# Kosmos kauge ja lähedane

**Ene ERGMA**

Eesti Teaduste Akadeemia

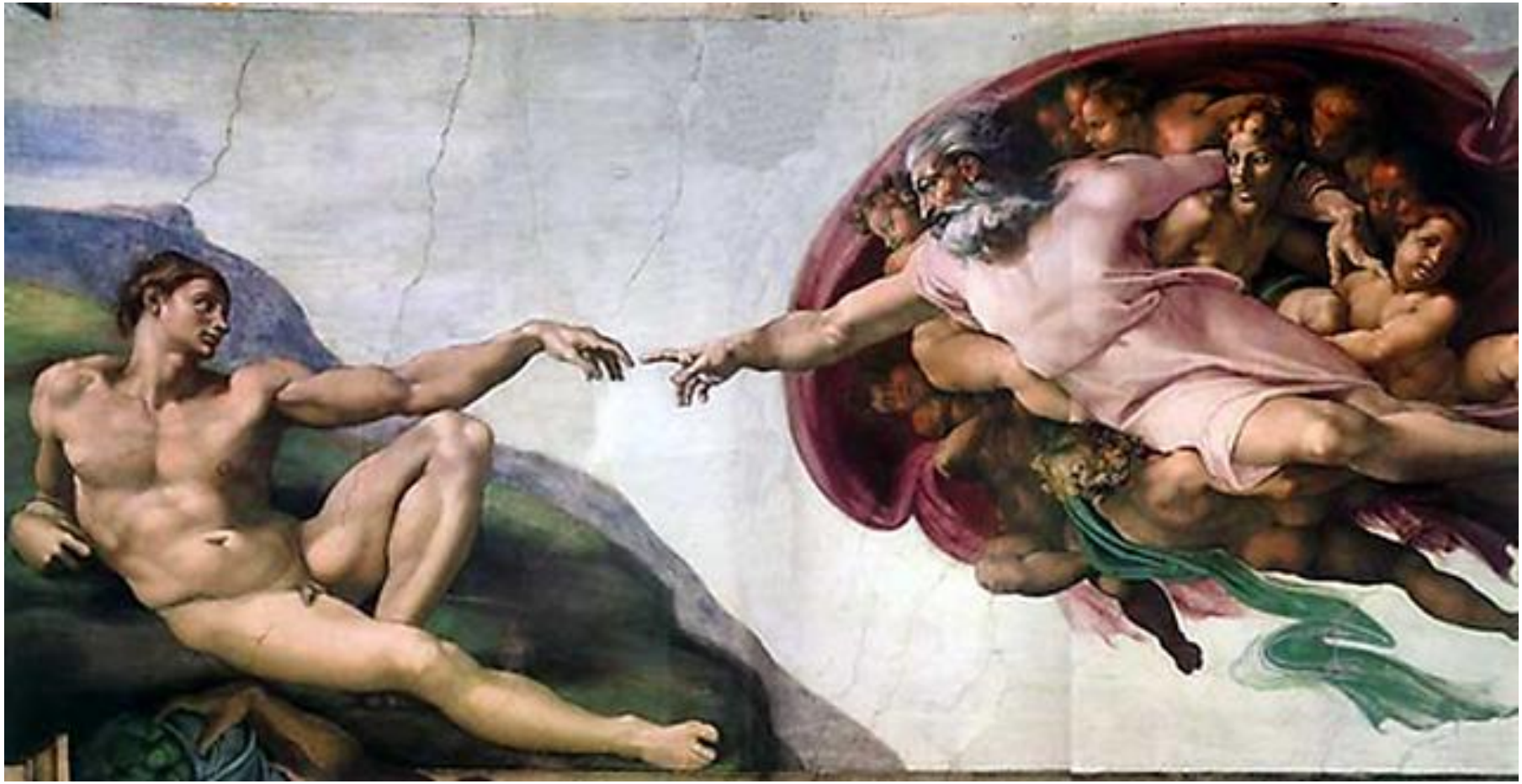
Tartu

# Kosmos kauge

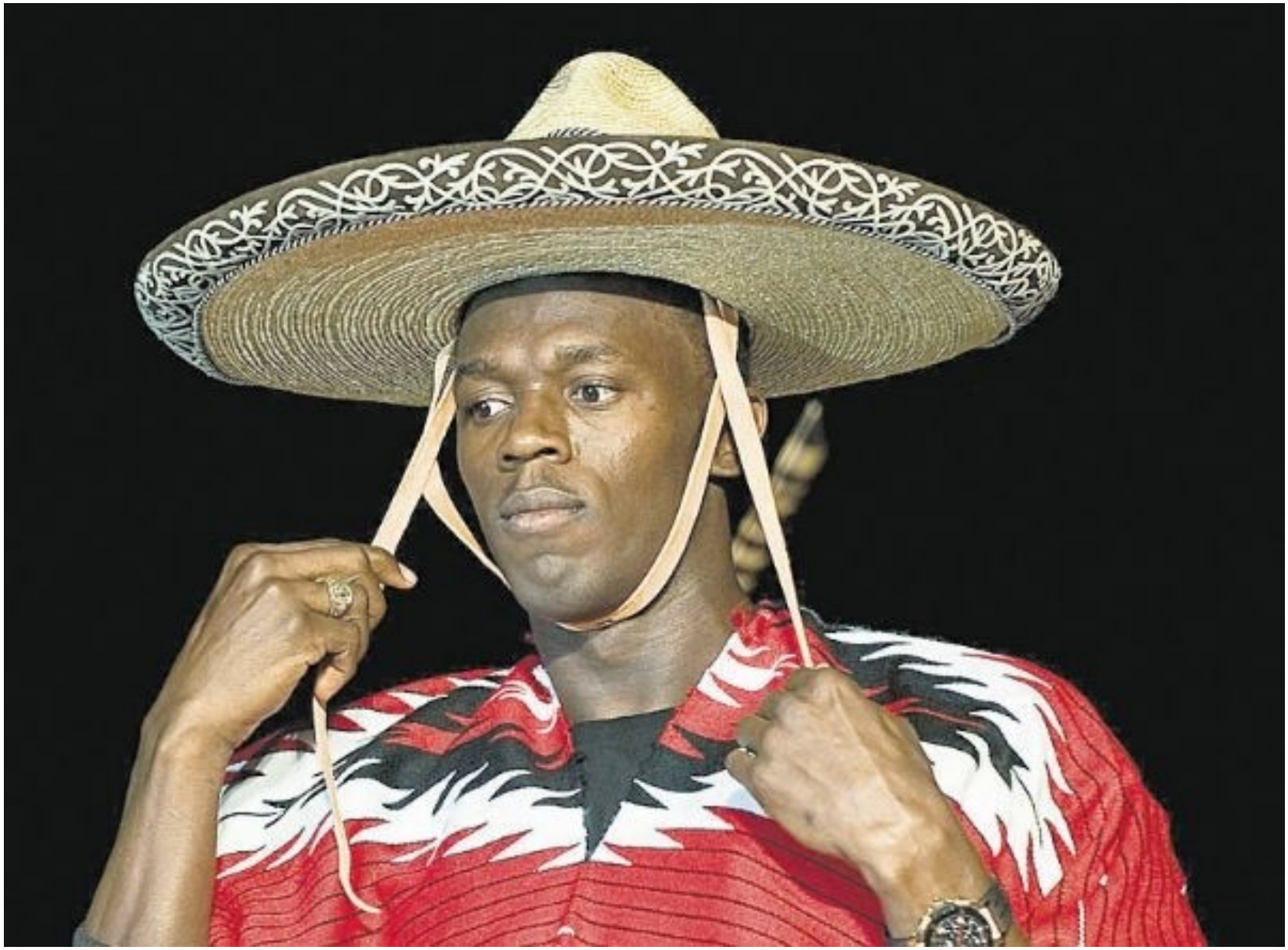
Ajalugu

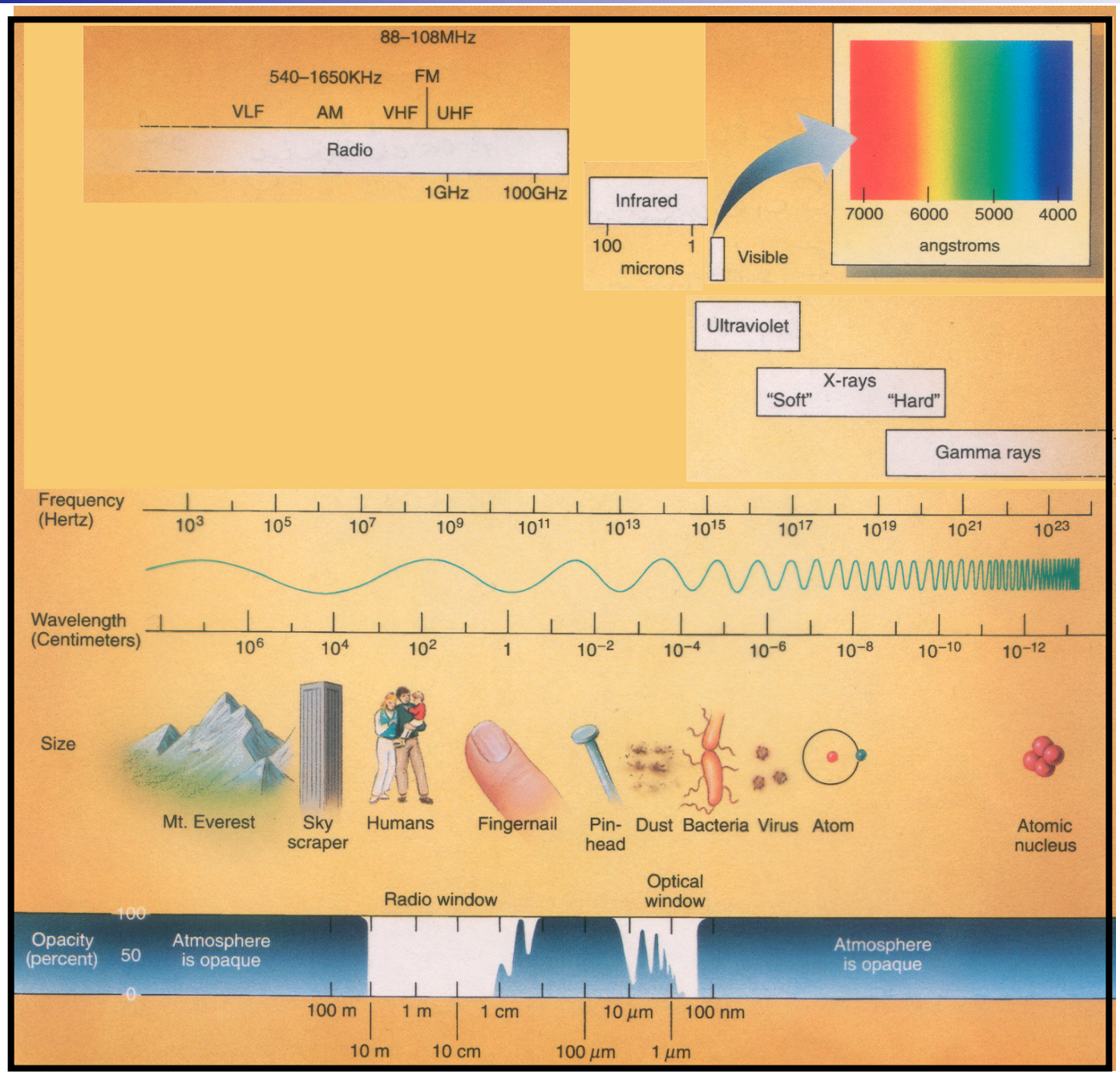
Millised on taevatähed? Arusaamad kuni Kahekümnenda sajandini.

