, die het meest van de bewolking te leiden heeft gehad wat het uitmeten van de breaks zeer bemoeilijkt. Daarnaast heeft deze camera als enige van de 23 op de drie batterijen kans gezien om minder scherpe opnamen af te leveren. Mogelijk heeft het objectief niet goed op oneindig gestaan. Daar kan achteraf slechts naar gegist worden. Bewolking en onscherpte maken het bepalen van een eindsnelheid vanuit Almedinilla onmogelijk.

Een kleine vier minuten na het verschijnen van de vuurbol werden te Almedinilla enkele detonaties gehoord,

vergelijkbaar met het dreunen van ver verwijderd geschut. De detonaties werden meteen als zodanig herkend en de tijden werd ingesproken (0h04m19s UT). Wat we op dat moment niet wisten was, dat de videocamera, ondanks het gesloten zijn van de kap waaronder de microfoon zich bevond, de detonaties goed heeft vastgelegd op het audio spoor.

Zaffaraya

Ook vanuit Zafaraya was de vuurbol een majestueuze verschijning. De hemel was hier wolkenvrij. Ook hier werd de vuurbol gefotografeerd door twee camera's van de midden- en lage batterij.

Zaffaraya is de enige post die het echte

eindpunt van de vuurbol goed heeft vast kunnen leggen. Bij de laatste vijf lichtmoten is duidelijk fragmentatie zichtbaar. De vertraging is spectaculair; De mootjes worden snel korter. Helaas had Zaffaraya een technisch probleem met de sectorsturing. Door een losgetrilde connector was de sectorstabilisering uitgevallen. De sector van de midden batterij liep echter wel gestabiliseerd en het enorme aantal breaks van beide opnamen maakte het mogelijk om de snelheden van de midden- en lage opname goed op elkaar te fitten. Dit is een geluk bij een ongeluk daar Almedinilla te leiden had van bewolking en onscherpte en Alcudia het echte eindpunt niet vastlegde door een veel grotere afstand (110 km) tot het vuurboltraject.



Foto 2 : Alcudia had duidelijk minder last van de bewolking. Omdat deze post het verst van de vuurbol verwijderd zat, valt hier het eindpunt buiten de opname. Foto : Casper ter Kuile.

Alcudia

Een schitterende opname [6], de enige die tot heden toe gepubliceerd is. Slechts enkele wolkjes dramatiseren de opname van de gigantische lichtzuil. De helderheidsschattingen te Alcudia lagen rond de -8 . De vuurbol zat hier op veel grotere afstand. Gezien de enorme zwarting van het negatief van

