

Komeetta 12P/Pons-Brooks ja jouluukuun kappa draconidit- meteoriparvi

Ursan Aurinkokuntatapaaminen 2024

Markku Nissinen 10.2.2024

Yleistä

- Komeetta 12P/Pons-Brooks on ollut uutisissa ja mielenkiinnon kohteena viime kesästä alkaen.
- Komeetassa on ollut näyttäviä purkauksia, jotka muistuttavat hyvinkin paljon 17P/Holmes komeetan vuoden 2007 suurta purkausta ulkoasultaan, mutta purkausten mittakaava on hyvin paljon pienempi.
- Auringonpimennyksen aikana 12P/Pons-Brooks pitäisi olla näkyvissä, joten odotettavissa voi olla näyttäviä kuvia auringonpimennyksestä ja komeetasta yhtäaikaan.

- Referensseinä käytetty seuraavia lähteitä:
- Dust production Dynamics of the Comet 12P/Pons-Brooks, Prystavski T. et al LPSC 2024, (2024)
- COMETARY OUTBURSTS AND EVOLUTION OF EJECTED PARTICLES, Gritsevich M. et al, “Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series (2024)” RevMexAA(SC), (2024)
- Expansion rates of the comet 12P/Pons-Brooks, currently in outburst, Ryske J. et al, Astronomers Telegram 16343, (2023)

Komeettojen aktiivisuuden vaihtelu

- Komeetan aktiivisuus on suurempaa silloin, kun komeetta on lähellä Aurinkoa.
- Kun komeetta lähestyy aurinkoa, se käy läpi sarjan muutoksia Auringon säteilyn lisääntymisen vuoksi.
- Lämpö saa ytimen haihtuvat aineet sublimoitumaan ja muuttumaan suoraan kiinteästä aineesta kaasuksi. Tämä vapauttaa jäässä olevia pölyhiukkasia.
- Vapautuvat kaasut ja pöly muodostavat tiheän, kaasumaisen koman ytimen ympärille. Koma voi olla halkaisijaltaan tuhansia kilometrejä.
- Komassa olevista pölyhiukkasista heijastuva auringonvalo tekee komeetan näkyväksi.

Komeettojen pyrstöt

- Kun auringon säteilypainne kohdistaa voimaa ulos liikkuvaan materiaaliin, syntyy kaksi erillistä pyrstöä – ionipyrstö ja pölypyrstö.
- Ionipyrstö koostuu ionisoituneista kaasumolekyyleistä, ja aurinkotuuli työntää niitä poispäin auringosta.
- Pölypyrstö koostuu nimensä mukaisesti pölyhiukkasista. Auringon säteilypainne vaikuttaa myös pölyhiukkasiin.

Komeettojen purkaukset

- Äkillisiä ja merkittäviä komeetan kirkkauden ja aktiivisuuden muutoksia kutsutaan komeetan purkauksiksi.
- Nämä purkaukset esiintyvät usein suuren kaasu- ja pölymäärän äkillisenä vapautumisena komeetan ytimestä, mikä johtaa tilapäiseen komeetan kirkkauden ja koon kasvuun.

Komeettojen purkaukset

- Purkauksen voivat laukaista useat tekijät, kuten:
- lämpöjännitys
- komeetan pintakerrosten halkeamat tai murtumat
- muut muutokset ytimen rakenteessa
- päällekkäisten kerrosten romahtaminen

Expansion rates of the comet 12P/Pons-Brooks, currently in outburst

ATel #16343; *Jorma Ryske (Ursa Astronomical Association, Finland), Maria Gritsevich (University of Helsinki), Markku Nissinen (Ursa Astronomical Association), Ignacio Perez-Garcia (IAA-CSIC Granada, Spain) and Alberto J. Castro-Tirado (IAA-CSIC)*

on 20 Nov 2023; 22:32 UT

Credential Certification: Alberto J. Castro-Tirado (ajct@iaa.es)