Tänapäev



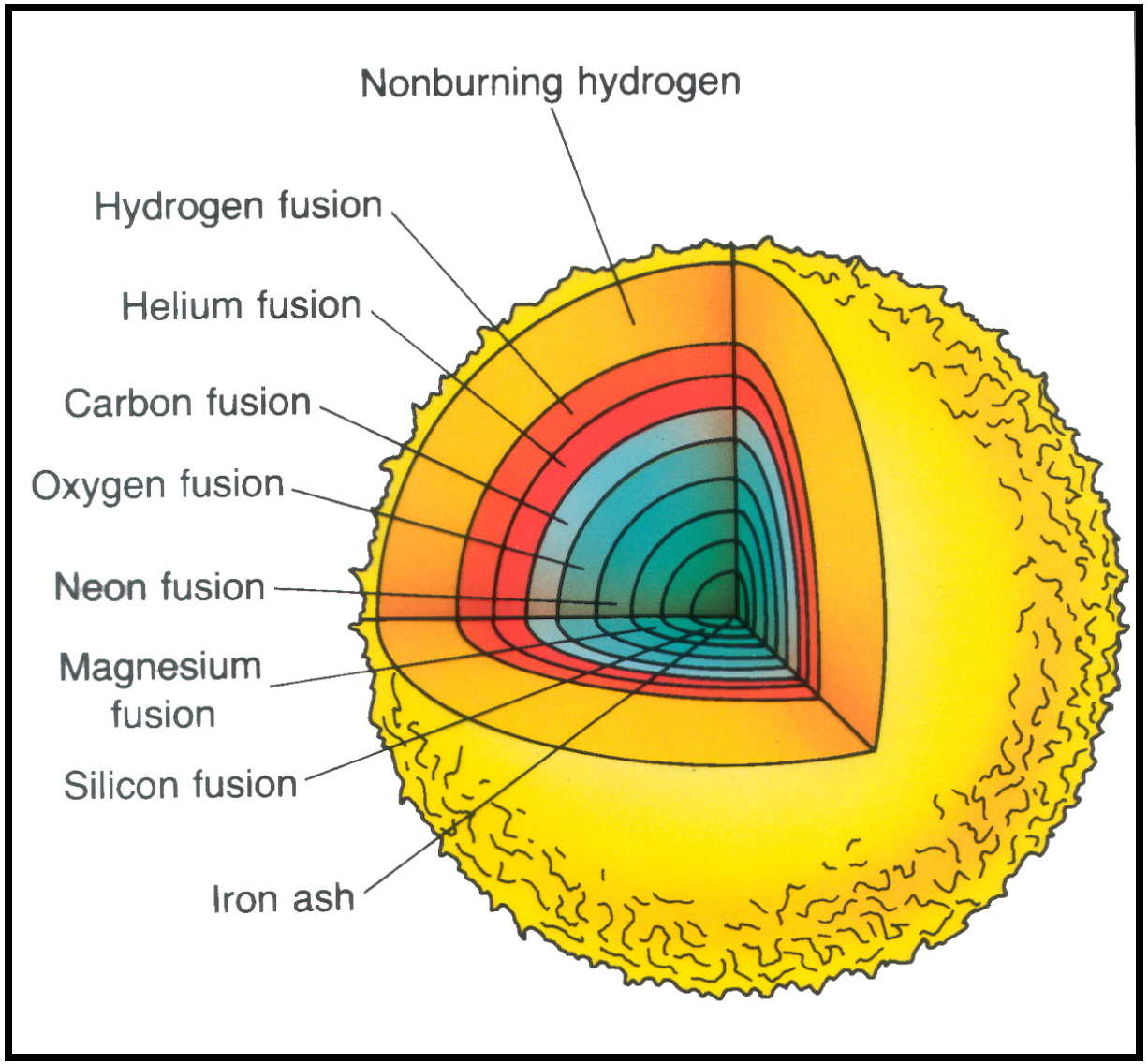
EESTI VABADUSSÕDA
1918–1920




88–108MHz
540–1650KHz
FM
VLF
AM
VHF
UHF
Radio
1GHz
100GHz
Infrared
100
1
microns
Visible
7000
6000
5000
4000
angstroms
Ultraviolet
X-rays
"Soft"
"Hard"
Gamma rays
Frequency (Hertz)
$10^3$ $10^5$ $10^7$ $10^9$ $10^{11}$ $10^{13}$ $10^{15}$ $10^{17}$ $10^{19}$ $10^{21}$ $10^{23}$
Wavelength (Centimeters)
$10^6$ $10^4$ $10^2$ 1 $10^{-2}$ $10^{-4}$ $10^{-6}$ $10^{-8}$ $10^{-10}$ $10^{-12}$
Size
Mt. Everest
Sky scraper
Humans
Fingernail
Pin-head
Dust
Bacteria
Virus
Atom
Atomic nucleus
Radio window
Optical window
Opacity (percent)
100
50
0
Atmosphere is opaque
Atmosphere is opaque
100 m
1 m
1 cm
10 μm
100 nm
10 m
10 cm
100 μm
1 μm

# Tähe sünd ja evolutsioon

# Pilk tähe sisemusse



# Kollaps

Eraldatud energia $E \sim (2\text{-}4) \cdot 10^{53}$ erg

$p + e^- \rightarrow n + \upsilon_e$

$n + e^+ \rightarrow p + \upsilon_e$ URCA process

99% E $\upsilon_e \upsilon_e$

0.01% optilises piirkonnas, $N_\upsilon = 10^{58}$

ühe 1s $L_\upsilon$ = kogu Universumi heledusega optikas

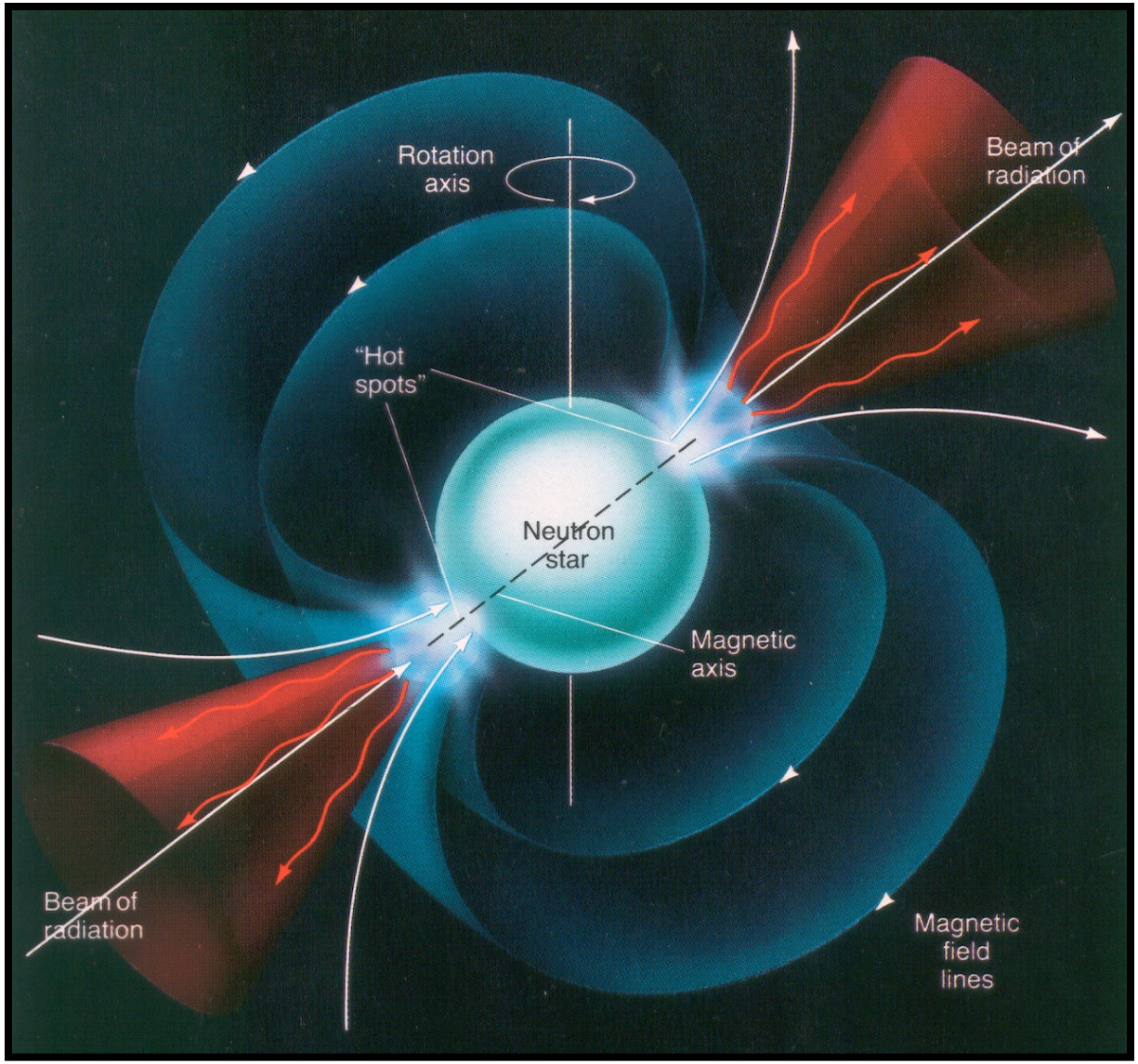
SN1987A, LMC → neutrontähe (?) sünd

(tegelikult 170 000 aastat tagasi)