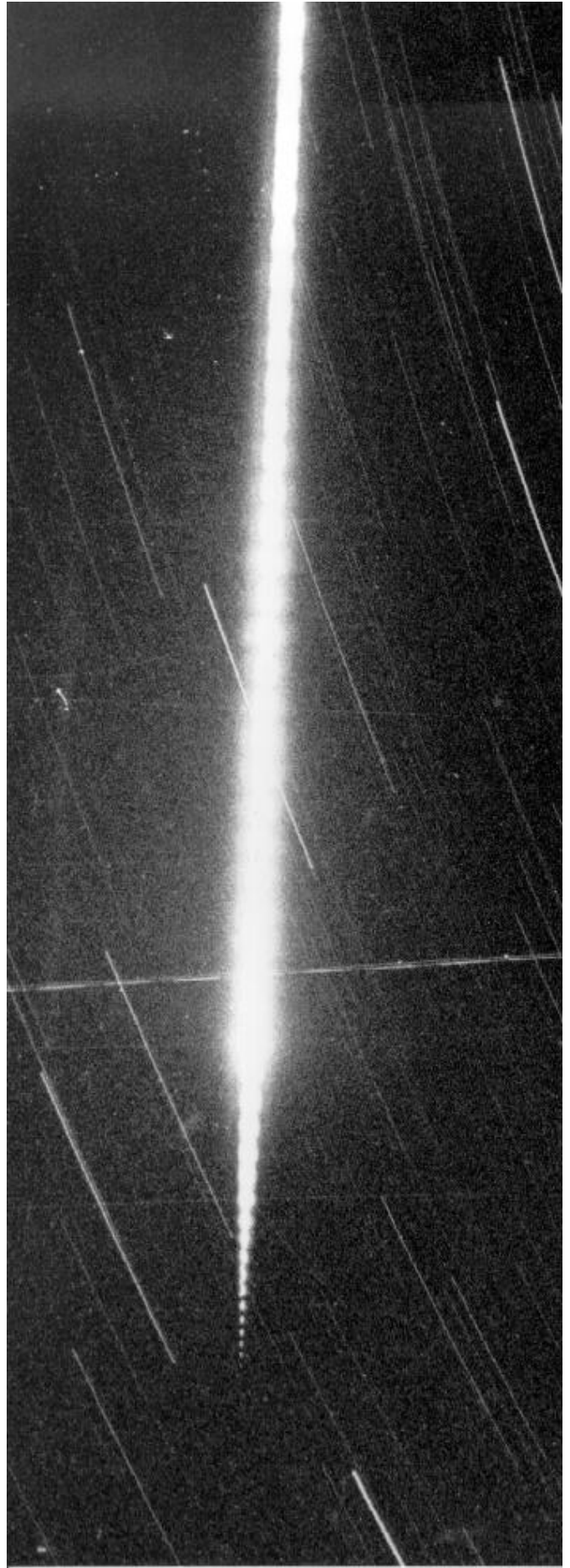
Alcudia lijkt deze schatting echter te pessimistisch. Het spoor is over de hele lengte goed bruikbaar voor snelheidsmetingen. Het eindpunt valt buiten de opname.

Metingen

Eind 1997 konden de metingen aan de sporen worden afgerond, nadat al eer-

dere metingen zijn uitgevoerd die leidden tot voorlopige resultaten.

Vier negatieven zijn in de berekeningen betrokken : De opname van Alcudia, de twee opnamen van Zafarraya en de "hoge" opname van Almedinilla. De "lage" opname van Almedinilla was te onscherp, dichtgelopen en gehinderd door bewolking om een goede set metingen te kunnen leveren. Het centrale



