

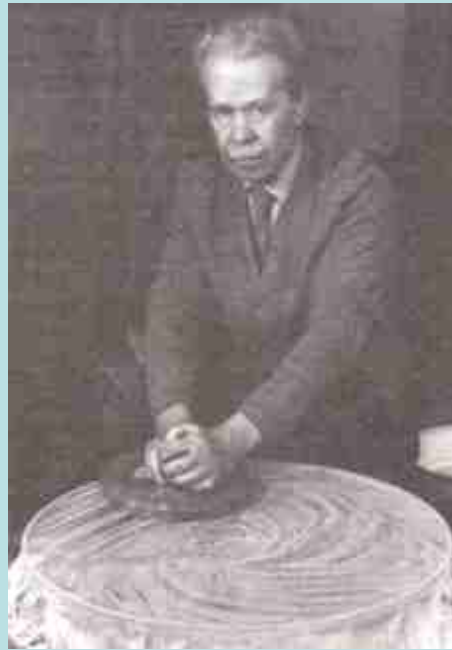
OPTEON Oy

Suuroptiikan valmistusta

Tapio Korhonen
toimitusjohtaja

Väisäläntie 20
FI-21500 Piikkiö
Puh.: +358-40-551
6268 www.opteon.fi

Turun ja Tuorlan optiikan osaamisen perustaja oli professori ja akateemikko Yrjö Väisälä



Tuorlan 0.7 m Schmidt-teleskoopin peilin hiontaa

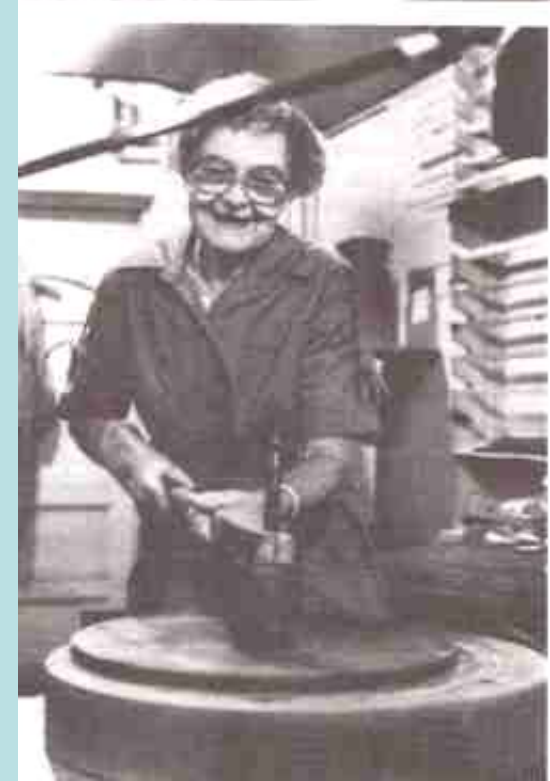


Ø 0.5 m teleskoopin peilin hopeointia.



Iso-Heikkilän tähtitorni

Hilkka Rantaseppä-Helenius hioo 1 m peiliä



Marjatta Virta hioo 60 cm laserteleskoopin peiliä

ISO-HEIKKILÄN OBSERVATORIO, Turku. Väisälän 1935 valmistamalla Ø 0.5 m kaukoputkella (tuolloin maailman suurin Schmidt, vasemmalla) löydettiin yli 800 pikkuplaneettaa.



TUORLAN OBSERVATORIO, Piikkiö (perust.1952), jossa valmistettiin optiikka mm. Kvistabergin Ø1 m Schmidt kaukoputkeen Ruotsiin (1957 oikealla), tuolloin laajissaan maailman toiseksi suurin.



Tuorlan kaukoputket on suunniteltu ja rakennettu itse:

Ø70 cm Schmidt kaukoputki (1980, alhaalla vasemmalla)

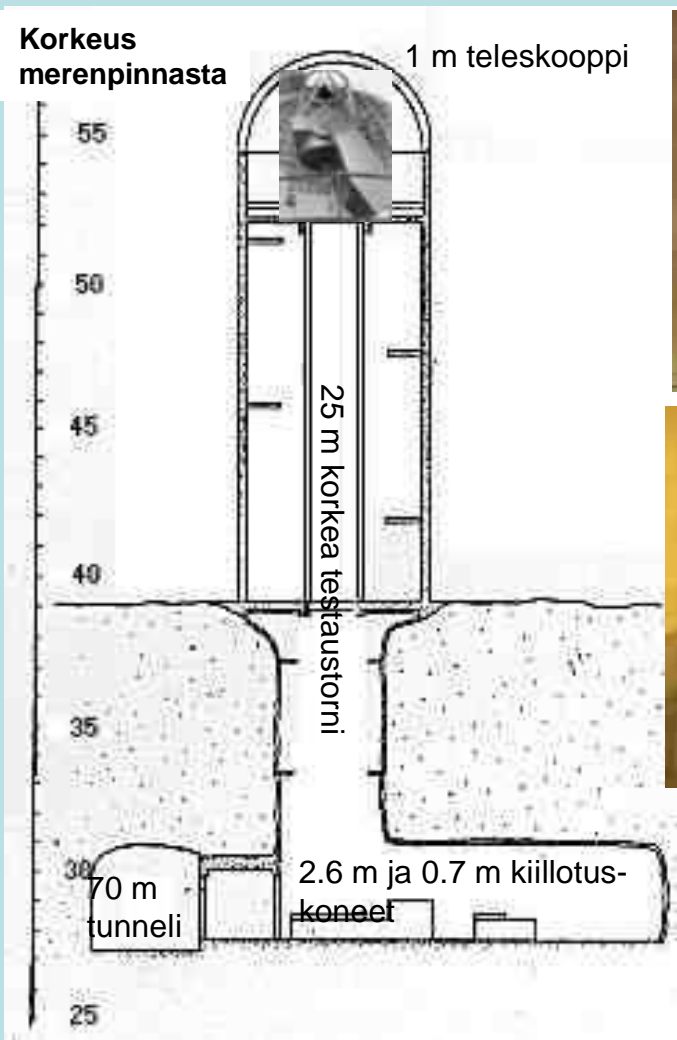
Ø1 m kaukoputki (1984, alhaalla oikealla, Suomen suurin kaukoputki)

Geodeettiselle laitokselle rakennettu Kolme Ø40 cm laajakulma-kaukoputkea tähtitieteelliseen kolmiomittaukseen.

Ø50 ja Ø60 cm kaukoputket satelliitti-lasermittauksiin.

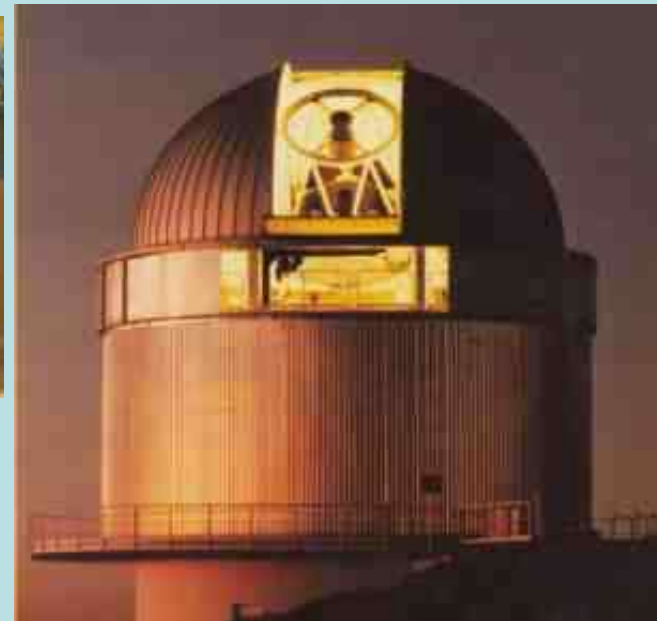


Tuorlan 2.6 m peilihiomon ja hiomakoneen valmistus 1984-85 Peilit 2.56 m NOT teleskooppiin hiottiin 1985 -88



M1: \varnothing 2.56 m pääpeili, aukkosuhde F/2.0

M2: \varnothing 0.51 m apupeili



**Nordic Optical Telescope
La Palma, Kanarian
saaret**

NOT on ensimmäinen maanpäällinen kaukoputki, jonka erotuskyky on yleensä parempi kuin 1".

OPTEON Oy

Perustettiin 1990.

Yksityinen yhtiö, joka on erikoistunut suuroptiikan kiillotukseen ja testaamiseen teleskooppeihin ja instrumentteihin.

Tietotaito perustuu 100 vuoden kokemukseen tarkkuusoptiikan valmistuksesta Turun yliopiston observatoriossa.

Käytössä on 5 tietokoneohjattua hiomakonetta 0.4 - 4 m peileille.

Optista testausta varten on 70 m pitkä kalliotunneli ja 25 m ja 17 m korkeat testaustornit suurten hiomakoneiden yläpuolella.

Kahden 1.25 m teleskoopin peilit valmistettiin tietokoneohjatulla kiillotuksella **1992**

Mercator teleskooppi, La Palma,
Pääpeilin tarkkuus 5.5 nm RMS.



