



ZARAS

Zavod za radijsko astronomijo

Radijski teleskop

dr. Rok Vogrinčič, Andrej Brešan mag. fiz. in Vid Primožič mag. fiz.

31. Slovenski festival znanosti z mednarodno udeležbo

“Iz narave v raziskovalni laboratorij”

Ljubljana, 24. 9. 2025

Interreg
Italia-Slovenija



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancia
Evropska unija

Fondo per piccoli progetti GO! 2025
Sklad za male projekte GO! 2025

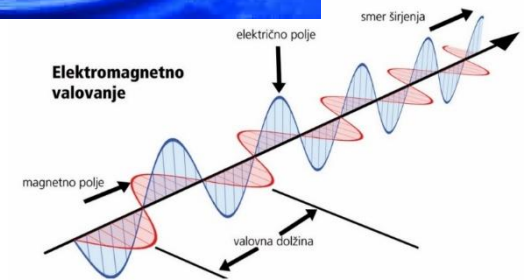
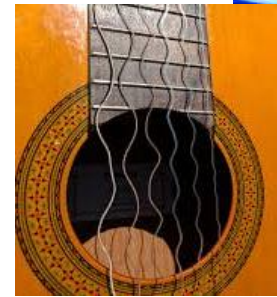
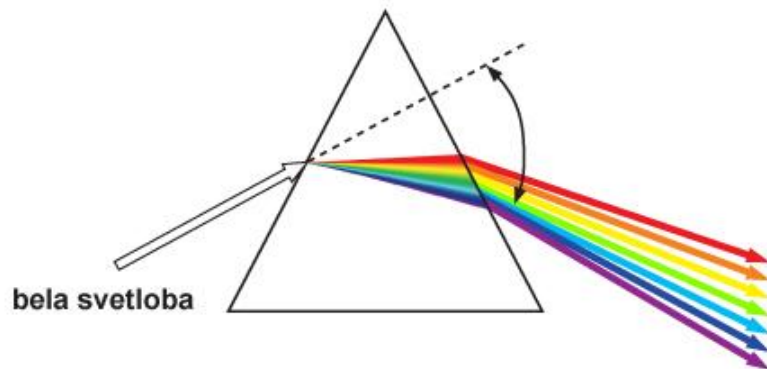
GO! 2025
GO! 2025

GO! 2025
NOVA GORICA
GORIZIA

Evropska prestolnica kulture
Capitale europea della cultura
European Capital of Culture

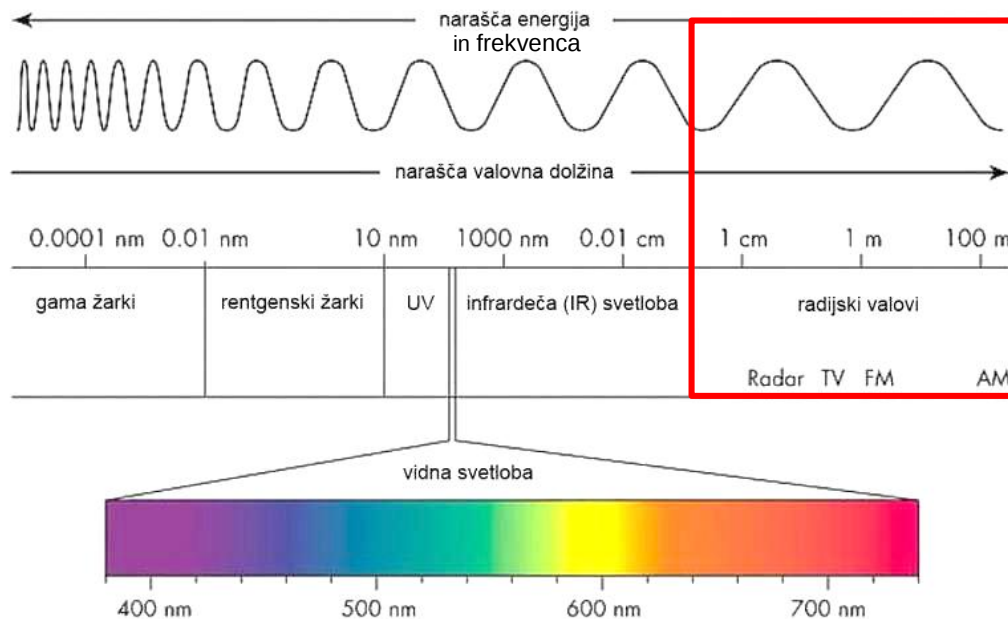
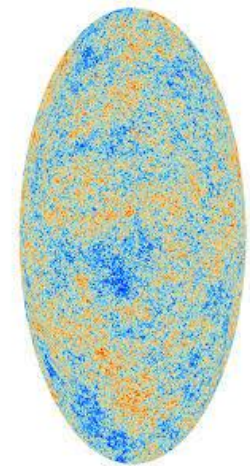
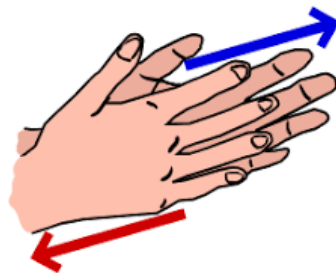
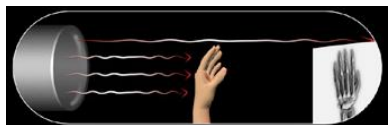
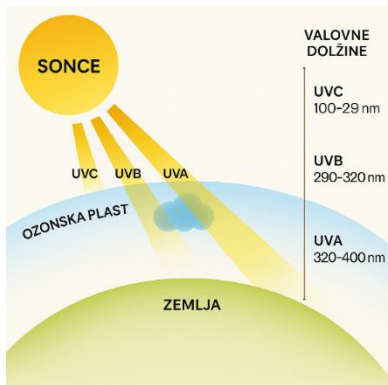
Uradni program
Programma ufficiale
Official programme