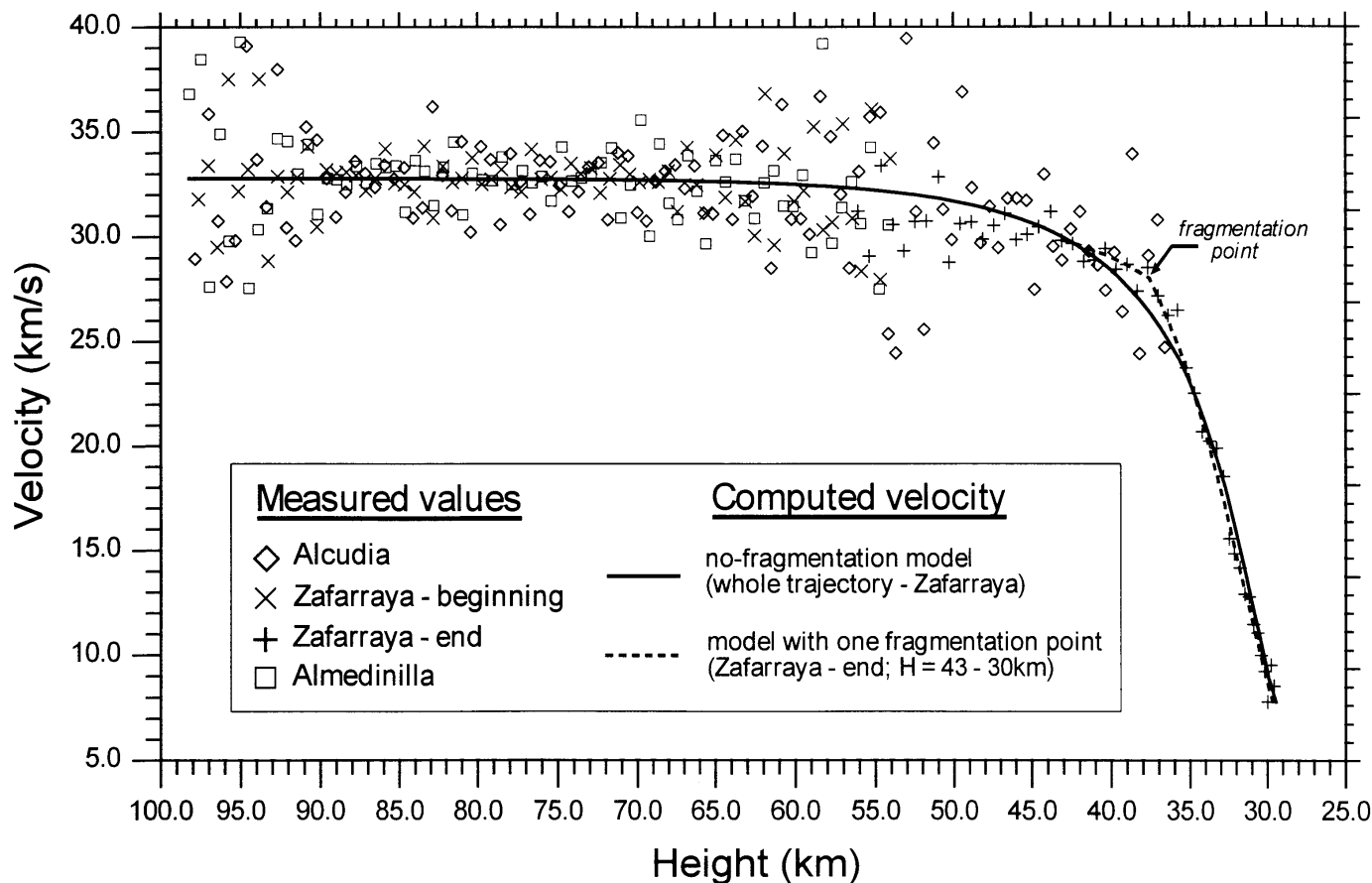


Foto 3a/3b (vorige blz.)

De beide wolkenvrije opnamen van post Zafarraya maakte goede berekeningen aan begin- en eindsnelheden mogelijk. Vergelijk de lengtes van de breaks aan begin en einde van het spoor! (Foto's : Jaap van 't Leven)

deel van de vuurbol is zwaar overbelicht vanuit alle drie de stations. Ondanks dit gegeven konden alle sectoronderbrekingen langs het gehele traject worden gemeten voor alle drie de posten maar het was een niet gemakkelijke opgave. De metingen zijn handmatig uitgevoerd door mrs. J. Keclíková op het Ondrejov Observatorium met behulp van de Zeiss Astrocord meettafel.

Berekeningen en resultaten

De hier gepubliceerde waarden voor

Figuur 4 : (boven) Gemeten snelheden uit individuele breaks per opname en berekende snelheden door middel van twee modellen : Zonder fragmentatie en met één fragmentatiepunt. De spreiding in de gemeten snelheden is het grootst langs dat deel van het traject waar de versmering vanwege de grote helderheid maximaal is. Het zeer grote aantal meetpunten maakt desondanks een betrouwbare modellering mogelijk.

het vuurboltraject, de radiant en de baan, zijn de meest consistente. Ze zijn bereikt na vele, vele pogingen. De individuele opnamen zijn zo goed (posities van het vuurbolspoor zijn vastgelegd tot op meters nauwkeurig) dat de nauwkeurigheid waarmee de posities van de waarnemingsposten zijn bepaald de uiteindelijke nauwkeurigheid zijn gaan beïnvloeden. Deze posities zijn op enkele tientallen meters bekend en bepaald uit topografische kaarten 1 : 25.000 : De meest nauwkeurige kaarten die van het gebied te verkrijgen zijn. De actie in 1995 vond

plaats in het pre-GPS tijdperk. In mei 1996 konden nog nieuwe positiemetingen met behulp van de GPS worden gedaan in Alcudia. Het was echter helaas niet meer mogelijk de metingen van Almedinilla en Zafarraya nog te verfijnen.