Subjects: Optical, Comet

 Tweet

Over the past weeks we captured images of comet 12P/Pons-Brooks (see also ATEL #16194, 16202, 16229, 16254, 16270, 16316, 16338) using the 0.3m Viestikallio remote observatory in Finland and the new remote 0.3m Makroskooppi observatory in Spain. These observations facilitated the determination of physical parameters of the dust environment, including expansion rates. Considering the outburst time reported in ATEL#16270 (Oct 5.16, 2023 UT), we determine the following dust halo expansion speeds: 330 m/s (Oct 9.74 UT), 250 m/s (Oct 12.76 UT), 220 m/s (Oct 17.74 UT) and 200 m/s (Oct 20.71 UT). The comet 12P/Pons-Brooks is currently undergoing its fourth significant outburst in this orbit. This latest outburst began around Nov 14.5, 2023 UT. The comet is also closer to the sun, causing gases to ionize and fluoresce during the outburst. In the RGB color image, a faint but relatively long and wide blue tail is visible, indicating CO⁺ ions, along with a strong green halo around the comet's optical center, indicating C₂ molecules. In the black and white enlarged image of the nucleus, an interesting curved jet structure is discernible. An inverted narrowband UV image has been added (Semrock CN 3883Å filter passband 380nm - 395nm). In the CN band image, a large bright CN halo is visible. Also a distinct ion tail is visible, which is not CN molecules but some other ion. Additional follow-up observations are being carried out at the BOOTES (Burst Observer and Optical Transient Exploring System) Global Network of Robotic Astronomical Observatories.