Euler teleskooppi, ESO, La Silla, Chile.
Sillä on löydetty monta eksoplaneettaa



OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

NSST, New Swedish Solar Telescope

Ruotsalainen 1 m aurinkoteleskooppi
La Palma, Kanarian saaret, 2002

Ø 1.1 m kvartsilinssi, **suurin teleskoopin
objektiivilinssi**

kaksi Ø 1.4 m tasopeiliä

Ø 0.3 m Schupmann korjausoptiikka



**NSST:lla
saavutetaan
erotuskyky**

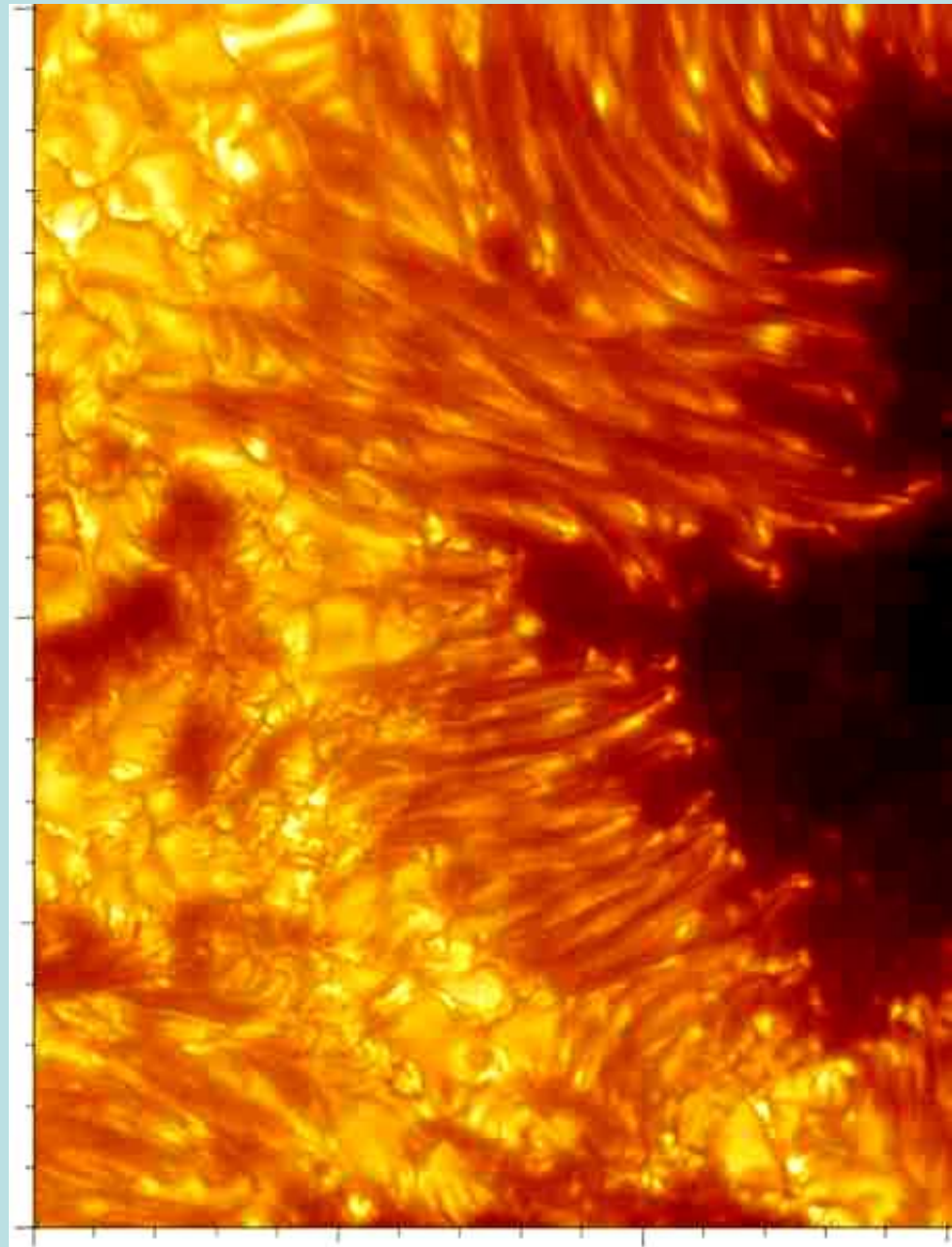
0.1"

= 70 km

**Auringon
pinnalla**

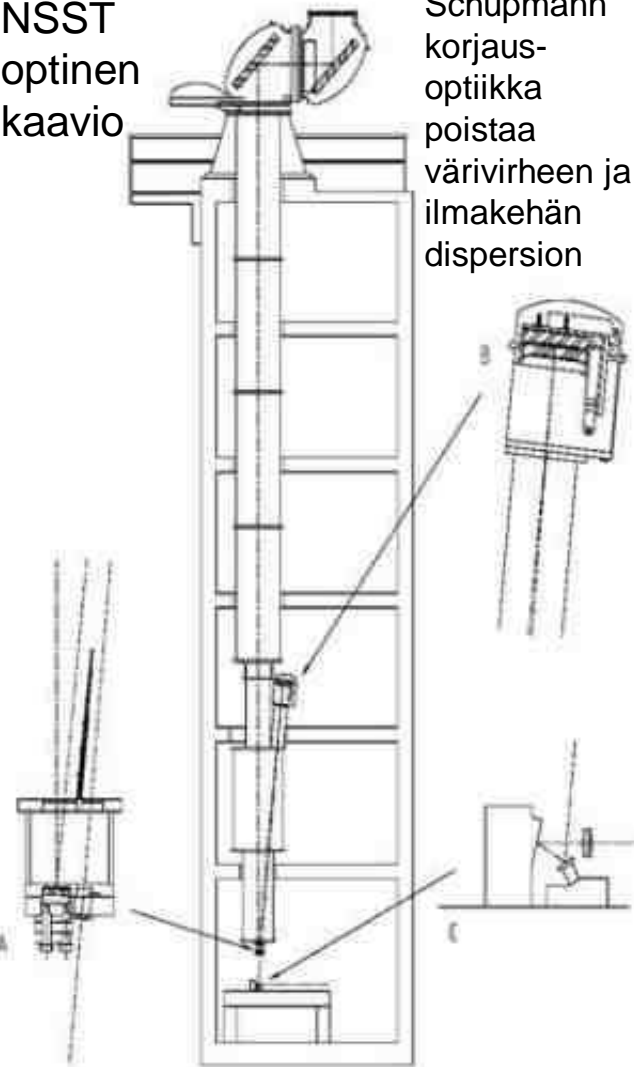
**asteikko-
viivojen
väli**

1"



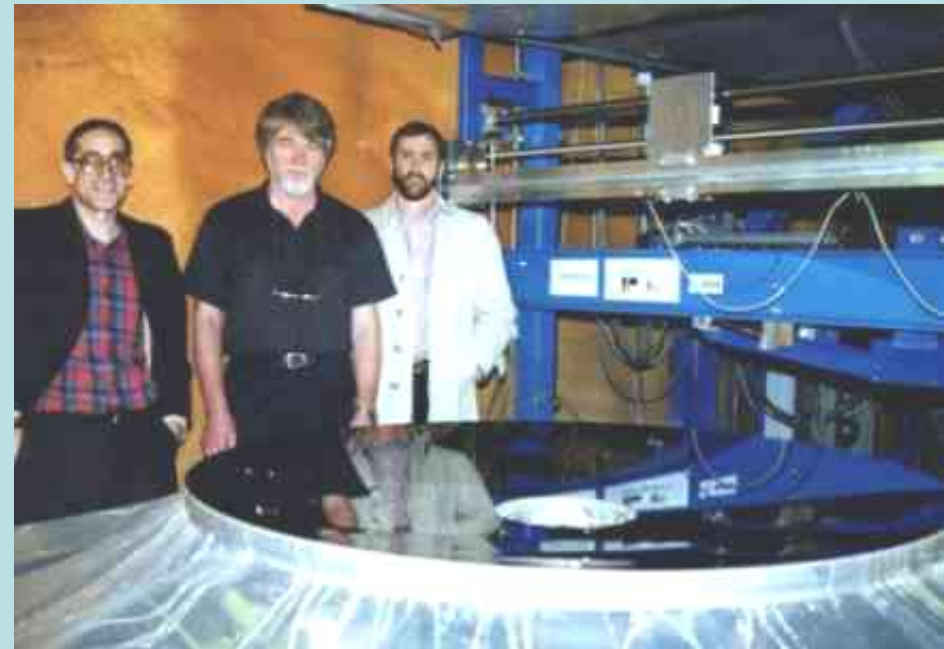
**NSST
optinen
kaavio**

Schupmann
korjaus-
optiikka
poistaa
värvirheen ja
ilmakehän
dispersion



HERSCHEL Ø 3.5 m infrapunateleskooppi ESA:n ja NASA:n avaruushanke

NASA yritti tehdä teleskooppiin hiilikuitupeilin, mutta luopui hankkeesta koepeilin epäonnistuttua. Opteon kiillotti vaihtoehtona piikarbidista (SiC) valmistetun Ø1.35 kevyen (40 kg) koepeilin, joka täytti tavoitteet.