Uvod v svetlobo



- Elektromagnetno valovanje
- Perioda T (s)
- Valovna dolžina λ (m)
- Frekvenca f (Hz ali $1/s$), $f = 1/T$
- Lomni količnik n , $n = n(\lambda) = n(f)$
- Disperzija

Uvod v svetlobo

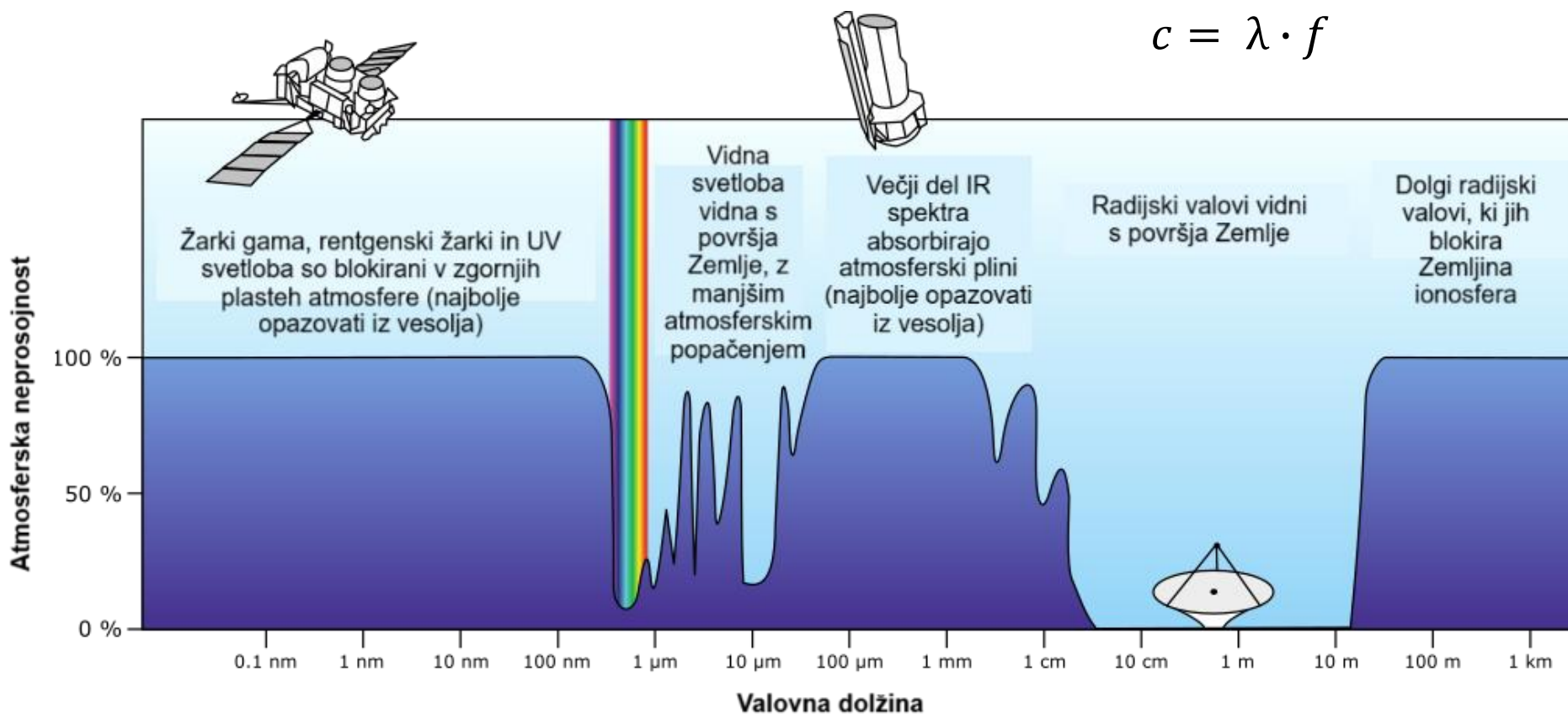


Uvod v svetlobo

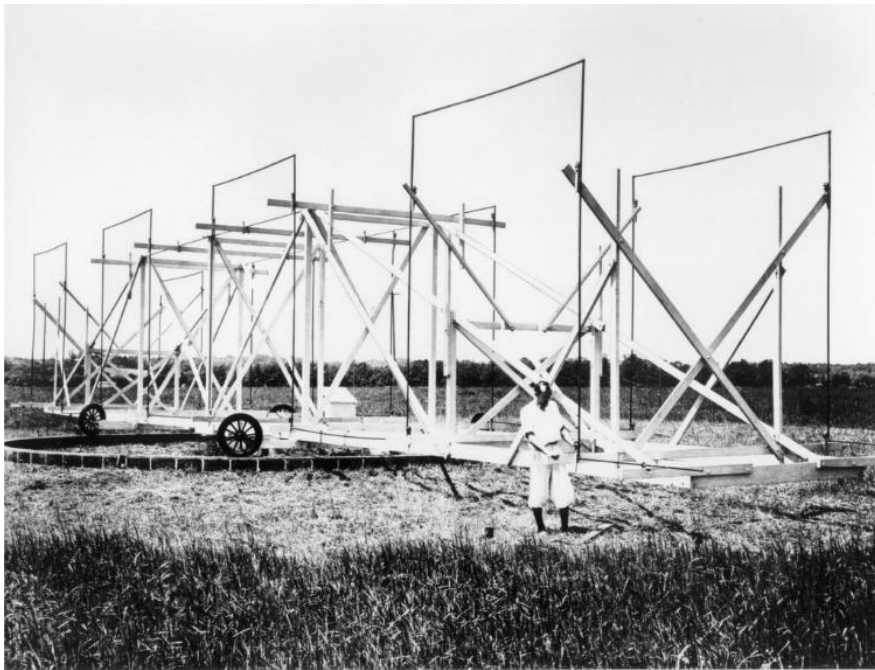
Hitrost svetlobe $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s

Zveza med valovno dolžino in frekvenco:

$$c = \lambda \cdot f$$



Zgodovina radijske astronomije