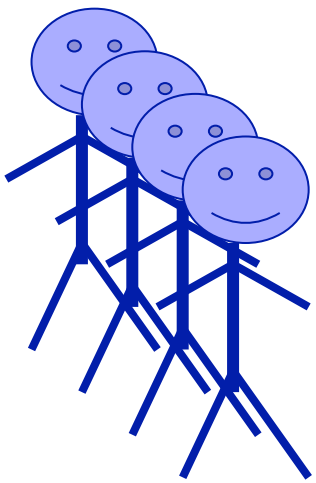
NEUTRIINOASTRONOOMIA SÜND

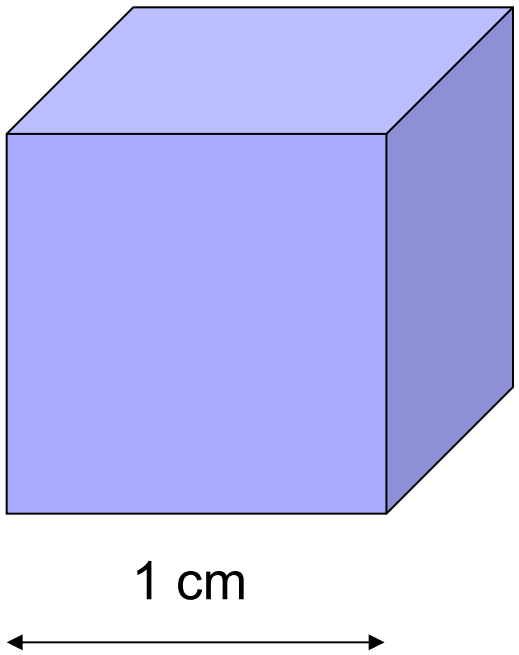
# Supernova 1987A

# Pulsari mudel



# Mini neutrontäht

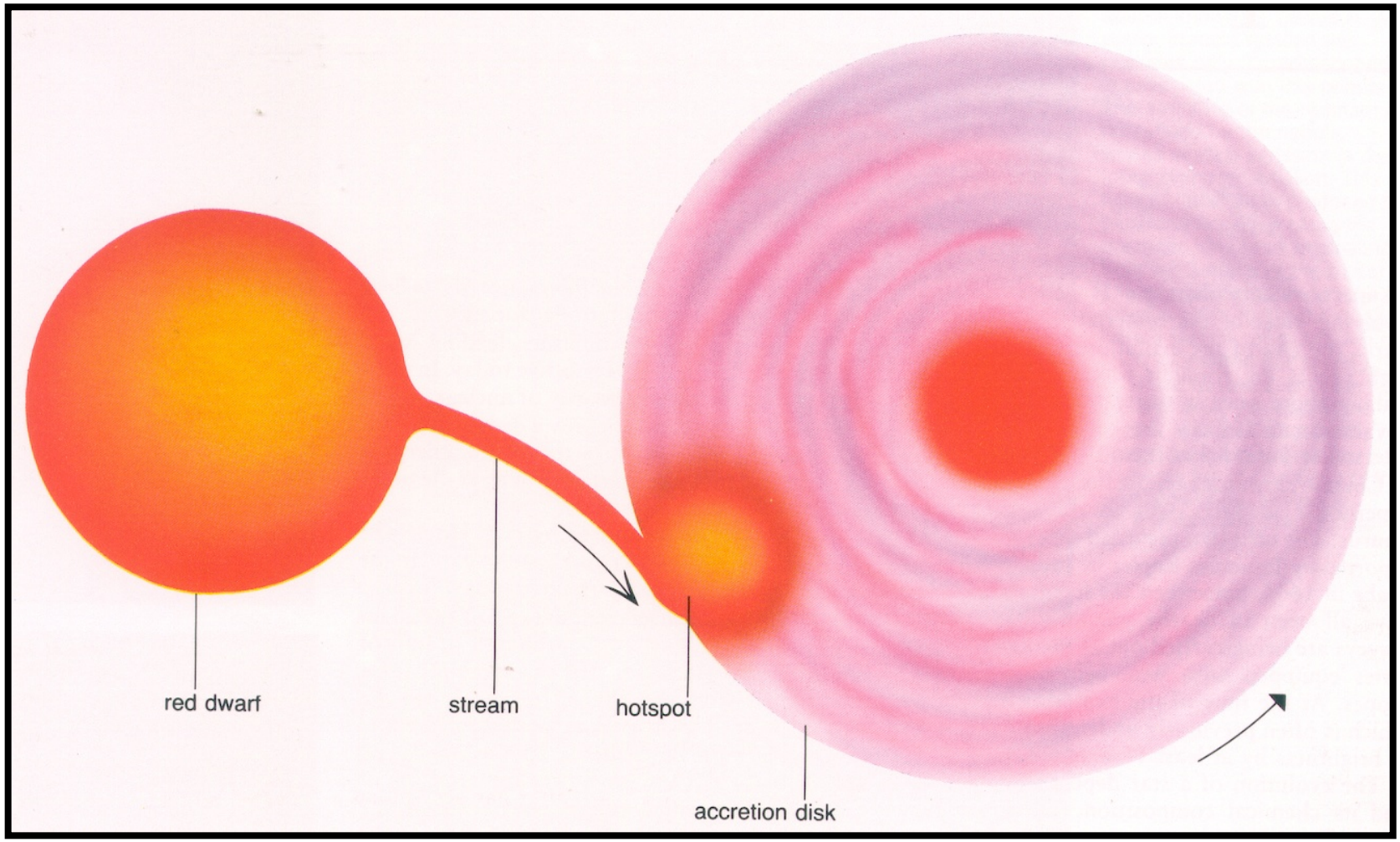




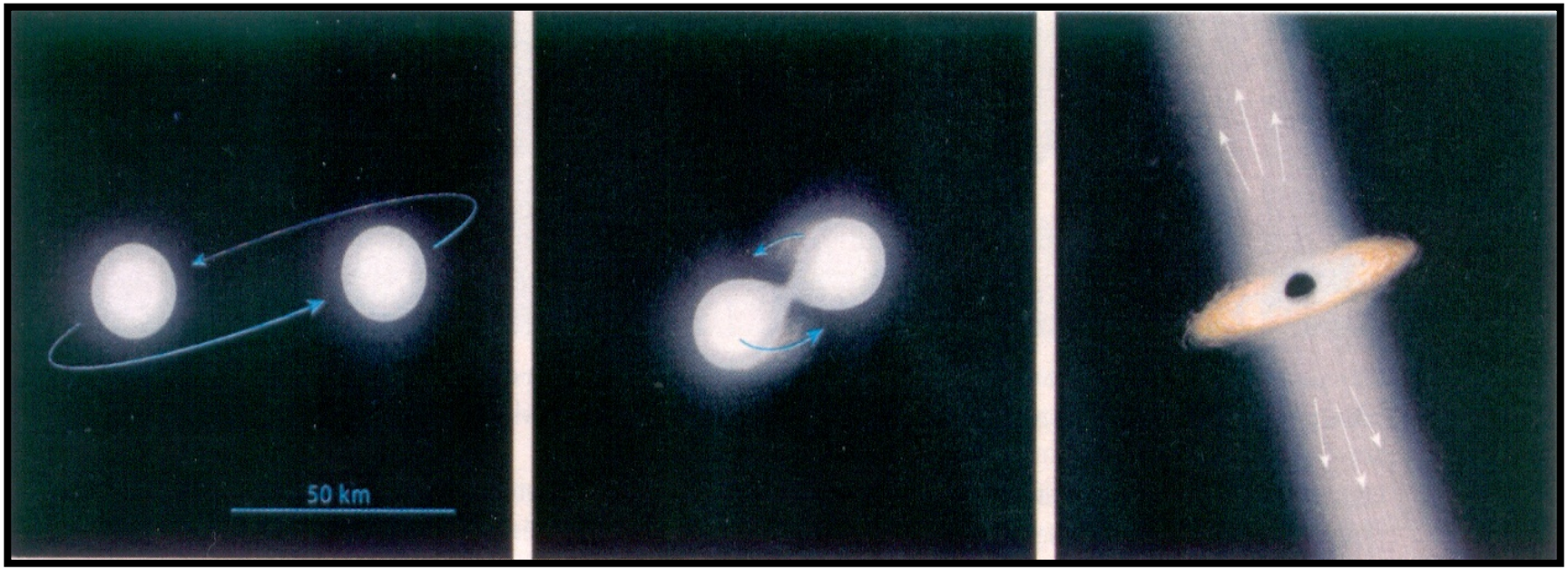

$7 \cdot 10^9$ inimest, M=60 kg

$\rho_c \sim 4{,}2 \cdot 10^{14}$ g/cm$^3$

# Neutrontäht kaksiktähes



# Kahe neutrontähe kokkusulamine



GW 170817 kaks neutrontähte sulavad kokku gravitatsiooniliste lainete detekteerimine LIGO ja VIRGO meeskondade poolt.

