

---

---

# SEMIREGULAR



Numero 4, Kesäkuu 2006

---

---

## Linnunradan reunalta

*M. Luostarinen*

### Kehittyvä harrastus ja harrastuksessa kehittyminen

Tervetuloa Semiregular-uutislehden neljänteen numeroon. Tämä numero on ollut hieman myöhässä johtuen toimituksen muista kiireistä. Yleensä Semiregular ilmestyy vuoden alussa mutta tämän numeron tullessa painosta olemme jo juhannuksen paremmalla puolella. Työkiireitä, työkiireitä..

Tässä numerossa esittelemme vuoden 2005 havaintoprojektin tulokset ja yhteenvedot. Lisäksi kerromme lyhyesti kääpiönovista ja niiden primääri-komponentin ympärille syntyvistä kertymäkiekkoista. Nämä kertymäkiekot askarruttavat sekä ammattilaisia että harrastajia yhtäläillä ja niiden toimintaa ei vielä kukaan täysin ymmärretä. Näin ollen kääpiönovat ovat ajankohtaisia kohteita vuodesta toiseen niin harrastajille kuin ammattilaisillekin.

Historiakatsauksessa tuomme nuorten tähtiharrastajien tietoisuuteen vanhoja merkittäviä havaintoja ja aloitamme Saksalais-Suomalaisesta Argelanderista jonka panos myös muuttujien havaitsemises-

sa ja niiden nimeämisessä oli urauurtava.

Semiregularin kaltaisen pienen julkaisun tuottaminen Latex- ja GNU-ohjelmistoilla näyttää olevan järkevä vaihtoehto. Toimitus on kokeillut vuoden kuluessa myös mm Applen Pages-ohjelmistoa ja vaikka Pages onkin näppärä pikkuohjelmisto niin ohjelmassa on vielä siinä määrin lastentauteja, että toimitus päätti jatkaa Latex- ja GNU-ohjelmistojen käyttöä. Nämä soveltuvatkin suhteellisen hyvin Semiregularin kaltaisen tieteellisen- tai no, jos ei nyt aivan tieteellisen niin ainakin tieteellisiä symboleja ja taulukoita sisältävän julkaisun tekemiseen.

Yleisellä tasolla voisi todeta, että asioilla on tapana kehittyä ja hyvä niin. Tähtiharrastajatkin yleensä kehittyvät harrastuksessaan ja ruokahalu tietysti kasvaa syödessä. Sama pätee muuttujaharrastajiinkin joiden kyvyt, taidot ja tiedonnälkä kasvaa harrastuksen edistyessä. Moni kulkee tuttua polkua pitkin ja aloittaa visuaalihavaintajana mutta jossain vaiheessa polku saattaa kääntyä CCD-kuvauksen puolelle. Muuttujahavaitsemisessa CCD-kamera oikein käytettynä onkin oiva apuväline ja se parantaa paitsi havaintotarkkuutta niin tuo harrastukseen mukaan myös paljon uuden oppimisen iloa. Fotometria, kuvien redusointi, suodattimien käyttö ja aikasarjat

### Sisältö

Linnunradan reunalta . . . . .	1
F. W. Argelander . . . . .	2

Vuoden 2005 havaintoprojekti . . . . .	4
Kääpiönovat . . . . .	7
Tähtipakina . . . . .	15

ovat esimerkkejä tekniikoista jotka voivat tuoda harrastukseen uutta syvyyttä ja mielekkyyttä.

Eikä pidä unohtaa sitäkään asiaa, että suurin osa uusista löydöistä löydetään nykypäivänä nimenomaan kuvaamalla. Tähtiharrastus on jo astunut CCD-kameroiden, tietokoneiden ja Internetin avulla uuteen aikakauteen. Kamerat ja tietokoneet ovat harrastuksessa käytettäviä työkaluja siinä missä okulaarit, kiikarit, paljaat silmät tai kynä ja paperi. Jokainen tähtiharrastaja omalla kohdallaan tietenkin päättää miten haluaa harrastaa ja mitä tavoitteita harrastukselleen haluaa asettaa.

Nykyajan tähtiharrastajia suorastaan hemmotellaan kun ajatellaan mitä useat tähtiyhdistykset ovat investoineet harrastuksen eteen. Uusia moderneja

tähtitorneja nousee eri puolille Suomea ja ne on varusteltu korkealuokkaisilla teleskoopeilla ja CCD-kameroilla. Nämä havaintoasemat tarjoavat aktiiviselle harrastajalle monipuolisen kasvupolun vuosiksi eteenpäin.

Yksi Semiregular uutislehden tavoitteista on kehittää ja tukea tähtiharrastajaa jonka kiinnostusalueeseen muuttuvat tähdet kuuluvat. Tavoitteisiin pääseminen ja oikean menetelmän löytäminen vie tietysti oman aikansa mutta ahkeroimalla ja tekemällä työtä harrastuksen eteen asetetut päämäärät tulevat askel askeleelta lähemmäksi ja lopulta konkreetisoituvat. Sama viisaus pätee varmaan melko moneen muuhunkin asiaan elämässä.

M. Luostarinen, kesäkuu 2006

## F. W. Argelander

M. Luostarinen

### Muuttuvia tähtiä ja tähtikartastoja

Friedrich Wilhelm August Argelander syntyi maaliskuun 22 päivänä vuonna 1799 Baltialaisessa rannikkokaupungissa Memelissä. Kaupunki tunnetaan nykyään nimellä Klaipeda ja se kuuluu Latvialle. Kaupunki on perustettu 1252 ja on nykyään kolmanneksi suurin kaupunki Latviassa.

Argelanderin isä oli sukujuuriltaan suomalainen ja melko varakas kauppias. Argelanderin äiti oli taasen Saksalainen. Argelander opiskeli Königsbergin yliopistossa kuuluisan F. W. Besselin oppilaana ja suoritti tohtorin tutkinnon vuonna 1822. Hänen tohtorinväitöskirjansa tutki John Flamsteedin (1646-1719) koostamaa kartastoa joka oli osin tarkistamaton ja siten osittain virheellinen. Flamsteedin kartaston ensimmäinen versio julkistettiin 1725 ja se sisälsi yli 2800 tähden sijainnit ja oli aikoinaan yksi ensimmäisistä kaukoputken avulla tehdyistä tähtikartastoista.

Argelanderin saatua valmiiksi tohtorin tutkintonsa auttoi Bessel häntä saamaan observaattorin paikan Turun yliopiston tähtitornissa vuonna 1823. Argelanderista tuli myöhemmin kyseisen tähtitornin johtaja ja vuonna 1828 Turun yliopiston tähtitieteen professori. Neljä vuotta myöhemmin kun kuului Turun Palo tuhosi suuren osan Turun kaupunkia ja siinä sivussa myös kaupungin tähtitornin päätettiin observatorio siirtää Helsinkiin jonne Argelander muutti myös itse perässä.

Turussa ja Helsingissä ollessaan hän teki mittauksia mm. tähtien ominaisliikkeistä ja julkaisi vuonna 1837 kirjan "About the proper motion of the solar system".



Kuva 1: F. W. Argelander.

Vuonna 1836 Argelander palasi takaisin Saksaan ja aloitti Bonnin yliopiston uutena johtajana. Hänen onnistui solmia hyvät suhteet uuteen kuninkaaseen Friedrich Wilhelm IV (1795-1861) joka vuonna 1843 lahjoittikin riittävän summan rahaa jotta uusi observatorio Bonnin kaupunkiin oli mahdollista rakentaa. Tässä tehtävässä Argelander onnistui paremmin kuin hänen edeltäjänsä joka oli epäonnistunut rahoituksen hankkimisessa.

Kun uusi observatorio oli rakenteilla Argelander julkaisi kiintotähdistä luettelon jonka nimeksi hän antoi Uranometria Nova. Nimi oli kenties annettu Johannes Bayerin kunniaksi joka oli vuonna 1603 julkaissut kartaston nimeltä Uranometria.

Tähtien ominaisliikkeitä koskeva työ johon perustuen Argelander toivoi pystyvänsä määrittämään aurinkokunnan liikkeen ympäröivään avaruuteen verrattuna ei onnistunut. Hän totesikin, ettei hänellä ole riittävästi tietoja riittävän monen tähden sijainnista ja niiden ominaisliikkeistä jotta aurinkokuntamme liikkeen suunta olisi ollut mahdollista selvittää. Tämän takia hän tyytyi vain mittailemaan tähtien tarkkoja sijainteja taivaalla. Tämän työn hän aloitti vuonna 1852. Argelander omistautui seuraavien 11 vuoden ajan ahkerasti havaintotyölle ja julkaisi vuonna 1863 näiden vuosien tulokset neliosaisessa tähtikartastossa nimeltä Bonner Durchmusterung joka sisälsi 324.198 tähteä aina yhdeksänteen kirkkausluokkaan asti. Tästä luettelosta käytetään lyhennettä BD ja vielä tänäkin päivänä tiettyihin tähtiin viitataan niiden BD numerolla.

Argelanderin tekemä havaintotyö oli merkittävä varsinkin kun huomioidaan että se suoritettiin käyttäen apuna pientä kolmen tuuman linssiputkea.

Tämä kartasto oli käytännössä laajennus professori F. W. Besselin valmistamaan tähtikartastoon jossa oli tarkasti luetteloitu 50.000 tähden paikat ja niiden kirkkaudet.

Argelanderin kartasto listasi tähdet deklinaatioasteiden +89 ja -2 väliltä. Erityistä tässä työssä oli se, että tämä oli viimeinen suuri kartasto joka oli laadittu puhtaasti visuaalihavaintoihin pohjautuen ilman valokuvauksellisia apuvälineitä.

Myöhemmin vuonna 1886 Eduard Schönfeld joka oli Argelanderin apulainen täydensi Argelanderin kartastoa käsittämään myös deklinaatioiden -2 - -22 välisen alueen. Tässä työssä Schönfeld lisäsi luetteloon 133.659 uutta tähteä.

Skotlantilainen tähtitieteilijä Sir David Gill (1843 - 1914) edelleen laajensi Argelanderin alkuperäis-

tä kartastoa käsittämään myös eteläisen taivaanpallon tähtiä. Gill työskenteli Etelä-Afrikasta käsin. Gill sekä J. C. Kapteyn loivat The Cape Photographic Durchmusterung kartaston käyttäen apunaan valokuvauslevyjä. Tämä kartasto käsitti yli 500.000 tähteä.

Argelander oli ensimmäinen tähtitieteilijä joka aloitti muuttujien säännöllisen ja yksityiskohtaisen havaitsemisen. Kun hän aloitti työnsä vain kourallinen muuttuvia tähtiä oli luetteloitu.

Argelander kehitti muuttujille nimeämiskäytännön eli ns. nomenklatuurin joka on käytössä vielä nykyaikanakin.