Karl Jansky in njegova vrtljiva usmerjena radijska antena (zgodnja trideseta leta 20. stoletja). Prvi radijski teleskop na svetu, ki je sprejemal pri frekvenci 20,1 MHz.

- Zasledil “sikanje” vsakih 23 ur in 56 minut
- Izvor v smeri ozvezdja Strelec
- Spektralna gostota toka (S) ima enoto Jy:

$$1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1} \text{ (SI)}^{[2]}$$

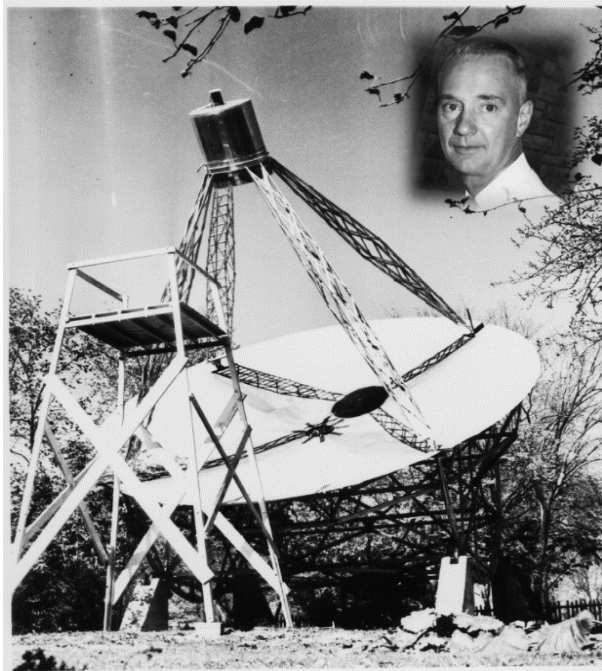
$$1 \text{ Jy} = 10^{-23} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1} \text{ (CGS)}.$$