GAMMA sähvatus (GRB 170817) optiline vaatlus Galaktikas NGC 4993 d =40 Mpc

# Nobeli preemia võitjad seoses neutrontähtedega

1962 – L. LANDAU

1974 – M. RYLE ja A. HEWISH

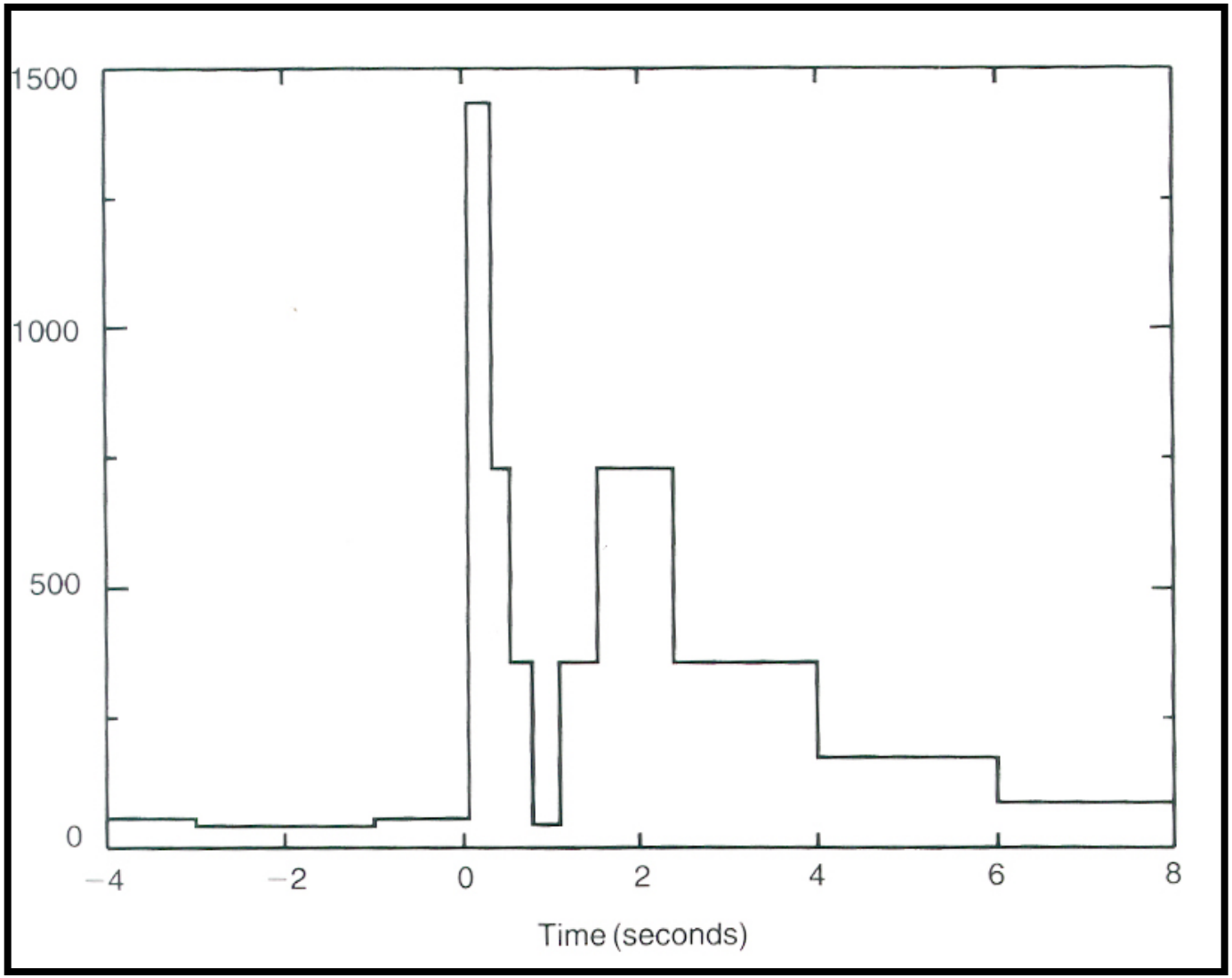
1983 – S. CHANDRASEKHAR ja W. FOWLER

1993 – R. HULSE ja J. TAYOR

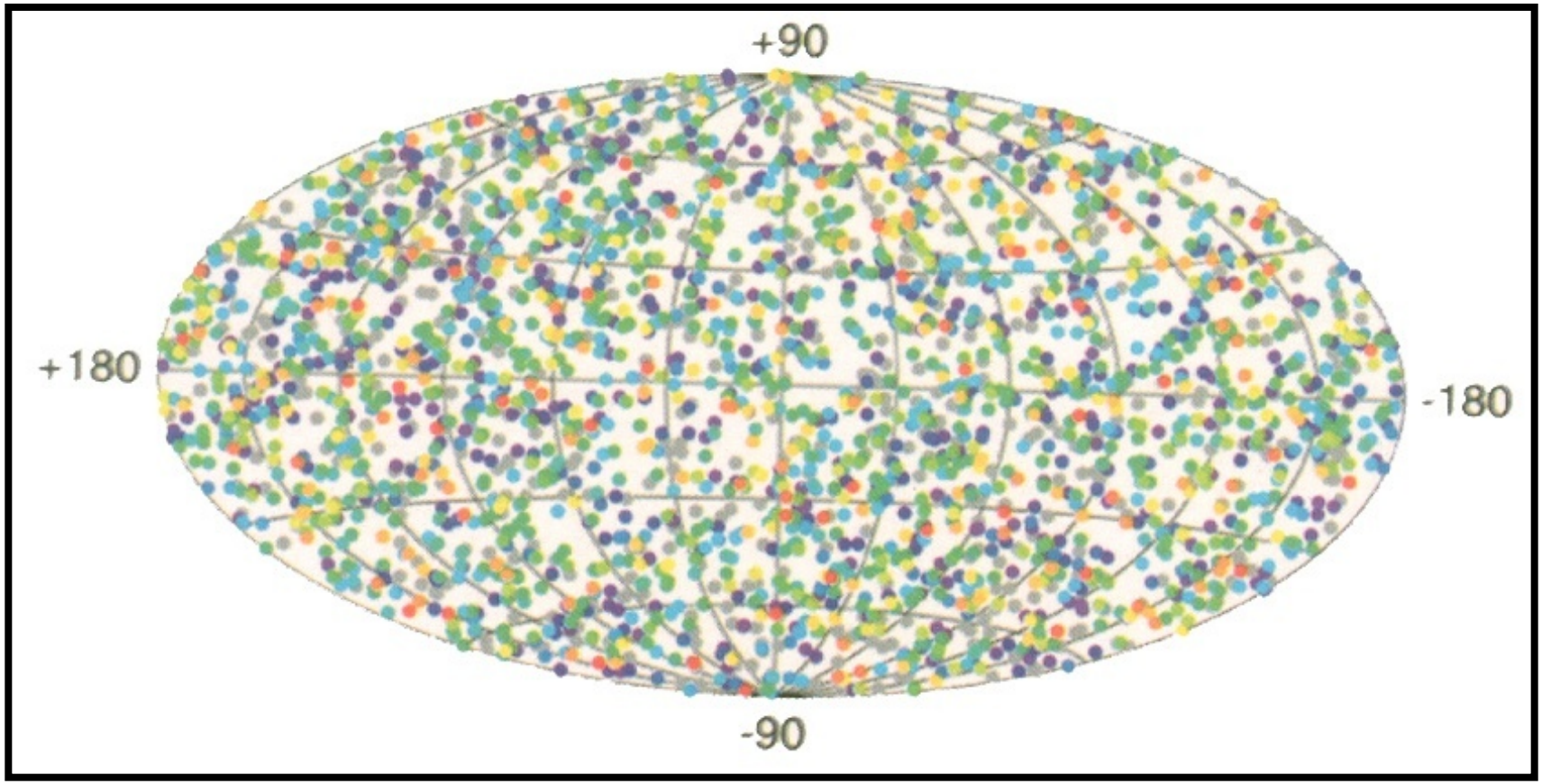
2003 – R. GIACCONI

2017 – R.WEISS, B.BARISH, K.THORNE

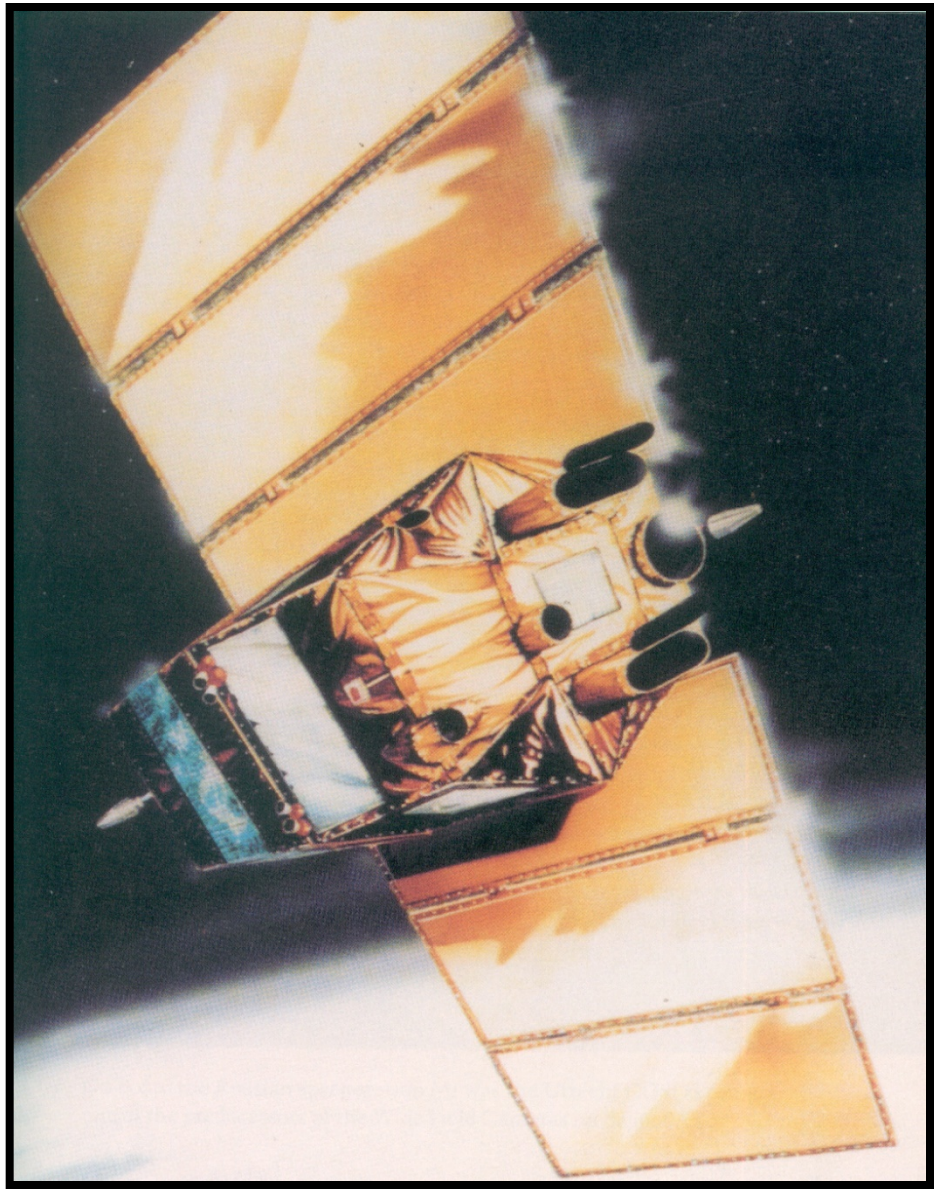
# Gammasähvatuste detekteerimine Vela- 4 satelliitidega