Järjestelmässä käytetään Roomalaisia suuria kirjaimia (R, S, T jne ...) tähdelle jota ei ole vielä merkitty kreikkalaisella aakkosella. Argelanderin nimeämisyksiköksi alkaa "R" kirjaimella joka viittaa Saksalaiseen sanaan "Rot" eli punainen. Useimmat muuttujathan ovat punaisia.

Paitsi laajojen tähtikartastojen luojana Argelander muistetaan tähtitieteilijänä joka loi ja virallisti muuttuvat tähdet yhdeksi tähtitieteen osa-alueeksi. Hän myös kehitti visuaalisen mittaumenetelmän jolla muuttuvien tähtien kirkkauksia arvioidaan. Menetelmä tunnetaan nimellä Argelanderin askelmittaumenetelmä ja vaikka se on hieman mutkikkaampi kuin vastaavat askelmittaumenetelmät niin oikein käytettynä sillä tehdyt mittaukset antavat josain määrin tarkempia tuloksia.

Argelanderin terveys oli ollut yleisesti ottaen aina hyvä mutta kesällä 1874 hän sairastui korkeaan kuumeeseen. Syksyllä hänen terveydentilansa hieman parani ja hän pystyi osittain jatkamaan työtään. Paraneminen oli kuitenkin näennäistä ja hänen terveytensä heikkeni pian uudestaan.

Argelanderin yleiskunto romahti vuoden 1875 alussa mutta tästä huolimatta hänen mielenkiinton- sa tiedettä kohtaan pysyi vahvana.

Argelander kuoli helmikuun 17 päivän aamuna vuonna 1875. Argelander oli kuollessaan melkein 76 vuoden ikäinen.

# Vuoden 2005 havaintoprojekti

Nämä vuoden 2005 havaintoprojektin tulokset on esitelty myös vuoden 2006 Ursa Minor-lehden ensimmäisessä numerossa. Kiireellisen aikataulun takia UMI:ssa julkaistu artikkeli oli hieman lyhyempi kuin tässä nyt julkaistava.

M. Luostarinen

## Esittely

Vuonna 2005 Semiregular.com järjesti vuosittaisen havaintokampanjan. Kampanjat ovat avoinna kaikille havaitsijoille ja niihin ei tarvitse erikseen liittyä. Jos havaitsija tuo semiregular.com palveluun havaintoja tähdistä jotka sattuvat olemaan projektistalla tulevat nämä havainnot aina automaattisesti mukaan myös kampanjaan.

Kampanjan havaintolistalle oli valittu 12 kohdetta ja havaintoja kertyi vuoden aikana yhteensä 122 kappaletta neljältä eri havaitsijalta.

Havaintokauden aikana aivan kaikista kohteista ei tehty havaintoja. Nämä kohteet olivat IP Peg, RY Uma, T Leo ja U Cam.

Arto Oksanen oli tehnyt vuoden 2004 lopulla CCD-havaintoja IP Peg muuttujasta. Arton havainnoissa näkyi tähden pimentyminen sen ollessa maksimissaan. Näistä havainnoista on kerrottu tarkemmin Semiregular-uutislehdessä numero 3. Arton havainnot ajoittuivat ajallisesti vuoden 2004 lopulle joten niitä ei esitellä tässä numerossa.

## Kohteet

Havaintolistalla oli joitakin kohteita joita havaittiin jo edellisenä havaintovuonna 2004. Tästä syystä on joidenkin mielenkiintoisten kohteiden valokäyrät piirretty siten, että niihin on otettu mukaan kattaavuuden takia myös vuoden 2004 havainnot.

Kampanjakohteiden listalla oli 2 Mira kohdetta, 5 kääpiönovaa ja 5 puolissäännöllistä kohdetta. Pimenysmuuttujia ei tänä vuonna ollut mukana.

Kohteet oli valittu siten, että ne soveltuisivat sekä kiikari- että kaukoputkihavaitsijoille. Kohteiden havaitseminen ei edellyttänyt CCD-kameran käyttöä vaikkakin sellaisella voitaisiin havaita joidenkin kohteiden käyttäytymistä niiden ollessa minimissään.

## RHO ( $\rho$ ) CAS

Rho Cassiopeiae sijaitsee sirkumpolaarisessa Cassiopeian tähdistössä joka mahdollistaa periaatteessa kohteen ympärivuotisen havaitsemisen.

Rho on muuttuja jonka kirkkauden vaihtelut ovat yleensä hitaita ja epäsäännöllisiä. Tähten kirkkaus on yleensä noin 4.4 magnitudia mutta toisinaan se voi himmentyä noin 6 magnitudiin.

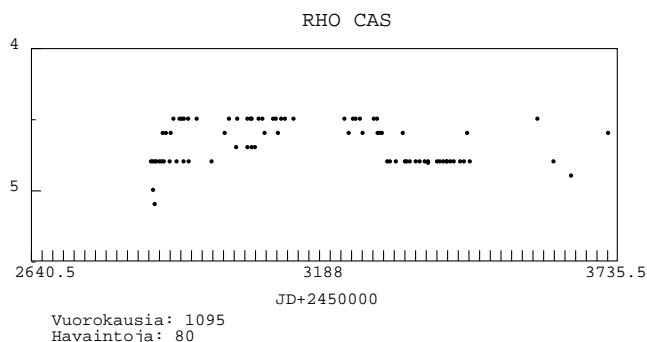
Rho Cassiopeiae on yksi suurimmista tunnetuista tähdistä ja sen katsotaankin kuuluvan ylijättiläisten luokkaan. Rho on sen verran suuri, että jos se sijoitettaisiin auringon paikalle sen ulkoreuna ylittäisi Marsin kiertoradan.

Rho pyörii oman akselinsa ympäri 29 kilometrin tuntinopeudella joten yhteen täyteen kierrokseen kuluu noin kaksi vuotta. Spektriluokaltaan Rho on G2 mutta sen spektriluokka muuttuu tähden ollessa minimissään.

Tähden ympärille on kietoutunut pölypilviä jotka heikentävät sen näennäistä kirkkautta taivaalla jopa kaksi magnitudia. Rho säteilee noin 550.000 kertaa enemmän valoa kuin oma aurinkomme. Pintalämpötila on noin 7500 Kelviniä ja suurimman osan energiastaan se säteilee näkyvän valon aallonpituudella.

Tutkijoiden mukaan Rho Cassiopeian pitäisi läpikäydä lähiaikoina dramaattisia struktuurallisia muutoksia tehden tästä mielenkiintoisen kohteen. Koska tähti on lisäksi havaittavissa paljain silmin ympäri vuoden on tämän kohteen seuraaminen paitsi helppoa niin myös tärkeää.

Vuonna 2005 tähteä havaitsivat Jani Virtanen, Toni Veikkolainen ja Kari Tikkanen. Havaintoja kertyi yhteensä 18 ja nämä on esitetty oheisessa valokäyrässä. Koska mittauksia on vähän ei valokäyrää voi sinänsä pitää kovin tarkkana. Tästä huolimatta siitä voisi päätellä että Rho Cas on vuoden loppupuolella jossain määrin "heilahdellut" kun vastaavasti alkuvuonna se olisi loistanut melko tasaisesti.



Kuva 1: Rho Cas valokäyrää ajalta 2003-2005.

## W Cygni

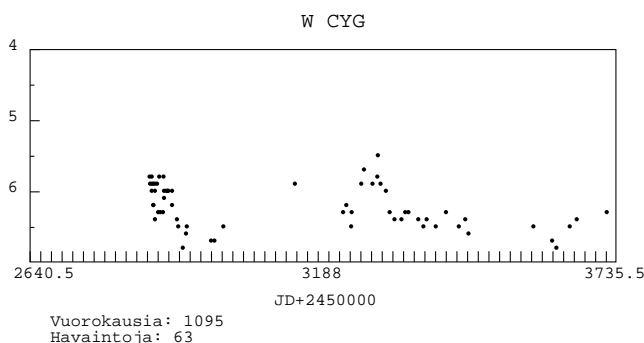
W Cygni on puolissäännöllinen SRb luokan punainen muuttuja jolla on suhteellisen pieni amplitudi. W Cygnin spektriluokka vaihtelee jakson aikana vä-

Koodinimi	Nimi	Amplitudi	Periodi	Tyyppi
0753+20	BP GEM	12.1 - 15.0	246.5	Mira
0751+21	XY GEM	11.2 - 15.3	340.97	Mira
1215+61	RY UMA	6.6 - 8.3	310.00	SRb
0333+62A	U CAM	11.0 - 12.8	400.00	SRb
1151+58	Z UMA	6.5 - 9.4	195.5	SRb
2132+44	W Cyg	5 - 7.5	131.1	SRb
2349+56	$\rho$ Cas	4.1 - 6.2	NA	SRd
2138+43	SS CYG	8.3 - 12.2	49.5	UGSS
0945+12	X LEO	11.1 - 15.7	16.9	UG
0749+22	U GEM	8.2 - 14.9	105.2	UG
2318+17	IP PEG	12.0 - 18.6	NA	UG
1133+03	T LEO	10.0 - 15.7	NA	UG

Projektin kohdetähdet

lillä M4e - M6.

W Cygni tähdestä on muodostumassa vanha tuttu semiregular.com havaintoprojekteissa. Tähti on esitelty yksityiskohtaisesti julkaisussa numero 3 ja Semiregular- havaitsijat ovat tehneet tähdestä mitauksia jo vuodesta 2003 lähtien.



Kuva 2: W Cygni valokäyrä.

Kaksi havaitsijaa, Jani Virtanen ja Toni Veikkolainen, tekivät vuonna 2005 tähdestä yhteensä 13 havaintoa.

Vuoden aikana W Cygnin kirkkaus vaihteli 6.3 - 6.8 magnitudin välillä amplitudin ollessa näissä havainnoissa siten 0.5 magnitudia.

Valokäyrästä joka alkaa vuoden 2003 alusta voi nähdä, että syksyllä tähti on ollut hieman himmeämpi kuin alkuvuodesta.

## IP PEG

V.A. Lipovetskij ja J. A. Stepanyan huomasivat vuonna 1981 että IP Pegasi on muuttuja.

Vuonna 1985 huomattiin että IP Pegasi on myös pimennysmuuttuja. Tähten tyyppi on määritelty UGSS+E ja sen kirkkauden vaihteluväliksi on mitattu 10.5 - 17.8 magnitudia. Sen ollessa minimissään se soveltuu hyvin CCD-havaitsijoille.

IP Pegasi sijaitsee Pegasuksen neliön sisäpuolella

muutaman asteen päässä Alfa Pegasuksesta.

IP Pegasin tekee mielenkiintoiseksi se, että sen komponentit kiertävät massakeskipisteen ympäri samassa ratatasossa kuin mistä käsin havaitsemme tähteä. Tämän takia valokäyrässä on nähtävissä pimentyksiä samoin kuin tavallisillakin pimennysmuuttujilla.