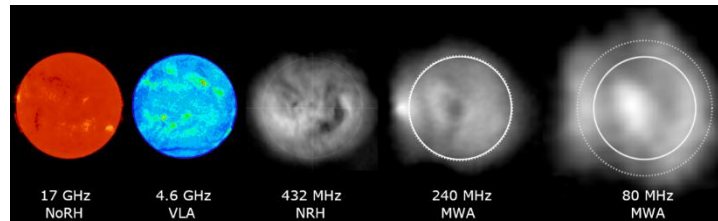
- Najsvetlejši radijski izvori imajo $S \approx 1 - 100$



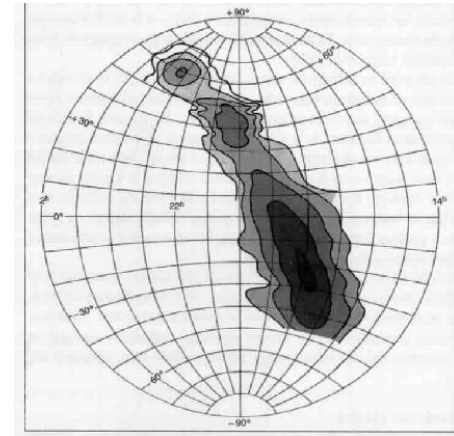
Zgodovina radijske astronomije



Parabolični reflektor s premerom 9,5 m, ki ga je leta 1937 zgradil Grote Reber v Wheatonu, Illinois, ZDA.

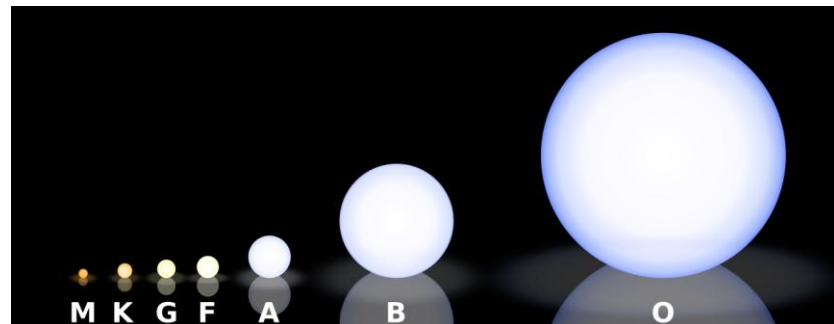
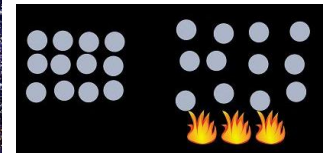
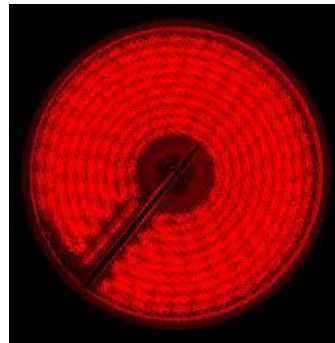
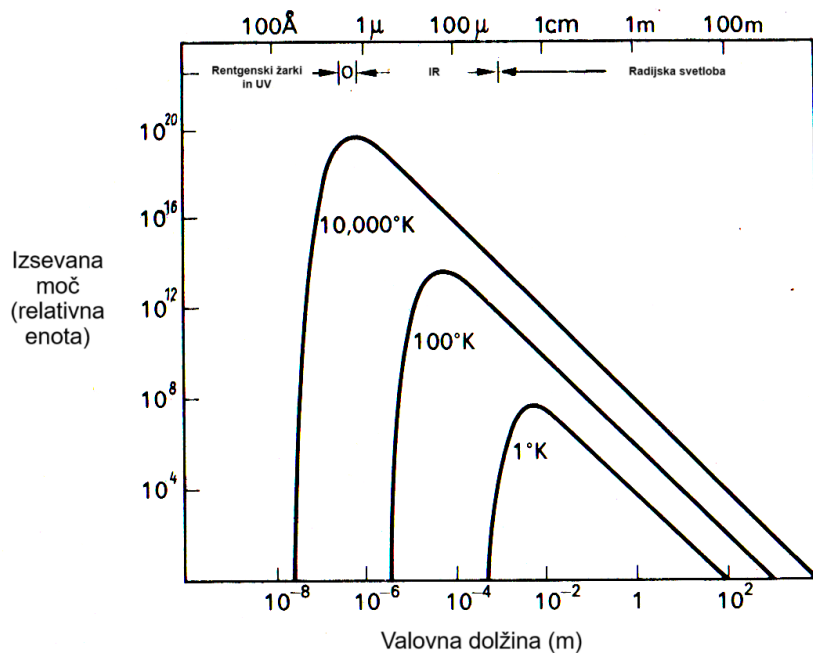