**Kuva:
Jorma Ryske**

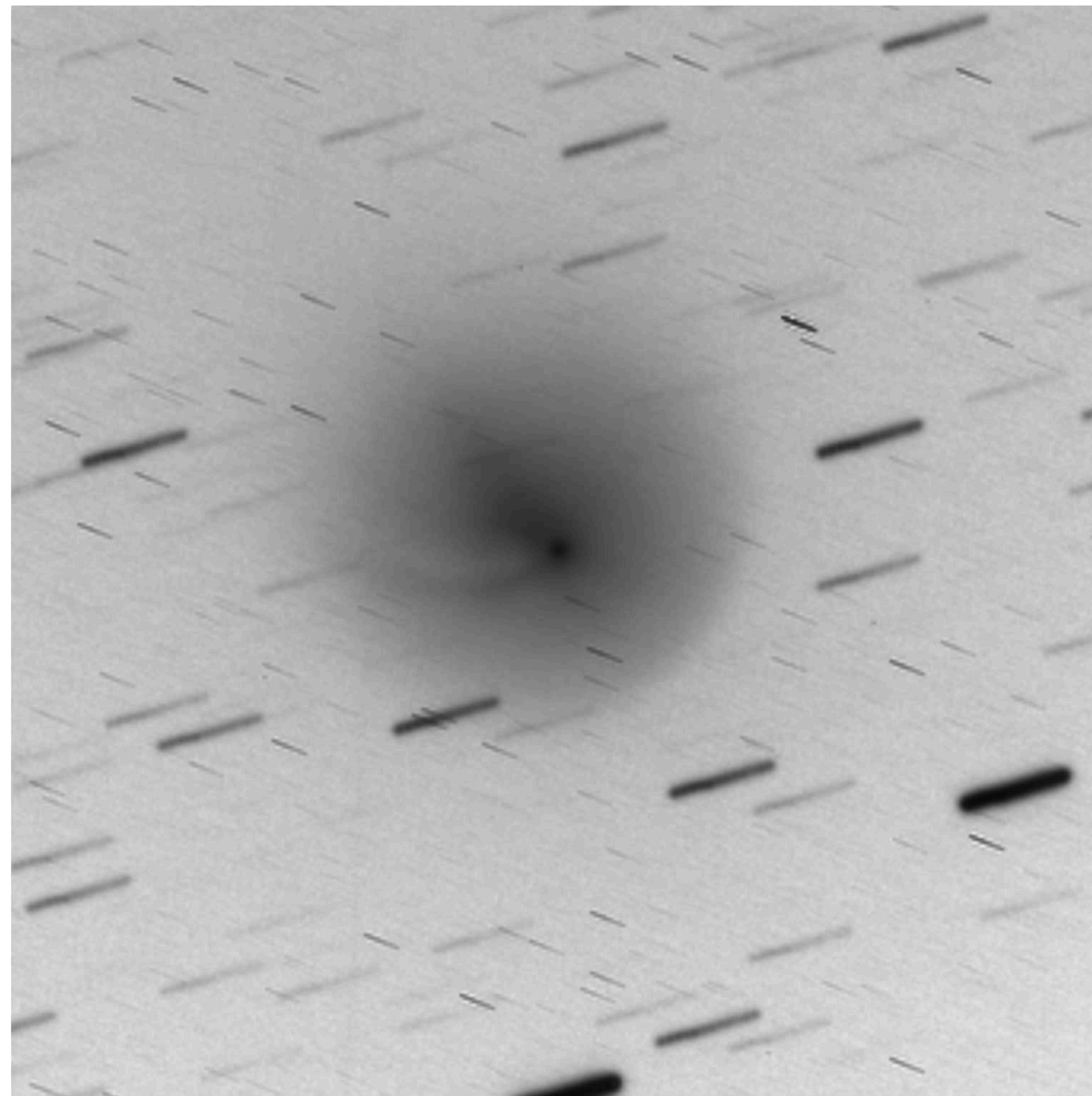


Figure 1. 12P/Pons-Brooks dust halo morphology at 2023-11-22 after outburst occurred at 2023-11-14.50. Makroskooppi remote observatory, 0.30-m f/8 Dall-Kirkham, Spain.

**Kuva:
T. Prystavski**



Figure 4. Appearance of the coma that followed most of the outbursts. 0.61-m f/6.5 astrograph (Auberry, California, USA).

Komeettojen purkauksien mekanismeja

- Haihtuvien yhdisteiden sublimoitumisesta komeetan pinnan alla syntyvä kaasun paineen nousu on yksi mahdollinen mekanismi, joka johtaa pintakerrosten tuhoutumiseen ja sublimoitumisen voimistumiseen.
- Muita mekanismeja ovat komeettaan kohdistuneet törmäykset.
- Auringossa tapahtuvien purkausten aiheuttamat shokkiaallot ja UV- tai korkeaaenergistien fotonien käynnistämä HCN:n polymeroituminen, joka vapauttaa energiaa ja aiheuttaa pintakerroksen häiriöitä.

Komeettojen purkauksien mekanismeja

- Ontelot komeetoissa, jotka on täyttyneet paineistetulla kaasulla, voivat myös myötävaikuttaa pintakerroksen tuhoutumiseen, paljastaen syvemmät kerrokset ja lisäämällä nopeasti sublimationopeutta.
- Lisäksi kiinteän CH₄:n sulaminen onteloissa vapauttaen lämpöä voi mahdollisesti rikkoa pintakerroksia.
- Nämä mekanismit toimivat usein yhdessä, jolloin pintakerrosten irtoaminen paljastaa haihtuvia materiaaleja sisältäviä pinnallisia kerroksia yhteisenä tekijänä komeetan äkillisessä kirkastumisessa.

Komeetan ydin ja rakenne

- Komeetat koostuvat ytimestä, joka on kiinteä, jäinen ydin, jonka halkaisija on tyypillisesti muutama kilometri.
- Ydin koostuu vesijään, jäätyneiden kaasujen (kuten hiilidioksidin ja hiilimonoksidin), pölyn ja muiden haihtuvien yhdisteiden seoksesta.
- Ytimellä voi olla kerrosrakenne, jonka pinnalla on maanalaisia alueita ja maastokerroksia.

Sublimaatio

- Kun komeetta lähestyy periheliä, Auringon lämpö saa sen pinnalla ja sen alla olevat haihtuvat jäät sublimoitumaan – siirtyen suoraan kiinteästä aineesta kaasuun.
- Tämä sublimaatio vapauttaa kaasua ja pölyä avaruuteen muodostaen tilapäisen ilmakehän eli koman ytimen ympärille.

Paineen muodostuminen

- Jään sublimoituminen synnyttää kaasun paineen pinnan alle, mikä luo jännitystä ja jännitystä komeetan sisäosaan.
- Loukkuun jääneillä haihtuvilla kaasuilla, erityisesti hiilimonoksidilla, on ratkaiseva rooli tässä prosessissa.