De resultaten van de drie afzonderlijke posten zijn zeer consistent. Met name blijkt dat uit de onafhankelijke berekeningen van de initiële snelheid voor alle stations. De snelheidsgegevens zijn weergegeven in figuur 4. De tamelijk grote scatter van de individuele metingen wordt grotendeels veroorzaakt

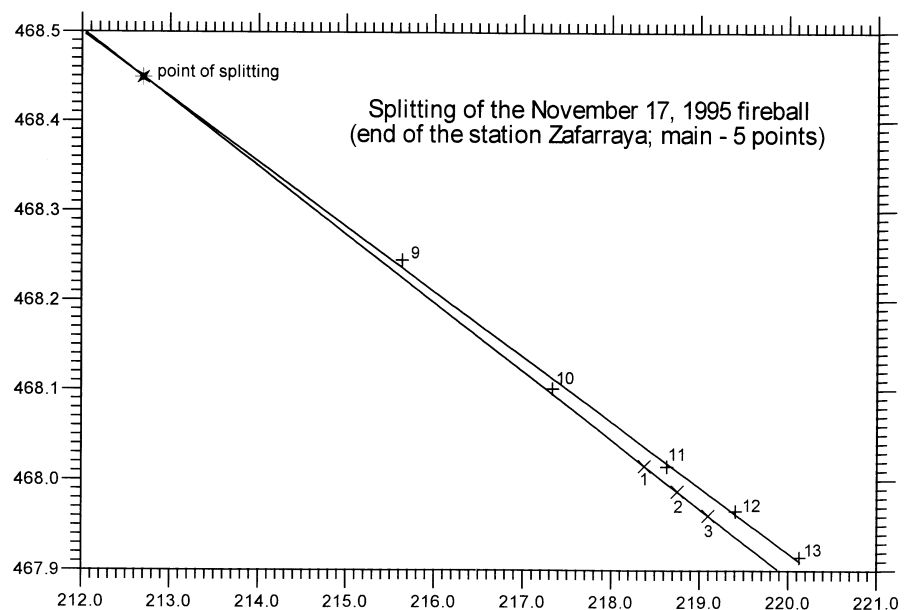
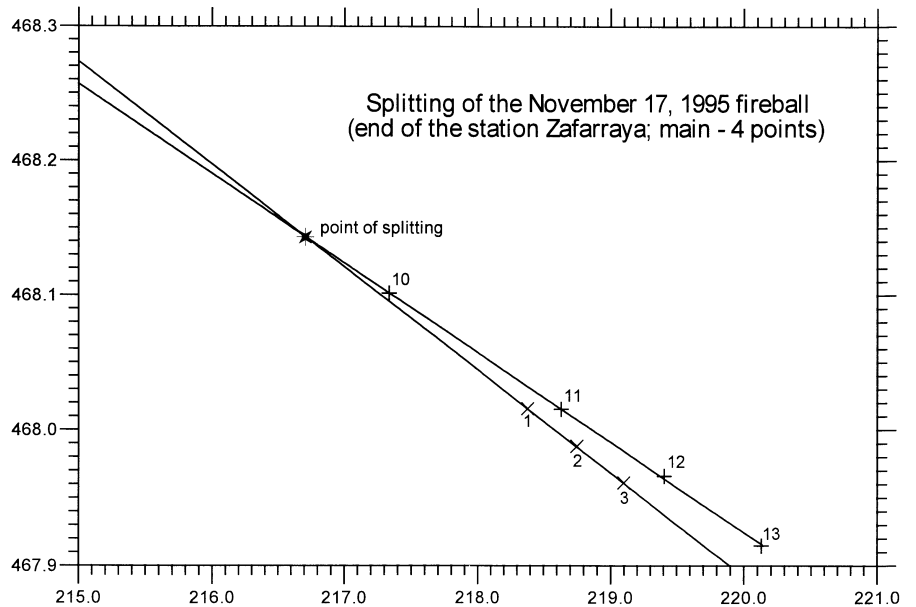
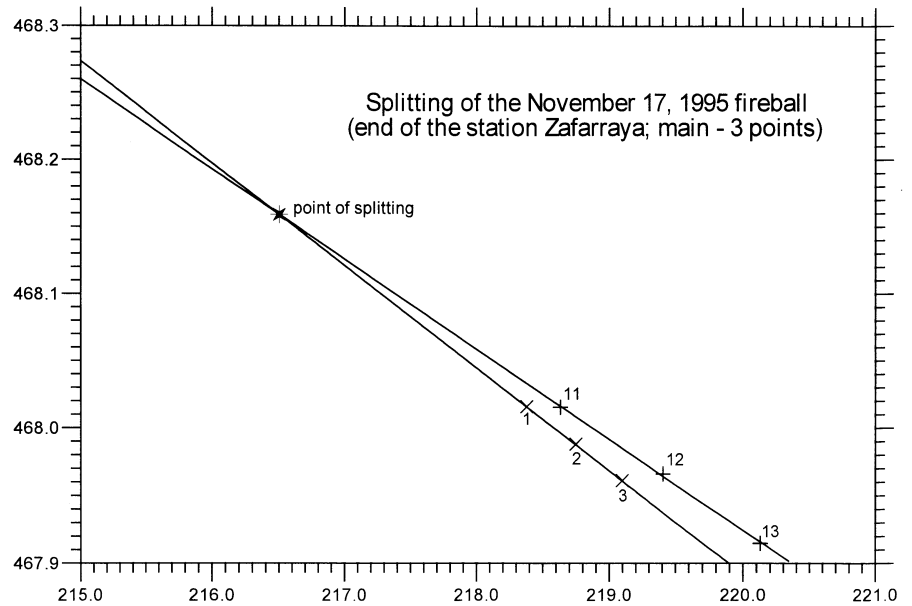
door de bijzonder moeilijke metingen aan de zwaar overbelichte delen van het traject.