- Opazovanje pri valovni dolžini 1,9 m
- Pridobil prve radijske zemljevide Rimske ceste
- Domneval, da je izvor sevanja izvenzemeljski
- 1942 – detekcija radijske emisije s Sonca
- 1944 - Van de Hulst napove obstoj radijske emisije pri valovni dolžini 21 cm
- Začetki radijske interferometrije
- 1951 – Eksperimentalni dokaz 21 cm črte
- V 60. letih razvili Interferometrijo dolge bazne črte (VLBI)



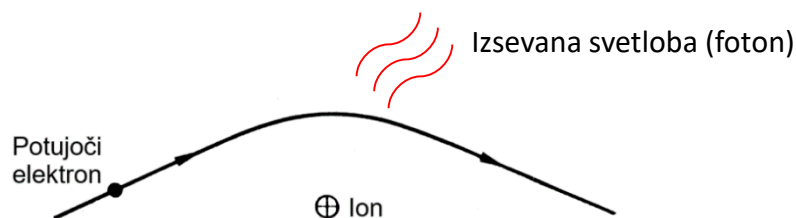
Nastanek radijskega valovanja

- Termično sevanje trdnin in plinov

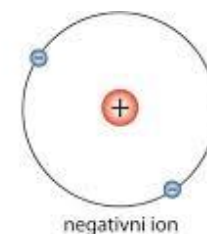
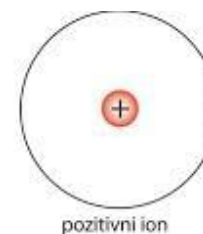
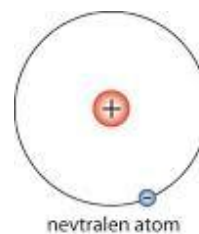
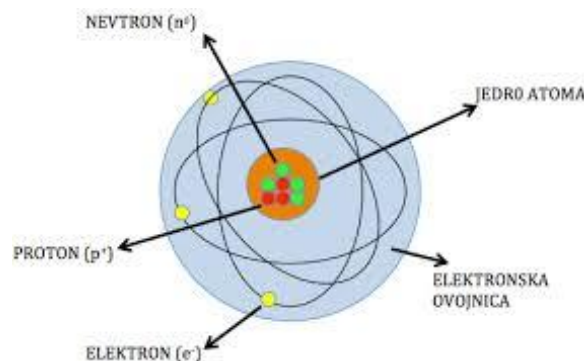
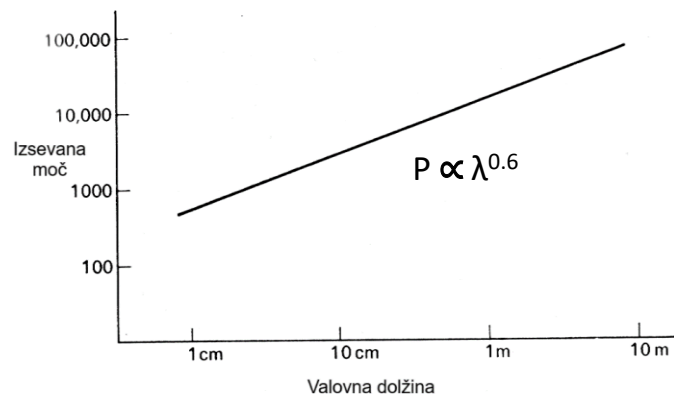


Nastanek radijskega valovanja

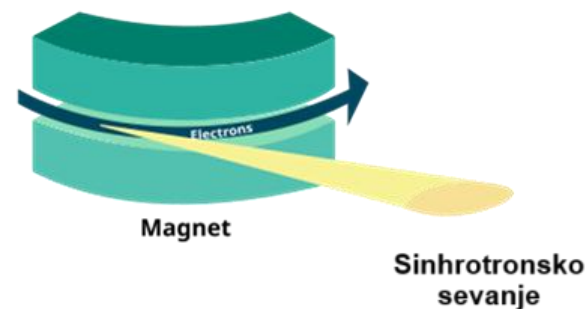
- Netermično sevanje plinov



(zgoraj) Primer zavornega sevanja v okolici pozitivnega iona;
(spodaj) Tipičen spekter netermičnega sevanja.