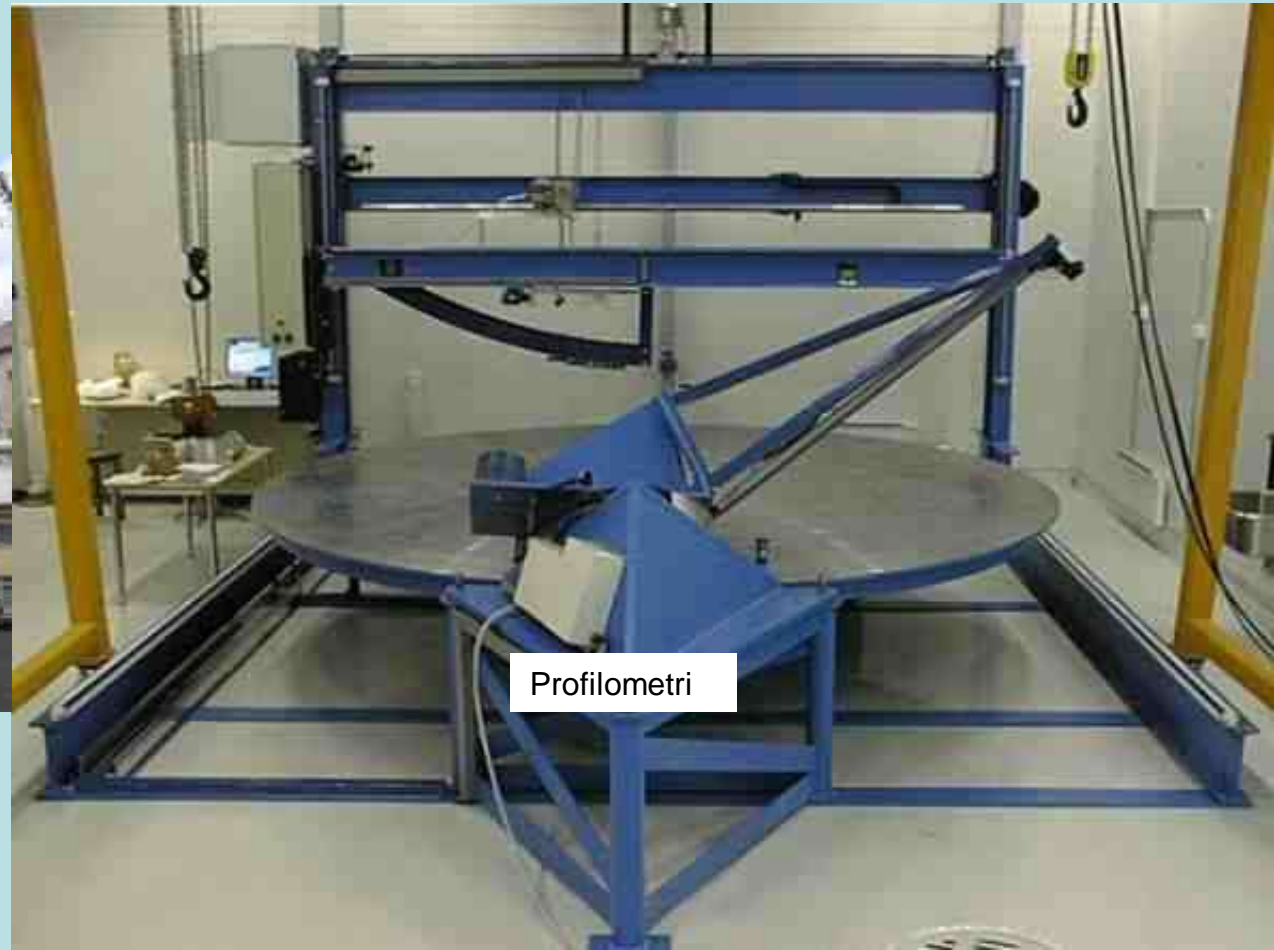
Ø1.35 m koepeilin kiillotusta Opteonissa 1999. NASA:n edustajia vierailulla Opteonissa piikarbidipeilin valmistuessa.

OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

HERSCHEL Ø3.5 m AVARUUSTELESKOOPPI

Opteon sai sopimuksen Herschelin peilin kiillottamisesta ilman tarjouskilpailua. 4 metrin hiomakone valmistui 2003.

Rakennus 4 m
hiomakoneelle
valmistui 2002



HERSCHEL AVARUUSTELESKOOPPI

Herschel peili saapui Turkuun Airbus Belugalla ja asennettiin hiomakoneeseen kesäkuussa 2004



HERSCHEL 3.5 m TELESKOOPPI

Piikarbidista SiC valmistettu \varnothing 3.5 m paraboloidipeili, aukkosuhde F/0.5
Paino 250 kg, pinnan paksuus 2.5 mm
Kiillotuksen pintapaine tyhjiömulla.
Mittaus profilometrillä ($\pm 1 \mu\text{m}$) ja pentaprismalla.

Kiillotus elokuu 2004 – huhtikuu 2005



HERSCHEL AVARUUSOBSERVATORIO

Herschelin peili lähti huhtikuussa
2005 Turusta Airbus Belugalla

M1 peilin aluminointi,
Calar Alto, Espanja



HERSCHEL Teleskooppi, M1 ja M2

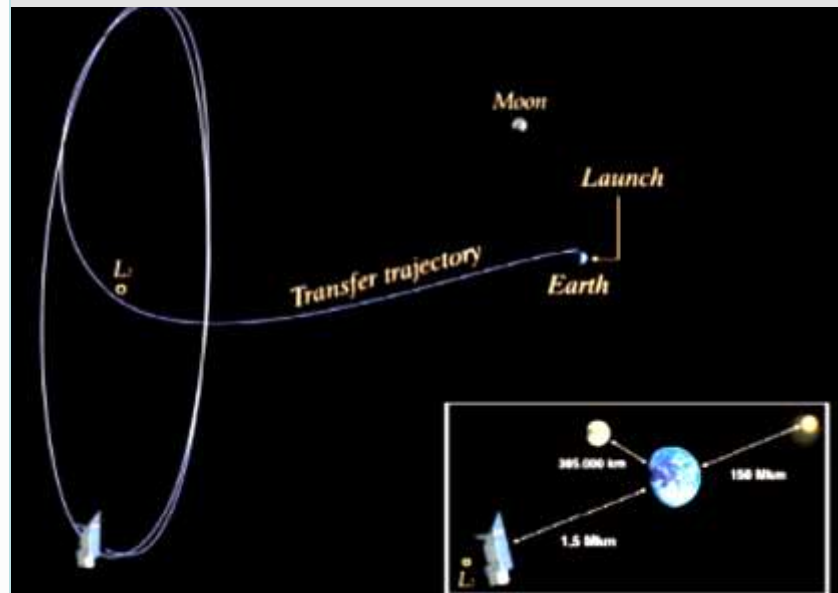
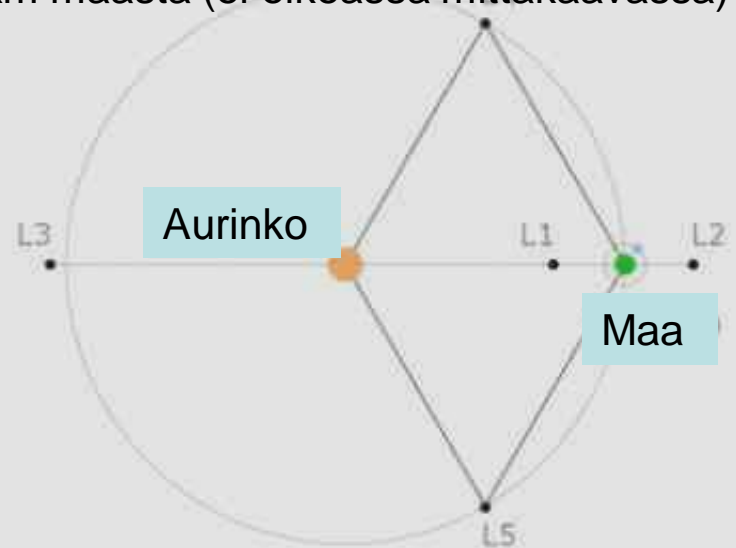


Herschel Avaruusobservatorio

Laukaisu Ariane 5 raketilla Ranskan Guayanasta Planck-luotaimen kanssa 14.05.2009 (arvo yhteensä 2000 Meur!)

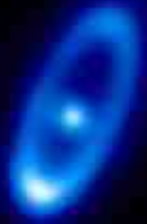


Rata Lagrangen pisteen L2 ympäri 1.5 milj. km maasta (ei oikeassa mittakaavassa)



OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

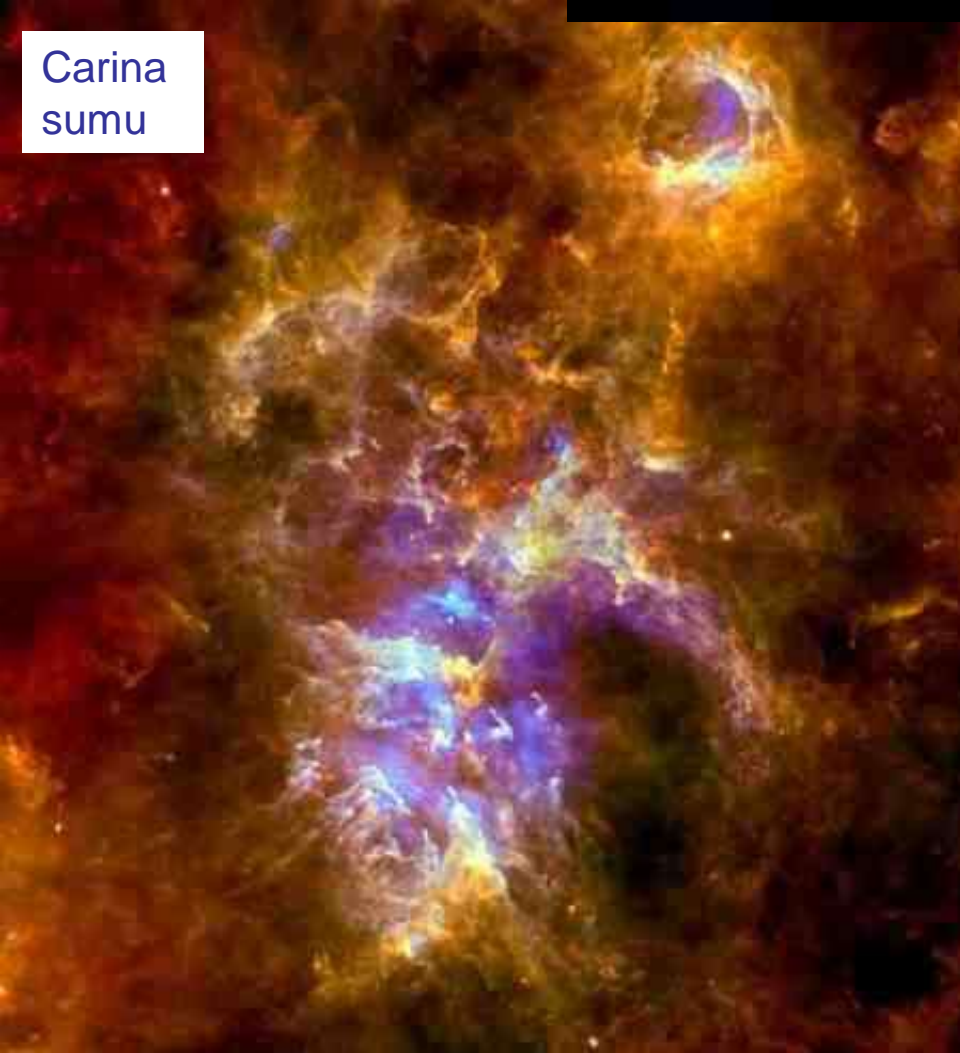
Pölyrengas
Fomalhaut tähden
ympärillä



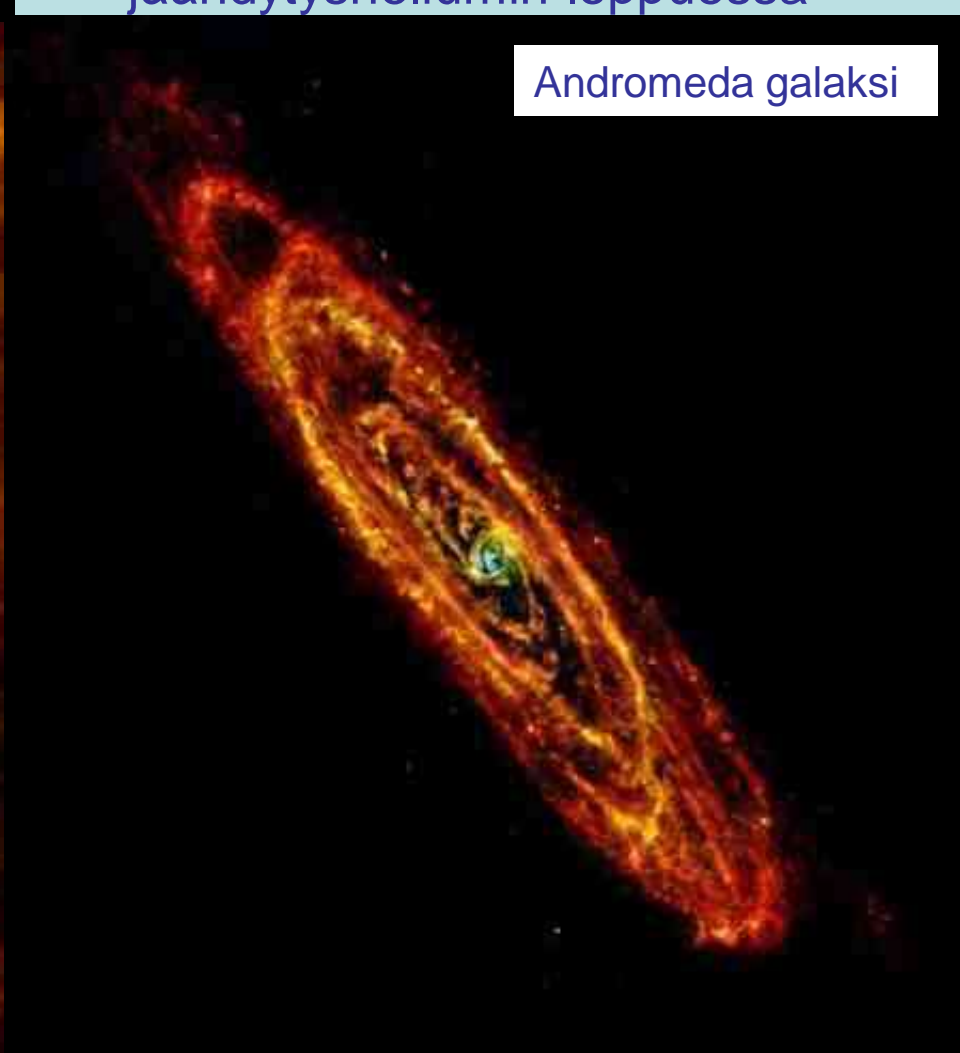
HERSCHEL AVARUUSOBSERVATORIO KUVASATOA

Toiminta päättyi 29.04.2013
jäähdytysheliumin loppuessa

Carina
sumu



Andromeda galaksi



OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

**ESA:n AEOLUS satelliitin
ALADIN teleskooppi**
(Atmospheric Laser Doppler Instrument)
Lähettää ja vastaanottaa UV-laserpulsseja
aallonpituudella 355 nm



ALADIN teleskooppi

Piikarbidipeili \varnothing 1.5 m
paraboloidi
aukkosuhte F/0.9
paino 45 kg
paksuus 2.5 mm