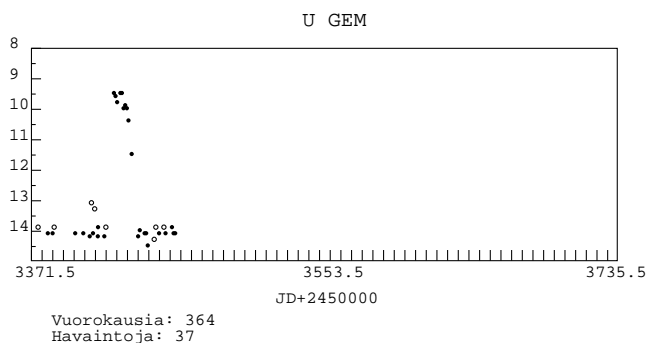
Suomalainen havaitsija Arto Oksanen kuvasi syksyllä 2004 IP Pegasin pimennyksen tähden purkautuessa. Valokäyrä on esitelty semiregular uutislehdessä numero 3.

## U GEM

U Gem on yksi taivaan tunnetuimmista kääpiönovista SS Cygnin ohella joten on luonnollista, että tämä on myös hyvin kattavasti havaittu kohde.

Tähdestä tehtiin vuoden aikana yhteensä 37 havaintoa. Valokäyrästä näkee selvästi vuoden alkuun osuneen purkautumisen jolloin tähti on äkisti kirkastunut 9.5 magnitudiin ja sen jälkeen himmentynyt takaisin normaaliin noin 14 magnitudin kirkkauteen.

Jani Virtanen teki 35 mittausta ja Mika Luostari- nen 2.

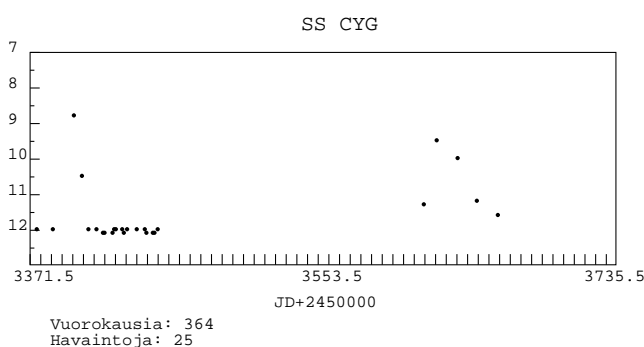


Kuva 3: U Gem valokäyrä.

## SS CYGNI

Tämä on ehkä tunnetuin kääpiönova ja tiettävästi viime vuosisadan alun jälkeen tähden kaikki purkaukset on onnistuttu havaitsemaan. Tätä kohdetta havaitsevat aktiivisesti niin harrastajat kuin ammattilaisetkin.

SS Cygni on UG tyyppin kääpiönova jonka jakso on yleensä noin 49.5 vuorokautta. Amplitudi on 8.3 - 12.2 magnitudia ja spektriluokaksi on määritelty K5V+Pec(UG). Se soveltuu hyvin havaintokohteeksi havaintosijoille joilla on käytössä pieni kaukoputki. Tähdessä ollessa maksimissaan sitä voi havaita myös kiikarilla.



Kuva 4: SS Cygni valokäyrä.

Havaintosijainti havaitsi yhteensä 22 havaintoa tästä kohteesta ja nämä sisältävät kaksi maksimia joista toinen aivan vuoden alussa ja toinen syksyllä 2005. Kohdetta havaittivat Jani Virtanen ja Toni Veikkolainen.

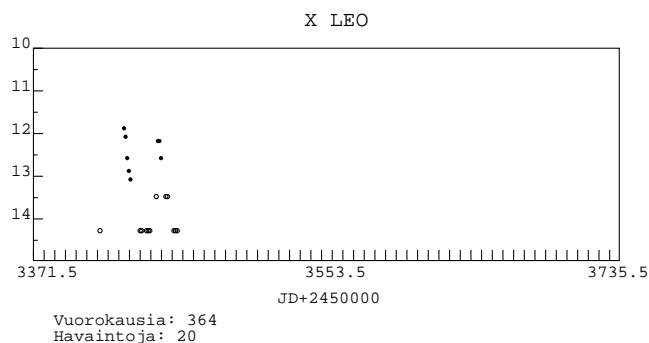
## X LEO

Leijonan tähdissä sijaitseva X Leo pitää yleensä havaintosijan mielenkiinnon hyvin yllä sen lyhyen periodin ja suuren amplitudin takia.

X Leo on UG tyyppin muuttuja ja se kirkastuu äkisti keskimäärin 22 vuorokauden välein noin 15.5 magnitudista noin 11.5 magnitudiin.

Tämä kohde on helppo löytää ja se sijaitsee aivan R Leo muuttujan lähellä.

Havaintotiimistä vain Jani Virtanen teki mittauksia tästä kohteesta joita kertyi yhteensä 20 kappaletta.



Kuva 5: X Leo valokäyrä.

Valokäyrässä joka perustuu Janin havaintoihin on selvästi nähtävissä kaksi hienoa maksimia jotka ajoittuvat talvelle 2005.

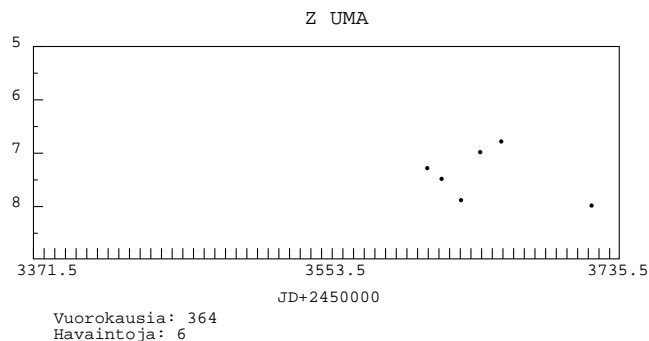
## Z UMA

Z Uma on puolissännöllinen luokan SRb muuttuja. Se sijaitsee Ison Karhun neliön sisällä lähellä Delta Umia.

E. S. King tutki tähdessä otettuja spektreja vuonna 1904 ja huomasi niistä, että Z UMA on muuttuja. Tutkimuksissaan hän kävi läpi vanhoja Harvardin tähtitornilla otettuja valokuvia sekä ns Draper Memorial kuvia vuosilta 1897 - 1904. Näistä hän huomasi, että Z UMAN kirkkaus oli vaihdellut eri ajanjaksoina vähintään 1.5 magnitudia.

Havaintoja joita on kerätty noin sadan vuoden ajalta voidaan nähdä että tämän tähden amplitudin vaihtelu itsessään ei ole vakio.

Nykyään se on noin 7.2-8.9 magnitudia mutta esimerkiksi GCVS luetteloon on amplitudiksi merkitty 6.2-9.4 magnitudia. Z UMAN jaksoksi on yleensä ilmoitettu 195.5 vuorokautta.



Kuva 6: Z UMA valokäyrä.

Tämä periodi on ns keskiarvo periodi (mean period) ja tutkimalla tähden valokäyrää voidaan päätellä että jakso on itseasiassa moniperiodinen.

Michael K. Suchko esittikin vuonna 1980 että Z

UMAlla olisi kaksi periodia; pääperiodi jonka pituus on mainittu 195.5 vuorokautta ja toinen heikommin tunnettu periodi jonka pituus olisi 205 vuorokautta.

K. Suchko epäilee, että nämä periodit vaikuttavat toisiinsa siten, että tuloksena syntyisi kolmas periodi jonka pituudeksi hän arvioi noin 4200 vuorokautta.

Edelleen Isles on vuonna 1998 ehdottanut, että valokäyrässä havaitut epäsäännöllisyydet olisivat seurausta tähden eri pulsaatiojaksoista.

Näiden käsitysten vastapuolta edustaa Barnbaum (1995) joka epäilee että epäsäännöllisyydet tähden periodissa voisivat johtua esimerkiksi toistaiseksi tuntemattomasta seuralaisesta tai ehkä epäsymmetrisestä eli ei pallomaisesta tähden muodosta tai suurista tähdenpilkuista.

Z UMan spektriluokka on M5IIIe joka on melko tyypillinen tämän luokan muuttujille. Tähti on helppo löytää ja sitä voi havaita sen jakson eri vaiheissa kiikareilla tai pienellä kaukoputkella. Kohde on erityisen soveltuva harrastajille jotka ovat vasta aloittamassa muuttujien havaitsemista. Toni Veikkolan teki kohteesta yhteensä 6 havaintoa vuoden 2005 loppupuolella. Kohteesta tehtiin vuonna 2005 sen verran vähän havaintoja että niistä ei muodostunut vielä selkeää valokäyrää.

Kohdetta havaittiin vuonna 2005 varsin vähän. Mittauksia kertyi vain kuusi kappaletta.

## Kääpiönovat

Tässä artikkelissa kerrotaan kääpiönovista, niiden historiasta ja toiminnasta. Aiheen laajuuden ja mutkikkisuuden takia artikkeli käsittelee tiettyjä aiheita vain kursorisesti menemättä liiaksi yksityiskohtiin. Artikkelin pohjatiedot perustuvat alan kirjallisuuteen.

*M. Luostarinen*

### Historiallinen löytö

Joulukuun 15 päivänä vuonna 1855 Englantilainen astronomi John Russell Hind (1823-1895) oli metsästämissä pikkuplaneettoja Kaksosten tähdistöä.

Hind oli 32 vuotias kun hän tuona yönä löysi karttoihin merkitsemättömän 9 magnitudin tähden. Hind oli kokenut asteroidien metsästäjä. Viisi vuotta aikaisemmin hän oli nimennyt löytämänsä asteroidin Victoriaksi. Tämä nimi herätti aikoinaan kohua koska Victoria sattui olemaan silloisen kuningattaren nimi ja Hind joutui selittelemään - tosin hieman onnistuvasti - että hän itseasiassa viittasi Kreikan mytolo-

## BP Geminorum ja XY Geminorum

Näistä kohteista tehtiin yhteensä vain kolme havaintoa. Aikaisempina vuosina näitä Kaksosten tähtikuviossa sijaitsevia kohteita mitattiin suuremmalla aktiivisuudella. Vähäisen havaintomäärän takia valokäyrä jätetään tässä julkaisematta.

Näiden kohteiden valokäyrä on nähtävissä sitä tarvitseville semiregular.com palvelussa.

## Yhteenveto

Havaintajat olivat pitkälti samoja kuin vuoden 2004 kampanjassa. Havaintoja tehtiin hieman vähemmän kuin vuotta aikaisemmin. Eri vuosina kertyneisiin havaintomääriin vaikuttaa luonnollisesti havainto-olosuhteiden ja selkeiden öiden määrä projektin aikana.

Joidenkin kohteiden kohdalla on selkeästi nähtävissä pitkäjänteisen havaintotoiminnan hyödyt. Tämä on erityisesti nähtävissä Rho Cassiopeiae ja W Cygni tähtien kohdalla. Pitkäjänteinen havaintotyö kehittää valokäyristä yhtenäisempiä jolloin kohteiden luonne tulee esille selkeämmin.