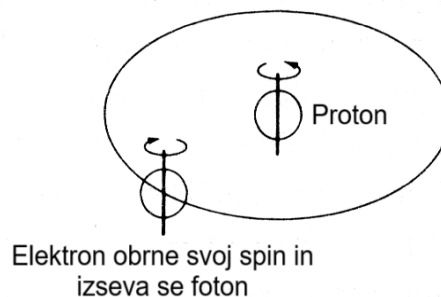
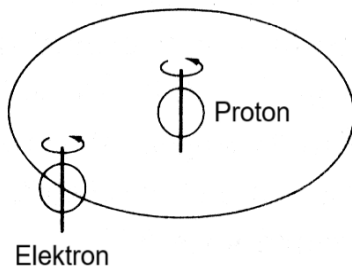


(desno) Primer
sinhrotronskega
sevanja, ki nastane pri
gibanju elektronov v
magnetnem polju



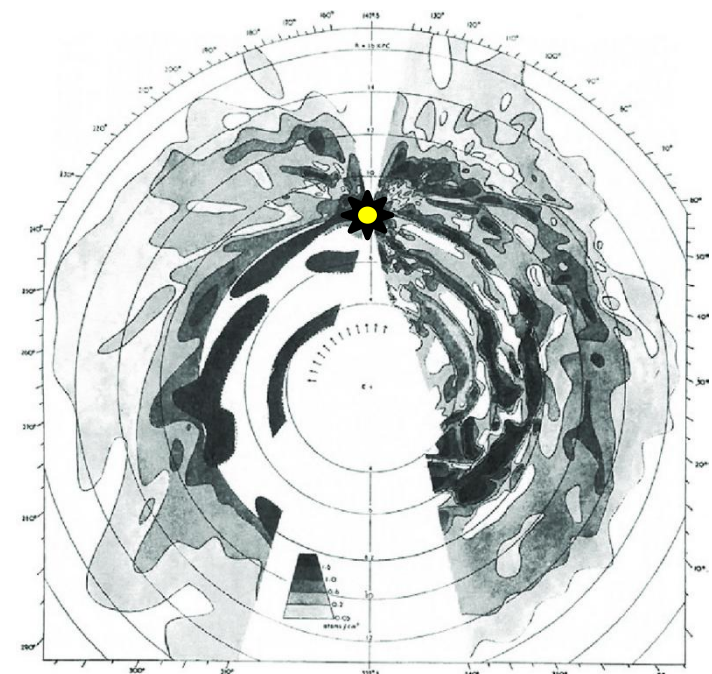
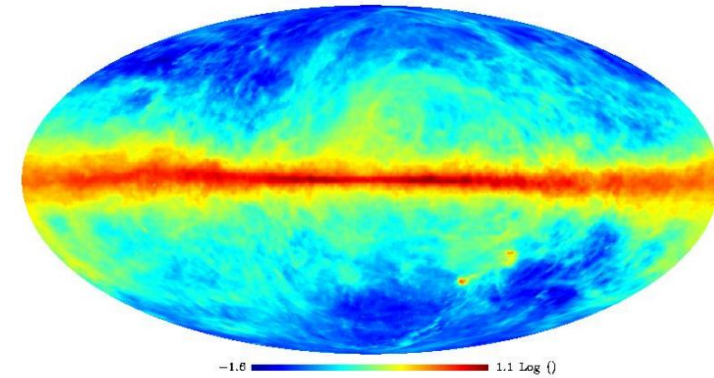
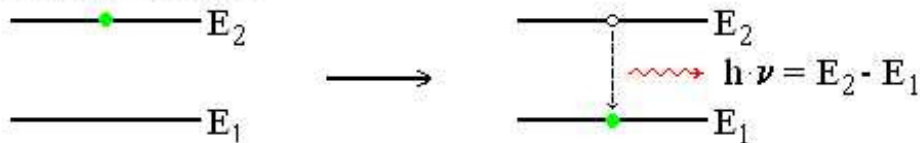
Nastanek radijskega valovanja

- Sevanje nevtralnih atomov vodika (HI)



- Nastanek vodikove spektralne črte pri 21 cm valovne dolžine.
- Verjetnost naravnega prehoda je 1 na 11 milijonov let!

spontana emisija



Zakaj emisija OH?