Kiteytysprosessi

- Komeetan ytimessä amorfinen (häiriötön) vesijää muuttuu vakaammaksi kuutiomaiseksi kiderakenteeksi.
- Tämä kiteytysprosessi on eksotermisen ja vapauttaa lämpöä ja lisäkaasua.

Ekspontiaalinen lämpötilan kasvu

- Kiteytymisen edetessä ytimen lämpötila alkaa nousta eksponentiaalisesti.

Itseään vahvistava mekanismi

- Eksponentiaalinen lämpötilan nousu johtaa itseään vahvistavaan mekanismiin, jossa suuremmat määrät muuttunutta jäätä vapauttavat enemmän energiaa.
- Tämä johtaa nopeaan lämpötilan nousuun ytimessä.

Haihtuvat aineet

- Nouseva lämpötila saa loukkuun jääneet tulistetut haihtuvat kaasut laajenemaan räjähdysmäisesti, mikä lisää painetta entisestään.

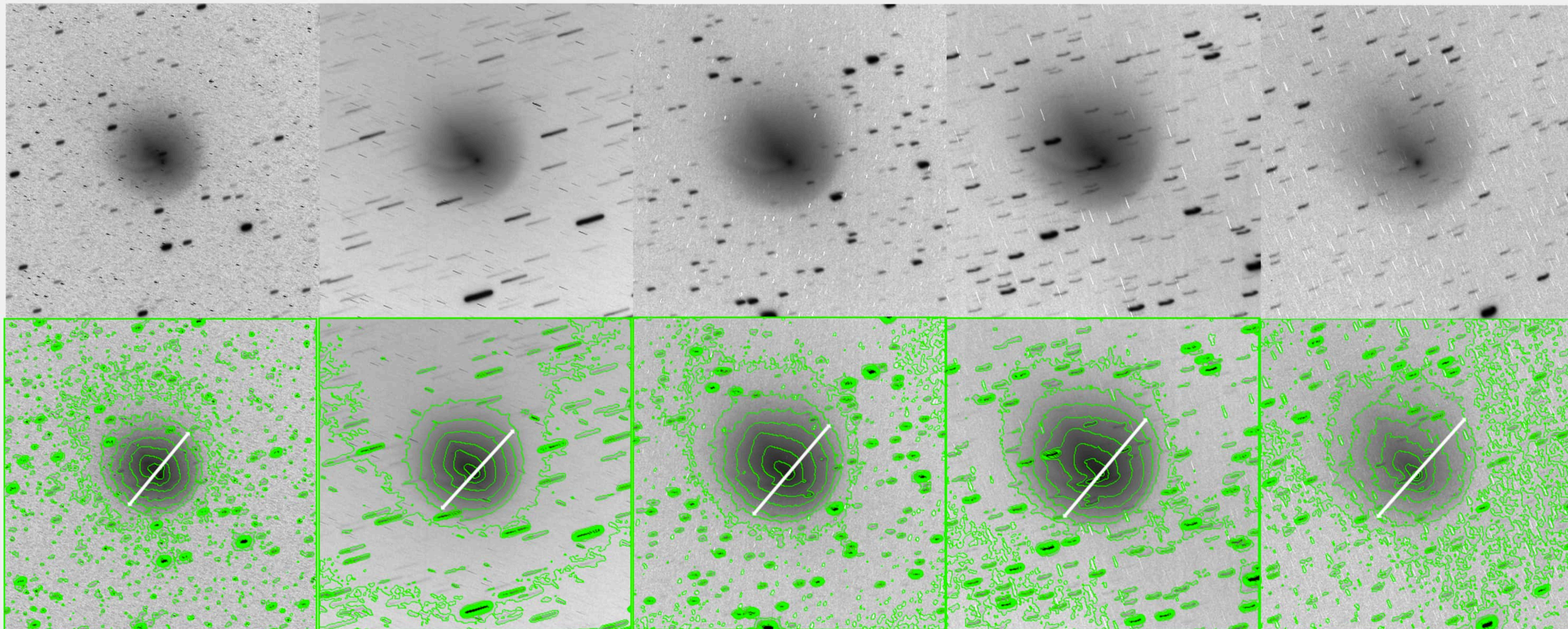
Maastokerroksen häiriö

- Komeetan pinnalla olevat maastokerrokset eivät välttämättä irtoa kokonaisuutena. Sen sijaan ne voivat hajota pienempiin osiin.
- Koheesiotasolla komeetan sisällä on ratkaiseva rooli määrittäessä, romahtavatko nämä kerrokset vai sinkoavatko ne poispäin ytimestä.