Tulemme pitämään myös tulevaisuudessa havaintokampanjoissa tiettyjä vakiokohteita listalla jotta näiden enigmaattisten kohteiden valokäyristä saadaan riittävän kattavia.

giassa mainittuun Victoriaan eikä silloiseen Kuningattareen.



Kuva 1: John Russel Hind.

Oliko Hind ollut onnekas ja löytänyt jälleen uuden pikkuplaneetan? Seuraavina öinä Hind jatkoi uuden tähden havaitsemista mutta pettymyksekseen huomasi ettei se liikkunut taivaalla mihinkään kuten

hyvin käyttäytyvän pikkuplaneetan kuuluisi tehdä.

Hind kuvaili muistiinpanoissaan että tämä uusi tähti "loistaa hyvin sinistä planetaarista valoa". Näihin aikoihin useimmat muuttujat olivat joko neutraalin värisiä tai punertavia ja Hindin havainto sinisestä väristä teki kohteesta tavallista mielenkiintoiseman.

Hind oli joitakin vuosia aikaisemmin löytänyt samaisesta kaksosten tähdistöstä pari muuttujaa jotka olivat saaneet tunnuksen S Gem ja T Gem.

Sen sijaan, että tähti olisi liikkunut se alkoi valan sopimattomalla tavalla himmentyä kunnes eräänä yönä se oli niin himmeä että se livahti Hindin teleskoopin ulottumattomiin. Hind, tietämättä tuolloin tähden todellista luonnetta, luokitteli tähden himmeäksi novaksi.

Kolme kuukautta myöhemmin Norman Robert Pogson (1829-1891) näki Hindin havaitseman tähden uudestaan. Tosiasia, että tähti oli räjähtänyt toistamiseen paljasti ettei kyseessä ollut tavallinen nova ja noihin aikoihin tämä oli katsottavissa jonkinasteiseksi sensaatioksi joka käynnisti tähden systemaattisen havaitsemisen.

Tulevina kuukausina tähteä havaittiin intensiivisesti ja useita purkauksia raportoitiin. Havaintoaineiston kertyessä pääteltiin tähden periodiksi noin 100 vuorokautta.

Historian ensimmäinen kääpiönova, U Geminorum, oli löydetty ja kuluisi 40 vuotta ennenkuin toinen vastaava kohde löydettäisiin.

## Spektroskopia tuo uutta tietoa

Mt. Wilsonin tähtitornilla vuonna 1956 tehdyissä spektrimittauksissa mitattiin toisen kuuluisan kääpiönovan, SS Cygnin, spektriä jonka neiti L. D. Wells oli löytänyt valokuvaamalla vuonna 1896 Harvardin Observatoriosta.

SS Cygnin spektriviivoja analysoimalla pääteltiin, että kyseessä onkin kaksi lähekkäistä tähteä joiden kiertoaika toistensa ympäri oli ällistyttävän lyhyt, vain kuusi ja puoli tuntia. Näin lyhyt kiertoaika merkitsi, että komponenttien on oltava varsin pienimassaisia ja niin lähellä toisiaan että ne ovat melkein kosketuksessa.

Ensimmäiset karkeahkot laskutoimitukset viittasivat siihen, että SS Cygnin komponenttien pitäisi olla massaltaan 0.5 auringon massan kokoisia. Vastavasti läpimittojen katsottiin olevan noin 0.9 (punainen komponentti) ja 0.1 (sininen komponentti) auringon läpimittaa. Tähtien etäisyys niiden pinnasta pintaan mitattuna arvioitiin noin 100.000 mailiksi tai hieman sen alle.

Kun W. J. Luyten vuonna 1965 mittasi SS Cygnin parallaksin paljastui ettei tähti voinut olla kovin kaukana. Luytenin mittauksiin pohjautuen sen etäisyy-

deksi laskettiin noin 90-100 valovuotta.

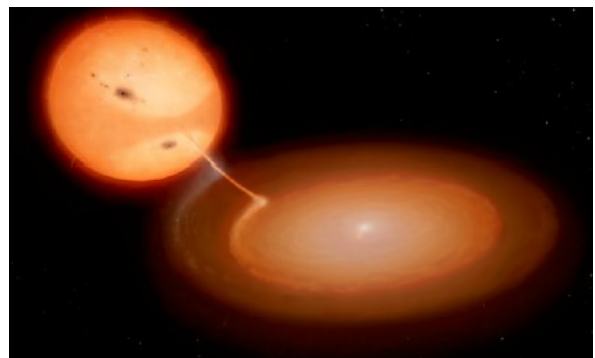
Etäisyyden ja näennäisen magnitudin perusteella oli helppo laskea tähden absoluuttinen magnitudi joka olikin alle 10 magnitudia. Tämä viittasi vahvasti siihen, että sinisen komponentin oli oltava valkoinen kääpiö.

Samanlainen mittaus tehtiin myös U Geminorumille joka entisestään vahvasti käsitystä siitä, että toisen komponentin on oltava valkoinen kääpiö. Jos laskelmat pitivät paikkansa niin absoluuttisella asteikolla näiden kohteiden oli oltava joitakin tuhansia kertoja himmeämpiä kuin oikeat novat.

## Perustiedot muodostuvat

1900 luvun puolivälin jälkeen käsitys siitä että kääpiönovat olivat lähekkäisiä kaksoistähtiä joissa toinen komponentti on viileä punainen tähti ja toinen kuuma sininen tähti entisestään vahvistui.

Koska tähtien tiedettiin olevan hyvin lähellä toisiaan täytyi niiden välillä tapahtua materian siirtoa. Lisäksi arveltiin, että tähdestä toiseen siirtyvän materian pitäisi päätyä valkoisen komponentin ympärille muodostaen ns materiakiekon.



Kuva 2: Taiteilijan näkemys kääpiönovajärjestelmästä. Kuvassa on näkyvissä kaikki järjestelmän oleelliset osat kuten valkoinen kääpiö, punainen tähti, materiakieppo, kirkaspiste ja materiavirta.

Vaikka järjestelmien perustiedot olikin saatu kaasaan ei tutkijoilla niinkin äskettäin kuin 1960 luvulla ollut selkeää käsitystä siitä mitä tähden purkautuessa todellisuudessa tapahtuu.

Edes alustavaan yhteisymmärrykseen siitä missä järjestelmän osassa purkaus syntyy tai mikä sen ylipäätään saa alulle ei päästy.

## Kilpailevia teorioita

Kun kääpiönovien peruskomponentit oli selvitetty muodostui tutkijoiden lempipuuhaaksi väitellyt siitä kumpi komponenteista purkautuu, punainen vai si-

ninen komponentti. Aluksi oli vallalla melko yksimielinen käsitys siitä, että järjestelmän kirkkauden kasvusta vastaa kuuma sininen komponentti.

Tämä aikoinaan yli toistakymmentä vuotta voimassa ollut näkemys sai kilpailevan teorian vuonna 1965 kun W. Krzeminski esitti oman näkemyksensä.

Krzeminski oli tutkinut tarkoin U Geminorum tähteä ja päätteli (tosin virheellisesti) että kirkkauden noususta on vastuussa pääasiallisesti järjestelmän punainen komponentti.

Robert Burnham Jr. kuvaa kirjassaan (Burnham's Celestial Handbook, Osa 2, sivu 779 sekä sivut 928-933) Krzeminskin teoriaa. Vuonna 1965 Krzeminski havaitsi U Geminoriumia ja epäili löytäneensä viitteitä siitä, että purkaus tapahtuu punaisessa komponentissa.

Krzeminski havaitsi että U Geminorumin komponenttien kiertoaika yhteisen painopisteen ympäri oli noin 4.5 tuntia. Hyvin tarkkoja fotometrisiä mittauksia apuna käyttäen hän edelleen havaitsi että sinisen komponentin kiertyessä punaisen taakse järjestelmän kokonaiskirkkaus putosi aina noin 0.9 magnitudia suurinpiirtein 4.5 tunnin välein. Tarkoilla mittauksilla hän määritteli varsinaisen pimennyksen kestoksi noin 15 minuuttia.

U Geminorumin ollessa maksimissa Krzeminski ei enää pystynyt havaitsemaan näitä 15 minuutin pimennyksiä josta hän veti sen johtopäätöksen, että jos sininen komponentti on se joka kirkastuu purkauksen aikana pitäisi koko järjestelmän kirkkauden pudota noin 5 magnitudia 15 minuutin ajaksi joka 4.5 tunnin välein tähden ollessa maksimissaan.

Ongelma oli se, että tällaista jyrkkää säännöllistä pimentyä hän ei nähnyt tähden valokäyrässä sen maksimivaiheessa (Burnham's Celestial Handbook, osa 2, sivu 932).

Krzeminski laski, että vaikka sinisellä komponentilla olisi ympärillään näkyvää valoa säteilevä kaasurengas (jonka olemassaoloon spektroskooppiset mittaukset viittasivat) ja joka ei sellaisenaan kokonaan peittyisi punaisen tähden taakse pimennyksen aikana ei tällä pitäisi olla kuin 10 prosentin vaikutus järjestelmän kokonaiskirkkauden putoamiselle maksimin aikana.

Koska sinisen komponentin kulkiessa radallaan punaisen taakse ei järjestelmän kokonaiskirkkaus pudonnut maksimin aikana edellä oletetulla tavalla hän päätyi lopulta (virheelliseen) johtopäätökseen että kirkastumisen täytyi olla kotoisin punaisesta komponentista.

Krzeminskillä oli kuitenkin ongelma sillä jos kirkastuminen ei syntynyt sinisessä komponentista eikä materiakiekossa piti Krzeminskin teorian vastavasti selittää miksi viileämpi punainen komponentti yllättäen kirkastuisi.

Krzeminski muotoili lopulta teoriansa siten, että purkautumisvaiheessa materiaa virtaa punais-

ta tähdestä siniseen ja osa tästä päätyy kaasurenkaaseen joka hieman kirkastuu samalla kun punaisen viileämmän komponentin säde kasvaa.

Säteen kasvu olisi seurausta massan pienenemisestä jolloin gravitaatiovoima joutuisi antamaan periksi tähden kaasun paineelle. Krzeminski ajatteli, että tässä prosessissa punaisen tähden syvemmällä olevat kuumemmat kerrokset pääsisivät ikäänkuin esteettä säteilemään ulos jolloin näkisimme järjestelmän kirkkauden nousevan.

Vaikka Krzeminskin teoriassa oli kaikki oikeat peruselementit läsnä kuten punainen viileä komponentti, sininen kuuma komponentti ja kaasurengas osoittautui Krzeminskin teoria vääräksi. Erityisesti Krzeminskin ajatus punaisen komponentin kirkastumisesta ei vakuuttanut kaikkia tutkijoita.