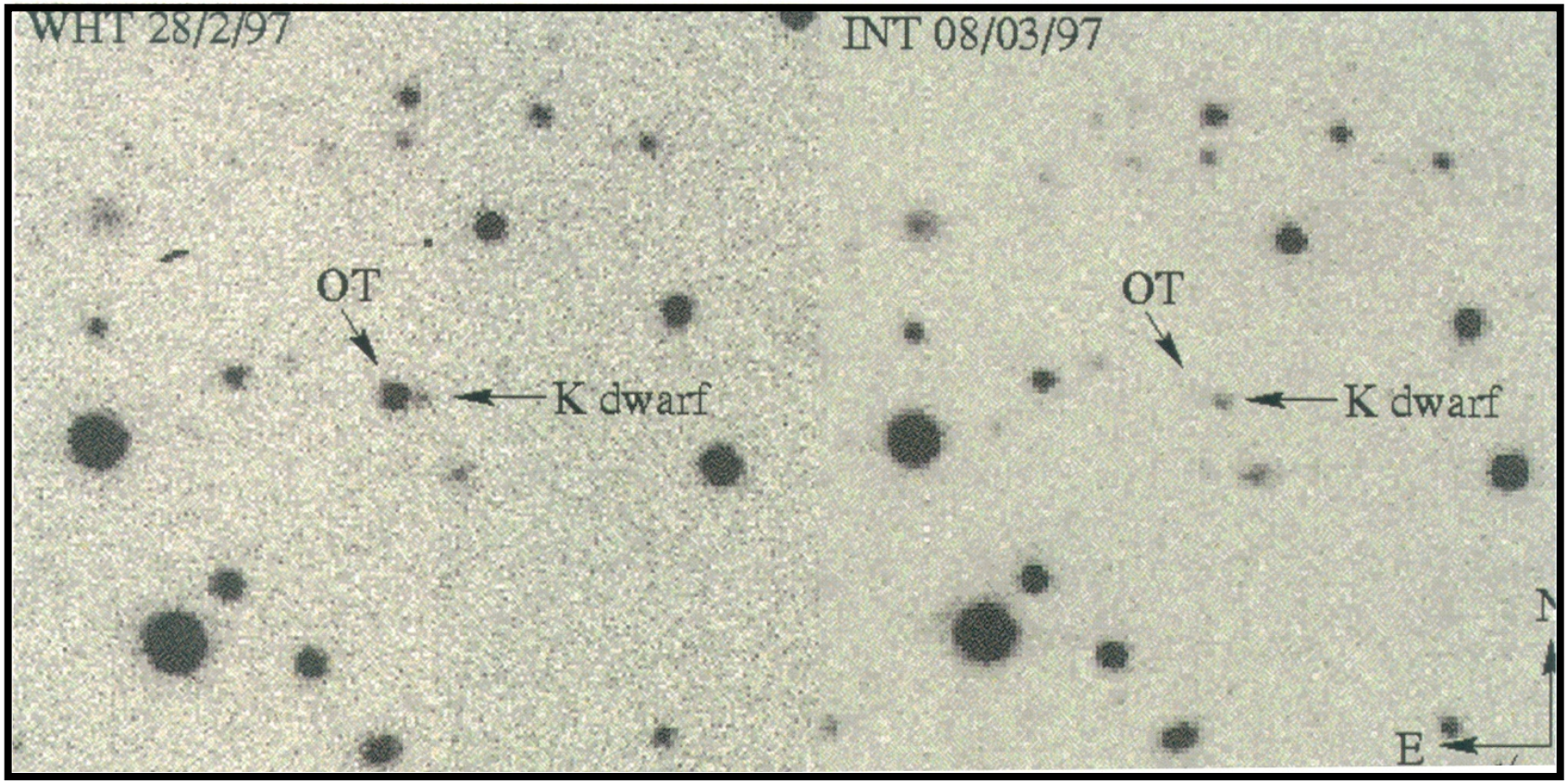
# Gammasähvatuste kaart (BATSE, 2000)



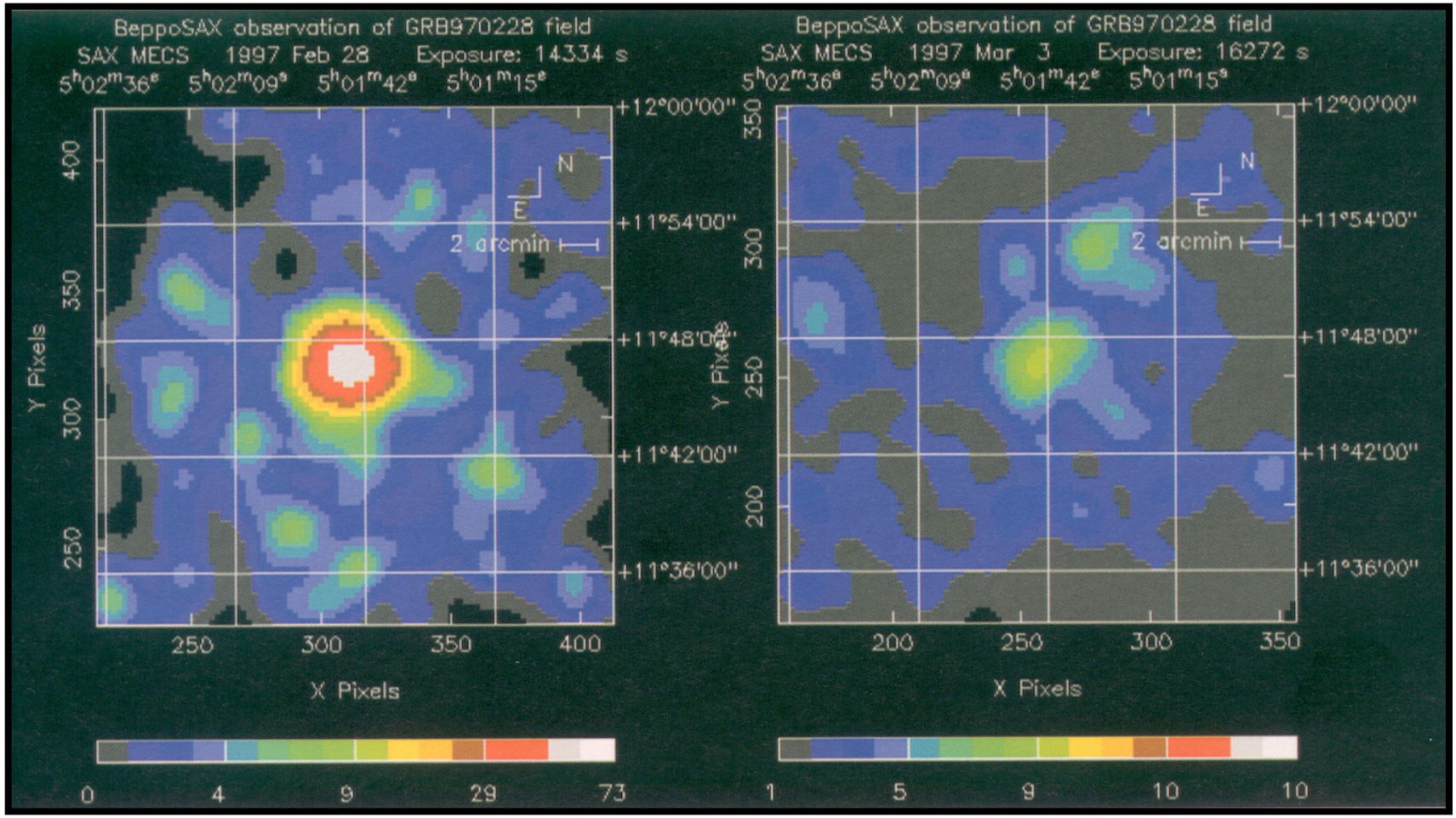
# BeppoSAX kunstniku silme läbi



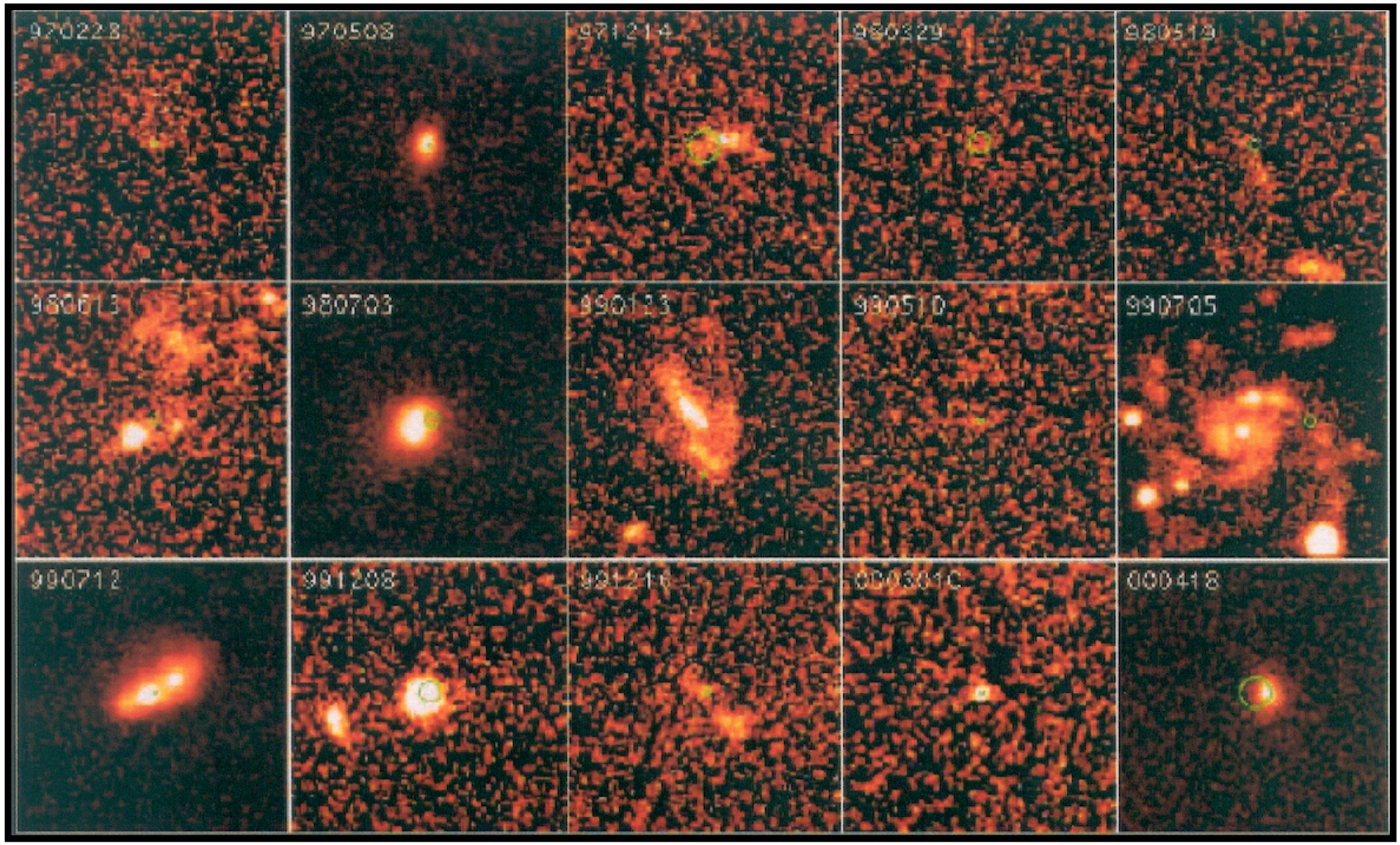
# GRB 970228 optilise järelkaja avastamine