Opteon kiillotti piikarbidipeilin
elokuu 2004 – marraskuu 2005

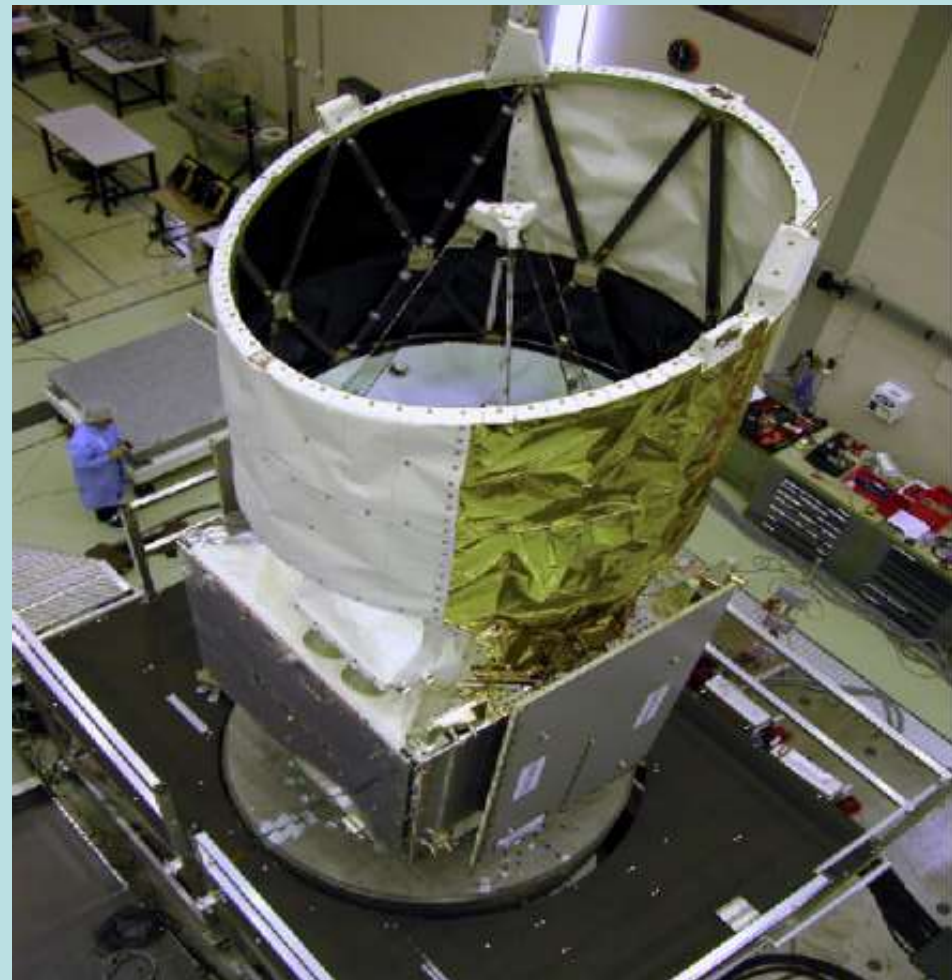


AEOLUS satelliitin ALADIN teleskooppi

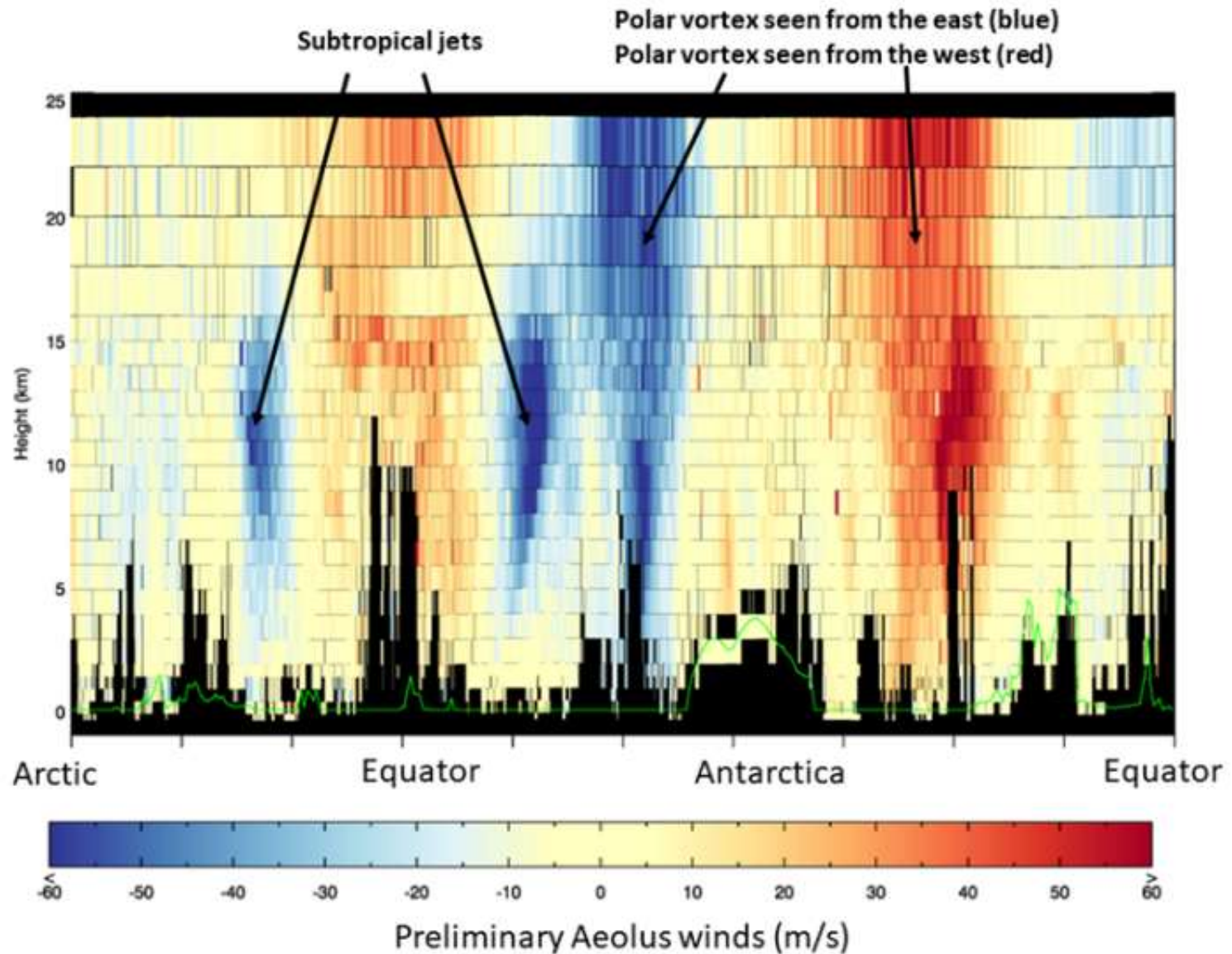
Valmis ALADIN peili
marraskuussa 2005



Laukaisu kiertoradalle oli
suunniteltu 2009, toteutui 2018 !



AEOLUS, alustavia tuulimittauksia 12. 09. 2018



INO 3.4 m F/1.5 peiliprojekti Testaustornin rakentaminen 4 m peilihiomoon

Tukirakenteet
elo-syysk. 2010

Tornin alaosa syyskuu 2010

8 lokakuuta 2010

Herschel peilin
hiomorakennus 2002



22 lokakuuta 2010



19 marraskuuta 2010



INO (Iranian National Observatory)

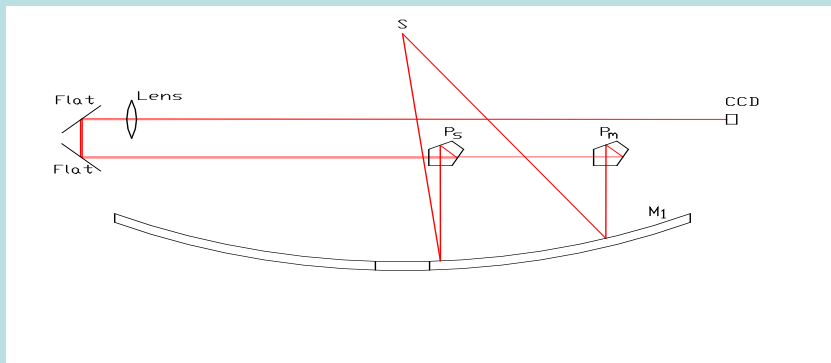
OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

Ø3.4 m F/1.5 peilin
hionta alkoi
kesäkuussa 2011



Sähkömagneettisilla voima-antureilla
varustetut hioma/kiillotus-työkalut

Peilin mittaukset hionnan aikana profilometrillä.
Mittaustarkkuus ± 0.001 mm RMS



Peilin mittauksia pentaprismatestillä
kiillotuksen aikana

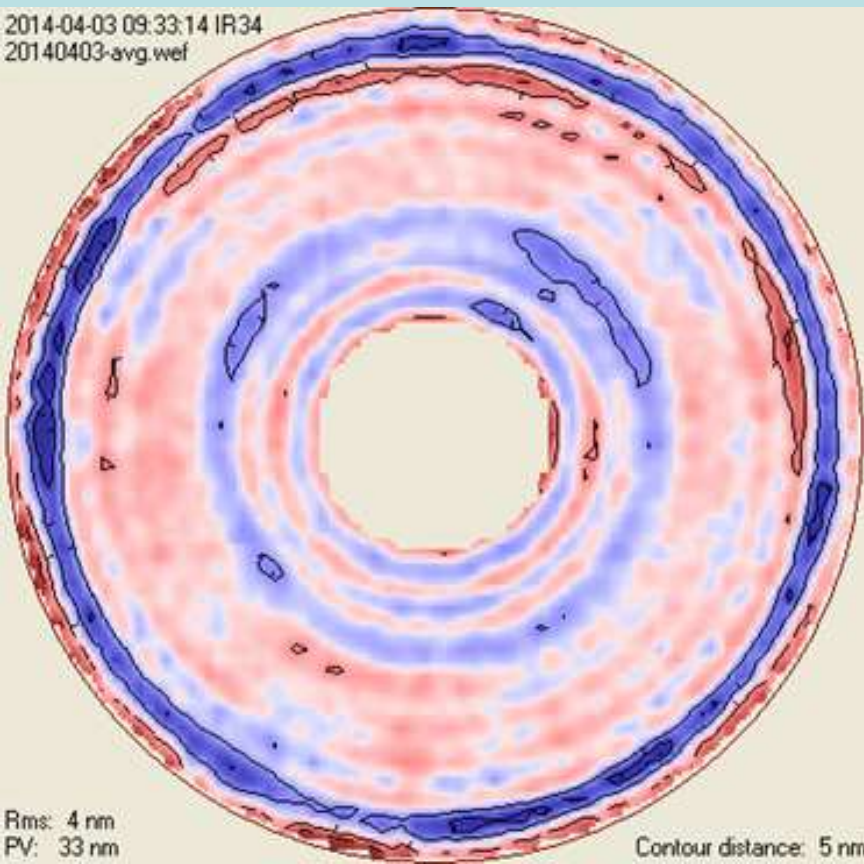
Ø3.4 metrin peilin optiset mittaukset nollalinssin avulla

Peilipinnan mitatut virheet:
4 nm RMS, karkeus 0.6 nm
vaatimukset: <16 nm RMS
karkeus < 2 nm

Kaksikomponent-
tinen nollalinssi 10 m
peilin yläpuolella sen
kaarevuuskeski-
pisteessä



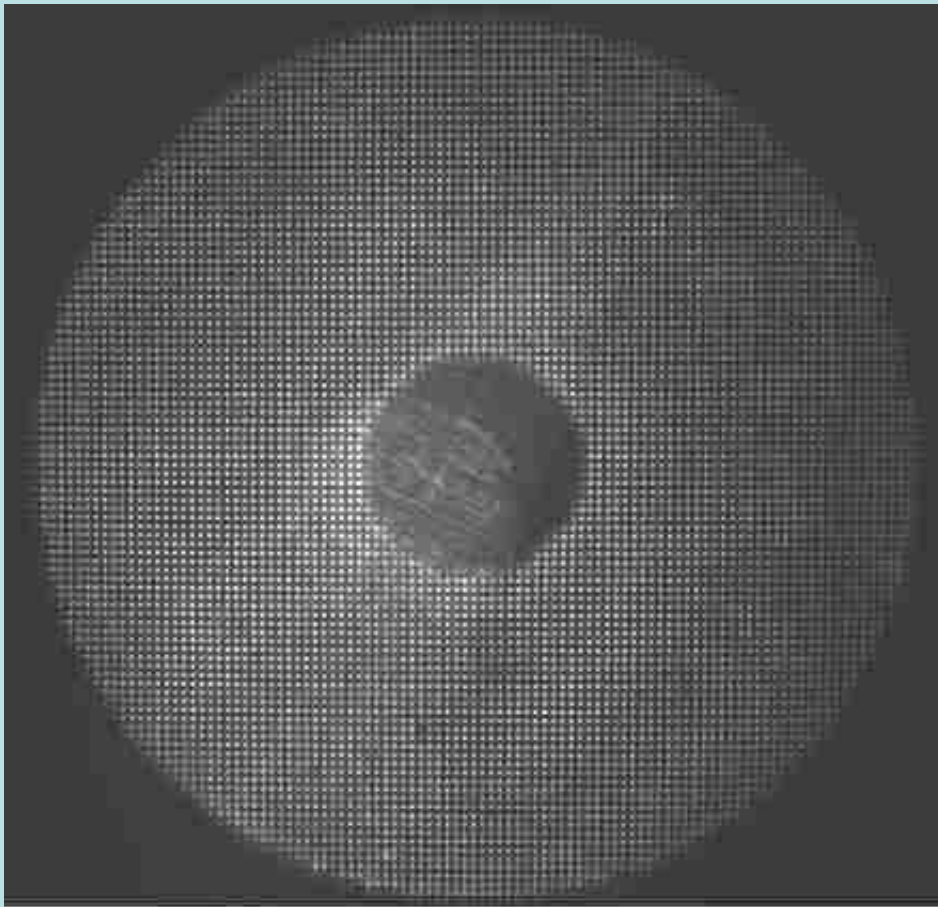
2014-04-03 09:33:14 IR34
20140403-avg.wef