Jos Krzeminski olisi tutkinut erästä toista kääpiönovaa, nimittäin IP Pegasia, olisi hän nähnyt IP Pegasin valokäyrässä ennustetut pimennykset joita hän ei onnistunut havaitsemaan U Geminorumin valokäyrässä.

IP Pegasin komponenttien ratatason kulma suhteessa maapalloon sattuu olemaan sopivassa asennossa meihin nähden juuri siten, että valkoinen komponentti, osa kiekosta ja kirkas piste päätyvät kiertoradallaan tarkalleen punaisen komponentin taakse. Kun tämä tapahtuu nähdään valokäyrässä selkeä ja syvä pimentyä.

Nykyaikana tehdyissä tarkoituksissa fotometrisissä mittauksissa on U Geminorumin valokäyrässä maksiminkin aikana nähtävissä pieni kirkkauden pudotus joka on seurausta siitä että valkoinen kääpiö ja osa materiakiekosta päätyy kiertoradallaan punaisen tähden taakse.

## Teoriat kehittyvät

Kun ensimmäiset kääpiönovia tutkineet tiedemiehet olivat yrittäneet sijoittaa purkauksen alkulähdettä jompaan kumpaan tähden niin 1970 luvulla purkauksen alkusyyksi ehdotettiin, varsin radikaalisti, itse materiakiekkoa.

Vasta 1970 luvun alkupuolella Yoji Osaki ja Jozef Smak ehdottivat kukin itsenäisesti ns materiakiekon epästabiiliusteoriaa (disk-instability theory) selitykseksi järjestelmän kirkastumiselle. Osakin ja Smakin teoriat näyttivät selittävän kilpailevia teorioita paremmin valokäyrässä havaitut ilmiöt.

Osakin teoria sisältää samat peruselementit kuin aikaisemmatkin teoriat mutta se selittää komponenttien käyttäytymisen toisin. Erityisesti ne keskittyvät selittämään valkoisen kääpiön ympärille syntyvän materiakiekon käyttäytymistä ja siihen liittyvää dynamiikkaa.

Kun aikaisemmin ajateltiin että kirkastuminen tapahtuu jommassa kummassa tähdessä niin nyt Osaki

esitti radikaalissa uudessa teoriassaan, että kirkastuminen itseasiassa tapahtuukin materiakiekossa eikä kummassakaan tähdessä.

Osakin alkuperäisessä vuonna 1974 esittämässä teoriassa kiekko joutuu epätasapainoon ja purkautuu koska sekundäärikomponentista siirtyvää materiaa kertyy kiekkoon nopeammin kuin sitä ehtii pudota valkoiseen kääpiöön ja poistua siitä ns boundary layerin kautta tai poistua keskipakovoiman vaikutuksesta ulospäin.

Edelleenkin ei täysin ymmärretä mitkä kaikki tekijät yhdessä vaikuttavat siihen, että materiakiekko ajautuu epästabiiliksi.

Syyksi tähän on esitetty mm tähtien vuorovesivoimien muuttumista. Tässä teoriassa järjestelmän massakeskipiste siirtyy materiavaihdon aikana joka johtaa vuorovesivoimien muuttumiseen järjestelmän sisällä.

Geoff Bath vuorostaa on esittänyt, että sekundäärikomponentti aiheuttaa kiekon tasapainon rikkoutumisen. Bathin teoriassa punainen tähti sinkoaa epäsäännöllisesti materia-ammuksia kiekkoon joka ajaa kiekon epästabiiliin tilaan.

Bathin teorian ongelmana on se, että sen mukaan kirkkaan pisteen valonkirkkauden pitäisi myös muuttua. Havaintojen mukaan kirkkaanpisteen luminositeetti kuitenkin pysyy melko tasaisena maksimin aikana. Näin ollen kirkkaanpisteen käyttäytyminen tukisi pikemminkin Osakin teoriaa.

Aivan kokonaan Bathin teoriaa ei ole kuitenkaan kumottu vaan nykyään sen katsotaan olevan ainakin osittain oikein ja yleinen käsitys näyttäisi olevan että sekundäärikomponentista tulevalla materiavirralla olisi jokin vaikutus kiekon tasapainon hajoamisessa.

## Kääpiönovan anatomia

Lyhyen historiakatsauksen jälkeen katselmoimme tyypillisen kääpiönovajärjestelmän peruskomponentit ja kerromme niiden toiminnasta.

### Valkoinen kääpiö

Valkoiset kääpiöt ovat tiiviitä tähtiä joiden koko on planeetan suuruusluokkaa. Niiden massa on kuitenkin samassa kertaluokassa kuin oman aurinkomme.

Kerrataan lyhyesti miten valkoinen kääpiö syntyy. Lähtötilanteessa on tähti joka on noin auringon massainen. Tämä auringon kaltainen tähti polttaa joka sekunti ydinreaktion kautta noin 500 miljoonaa tonnia vetyä heliumiksi.

Tämän palamisprosessin sivutuotteena syntyy tuhkaa (joka koostuu heliumista, mahdollisesti hiilestä, hapeasta ja raskaammista alkuaineista) ja joka

painuu ja keräytyy tähden ytimeen tiivistyksen materiaiksi jonka tiheys on satoja tuhansia kertaluokkia suurempi kuin maan.

Tällaisessa tiheydessä vierekkäisten atomien elektronit menevät melkein ristikkäin. Mutta fysiikasta tunnettu Paulin kieltosääntö sanoo, että kaksi elektronia ei voi olla samassa paikassa samalla hetkellä ja tämä estää materian täydellisen kasaanvetäytymisen.

Ajan myötä tähden ytimeen keräytyy lisää tuhkaa. Kun tähti on lopulta polttanut vetyvarastonsa loppuun paisuttaa se itsensä harvakaasuisiksi punaiseksi jättiläiseksi. Tässä prosessissa tähden säde kasvaa noin sata kertaiseksi.

Lopulta voimakas säteilypaino aiheuttaa sen, että tähti puhaltaa uloimmat kerroksensa avaruuteen muodostaen planetaarisen sumun.

Kun ulkokerrokset ovat puhaltuneet pois on tähden kuuma ja tiivis ydin jäänyt paljaaksi. Tämä jäljelle jäänyt kuuma ydin on valkoinen kääpiö.

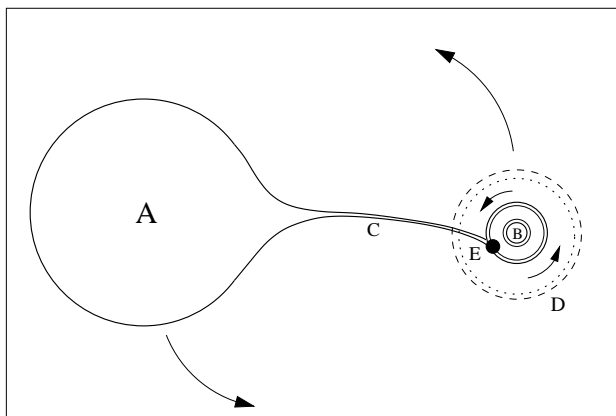
Tiedämme, että valkoisen kääpiön massa ei voi ylittää ns Chandrasekharin rajaa joka on 1.4 auringon massaa. Tähti joka ylittäisi mainitun 1.4 auringon massan rajan ei päädy valkoiseksi kääpiöksi vaan neutronitähdeksi.

Useimpien valkoisten kääpiöiden massat vaihtelevat noin 0.5 - 0.6 auringon massan välillä ja melkein kaikkien massat ovat olleet 0.3 - 1.3 auringon massan haarukassa. Valkoisen kääpiön säde on noin 0.01 auringon sädettä.

Arvion mukaan noin 6 prosenttia galaksimme tähdistä on valkoisia kääpiöitä.

Kääpiönovajärjestelmissä valkoinen kääpiö on interaktiossa punaisen kääpiön kanssa joka luovuttaa sille materiaa. Kun tähdet ovat niin lähellä toisiinsa että ne pystyvät vaihtamaan materiaa sanotaan, että tähtipari täyttää ns Rochen rajan.

Kääpiönovajärjestelmissä valkoista kääpiötä kutsutaan nimellä primäärikomponentti.



Kuva 3: Kuva esittää kataklysmistä muuttujaa yläpuolelta. Nuolet symboloivat järjestelmän kiertymäsuuntaa. A= sekundääritähti, B= valkoinen kääpiö, C= materiavirta, D= kertymäkiekko ja sen kiertymäsuunta, E= kirkaspiste eli kaasun osumakohta kiektoon

## Punainen kääpiö

Järjestelmän materiaa luovuttava komponentti on ns punainen kääpiö.

Punaiset kääpiöt ovat pieniä tähtiä vaikkakin ne ovat suurempia kuin edellä mainitut valkoiset kääpiöt. Tyypillisesti punaisen kääpiön säde on vain noin 0.15 auringon sädettä ja niiden massa on noin 0.12 auringon massaa.

Punaisen kääpiön pintalämpötila on vain noin 2900 Kelviniä kun se oman aurinkomme tapauksessa on 5800 Kelviniä.

Koska punainen kääpiö kiertää valkoista kääpiötä hyvin lähellä vastaanottaa se tältä kuumaa säteilyä joka saa sen pintalämpötilan kohoamaan noin 7500 Kelviniin. Luonnollisesti vain se puoli tähdestä lämpenee joka on kääntynyt valkoista kääpiötä kohden.

Tämä suuri lämpötilaero tähden eri puolilla on nähtävissä myös valokäyrissä.

Punaista kääpiötä kutsutaan yleisesti sekundäärikomponentiksi.

## Materiakiekkko

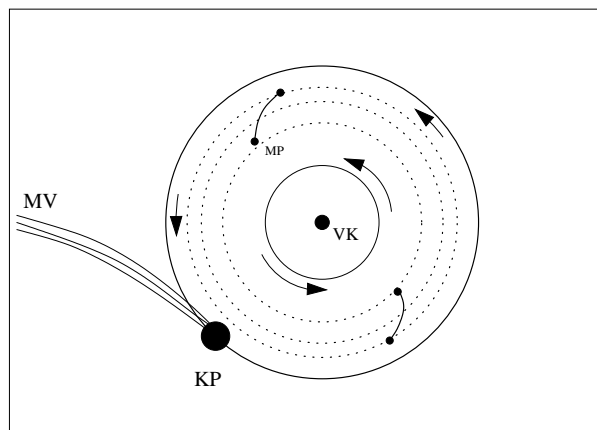
Kääpiönovien materia- eli kertymäkiekkoja on tutkittu kiivaasti jo vuosikymmeniä ja ne ovatkin erityisen kiehtovia tutkimuskohteita.

Kataklysmisten muuttujien tutkimus onkin 90 prosenttisesti kertymäkiekkojen tutkimista ja niiden dynamiikan ymmärtämistä.