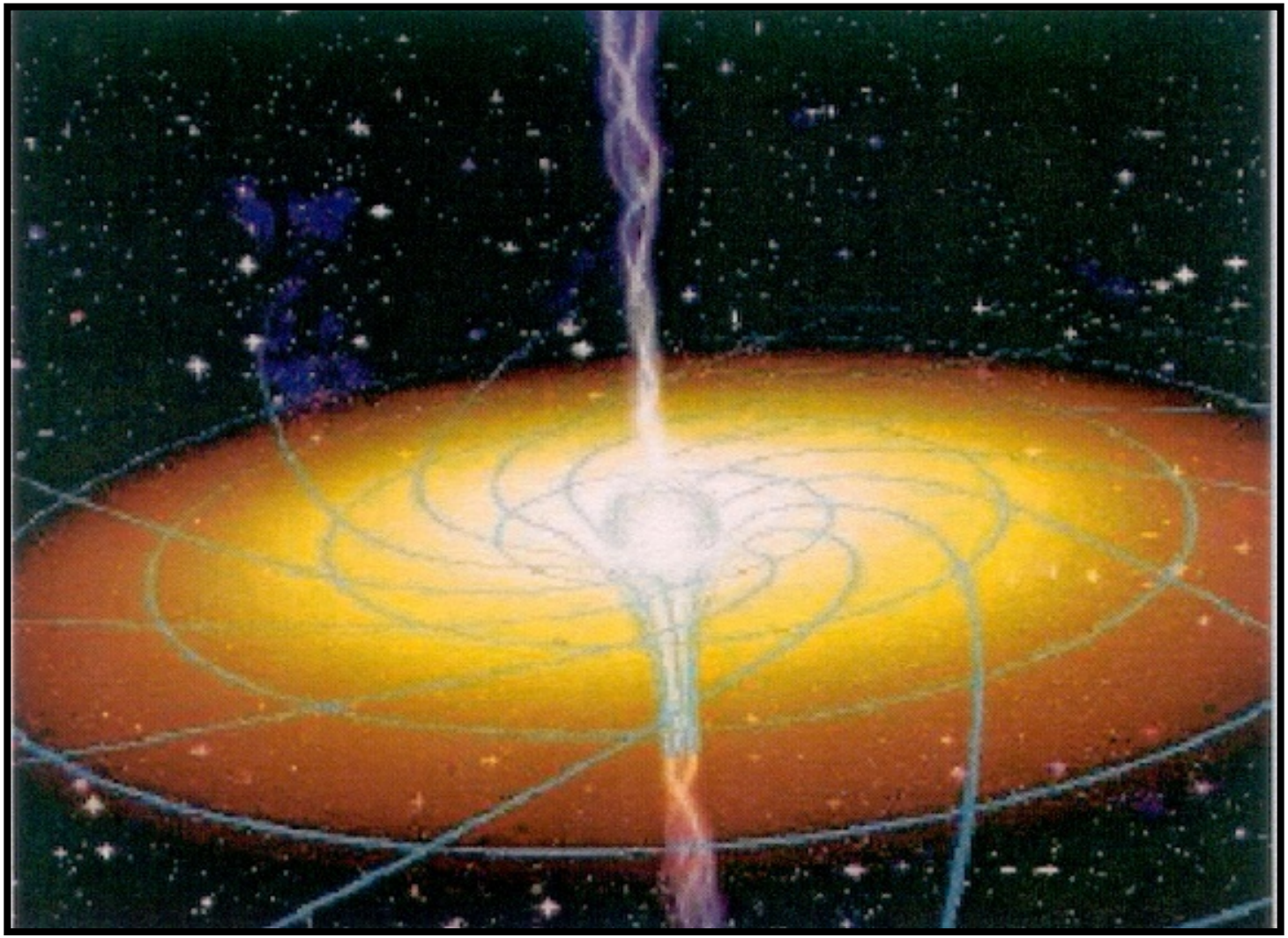
# GRB 970228 röntgenpiirkonna vaatlus



# Kauged galaktikad



# Massiivse musta augu moodustumine



# Kosmos lähedane

1957 esimene sputnik algas kosmoseajastu
Kosmoseuuringud: pea 99% sõjaline, 1% teadus ja mehitatud lennud. Algas kosmose võidujooks kahe superriigi USA ja USSR vahel.

Üheksakümnendad tekib uus suur suund
kosmosemajandus
Telekommunikatsioon
Navigatsioon
Kaugseire

Ohud:
Rünnak satelliitide vastu
Kosmoseprügi
Tugev Päikesepurse Carringtoni juhtum
1859 a.

# Osalemine NL kosmoseprogrammides

- Tartu observatoorium ja Füüsika Instituut projekteerisid ja valmistasid mitmeid aparatuure (1960-1985)
- valgusdetektorid esimese astrofüüsikalise sputniku KOSMOS 215 jaoks
- madala resolutsiooniga spektromeeter MIKRON ja teisi instrumente SALUUT 4,6 ja 7
- 4-kanaliga teleradiomeeter FAZA  orbitaaljaama MIR jaoks