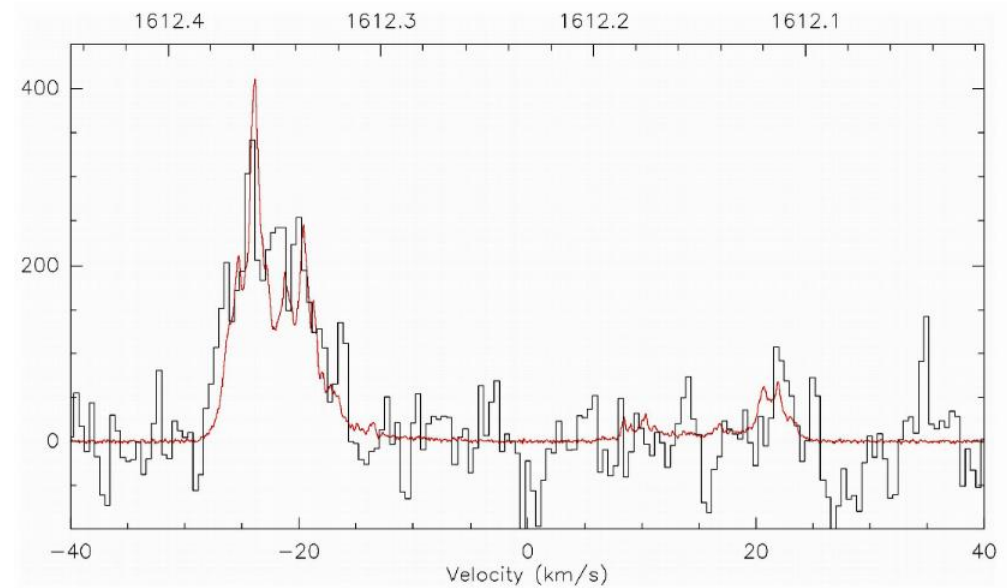
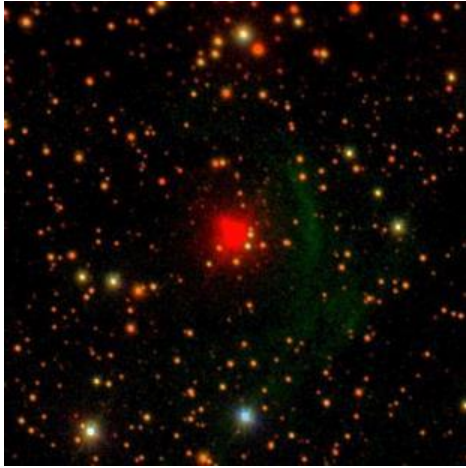
- Fotodisociacija:



- Nesparjeni elektron v OH in jedrski magnetni moment v H ustvarita serijo emisij v IR in radijskem spektru.
- Količina vode v vesolju (opazovanje kometov) in njen izvor na Zemlji.

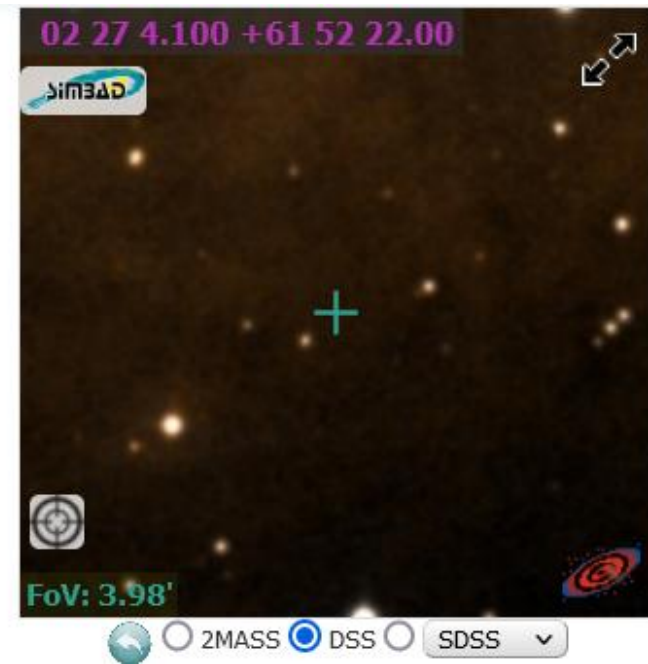
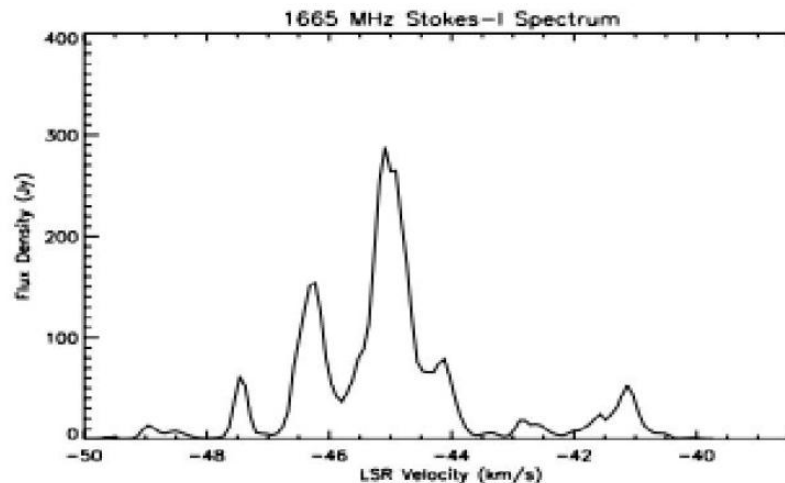