Erityisesti kiekon dynamiikka, sen viskositeetti, lyhyet purkaukset (flares), kiekon magneettiset alueet, kiekon laajentuminen ja supistuminen purkauksen aikana ja sen jälkeen sekä vuorovesivoimien vaikutus kiekon toimintaan ovat tutkijoiden erityisen mielenkiinnon kohteena.

Materiakiekkkoja esiintyy muissakin kohteissa kuin kääpiönovissa joten tutkimuksia voidaan soveltaa muillakin tähtitieteen osa-alueille kuten kvasaaritutkimus, mustat aukot, vasta syntyneet vieraat aurinkokunnat, galaksit jne.

Kooltaan kertymäkiekot vaihtelevat sen mukaan missä tilassa järjestelmä on. Kun järjestelmä on minimissään on kiekon koko pienin. Ajan kuluessa yhä enemmän materiaa kertyy kiekkoon sekundäärikomponentista jolloin kiekon koko kasvaa ja se alkaa purkautumaan.



Kuva 4: Konseptikuva kertymäkiekon yläpuolelta. Kiekossa olevat pienet pallot symboloivat materia-paakkuja jotka ovat magneettisesti kiinnittyneet toisiin paakkuihin. Koska kiekon kiertonopeus vaihtelee eri etäisyyksillä keskustasta aiheuttavat materia-paakkujen magneettiset sidokset kiekkoon magneettista turbulenssia. Nuolet kuvaavat paitsi kiekon kiertymäsuuntaa niin myös sen nopeutta. Kirjainten selitykset: VK= valkoinen kääpiö, MV= materiavirta sekundäärikomponentista, KP= kirkaspiste eli materian osumakohta kiekkoon, MP= materia-paakku.

## Materiakiekon purkautuminen

Materiakiekon purkautuminen on syynä kääpiönovan kirkastumiseen.

Aluksi kiekkoon virtaa materiaa sekundäärikomponentista nopeampaan tahtiin kuin mitä sitä ehtii poistua säteilemällä tai tähtituulen muodossa. Tällöin kiekon koko luonnollisesti kasvaa ja siihen yhä kumuloituva materia ajaa lopulta kiekon epästabii-liksi.

Perustilanteessa kiekon ylimääräinen materia alkaa keskipakovoiman vaikutuksesta sinkoutumaan kiekon ulkoreunoilta ulospäin kun taas kiekon sisäalueilla oleva materia alkaa hinkkautumaan valkoisen kääpiön päiväntasaajaa vasten muodostaen ns iskuvyöhykkeen (boundary layer).

Iskuvyöhykkeessä siihen osuvan materian kiineettinen energia muuttuu lämmöksi jolloin vyöhyke kuumenee ja se alkaa säteillä kirkasta näkyvää valoa.

Laskelmien mukaan valkoisen kääpiön päiväntasaajalle muodustuva iskuvyöhyke tuottaa noin puolet koko järjestelmän valosta sen kirkastuessa. Toinen valoa tuottava tekijä on itse kiekko jossa valoa tuottava lämpöaalto on lähtenyt liikkeelle.

Kiekkossa liikkuva lämpöaalto voi siirtyä joko ns inside-out eli sisältä ulospäin tai outside-in eli ulkoreunasta sisäänpäin. Valokäyristä voidaan yleensä päätellä kumpaan suuntaan lämpöaalto etenee kiekkossa.

Kiekkoon syntynyt lämpöaalto ja valkoisen kääpiön iskuvyöhyke vastaavat noin 80 prosenttia järjestelmän lisääntyneestä kokonaiskirkkaudesta purkauksen aikana.

Purkautumisen edistyessä kiekko menettää materiaa huomattavasti nopeammin kuin mitä siihen kertyy jolloin vastaavasti sen koko myös pienenee. Järjestelmän himmentyminen on hitaampi prosessi kuin sen kirkastuminen ja himmentymisen edistymisessä ns kiekon viileällä aallolla on oma merkityksensä. Lopulta järjestelmä on jälleen päätyntä minimiinsä kunnes koko sykli muutaman kymmenen päivän kuluttua alkaa taas alusta.

## Kirkaspiste ja materiavirta

Kirkaspiste (Bright Spot) on se kohta kiekkossa johon sekundääritähdessä tuleva kaasuvirta osuu. Iskukohta kirkastuu merkittävästi ja kirkkaan pisteen olemassaolo voidaan todeta usein myös valokäyristä.

Jos kertymäkiekko prekessoi (kääntyy) ei materiavirta aina osu aivan kiekon reunaan vaan tällöin materiavirta saattaa jatkaa matkaansa jonkin matkaa kiekon yli kunnes se törmää kiekkoon esimerkiksi kiekon keskiosissa.

Vaikka sekundäärikomponentista tuleva materiavirta osuisikin kiekon reunaan on simulaatioissa todettu että tällöinkin noin 10 prosenttia virrasta ajautuu kiekon yli. Kooltaan kirkkaan pisteen epäillään olevan hieman suurempi kuin itse valkoisen kääpiön.

Kirkkaan pisteen eli kiekkoon osuvan materiaalin iskukohtaan dynamiikassa on vielä paljon selvittämättömiä asioita ja monelta osin sen toiminnasta tiedetään vain perusteet.

## Materiaalin kertyminen kiekkoon ja sen poistuminen kiekosta

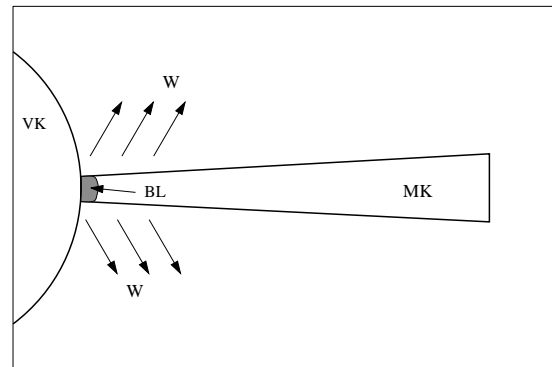
Kuten edellä selitettiin materiaa virtaa sekundäärikomponentista gravitaation vetämänä valkoisen kääpiön lähetyville ja muodostaa sen ympärille ns. materia- eli kertymäkiekon.

Periaatteessa materia voi kertyä kiekkoon varsin nopeasti (kuva 4) tai sitten hyvin hitaasti (kuva 5).

Kertymänopeus vaikuttaa myös siihen miten materiaa lopulta poistuu kiekosta.

## Nopea kertymä ja iskuvyöhykkeen syntyminen

Kun materiaa alkaa virrata kiekosta kohti valkoista kääpiötä se osuu tähden päiväntasaajavyöhykkeelle jossa materia kineettinen energia muuttuu näkyväksi säteilyksi.



Kuva 5: Konseptikuva kiekon materiaalin osumisesta valkoisen kääpiön päiväntasaajan kohdalla. Kuva esittää järjestelmää sivulta. Tässä kuvassa materiaalin kertymänopeus on suuri. Merkkien selitykset: VK= valkoinen kääpiö, MK= materiakiekko, BL= iskuvyöhyke, Boundary Layer, W=tähtituuli

Tähden päiväntasaajalla olevaa osumakohtaa kutsutaan termillä Boundary Layer.

Valkoinen kääpiö pyörii tyypillisesti nopeudella 300 kilometriä sekunnissa mutta kiekon kiertymänopeus on noin 3000 kilometriä sekunnissa. Päiväntasaajalla tapahtuva valkoisen kääpiön ja kiekon yhteenosumassa kineettinen energia muuttuu lämmöksi syntyneen kitkan takia ja konvertoituu siten näkyväksi säteilyksi.

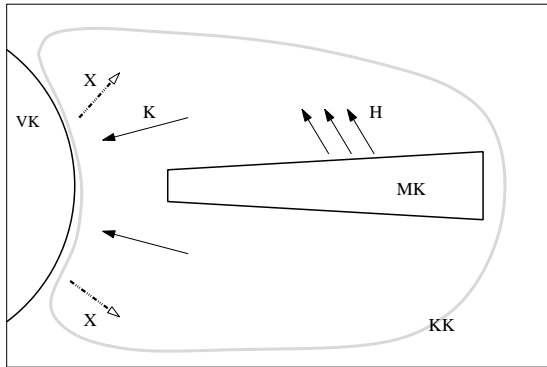
Iskuvyöhykkeestä (boundary layer) säteilemä valo voi parhaimmillaan vastata noin puolta järjestelmän kokonaiskirkkaudesta. Iskuvyöhykkeen lämpötila voi kohota jopa 200.000 Kelviniin joka on noin kuusi kertaa kuumempi kuin kiekon muut alueet.

## Hidas kertymä ja kuuman koronan syntyminen

Kun materia kasautuu kiekkoon hyvin hitaasti tilanne muuttuu yllä kuvatusta.

Kiekkossa olevan kaasun viilentymisen tapahtuu yleensä siten, että kaasun virittyneet atomit törmäävät toisiinsa joka johtaa ns "bremsstrahlung" säteilyyn.

Mutta jos kaasu on tiheydeltään harvaa ei törmäyksiä synny kovin useita. Tämä johtaa tilanteeseen jossa kiekkossa oleva kaasu ei pääse jäähtymään joten kuuma kaasu pyrkii laajentumaan entisestään.



Kuva 6: Tässä kuvassa materian kertymänopeus kiekkoon on hidas. Vertaa ylempi kuva. Merkien selitykset: VK= valkoinen kääpiö, MK= kylmä materiakieppo, BL= iskuvyöhyke, Boundary Layer, W=tähtituuli, KK= kuuma korona, X= röntgen säteilyä, H= haihtuminen

Kaasun laajentuessa sen tiheys entisestään pienenee joka edelleen vaikeuttaa jäähtymistä joka vuorostaan saa kaasun laajentumaan entisestään.

Lopulta laajentuva kaasu kiekon sisärenkaassa muodostaa kuumaa diffuusin koronan. Tämä korona käytännössä ajaa iskuvyöhykkeen virkaa mutta huomattavasti laajemmalla alalla.

Kuuma korona pysyy kuumana koska osa koronan kaasusta hankautuu valkoista kääpiötä vasten jonka prosessissa vapautuva gravitaatioenergia pitää koronan kuumana. Tämän lisäksi prosessissa vapautuu myös röntgensäteilyä.

Osa koronan kaasusta laajenee ulospäin päätyen lopulta kiekon uloimmille kerroksille.

Kääpiönovajärjestelmässä kiekkoon kertyvä materia poistuu siis valkoisen kääpiön kautta (sen avustuksella) joko tähtituulen, säteilyn tai haihtumisen kautta.

## Kääpiönovien pimennykset

Kääpiönovien valokäyrissä näkyy usein pimennyksiä niiden ollessa maksimissa mutta tällöin edellytyksenä on että komponenttien ratatasojen täytyy olla oikeassa kulmassa maahan eli havaitsijaan nähden.