Het werkelijke eindpunt is alleen door Zafarraya vastgelegd. Helaas had juist deze camera problemen met de niet geregelde sector. Uit het overlappende deel van het traject tussen de "midden" en de "lage" camera volgt een sector-toerental van 40.05 breaks/seconde. De betrouwbaarheid van deze waarde lijkt voldoende en derhalve ook de eruit resulterende waarde van de dynamische oplossing van het laatste deel van het traject (onder de 43 km). De opnamen maakten het gebruik van het fragmentatiemodel van Ceplecha [8] mogelijk. Een goede dynamische oplossing werd bereikt met één fragmentatiepunt op een hoogte van 36.9(0.8 km). Deze fragmentatie kon ook rechtstreeks worden gemeten. De dynamische berekening komt goed overeen met de geometrische oplossing, die minder nauwkeurig is, maar vrijwel hetzelfde resultaat geeft (37.0(3.8 km). De drie grafieken van 5 geven de posities van het fragmentatiepunt aan geplot in relatie tot de gemeten punten van het hoofdfragment. Het afgesplitste fragment toont maar drie te meten punten.

De resultaten geven een fraaie ondersteuning van de fragmentatie theorie.

De negatieven zijn niet gefotometreerd. Daardoor is net niet mogelijk gegevens over de initiële fotometrische massa te bepalen. Ook de absolute magnitude en PE coëfficiënt zijn niet bepaald. Gezien het vuurboltype lijkt type I het meest waarschijnlijk. De lage ablatie coëfficiënt en de diepe penetratie leiden tot deze conclusie.

Tabel 1 geeft de berekende radiantposities en de baanelementen. Figuur 6 toont de geplote baan tussen die van de Noordelijke- en Zuidelijke Tauriden. De vuurbol kan niet direct herleid worden tot de Noordelijke of de Zuidelijke Tauriden maar het is erg waarschijnlijk dat hij tot het Tauriden complex behoorde.



Detonaties

Naast de bijzondere trimultaanopname van deze vuurbol had dit deeltje uit het complex van Encke nog een andere verrassing voor ons in petto.