# Satelliitidel põhinevad teadusuuringud

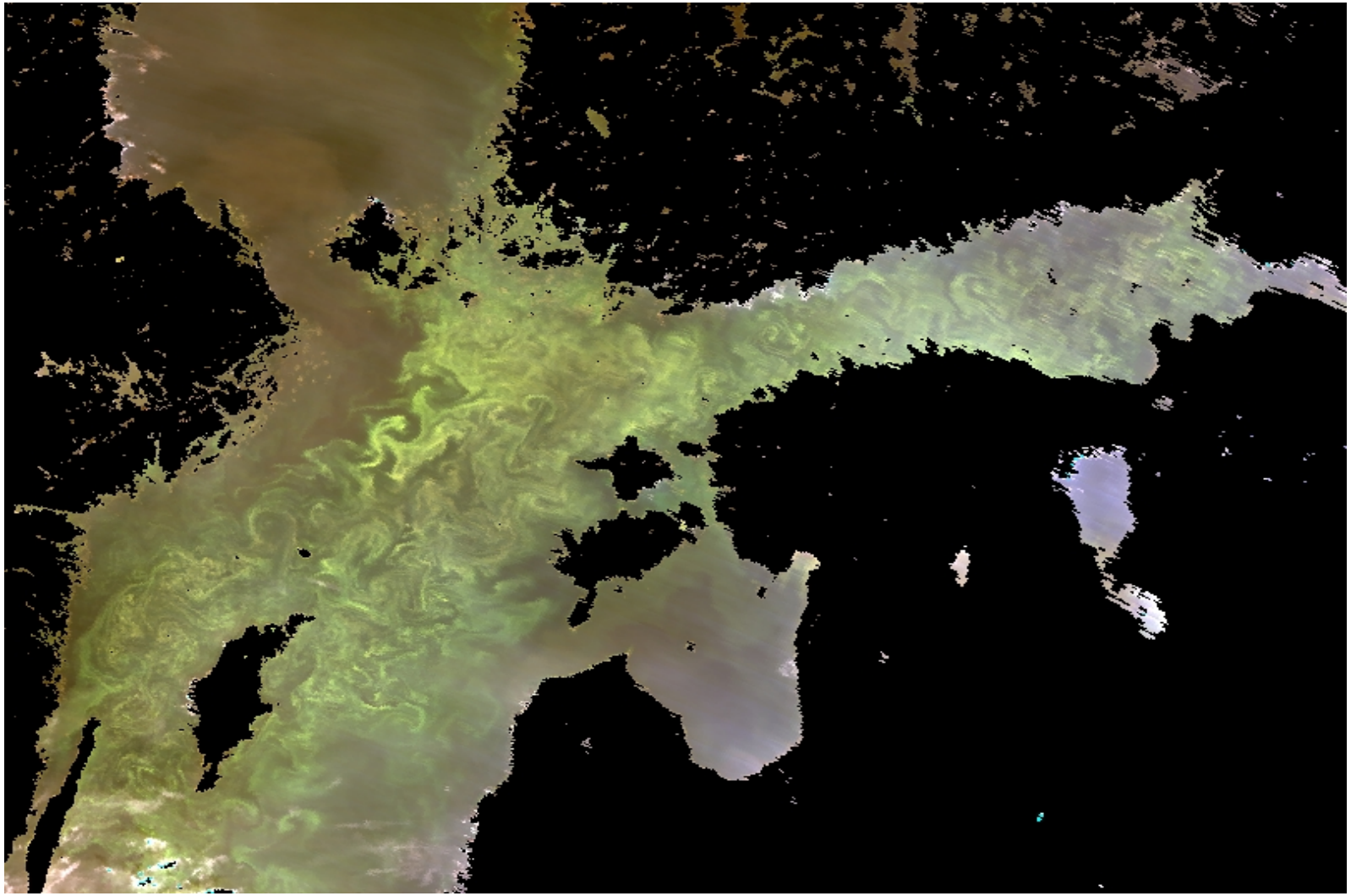
Maapinna ja vee kaugseire Eestis

- metsad
- põllumajandusmaa
- Läänemeri ja järved

Satelliitidelt saadud informatsiooni kasutamine kliima- ja osooniuuringutes

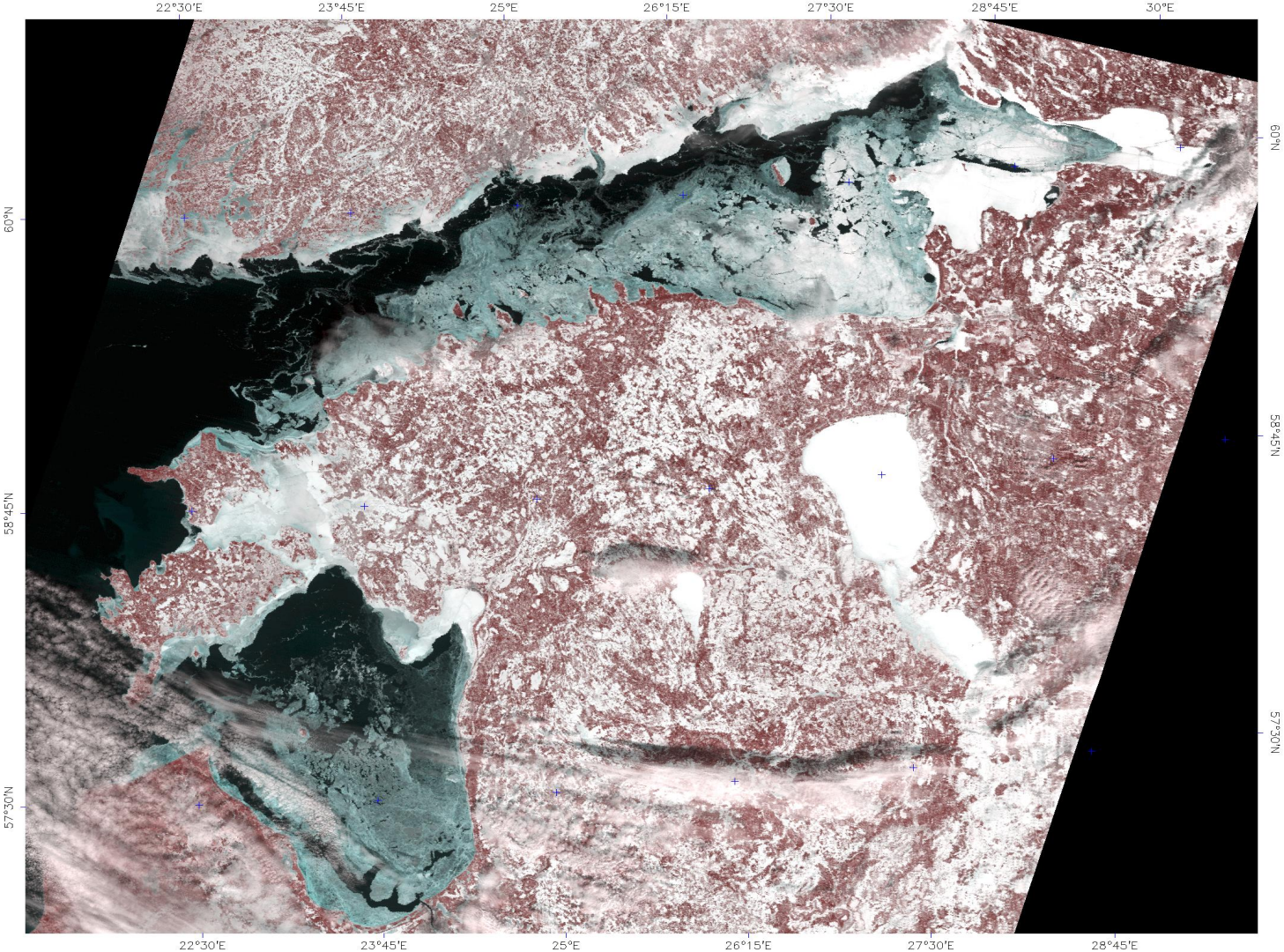
# Sinivetika levik Läänemeres

MODIS-kujutis 9.07.2002



# Jääolud Eesti vetes

MODIS- kujutis 27.02.2006



# Eesti riigi tegevus taasiseseisvus-perioodil kosmose suunal

•2013 ühines Eesti EUMETSATiga

•2006 Eesti alustas ühinemisprotsessi ESAga

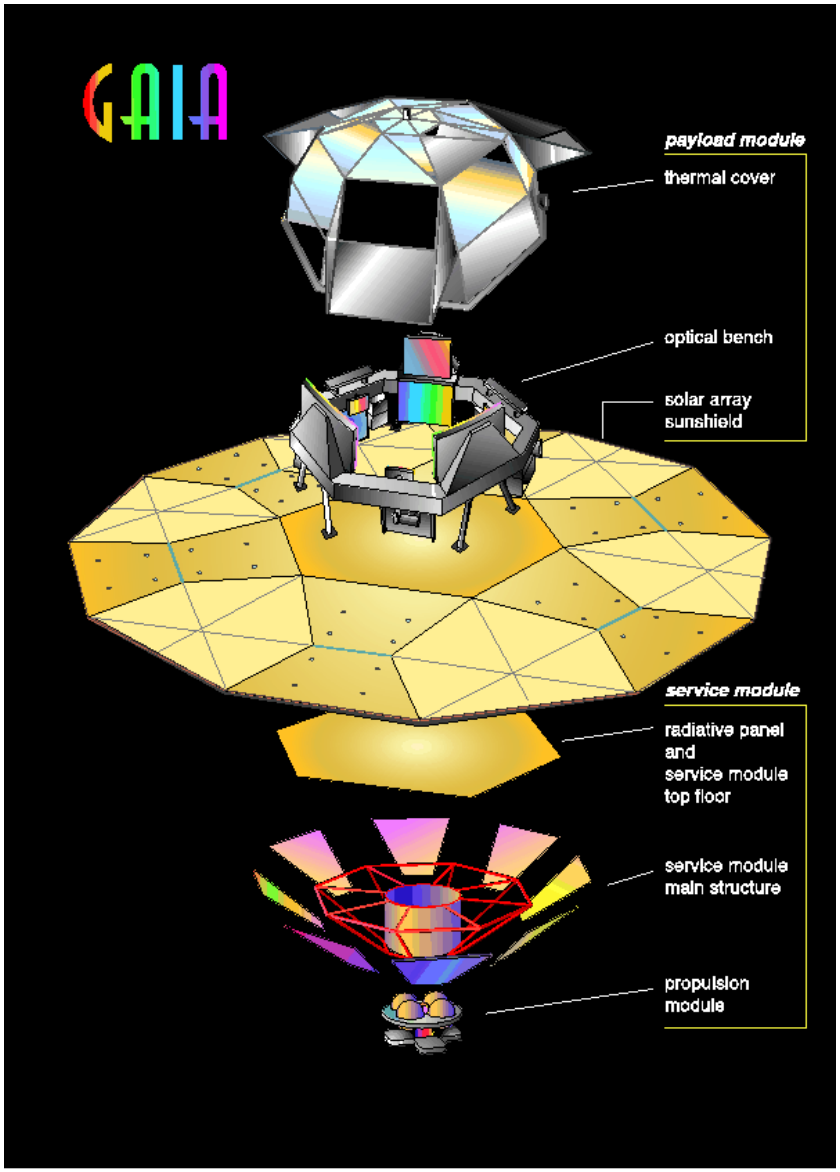
2015 Eesti sai ESA täisliikmeks

¤

# ESA poolt heakskiidetud projektid

- **GAIA –Kiirgusjoontega tähtede klassifitseerimine GAIA Faasis.**
- **GAIA andmete töötlemine, mille alusel saadakse missiooni lõpptulemus, toimub ESA ja Euroopa astronoomide koostöös.**
- Töötada välja kolm tööpaketti:
  - Algoritmid ja Java koodid kiirgusjoontega tähtede eristamiseks Gaia andmemassiivist ja nende klassifitseerimiseks.
  - Kiirgusjoontega tähtede optimaalne valim ajaliste muutuste jälgimiseks Gaia sinise ja punase fotomeetri (BP ja RP) kalibreeringutes.
  - Pekuliaarsete standardsete tähtede maapealsed spektrid enne ja pärast Gaia starti. Tartu Observatoorium.

# GAIA




*Frontispiece: Exploded view of the GAIA satellite.*

# Kasvuhoonegaaside arvestuse kvaliteedi parandamine Eestis

**Eesmärk:**

- **Täiustada maapinna kaugseire andmete kogumise ja töötlemise meetodeid, et kasutada neid CO2 neeldumise mudeldamiseks Eestis.**
- **Kirjeldus:**

  Projekt keskendub kasvuhoonegaaside sidumisvõime arvutamisele satelliitpiltide põhjal, mitte emissiooni hindamisele satelliidilt maapinna skaneerimisega saadud andmete alusel (mis on palju keerulisem ja vajab esmalt täiendavat alusuuringut). Kasvuhoonegaaside sidumisvõimet saab arvutada biomassi juurdekasvu alusel, kasutades multispektraalsete ja SAR-piltide (radarsatelliitide) analüüsi. Regio ning teadlased Tartu Ülikoolist ja tartu Observatooriumist.

# Elektrilised kahekihilised kondensaatorid kosmoserakendusteks I faas

**Eesmärk:**

- **Arendada projekti käigus elektrilisi kahekihilisi kondensaatoreid (EDLC). Mis oleksid 30-50% võrra paremate näitajatega (mahtuvus ja võimsus) kui olemasolevad kommertsialiseeritavad EDLCd.**
- **Kirjeldus:**

  Elektriliste kahekihiliste kondensaatorite seadmete arendamine, kasutades karbiidist eraldatud süsiniku nanopoorse struktuurse modifikatsiooni patenteeritud meetodeid, ja optimeeritud elektroodide tootmine eespool nimetatud materjalidest. Materjali saab optimeerida parameetriteni 100F/cm3 ja 110F/g.

  I etapi lõpus arendatakse suure energiatihedusega kondensaatori kontrollelemente ja lõpuks toodetakse viis EDCL eelprototüüpi, mida katsetatakse eri temperatuurides ja levitatakse. Skeleton Technologies.

# Eesti tudengite projekt  Est-cube !

ESTCUBE
ESTCUBE-1
eesti esimene
satellit
Satelliit on kuubi
kujuline mõõtudega
10 x 10 x 10 cm
ja kaalub 1,05 kg
1.10 €
EESTI
I.ILVES 2013
2013
ESTCUBE-1
The first Estonian
satellite
The satellite is cube
shaped measuring
10 x 10 x 10 cm
and weighing 1,05 kg

esa
proba
VEGETATION
QinetiQ
VNREDSat-1 VAST
ASTRIUM
ESTCUBE

# Kõrge täpsustasemega reflektori paneel

**Eesmärk:**

- **Töötada välja uue konstruktsiooniga reflektori paneel, mis toimib paremini võrreldesDSA1 ja DSA2ga.**
- **Kirjeldus:**

  Lähtudes New Norcia antenni loomise kogemusest, on Cerberose antenni reflektori paneelidele esitatavad täpsuse nõuded rangemad, et saavutada Ka-Bandis soovitud toimimine. Ajapiirangute tõttu valiti tol ajal lähenemisviis, mis jätab konstruktsiooni muudatused minimaalseks võrreldes New Norcia paneelidega. Ainukeseks konstruktsiooni muudatuseks oli isolatsiooni lisamine paneeli tagaküljele, et vähendada paneeli läbiva soojuse gradienti, mis omakorda piirab paneeli soojuskoormuse tõttu. Firma Vertex.

# ESA 35 m raadioteleskoop Austraalias

# Kiirguse ja temperatuuri põhjustatud iooniliselt elektroaktiivsete polümeersete materjalide kahjustused MEMSi seadmetel kosmoses (EAP4SPACE). I Etapp

**Eesmärk:**

- **Uurida kosmose äärmuslike tingimuste mõju süsinik-(polümeer)-ioonilis-vedelik (CIL) elektroaktiivsetele polümeersetele (EAP) materjalidele.**

- **Kirjeldus:**

  Projekti I etapi eesmärk on uurida iooniliste EAP materjalide ja neid sisaldavate seadmete töökindlust. Materjalid on vastuvõtlikud ioniseerivale ja mitte-ioniseerivale kiirgusele. Plaanis on uurida jääklaengute ning mehaanilisi ja elektromehhaanilisi mõjusid radiotsoonile ning temperatuuri mõju (järsk külmumine, ülessoojenemine ja ülekuumenemine). Tartu Ülikool.

# Taime üksikute müosiinide rolli uurimine gravitropismis

## Eesmärk:

- **Paremini mõista taimede üksikute müosiinide rolli uurimine gravitropismis.** Tallinna Tehnikaülikool.

# DVB-S2/RCS laiendatud sünkroniseerimine SDR platvormil

## Eesmärk:

- Arendada ja katsetada nüüdisaegset satelliitide modemit, toetades DVB/S2 ja DVB/RCS lainekujusid ja inkorporeerides sünkroseerimise täiustamiseks Modesat PilotSuncTM tehnoloogiat.

- Kirjeldus:
- Modesat Communications on teinud satelliitide valdkonnas suurel hulgal projekteerimis- ja simulatsioonitöid.

  Kuid äritegevuse keskmes on olnud lühilaine raadiotooted ning satelliitside tooteid ei ole veel elujõulise kommertstootena täielikult välja arendatud.

  Ehkki mikrolaine raadiotoodetega on tehnilisi sarnasusi, on ka olulisi erinevusi kanalite karakteristikas, signaali degradeerumises ja seadmete hinna elementides, mille tulemuseks on mitmesugused modemi konstruktsiooni piirangud.

  Selle teadus- ja arendusprojekti eesmärk on arendada täielikult välja satelliitside modem ja iseloomustada selle toimimist reaalses keskkonnas.