TABLE 1

Date	Brightness change	Amplitude	notes
2023 07 20.37 \pm 0.08 UT	17.18G \Rightarrow 11.68G	5.50	strong outburst
2023 09 04.00 \pm 0.60 UT	16.97G \Rightarrow 16.59G	0.36	mini outburst
2023 09 23.87 \pm 0.02 UT	16.74G \Rightarrow 15.84G	0.90	mini outburst
2023 10 05.16 \pm 0.03 UT	16.37G \Rightarrow 11.37G	5.00	strong outburst
2023 10 22.52 \pm 0.21 UT	16.07G \Rightarrow 15.67G	0.40	mini outburst
2023 10 31.46 \pm 0.20 UT	15.90G \Rightarrow 13.00G	2.90	possibly double event, second outburst on Nov 1.40
2023 11 01.40 \pm 0.15 UT	13.70G \Rightarrow 11.23G	2.50	
2023 11 14.65 \pm 0.05 UT	15.00G \Rightarrow 10.00G	5.00	strong outburst; based on Peter Carson (BAA) observations
2023 11 30.60 \pm 0.02 UT	14.00G \Rightarrow 10.60G	3.40	based on Nick James (BAA) observations
2023 12 14.57 \pm 0.11 UT	14.70R \Rightarrow 13.05R	1.65	

Dust halo expansion in Comet 12P/Pons-Brooks, after outburst at 2023-11-14.65



2023-11-21.83

Outburst + 7.18d

Radial halo avg expansion
speed 304 m/s

2023-11-22.84

Outburst + 8.19d

Radial halo avg expansion
speed 293 m/s

2023-11-23.83

Outburst + 9.18d

Radial halo avg expansion
speed 290 m/s

2023-11-24.82

Outburst + 10.17d

Radial halo avg expansion
speed 283 m/s

2023-11-25.84

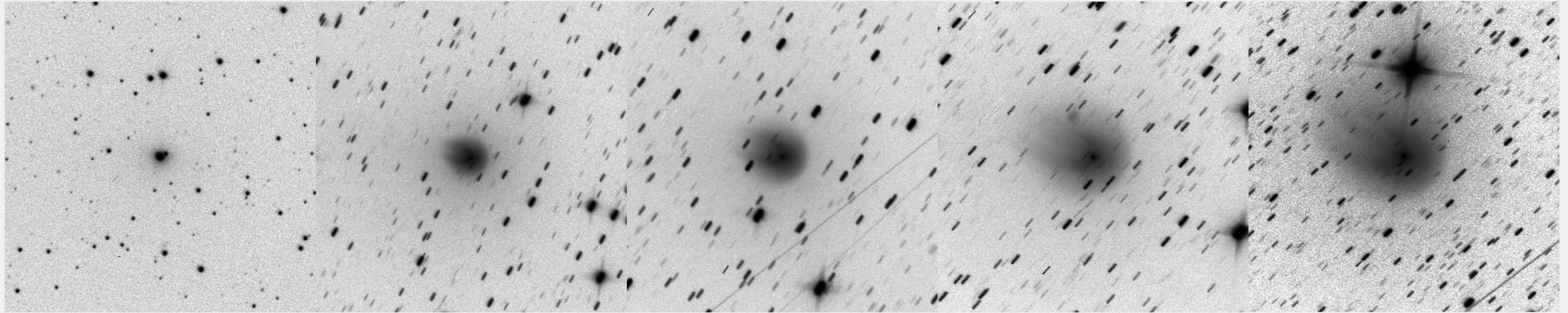
Outburst + 11.19d

Radial halo avg expansion
speed 269 m/s

0 0.5 1
Linear scale (10^6 km)