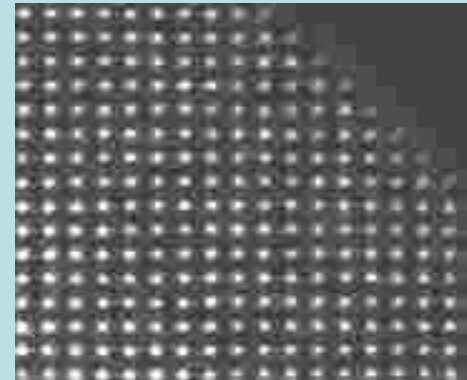
Interferometrinen Hartmann testaus. Kehitetty Väisälän kahden raon interferenssikeinosta (v.1922)

Interferenssikuva 7500 reiän Hartmann maskilla. Mittaus 12:ssa peilin kiertokulmassa → 22 500 mittauspistettä. Peilin kierto kompensoi mahdollisia mittaussäätövirheitä

Interferenssikuva 7500 reiästä



osasuurennos

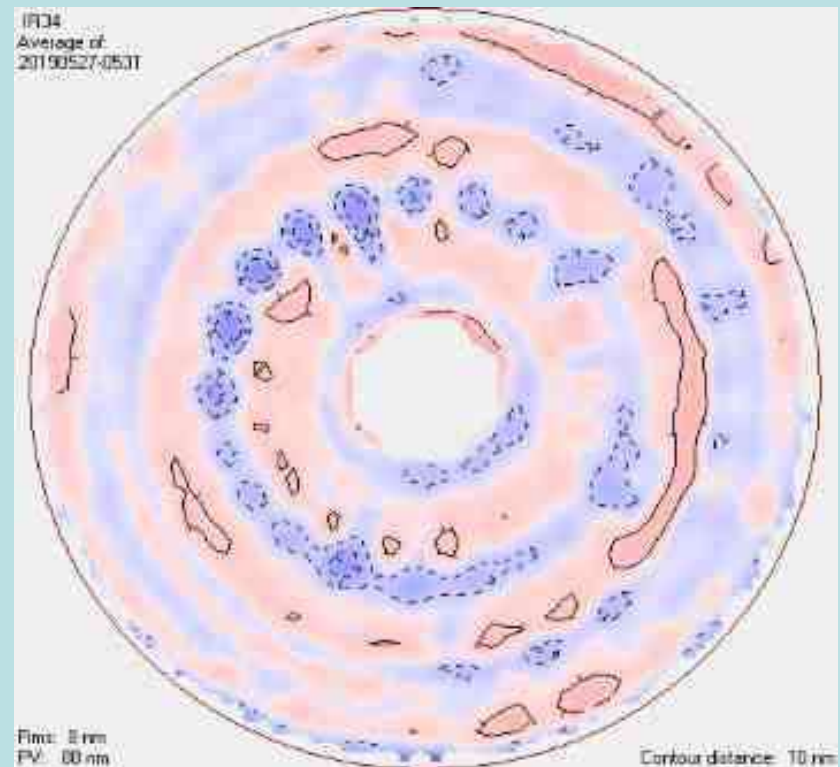




Mittaus Ø 1.1 m
Hindle peiliä
käyttäen

Testausjärjestelmä Off-axis Hindle peili.
Kaksi interferometristä
testilaitetta.

Mitattu pinnan
virhe 8 nm RMS



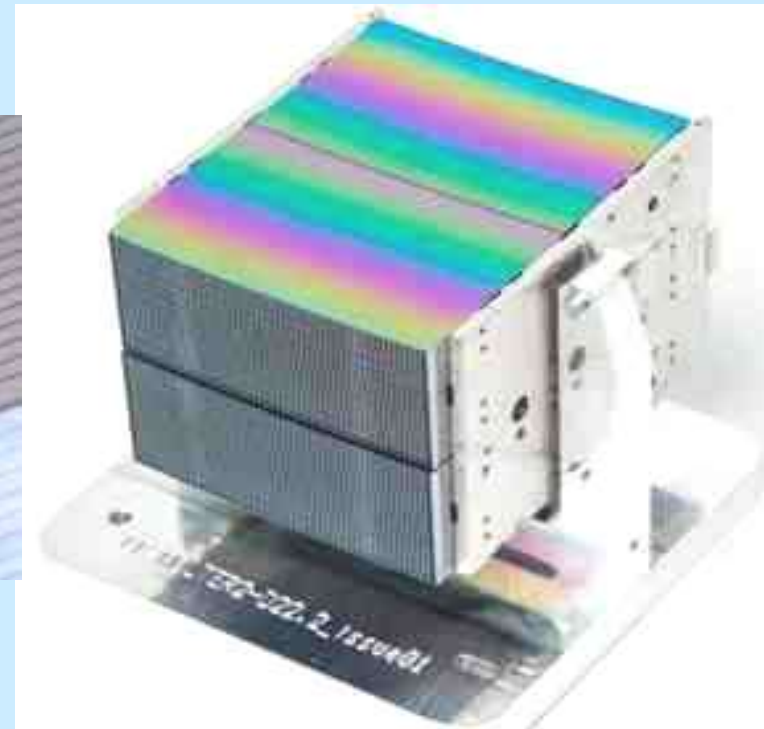
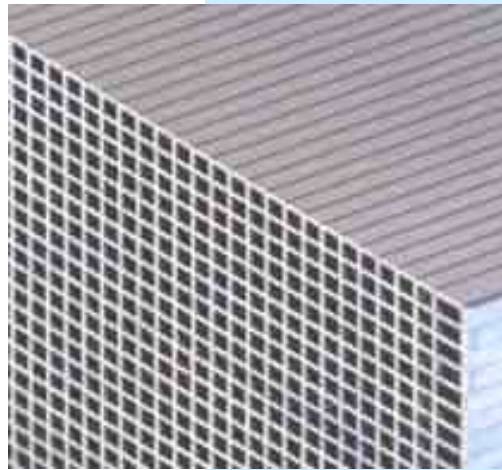
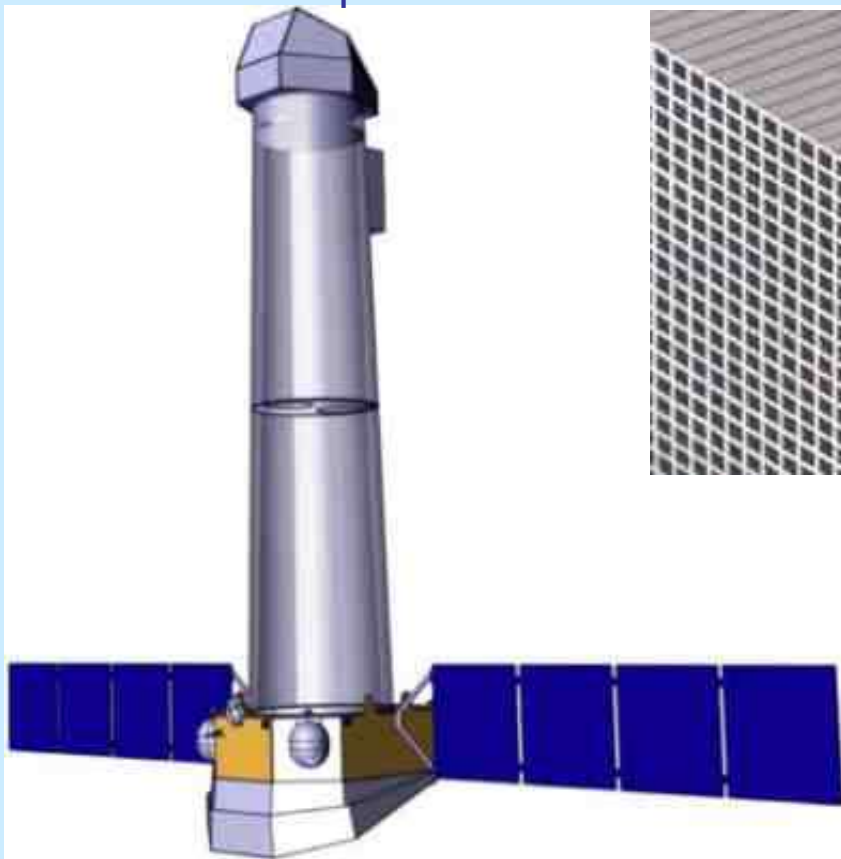
ESA:n ATHENA röntgenteleskooppi UV-kollimaattoripeilin valmistus

**ATHENA - Advanced Telescope for High-
ENergy Astrophysics**

**Herkkyys 100 kertainen aiempiin
röntgen-teleskooppeihin verrattuna.**

Lähetetään L2 pisteeseen v. 2028?