  Lõpptulemuseks  peaks olema valmis modemitoode täielikult dokumenteeritud toimimiskarakteristikutega, kaasa arvatud stsenaariumide identifitseerimine, mille puhul saavutatakse maksimaalne toimimine. Firma Modemsat

# Sadama süvendamise keskkonnaseire

**Eesmärk:**

- **Täiustada süvendustööde käigus vette sattunud ainete kindlaksmääramise metoodikat ja arendada asjakohast tarkvara. Mereinstituut.**

# Holteri seade südame löögisageduse ja vereringe parameetrite seireks Maal ja kosmoses

**Eesmärk:**

- **Uurida sellise portatiivse Holteri südame löögisageduse ja vereringe mõõtmise seadme rakendatavust, mis registreeriks ööpäeva jooksul patsiendi EKG (elektrokardiogrammi) signaali sünkroonselt pulsilaine signaaliga perifeersetel arteritel.** Firma Trenet.

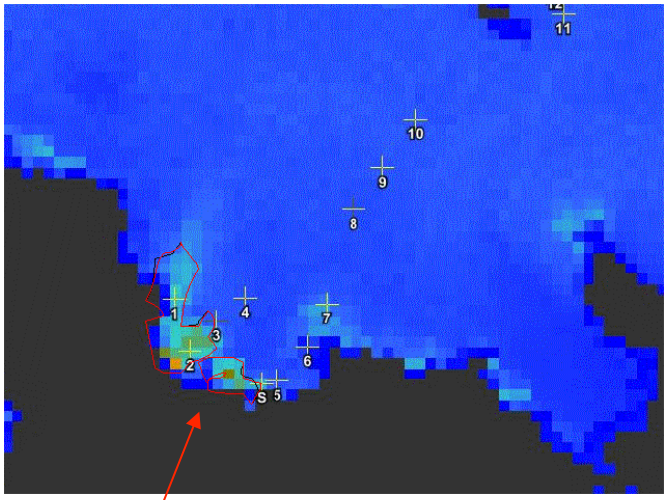
# Heljumi seire süvendustööde läbiviimisel

Sadamate ehitus, laiendus- ja süvendustööd nõutakse pidevat merekeskkonna seiret tööde läbiviimise ajal.

Euroopa kosmoseagentuuri vahendusel kättesaadavad optilised satelliitpildid võimaldavad hinnata süvendustööde käigus veesambasse tõstetud heljumi jaotust, ulatust ja kontsentratsiooni efektiivsemalt kui pinnamõõtmised, kuna satelliitpilt katab ulatusliku mereala.

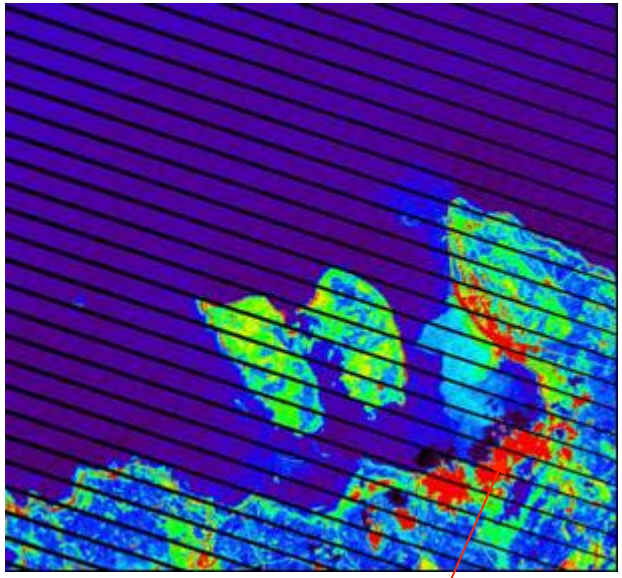
**Foto süvendustöödest Muuga sadamas**

**Süvendustööd Muuga sadamas satelliitpildilt 9.09.2009.**




Punase joonega on näidatud suurenenud heljumi kontsentratsiooniga ala Muuga sadamas läbiviidud süvendustööde ajal.

**Süvendustööd Paldiski Lõunasadamas Satelliitpilt 1.08.2008**



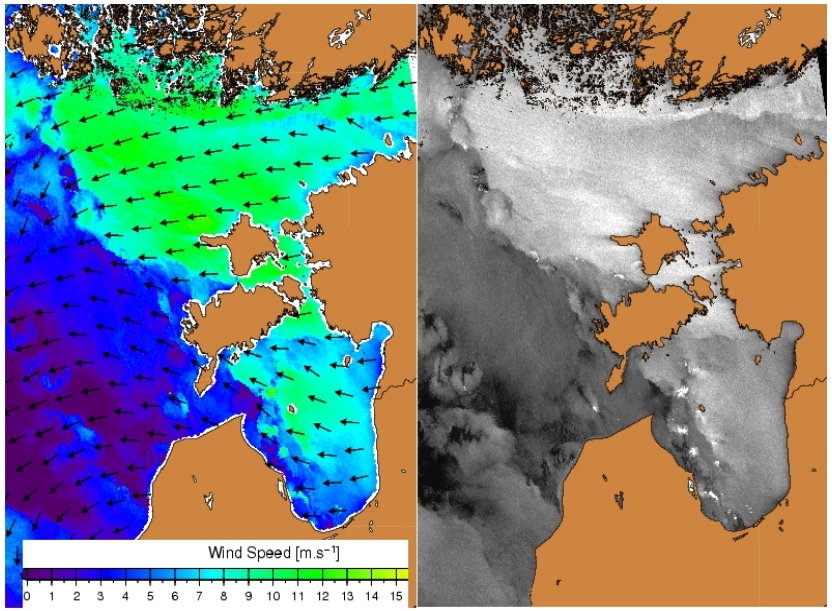
Kõrge heljumi kontsentratsiooniga ala Pakri lahes Paldiski Lõunasadamas süvendustööde läbiviimise ajal

# Meretuule hindamine satelliitpiltidelt võimalike tuuleparkide asukoha tarvis

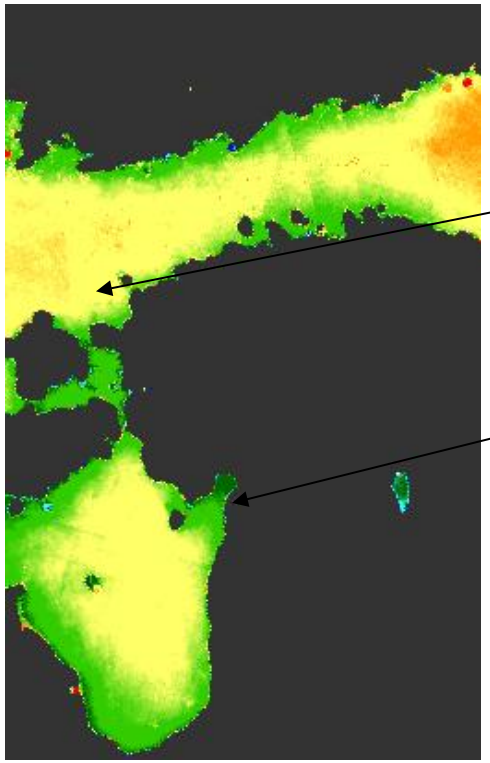
Taastuvenergia arendamine on üks Eesti energiapoliitika võtmeküsimusi. Tuuleparke on Eestis siiani rajatud vaid maismaale, kuid projekteerimisetapis on ka mitmeid meretuuleparke. Satelliitpiltidelt on võimalik hinnata meretuult ja selle põhjal valida välja sobivamad alad meretuuleparkide rajamiseks.

Meretuul hinnatuna radaripildilt, roheline piirkond on tugevama tuulega ala ja nooled näitavd tuule suunda

Radaripilt, mille põhjal arvutati meretuule kaart




Keskmine tuule kiirus eesti rannikumeres septembris oktoobris 2009



Tugeva tuulega rannikumere piirkond

Nõrgema tuulega rannikumere piirkond

# Myotoni seadme arendamine

**Eesmärk:**

**Myotoni seadme kasutuselevõtt ja integreerimine lihaste diagnostikaks kosmosesektoris, astronautide lihaste omaduste ja seisukorra hindamiseks lennueelse, -aegse ja -järgse seire eesmärgil. Seade võimaldab arvestada astronaudi lihaste arengut, atrofeerumise progresseerumist ja lennuaegse treeningu tõhusust.** Firma Myoton.

# Myoton Pro kosmosesektoris

- Kirjeldus:

  Myoton AS on välja töötanud meditsiinilise diagmostikaseadme MyotonPro, mis võimaldab objektiivselt ja mitte-invasiivselt mõõta pindmiste sketilihaste toonust ja biomehhaanislisi omadusi.

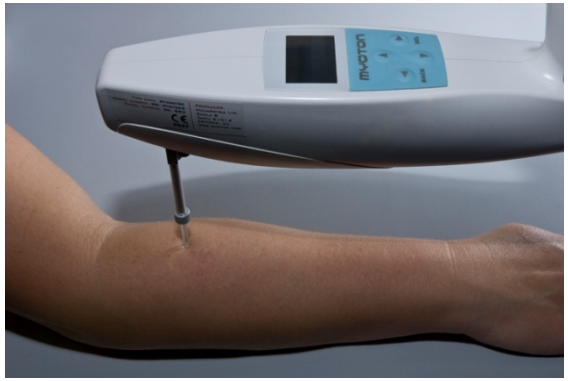
  Myoton´i tehnoloogia on andnud häid tulemusi teadusuuringutes töötervishoius ja spordimeditsiinis.

  Koostöös inglise teadlastegaettevalmistamisel kliiniliste uuringute pakett.
- Kosmoses:

  MyotonPro võimaldab hinnata lihaste seisundit, et määrata optimaalseid treeningkoormuseid vältimaks astronautide lihaste taandarengut kosmoselendudel.
- Läbimurre:

  Myoton AS esitas 2010 jaanuaris edukalt ESA PECS programmi projektitaotluse “Myoton´i seade pindmiste skeletilihaste toonuse ja biomehhaaniliste omaduste mõõtmiseks meditsiinis”. 2- aastase uurimis- ja arendustöö maksumusest ligi 400 000 eurot finantseerib ESA.

# Myoton Pro



# Katsetus 0-gravitatsiooni tingimustes

# Optilise radiomeetria rakendusteenused veekeskkonna jälgimiseks

- **Eesmärk:**
- **Luua veekeskkonna optiliste parameetrite testimiseks Põhjamaade testimiskeskus, kus oleks võimalik kaugseire rakendusi testida.**
- **Kirjeldus:**
- Projekti eesmärk on Põhjamaade veekeskkonna optiliste parameetrite testimiskeskuse loomine veepinna kaugseire rakenduste jaoks. Teenused hõlmavad kogu maapinna mõõtmiseks vajaliku ahela toetamist alates mõõteseadiste arendamisest kuni kvaliteedikontrolli ja satelliidi andmete kontrolli tagamiseni.

# Satelliitide kasutamine põllumajanduses

# TÄNAN TÄHELEPANU EEST!