Kuvat: Jorma Ryske

Dust halo expansion in Comet 12P/Pons-Brooks, after outburst at 2023-10-05.16



2023-10-05.84
Outburst + 0.68d

2023-10-09.74
Outburst + 4.58d
Radial halo avg expansion
speed 330 m/s

2023-10-12.76
Outburst + 7.60d
Radial halo avg expansion
speed 250 m/s

2023-10-17.74
Outburst + 12.58d
Radial halo avg expansion
speed 220 m/s

2023-10-20.71
Outburst + 15.55d
Radial halo avg expansion
speed 200 m/s

0 0.5 1
Linear scale (10^6 km)

Komeettaan 12P/Pons-Brooks liittyvä meteoriparvi

- Referenssinä käytetty seuraavia lähteitä:
- Meteoroid stream of 12P/Pons-Brooks, December κ -Draconids, and Northern June Aquilids, Tomko D. et al, *Astronomy & Astrophysics* 592, A107 (2016)
- The established meteor showers as observed by CAMS, Jenniskens P. et al. *Icarus* 266 3321-354 (2016)
- IAU Meteor Data Center List of Meteor Showers

Mallinnusmenetelmät (D. Tomko et al 2016)

- Pölyhiukkaset irtoavat perihelissä. Ja satunnaiseen suuntaan.
- Lähtönopeudet 37.58, 47.14, 37.51, 34.99, and 35.26 metriä sekunnissa.
- Kierroksia 50, 100, 250, 350 ja 500 kpl.

Mallinnusmenetelmät (D. Tomko et al 2016)

- Gravitaatiovaikutukset sekä Poynting-Robertson ei-gravitaationaalinen efekti.
- Suurin aikajakso 35500 vuotta.
- Viimeisimmän 6000 vuoden aikana komeetan rata ollut melkoisen stabiili.
- Ajanjaksolla 6000 - 355000 vuotta rata vaihtelee ja mitä todennäköisemmin vaikuttaja on Jupiter.

Mallinnusmenetelmät (D. Tomko et al 2016)

- Komeetta menee Maan läheltä 0.1 au etäisyydeltä tai lähempää 5 kertaa ajanjakson aikana.
- Lähimmillään Maata komeetta on ollut 19937 vuotta sitten ja etäisyys on ollut ainoastaan 0.04 au.
- Komeetan rata ei ole muuttunut edes silloin merkittävästi.

Mallinnusmenetelmät (D. Tomko et al 2016)

- Komeetta on käynyt 0.5 au tai lähempänä Venusta, Maata ja Marsia, Merkuriusta sekä Saturnusta.
- Muutoksia rataan ei ole juurikaan tullut edes näistä.
- Muutoksia on kyllä tullut rataan, mutta ne johtuvat pääasiassa planeettojen aiheuttamasta resonanssista.

Filamentit (D. Tomko et al 2016)

- Tutkimuksessa on löydetty 4 filamenttia. Suurin partikkelimäärä on ensimmäisessä filamentissa.
- Filamenteissa 2 ja 3 ei ole kovin paljon meteoroideja. Filamentin 4 olemassaolo ei ole täysin varmistettu.
- P-R efekti näyttäisi vievän meteoroideja poispäin Maasta.

Filamentti 1 (D. Tomko et al 2016)

- Filamentti 1 aiheuttaa joulukuun kappa draconidit meteoriparven.
- Siinä on P-R efektiparametrin arvolla 0, eli kun efektin vaikutus on hyvin pieni, satoja tai tuhansia hiukkasia eri ajanjaksoilla tehdyissä mallinnuksessa.
- Radiantti on varsin suuri ja se sijaitsee pohjoisella taivaalla. Aktiivisuus varsin pitkällä ajalla, jopa 41 päivää marraskuun puolesta välistä alkaen. Hiukkasten nopeus 44 - 46 km/s.
- SonotaCo (2009) ja Jenniskens et al. (2016) ovat löytäneet tämän parven videodatasta.
- Parvi on hyvin lähellä toroidiaalista struktuuria.