**Opteonille 2019 sopimus Ø2.6 m UV-
kollimaattoripeilin valmistuksesta
ATHENA:n röntgen-heijastinelementtien
suuntausta ja säätöä varten.**



Noin 600 röntgen-heijastinpakettia

1.5 miljoonaa "Silicon pore" röntgenheijastinta

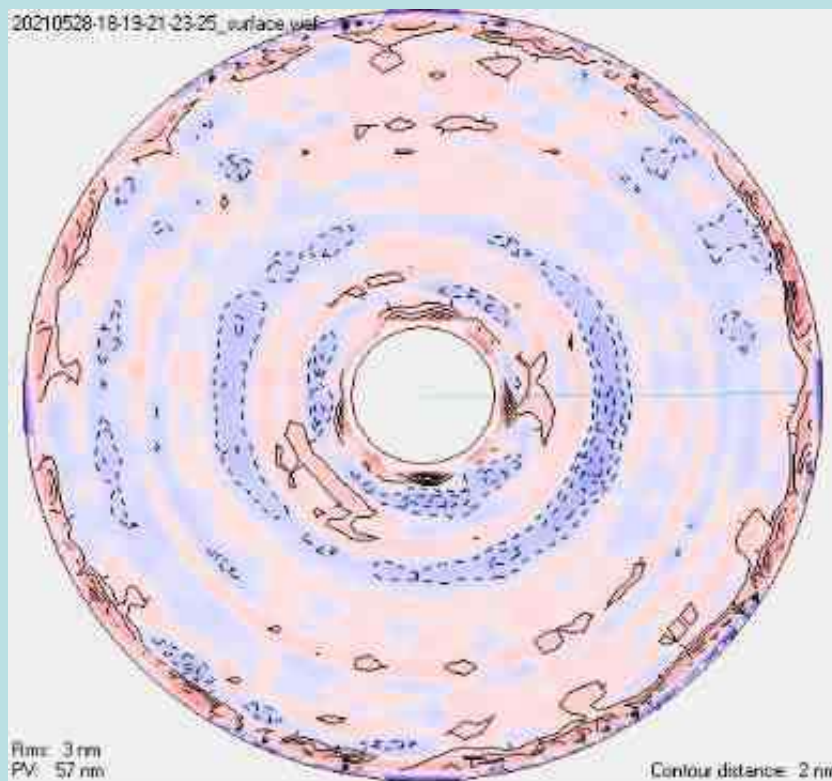
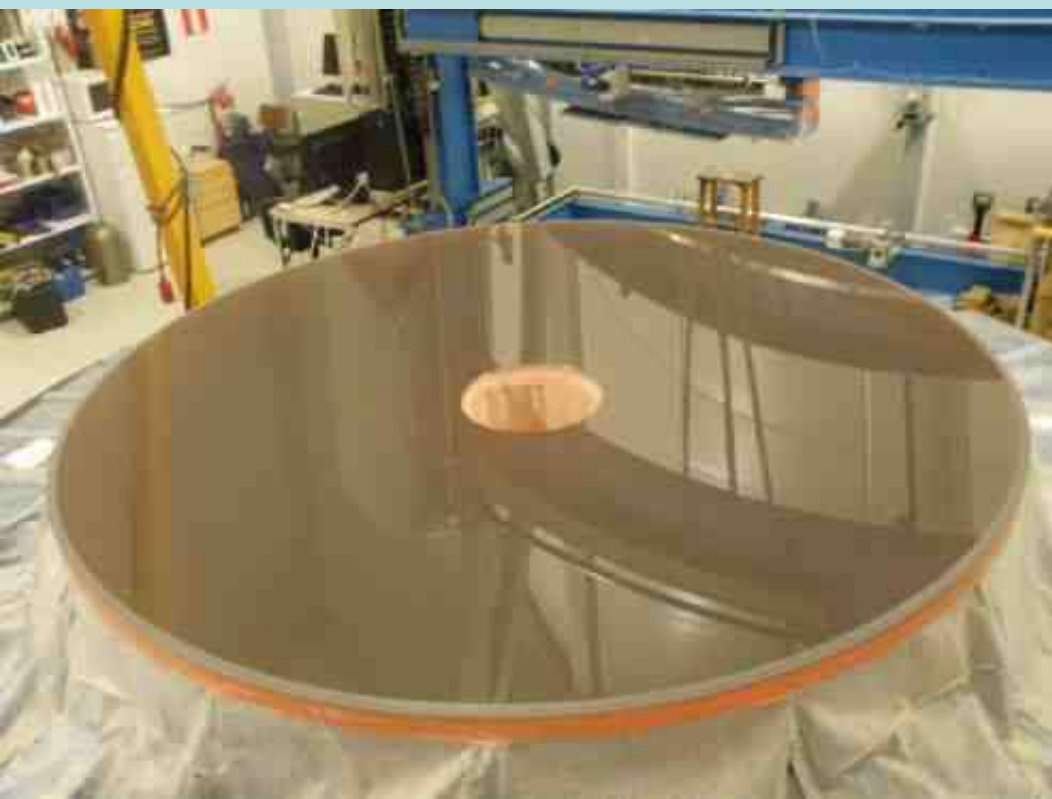
ESA:n ATHENA röntgenteleskooppi UV-kollimaattoripeilin valmistus

Peiliihio saapui elokuu 2019

Hionta alkoi lokakuu 2019

Peili valmis toukokuu 2021

**Peilipinnan muodon tarkkuus
3.4 nm RMS, 57 nm PV**



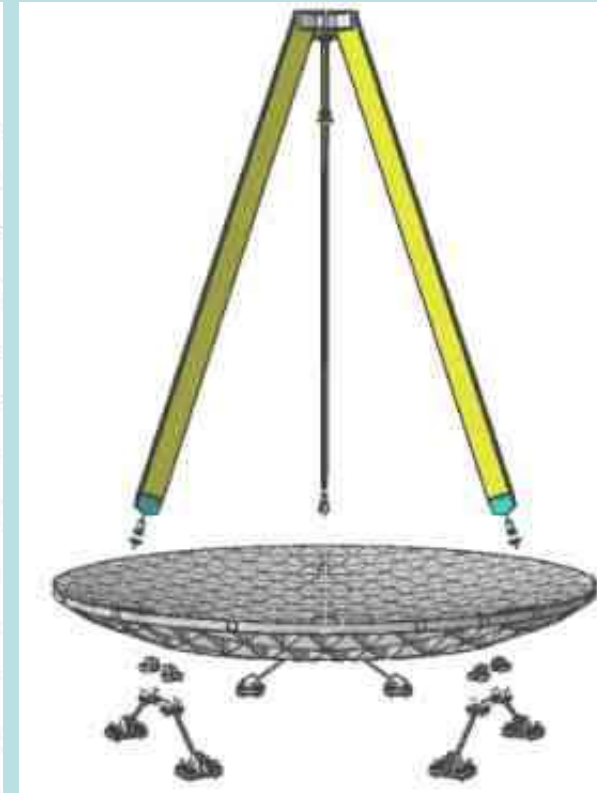
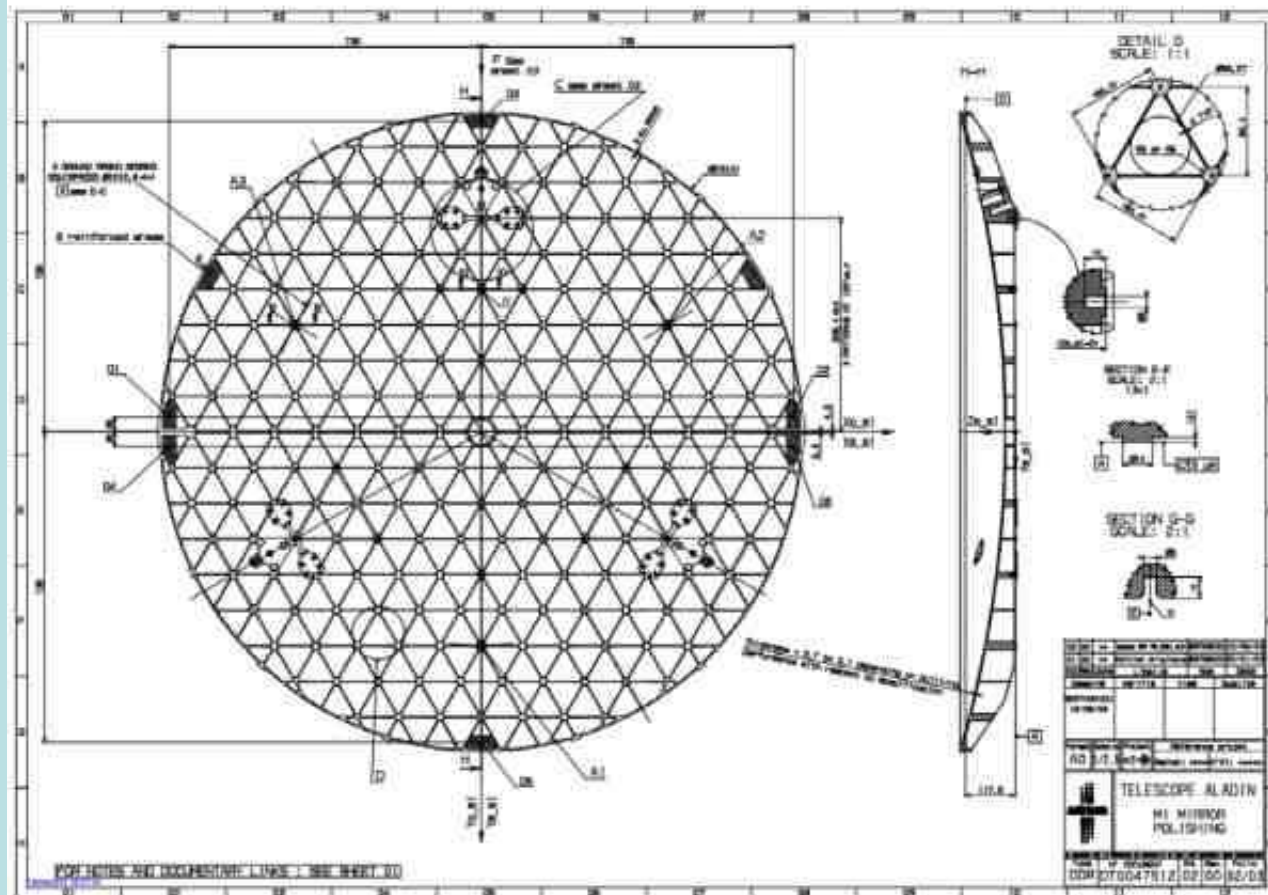
Aeolus Follow on: Suunnitelma 2 – 3 lisäsatelliitista