Pimennykset ovat optisia eivätkä sinänsä vastaa mitään fyysistä prosessia järjestelmässä. Pimennyksiä tutkimalla voidaan kuitenkin kerätä arvokasta tietoa järjestelmän toiminnasta ja jopa jossain määrin sen eri osien fysikaalisesta luonteesta.

Niissä kääpiönovajärjestelmissä joissa komponenttien ratataso on liian jyrkässä kulmassa - eli näemme järjestelmän melkein ylhäältä päin - ei voida nähdä pimennyksiä.

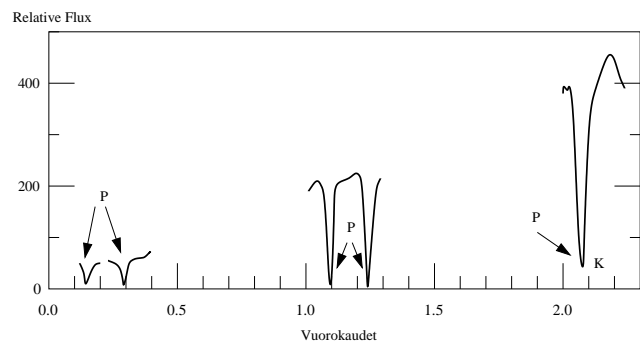
Pimennyksen aikana himmeämpi komponentti

(punainen tähti) kiertyy valkoisen kääpiön ja purkautuvan materiakiekon eteen joko kokonaan tai osittain. Tämä näkyy selkeästi kohteen valokäyrässä joka on mitattu maksimin aikana.

Pimennyksessä osapuolina vaikuttavat punainen jättiläinen, valkoinen kääpiö, kertymäkiekko ja kirkas piste (katso kuva).

Kun tähdet kiertävät yhteisen painopisteen ympäri ja jos niiden ratataso on suotuissa kulmassa maapalloon eli havaitsijaan nähden havaitsemme järjestelmän eri komponenttien kulkevan välillä toistensa edestä tai takaa. Kun himmeämpi tai kirkkaampi komponentti on vuoroin näkyvillä tai piilossa havaitsemme kirkkauden muutoksia.

Koska kääpiönovien kiertoaajat ovat yleensä vain joitakin tunteja ovat niiden pimennykset myös vastaavasti lyhyitä eli keskimäärin noin 10-15 minuuttia.

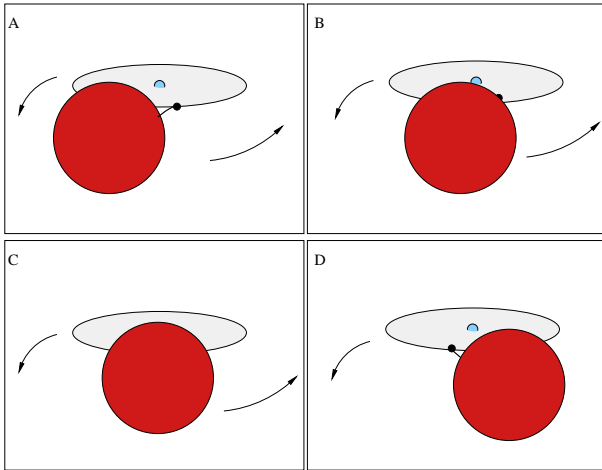


Kuva 7: Kääpiönova IP Pegasin valokäyrää sen noustessa maksimiin. Valokäyrän kolme eri osiota on rekisteröity kolmena eri yönä. Katkokset johtuvat päivästä. Valokäyrässä on selvästi nähtävissä pimennyksistä johtuvat himmentymät (merkitty P- kirjaimella). Huomaa, että alussa pimennykset ovat melko täydellisiä joka johtuu siitä, että kiekon purkautuessa purkautuminen on lähtenyt etenemään materiakiekon sisäosista ulospäin eli ns "inside-out" purkautuminen. Kun purkautuminen kiekossa etenee se lopulta päätyy kiekon ulko-osiin. Tällöin punainen komponentti ei enää onnistu peittämään koko kiekkoa joten valokäyrän loppupuolella oleva pimentyminen jää vajaavaiseksi (kuvassa kohta K).

Kun kohteen kirkkautta mitataan jatkuvasti purkautumisen aikana nähdään valokäyrässä pimennys silloin kun kirkas piste ja valkoinen kääpiö ovat kiertoradallaan siirtyneet punaisen jättiläisen taakse.

Koska valoa säteileviä elementtejä on kolme tulevat ne eri aikoina esiin punaisen jättiläisen takaa jolloin valokäyrästä tulee epäsäännöllisen näköinen.

Ohessa oleva kuvasarja havainnollistaa tätä prosessia.



Kuva 8: A= valkoinen kääpiö on siirtymässä himmeämmän tähden taakse. Materiakiekkko on osittain näkyvässä. B= valkoinen kääpiö on osittain himmeämmän komponentin takana. C= valkoinen kääpiö on kokonaan himmeämmän komponentin takana. Valokäyrässä on näkyvässä pimentymä. D= pimentymys on ohi. Valkoinen kääpiö on siirtynyt himmeämmän komponentin takaa näkyville. Jos kulma josta havaitsemme muuttujaa ei ole riittävän jyrkkä voi himmeämpi komponentti peittää vain kirkkaan-pisteen mutta ei valkoista kääpiötä. Tämän kaltainen ilmiö näkyisi myös syntyvässä valokäyrässä.

## Elliptiset kiekot ja superpurkaukset

Superpurkaus tarkoittaa pitkäkestoisempaa ja normaalia kirkkaampaa kiekon purkautumista. Superpurkaus voi kestää jopa 15 vuorokautta.

Joillakin tähdillä näkyy superpurkauksen aikana valokäyrässä myös ns superhump eli kyttyrä. Tähdillä jotka pystyvät tuottamaan sekä superpurkauksia että superhumppeja kutsutaan SU Uma tähdiksi.

Nicholas Vogt oli ensimmäinen joka ehdotti, että superpurkauksen kuluessa elliptiseksi venyvä materiakiekkko tuottaa valokäyrissä näkyvät superhumpit.

Elliptisiä materiakiekkkoja osattiin epäillä superhumppeiden syyksi jo aikaisemminkin mutta vasta vuonna 1988 Rob Whitehurst (opiskelija Oxfordista) kirjoitti tietokoneohjelman joka simuloi materiakiekon toimintaa partikkelimallinnusta käyttäen. Robin tietokonesimulaatio osoitti, että materiakiekkko voi tosiaankin muuntua elliptiseksi ja lähteä myös prekessoimaan ja tuottamaan superhumppeja simuloituihin valokäyriin.

Syy, miksi elliptinen materiakiekkko voi tuottaa lisääntyvää säteilyä (näkyvää valoa) johtuu siitä, että elliptisessä kiekossa syntyy suurempi kitka kiekon pyöriessä kuin täysin pyöreässä kiekossa. Lisääntynyt kitka konvertoituu lisääntyneeksi säteilyksi.

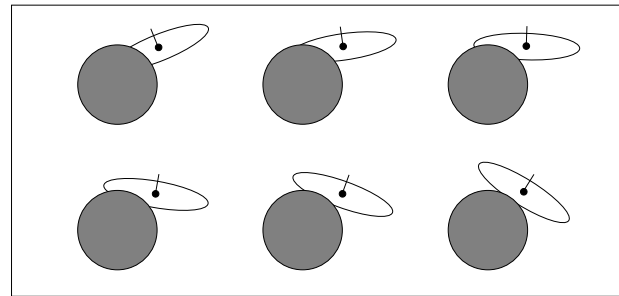
Tarkempia tietoja elliptisen materiakiekon dynamiikasta löytyy kirjasta "Cataclysmic Variable Stars, Coel Hellier, Kappale 6, sivut 75-85".

## Negatiiviset superhumpit ja prekessoiva materiakiekkko

Prekessoivia materiakiekkkoja on esitetty myös selitykseksi sille miksi joissakin kääpiönovajärjestelmissä on nähtävissä ns negatiivinen superhump. Negatiivisesta superhumpista käytetään toisinaan myös nimitystä infrahump.

Prekessoivien kiekkojen olemassaoloa ei kuitenkaan ole vielä pystytty aukottomasti todistamaan.

Spekulatiivisessa prekessoivassa kiekossa materiakiekon kaltevuus muuttuu ja tämä vaikuttaa myös valokäyrän muotoon.



Kuva 9: Konseptikuva kääpiönovasta jolla on prekessoiva materiakiekkko.

Kiekon kääntymisestä eli prekesiosta johtuen järjestelmän kokonaiskirkkaus vaihtelee eri maksimien aikana riippuen siitä missä asennossa kiekko sattuu kulloinkin olemaan havaitsijaan nähden.

## Kääpiönovat ja tähtiharrastajat

Aktiiviselle havaitsijalle kataklysmisten muuttujien havaitseminen on antoisaa ja hyödyllistä toimintaa.

Monet tunnetut kääpiönovat purkautuvat useita kertoja vuodessa ja monet niistä ovat myös pienten kaukoputkien ulottuvissa. Esimerkiksi Joutsenen tähdistössä oleva SS Cygni on purkautuessaan noin 8 magnitudia jolloin sitä voi havaita myös tavallisella kiikarilla. Normaalisti SS Cygni loistaa noin 12.8 magnitudin kirkkaudella joten sen purkautuessa 8 magnitudiin sen valonkirkkaus nousee noin päivässä tai kahdessa 40 kertaiseksi.

Kaikista kataklysmisistä muuttujista jotka ovat pienten kaukoputkien tai kiikareiden ulottuvilla on saatavissa yksityiskohtaiset vertailukartat. Näitä voi kerätä ja printata mm AAVSON verkkopalvelusta (kts <http://www.aavso.org>).

## Harrastajien merkitys

Tähtiharrastajat ovat tehneet yli sadan vuoden ajan yhteensä satoja tuhansia havaintoja tunnetuista katalysmisistä muuttujista.

Nämä havainnot ovat arvokkaita ja niiden avulla tietämyksemme näistä kiehtovista kohteista on täydentynyt oleellisesti ja sama kehityskulku jatkuu vielä tänäkin päivänä.

Eri puolilla maailmaa toimivien harrastajien havainnot muodostavat valta-osan tieteelliseen työhön ja analyyseihin tarvittavasta tietoaineistosta.

Kirkkaimpia kääpiönovia voi havaita visuaalisetikin mutta nykyisin monet harrastajat ovat siirtyneet käyttämään CCD-kameroita jotka on varustettu asianmukaisin suodattimin. Näiden avulla voidaan tehdä erittäin tarkkaa tieteelliset kriteerit täysin täyttävää fotometriaa.

Uusien ja kehittyneiden työkalujen avulla harrastajien tekemät havainnot täydentävät hienosti ns virallisia tieteellisiä havaintoja. Muuttujien havaitseminen onkin erinomainen esimerkki tähtiharrastajien ja ammattilaisten välisestä maailmanlaajuisesta yhteistyöstä.