Ruim vier minuten na het verschijnen van de vuurbol werden te Almedinilla en Zafarraya detonaties gehoord : Een viertal korte, scherpe knallen als van ver verwijderd geschut. De tijdstippen werden op beide posten nauwkeurig bepaald. Echter, de grote verrassing kwam na het afwerken van de vele tientallen video tapes uit de beeldversterker camera's te Almedinilla en Alcudia. Beide posten hebben de detonaties onmiskenbaar vastgelegd op het audio spoor van hun video camera's. Helaas zijn het geen hi-fi geluiden: De video camera's bevinden zich in afgesloten behuizingen en er werd geen gebruik gemaakt van externe microfoons. Desondanks wisten de detonaties overduidelijk op de audio sporen over te komen. Zelfs het commentaar "he, dat lijken me wel detonaties..." is op de opname van Almedinilla nog goed herkenbaar. Bijzonder fraai is overigens de reactie van een tiental scholieren op het verschijnen van een -15 vuurbol geregistreerd...

De analyse van deze simultaan geluiden in combinatie met het simultaantraject is in handen van Dr. D. ReVelle, specialist op het gebied van voortplanting van schokgolven door niet isotrope media. We moeten ons bij dit soort zaken realiseren, dat de geluidssnelheid sterk afhankelijk is van de dichtheid van de lucht maar dat de toenemende luchtdichtheid waardoor het geluid zich moet voortplanten ook nog eens brekingseffecten vertoont. Het geluid komt niet langs een rechte weg naar de waarnemer !

Nu de baan- en trajectgegevens bekend zijn kan met deze -moeilijkste- klus een aanvang gemaakt worden.

Tabel 1 : Traject-, radiant en baanelementen van de grote Spaanse vuurbol van 17 november 1995 23h59m36s UT.



Figuur 6 : Projectie van het atmosferisch traject van de vuurbol boven de kaart van Spanje.

Spaanse vuurbol 17 november 1995, 23h59m36s ± 1s UT			
	Begin	Eind	
Snelheid (km/s)	32.901 ± 0.008	7.4 ± 0.9	
Hoogte (km)	101.20 ± 0.02	29.46 ± 0.04	
Lengte (°E)	355.3162 ± 0.0005	355.823 ± 0.0013	
Breedte (°N)	37.857 ± 0.0004	37.2264 ± 0.0010	
invalshoek (°)	69.93 ± 0.09	69.72 ± 0.09	
Lengte (km)	72.16		
duur (s.)	2.63		
Ablatie coëfficiënt	0.0090±0.0002(NF model); 0.0052±0.0003(1F model)		
Vuurbol type	I		
Radiant (J2000.0)			
	Schijnbaar	Geocentrisch	Heliocentrisch
RA (°)	69.16 ± 0.08	68.93 ± 0.09	-
DEC (°)	23.75 ± 0.02	23.40 ± 0.02	-
ecl. Lengte (°)	-	-	18.72 ± 0.04
ecl. Breedte (°)	-	-	1.14 ± 0.02
initiële snelheid (km/s)	32.901 ± 0.008	30.858 ± 0.009	36.78 ± 0.03
Baanelementen (J2000.0)			
a (AU)	2.10 ± 0.011	ω (°)	304.5 ± 0.2
e	0.8659±0.0003	Ω (°)	234.2285±0.0003
q (AU)	0.2697±0.0010	i (°)	1.96 ± 0.04
Q (AU)	3.75±0.02		

Station	V inf. (km/s) (interpolatie formule)	V inf (km/s) (no-fragmentation model)	Δh
Almedinilla	32.90±0.07	32.921±0.015	98.9-54.1
Zafarraya	32.88±0.25	32.901±0.008	97.9-57.3
Alcudia	32.86±0.03	geen oplossing	98.4-36.6