Yhteistyö Airbus D S:n kanssa: Design study of polishing and testing ALADIN spare mirror (\varnothing 1.51 m, F/0.9) with improved high frequency wave front specification.



Ref: ALADIN/ALADIN
Issue: 01 Rev: 01
Date: 10/04/2010
Page: 18



Teleskoopin osat

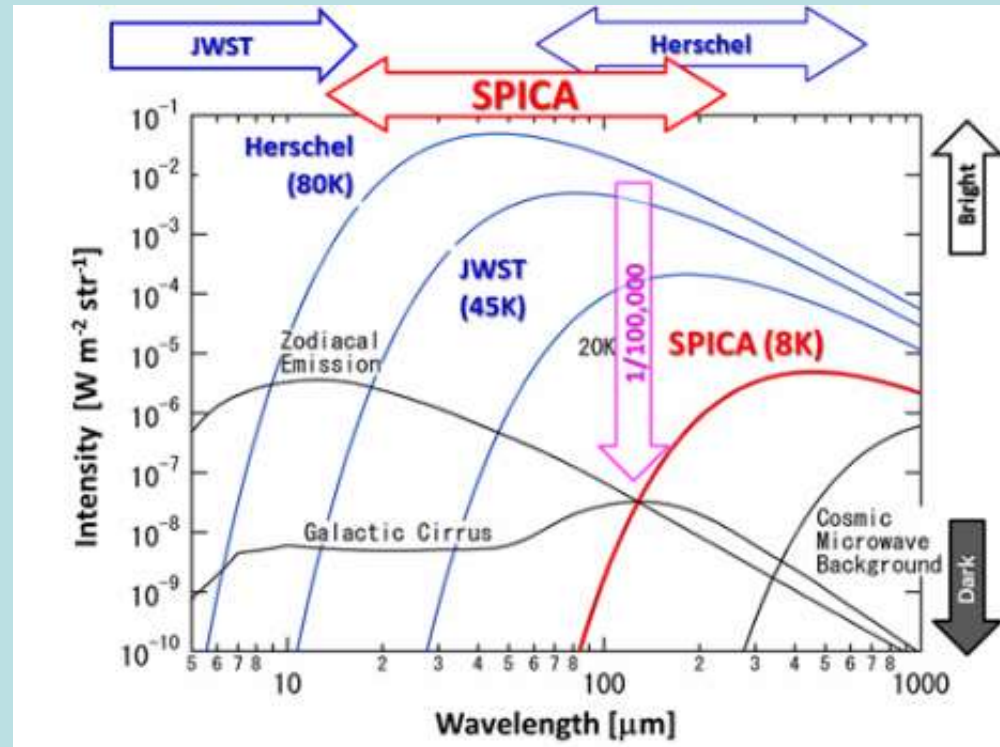
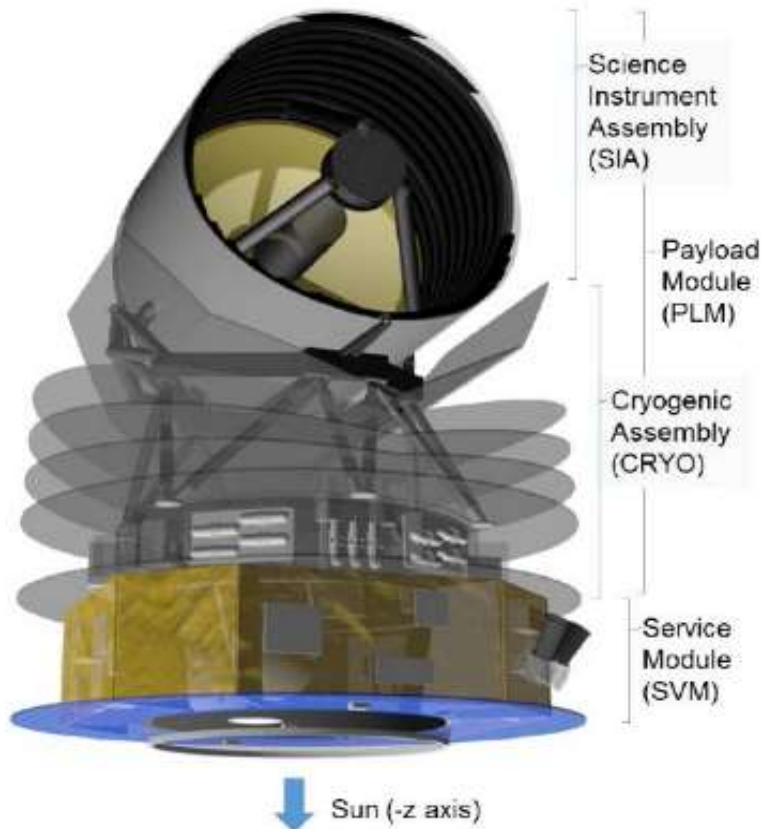
SPICA 2.6 m Infrapunateleskooppi

ESA + JAXA



Airbus Defence and Space
System Studies Phase A/B1:
Kesäkuu 2019 – huhtikuu 2021
Opteon WP: Kiillotusprosessit

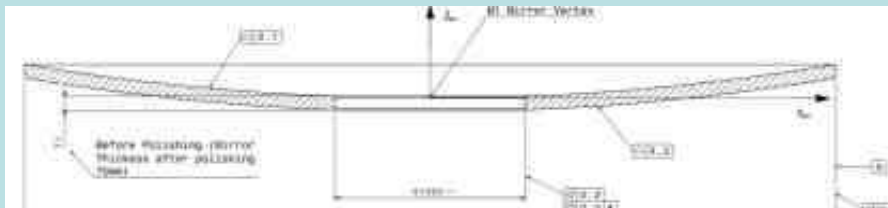
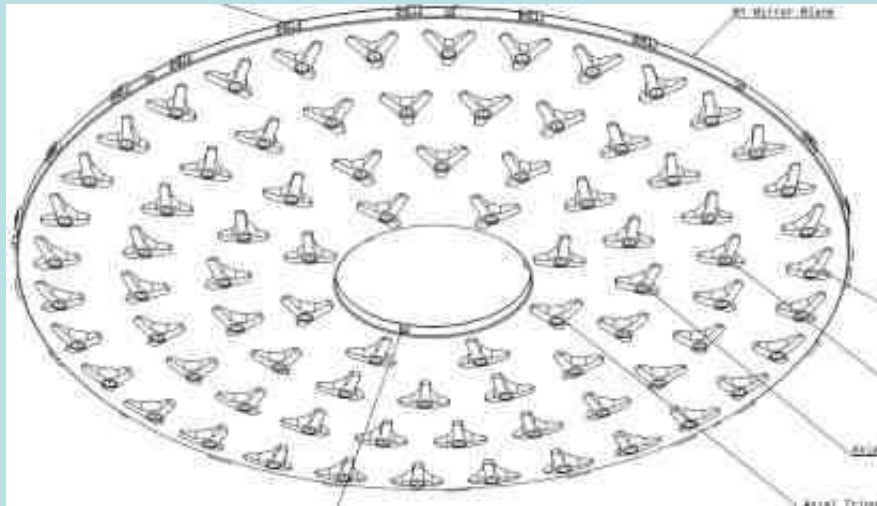
Aallonpituus 5 – 420 μm
Teleskoopin lämpötila 8 K
Peilit piikarbidia, \varnothing 2.6m
Laukaisu 2032 L2-
pisteeseen?



OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

EST, European Solar Telescope, Ø 4.25 m
Koordinointi: Instituto de Astrofisica de Canarias

Opteonin yhteistyö SENER:in (Espanja) kanssa:
Design of the lightweight meniscus M1, its cell and polishing and testing processes.



EST rakennus



Ø 4.25 m, F/1.5, m = 2400 kg EST M1 peili ja sen tuenta. Paksuus 70 mm, 80 tukikolmiota, 240 tukipistettä takapinnalla.

OPTEON
SUPERIOR
ANGULAR
RESOLUTION

Tuorlan observatorio on ollut 9.4.2020 alkaen
Tuorlan Tähtitornit Oy: Avaruuspuisto Väisälä,
Planetaario, Yrjö Väisälä- museo rakenteilla.
+ Opteon Oy



KIITOS MIELENKIINNOSTA!

Tapio Korhonen