Toisinaan harrastajien käyttämät välineet ja ohjelmistot ovat suorastaan identtisiä ammattilaisten käyttämien laitteiden kanssa ja ainoa etumatka mikä ammattilaisilla vielä toistaiseksi on on valovoimai-

semmat kaukoputket.

Tosin tämäkin on alue joka näyttää pikkuhiljaa kuroutuvan umpeen syystä että eri puolilla maailmaa harrastajat ja tähtiyhdistykset ovat siirtymässä n. metrin peileillä varustettuihin kaukoputkiin.

## Yhteenveto

Tässä pienessä artikkelissa ei ole mahdollista käydä läpi kaikkia kääpiönovajärjestelmien eri osa alueita. Artikkelin päätarkoituksena oli kuvata järjestelmän pääelementtejä ja kertoa niiden toiminnasta pääpiirteissään.

Tiettyjä kiehtovia aiheita ei käsitelty ollenkaan. Tilan ja aiheen laajuuden takia jouduimme sivuuttamaan kokonaan mm magneettiset muuttujat, kiekon magnetismin ja viskositeetin, flaret, kääpiönovien tähdenpilkut, kirkkaanpisteen dynamiikan ja vilkkumisen ja joukon muita aiheita.

Kuten lukija jo edellä mainitusta huomaa on aihe hyvin laaja joten seikkaperäisempää tietämystä aiheesta kaipaaville suosittelen perehtymään alan perusteoksiin: Cataclysmic Variable Stars - How and why they vary, Coel Hellier (Springer, Praxis, ISBN-1-85233-211-5) ja alan ehdoton klassikko: Cataclysmic Variable Stars (Brian Warner, Andrew King, Cambridge Astrophysics, ISBN-052154209X).

# Tähtipakina

**Palstalla intergalaktinen tähtimatkaajamme ker-  
too fantastisista matkoistaan Linnunratamme ou-  
doissa ja huonosti tunnetuissa osissa. Tarinoilla  
on usein vankka todellisuus pohja vaikkakin pie-  
niä muutoksia on tehty jotta tarinassa mainittuja  
paikkoja tai avaruusolioita ei voitaisi varmuudella  
tunnistaa. Viittaus Galaktiseen lakiin: 343234-4543-  
454566**

*M. Luostarinen*

## Galaksin reunamilla

Piskuinen avaruuslaivani Kaukotähti oli loikkinut heinäsirkan tavoin läpi spiraalihaaran tähtirikkaiden osien kohti tuota himmeätä ja kovin huonosti tunnettua keltaista tähteä.

Tarkasti lasketun viimeisen hypyn jälkeen päädyin teknologisesti kehittyneen sinivalkoisen planeetan kiertoradalle.

Kun olin varmistanut ettei avaruuslaivaani voitaisi havaita kiertoradalta siirryin pieneen laskeutumisalukseen joka oli kiinnitetty Kaukotähden poh-

jaan. Tämä pieni alus oli naamioitu muistuttamaan erehdyttävästi planeetalla käytössä olevia alkeellisia nelipyöräisiä maa-ajoneuvoja.

Laskeuduin yön puolelta ja syöksyni läpi planeetan kaasukehän näytti erehdyttävästi ilmakehän läpi ujeltavalta meteoriitilta.

Koska jouduin väistämään paikallisia tutkia ja kaupallisia lentoreittejä laskeutumispaikkani oli melko kaukana varsinaisesta määränpäästäni.

Päästyäni huomaamattomasti planeetan pinnalle käynnistin maa-alukseni polttomoottorin ja aloitin matkaamisen kohti noita idässä olevia huonosti tunnettuja ja harvaan asuttuja alueita.

Vuosisatojen kuluessa nämä paikalliset asukkaat olivat sopeutuneet täydellisesti tähän arktiseen ympäristöönsä. Minulle nämä alueet olivat tietysti tuntemattomia.

Matkan puolivälissä pysähdyin hetkeksi yhdestä noista ruokailupaikoista jotka ovat suosittuja rahtialusten kapteenien keskuudessa. Olin unohtanut navigointivälineeni Kaukotähteen joten jouduin tiedustelevaan oikeaa reittiä pieneltä Valkoiselta Olennolta jolla oli sinisiä raitoja yläkarvoituksessaan ja lävis-

tyksiä kuuloelinten lähettyvillä. Tämä ilmeisen nuori olento puhui suhisevalla äänellä. Metallinen tikku joka lävisti hänen puhetta tuottavan elimen oli ilmeisesti syynä tähän.

Tiedustelin olennolta reittiä Colina de Estrelaan joka sijaitsi lähellä Lagoa d'Art järjestelmää. Olennon paikallistuntemus ei kuitenkaan ollut erityisen hyvä ja jouduin jatkamaan matkaa varsin karkean tiedon perusteella.

Puoli tuntia myöhemmin taivaan jo tummuessa pysähdyn syrjäiselle asemalle jolle oli varastoitua joukoittain suuria ruosteisia säilytysastioita. Matkatietokoneessani oli tarjolla vain heikkolaatuinen kartta tästä alueesta ja tutkin sitä tovin. Kartan alkuperästä tai ajantasaisuudesta ei ollut varmuutta. Päätin jatkaa matkaa pitkin koillista valtavylyä.

Pimeys tiheni ympärilläni ja kytkin maa-alukseni kaukovalot päälle. Käyttämäni väylä oli heikosti valaistu ja hidastin paikoitellen nopeutta nähdäkseni oliko mikään liittymissä mainittu nimi tuttu. Pitkän tovin kuluttua saavuin liittymään jonka nimi oli mainittu kartalla.

Suuntasin päävylyltä pienelle yksinäiselle reitille joka luikerteli keskellä aavoja autioita alueita ja joka paikoitellen sukelsi synkän kasvillisuuden keskelle. Teknologiaan viittaavia keinovaloja ei näkynyt enää missään.

Ajoin hitaasti jäisellä väylällä alukseni valokiilosten leikatessa pimeyttä. Linnunradan tähdet loistivat kirkkaana yläpuolellani kun kaaroin väylältä pienelle aukiolle.

Erotin hämärässä, että tälle aukiolle oli saapunut jo toinenkin alus. Se oli selvästikin kotoisin jostakin tuntemattomasta järjestelmästä ja ajan hammas oli jättänyt sen valkoiseen teräskuoreen jo jälkensä. Se oli selvästikin jotain vanhempaa mallistoa jollaisia joskus näkee Suuren Keskuksen lähialueilla.

Astuin ulos aluksesta keskelle jäistä ja lumista aukiota. Tähdet loistivat yläpuolellani. Oli kylmä ja oli aivan hiljaista. Venyttelin ulkoraajojani ja vilkuilin ympärilläni. Erotin hämärässä kapean tien joka uhkarohkeasti nousi kohti korkealla olevaa kalliota.

Kallion laella oli teräsmasto jossa vilkkui himmeitä punaisia valoja. Selvä merkki teknologisesta kehityksestä. Tiesin olevani oikeassa paikassa.

Otin laukkuni ja lähdin kävelemään pimeässä ylöspäin läpi synkän kasvillisuuden kohti edessä hämmöttävää vuorenhuippua.

Tie oli jäinen ja liukas. Metsä ympärilläni oli tuntematon, pimeä ja hiljainen. Mietin oliko näillä alueilla petoja joita paikalliset kutsuvat karhuiksi ja olisivatko ne jo talviunilla. Minulla oli jossain määrin huonoja kokemuksia sen kaltaisista pedoista.

Alkukantainen pelko yritti hiipiä mieleeni mutta jatkoin järkähtämättömästi kulkua.

Tie haarautui ja valitsin umpimähkään oikean

puoleisen polun ja toivoin ettei minun tarvitsisi kaataa valintaani. Kompuroin jäisellä liukkaalla tiellä. Jokunen irtokivi ja jäämurikka lähti vierimään jyrkkää tietä alaspäin.

Lopulta, haparoituani pimeydessä melkoisen tovin näin miten suuri keskeneräinen puinen rakennus hämmötti edessäni. Kuljin hitaasti aavemaisen rakennuksen ohi. Kohta näin toisenkin rakennuksen. Sen edessä hämmötti pienempi alus. Lähemmäksi päästyäni huomasin, että aseman ikkunaluukkujen takaa pilkotti himmeää valoa.

Lähestyin aseman ilmalukkoa ja lähetin matkaan joitakin ääniaaltoja merkiksi siitä että olen saapumassa. Ilmalukon ovi avautui naristen ja astuin sisään. Huoneen keskellä puisen pöydän äärellä istui kaksi olentoa. Nämä olivat ilmeisesti ulkona olevien alusten kapteeneja. He olivat juuri lopettelemassa ateriointiaan. Tervehdin heitä paikallisen protokollan mukaisesti ja vaihdoimme kuulumisia. He kertoivat, että tähtiaseman valmistumiseen kuluisi vielä tovi. Näinä aikoina oli kuulemma vaikeaa löytää osaavaa ja ahkeraa työvoimaa. Aseman kaukainen sijainti lähellä Suuren Periferian vyöhykettä ei kuulemma juurikaan auttanut asiaa.

Lepäsin hetken ennenkuin valmistauduin lähtemään. Kun astuin aseman ilmalukosta ulos keskelle pimeää metsää pysähdyn toviksi suuren sylinterisen tornin eteen joka kohosi edessäni.

Rakennuksessa olleet olennot olivat kertoneet, että sen sisällä oli korkeaa teknologiaa jonka avulla pystyi näkemään miljardien valovuosien päähän. Seisoin tuokion hiljaisuuden keskellä miettien mitä näiden olentojen pienet harmaat aivot olivat jo onnistuneet tuottamaan ja vielä näin kovin lyhyessä ajassa.

Käänsin selkäni sylinterille ja ala-ulokkeideni upotessa valkoiseen kylmään aineeseen mietin samalla mihin muihin suurenmoisiin asioihin he yltäisivät tulevaisuudessa.



Kuva 1: Tähtimatkaaja on palannut takaisin kotiplaneetalleen.

Tähtienvälinenmatkailu olisi heidän ulottuvil-

laan jonakin päivänä. Miten kauan menisi ennenkuin heidän parhaimmat mielensä onnistuisivat suunnittelemaan ensimmäisen tähtimoottorin joka veisi heidät tähtiin? Vuosisata vai kaksi vaiko enemmän? Olisivatko he valmiita ottamaan sen vastuun jonka Galaktinen matkailu heidän eteensä toisi.

Lähdin laskeutumaan kallion huipulta takaisin

maa-alukselleni. Puolivälissä rinnettä pysähdyin ja katsoin ympärilleni. Oli aivan hiljaista ja en kuullut risahdustakaan. Metsä ympärilläni oli täysin pimeä ja kohotin katseeni kohti taivasta jota kaunistivat tuhannet tähdet. Olin pimeyden ytimessä.

M. Luostarinen, Tammikuu 2005