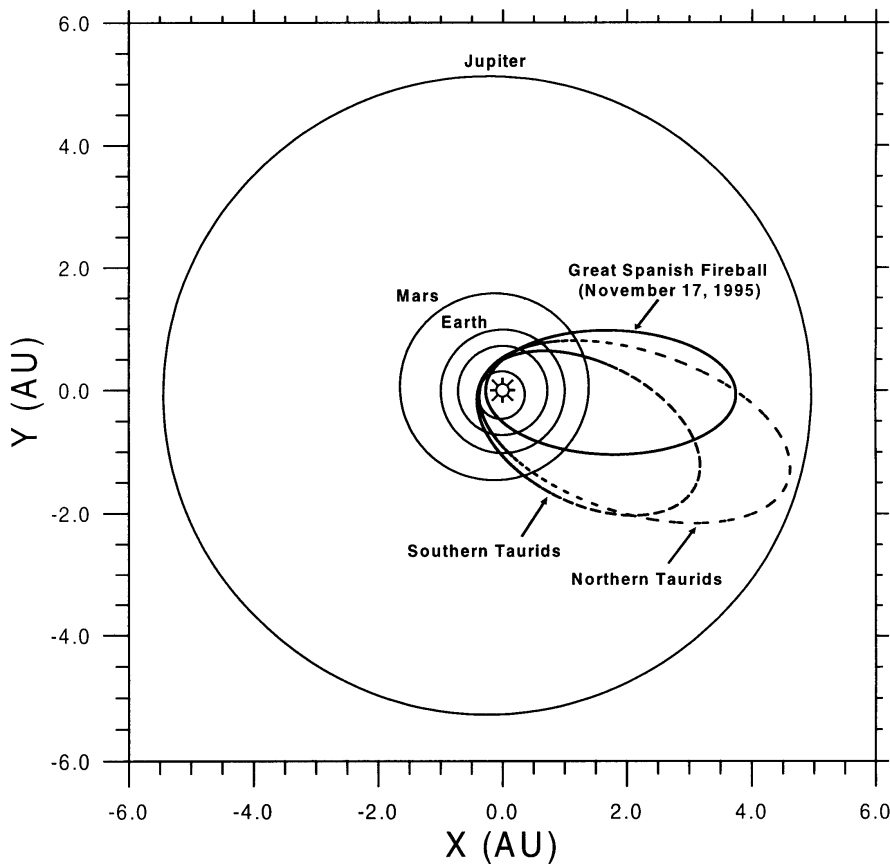
Tabel 2 : *Individuele berekeningen van de initiële snelheid per post volgens twee modellen. De meest waarschijnlijke waarde voor Vinf is 32.901±0.008 km/s.*

De waarden voor Vinf. In de tweede kolom zijn berekend met de interpolatie formules van Jacchia en Whipple [7]. De waarden in de derde kolom zijn berekend met het no-fragmentation model van Ceplecha et.al. [8].

Dh is het hooggebereik waarover Vinf berekend is.

Referenties :

- 1] Jenniskens, P.;Betlem,H.;de Lignie,M.;Langbroek,M.: *Astrophys. Journ.* **479** (1997) pp. 441-447
- 2] Betlem,H.; ter Kuile,K.;van 't Leven,J.; de Lignie,M.;Bellot,L.R.;Koop,M.; Angelo,C.; Wilson,M.; Jenniskens,P.: *Planet.Space Sci.*,vol.**45** no.7 pp. 853-856 (1997), Elsevier
- 3] DMS Leoniden en alfa Monocerotidenactie in Spanje groot succes! *Radiant 17* (1995) pp. 131-149
- 4] Langbroek,M.: Meteor storm over Calar Alto. *Radiant 17* (1995) pp. 153-155.
- 5] Jenniskens,P.: A second Leonid outburst in 1995. *Radiant 17* (1995) pp. 155.
- 6] *Radiant 17* (1995) p. 143
- 7] Jacchia,L.G.; Whipple,F.: *Smithson.Contr.Astrophys.* **4** (1961) 97-129.
- 8] Ceplecha Z. et al. : *Astron. And Astrophys.* **279** (1993) pp. 615-626.



Figuur 7 : *Heliocentrische baan van de grote Spaanse vuurbol van 17 november 1995, geprojecteerd op het vlak van de ecliptica.*