Filamentit 2 ja 4 (D. Tomko et al 2016)

- Filamentit 2 ja 4 eivät tuota paljoa partikkeleita Maan läheisyyteen. Niitä vastaavia meteoriparvia ei ole löydetty tähän mennessä.

Filamentti 3 (D. Tomko et al 2016)

- Mahdollinen meteoriparvi pohjoisen kesäkuun aguilidit saattaisi liittyä filamenttiin 3, mutta meteoroidien nopeudet esimerkiksi eivät täsmää kovin hyvin tuohon parveen. Filamenttiin 3 ei kuulu kovin paljon partikkeleja mallinnuksessa.
- Meteoroidien elinikä on suurempi, kuin 3500 vuotta mallinnuksen mukaan. Jos pohjoinen kesäkuun aguilidit parvi liittyisi tähän komeettaan, niin sen partikkelien eliniän täytyisi olla vielä paljon suurempi, siis paljon suurempi kuin 35500 vuotta.



00336 DKD		December kappa Draconids					Single Shower - Status - Established								
Activity	S. Lon	RA	DE	dRA	dDE	VG	a	q	e	Peri	Node	Incl	N	OT	References
		[deg] J2000				[km/s]	[AU]	[AU]			[deg] J2000				
2007/08	250.2	186.0	70.1	0.05	-0.09	43.4							00061	T	1. SonotaCo, 2009
annual	252.0	187.2	70.2	0.77	-0.39	43.8	10.31	0.929	0.914	208.5	251.5	73.1	00036	T	2. Jenniskens et al., 2016, Icarus, 266, 331
Parent body:															
Notes:															

Tutkimuskohteita

- Tarkoituksena on mallintaa komeetan 12P/Pons-Brooks purkauksista irronneen pölyn käyttäytymistä Dust Trail Kit ohjelmien avulla.
- Meteoriparvien mallinnuksessa on käytetty oletusta, että pöly irtoaa keskimäärin perihelissä. Tämä on yleinen oletus tällaisessa mallinnuksessa. Pitkällä ajanjaksolla mallinnus toimii erinomaisen hyvin.
- Kuitenkin todellisuudessa pölyä irtoaa myös silloin, kun komeetta on varsin kaukana Auringosta, kuten nyt kesällä ja syksyllä on tapahtunut.

Tutkimuskohteita

- Purkauksien mekanismien tarkempi mallintaminen.
- Purkausmallinnus ja sen jälkeen hiukkasten mallinnus, gravitaationaaliset ja ei-gravitaationaaliset vaikutukset.

Referenssit

- Dust production Dynamics of the Comet 12P/Pons-Brooks, Prystavski T. et al LPSC 2024, (2024)
- COMETARY OUTBURSTS AND EVOLUTION OF EJECTED PARTICLES, Gritsevich M. et al, “Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series (2024)” RevMexAA(SC), (2024)
- Expansion rates of the comet 12P/Pons-Brooks, currently in outburst, Ryske J. et al, Astronomers Telegram 16343, (2023)
- Meteoroid stream of 12P/Pons-Brooks, December κ -Draconids, and Northern June Aquilids, Tomko D. et al, Astronomy & Astrophysics 592, A107 (2016)
- The established meteor showers as observed by CAMS, Jenniskens P. et al. Icarus 266 3321-354 (2016)

Aiemmat esitykset

- Aurinkokuntatapaaminen 2021. Holmes-komeetan pölyvanan havaitseminen 2021. <https://www.ursa.fi/aurinkokuntatapaaminen2021.html>
- Aurinkokuntatapaaminen 2022. Orekit Open Source -kirjasto meteoriparvien partikkelimallinnuksessa sekä harrastajapostereita tiedekokouksiin esitykset. <https://www.ursa.fi/aurinkokuntatapaaminen2022.html>
- Aurinkokuntatapaaminen 2023. Holmes-komeetan pölyvanahavaintojen tieteellinen merkitys ja Leonidit 2022 ennusteet ja havainnot. <https://www.ursa.fi/aurinkokuntatapaaminen2023.html>
- Cygnus 2022. Komeetta 17P/Holmesin pölyvanan tutkimus ja harrastajien havaintomahdollisuudet. <https://www.ursa.fi/c2022/ohjelma/sunnuntai.html>