Zakaj emisija OH?



- NML Cygni je rdeča hiper-orjakinja v ozvezdju Laboda
- Meglica, ki obkroža zvezdo kaže podolgovato asimetrično obliko, ki je v skladu s porazdelitvijo H_2O plinastega maserja (naravni izvor stimulirane emisije)
- Zvezda ima dve diskretni optično gosti ovojnici plina in prahu. Nastanek prašnih ovojnic je posledica močnega zvezdnega vetra, ki ima hitrost okoli 23 km/s
- **Poskusili bomo oceniti polmer plinaste OH ovojnice zvezde.**

Zakaj emisija OH?

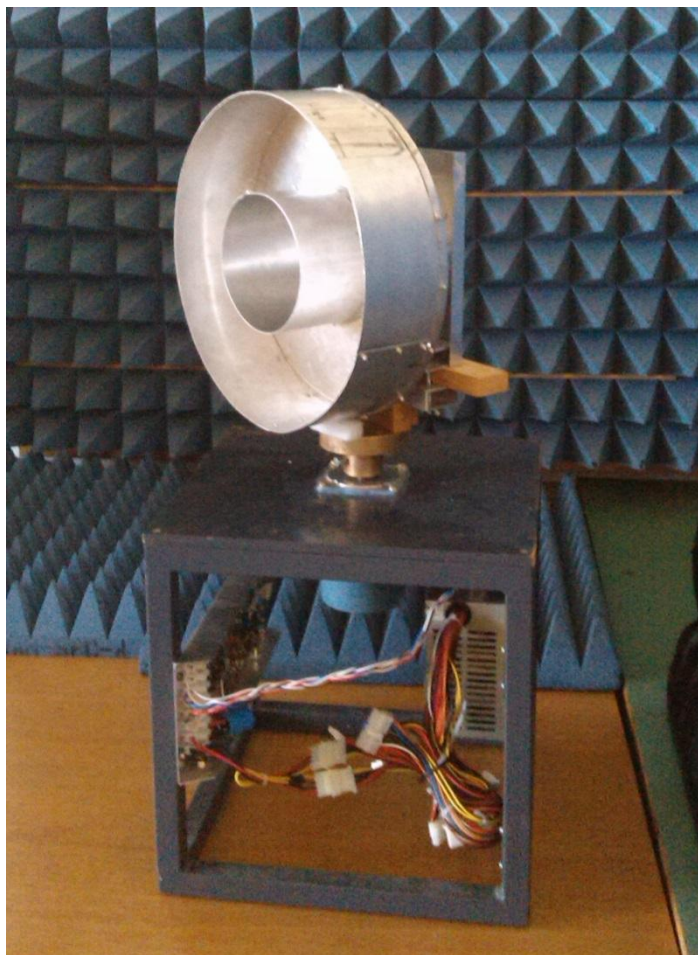


- Območje nastajanja zvezd v spiralnem rokavu Galaksije v ozvezdju Kasiopeje
- Študija novorojenih, masivnih zvezd, ki segrevajo prah in plin v njihovi okolici
- Opazovali bomo emisijsko črto pri 1612 MHz ter črti pri 1665 in 1667 MHz
- **Ocenili bomo hitrost s katero se opazovani oblaki gibajo okrog središča Galaksije.**

Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



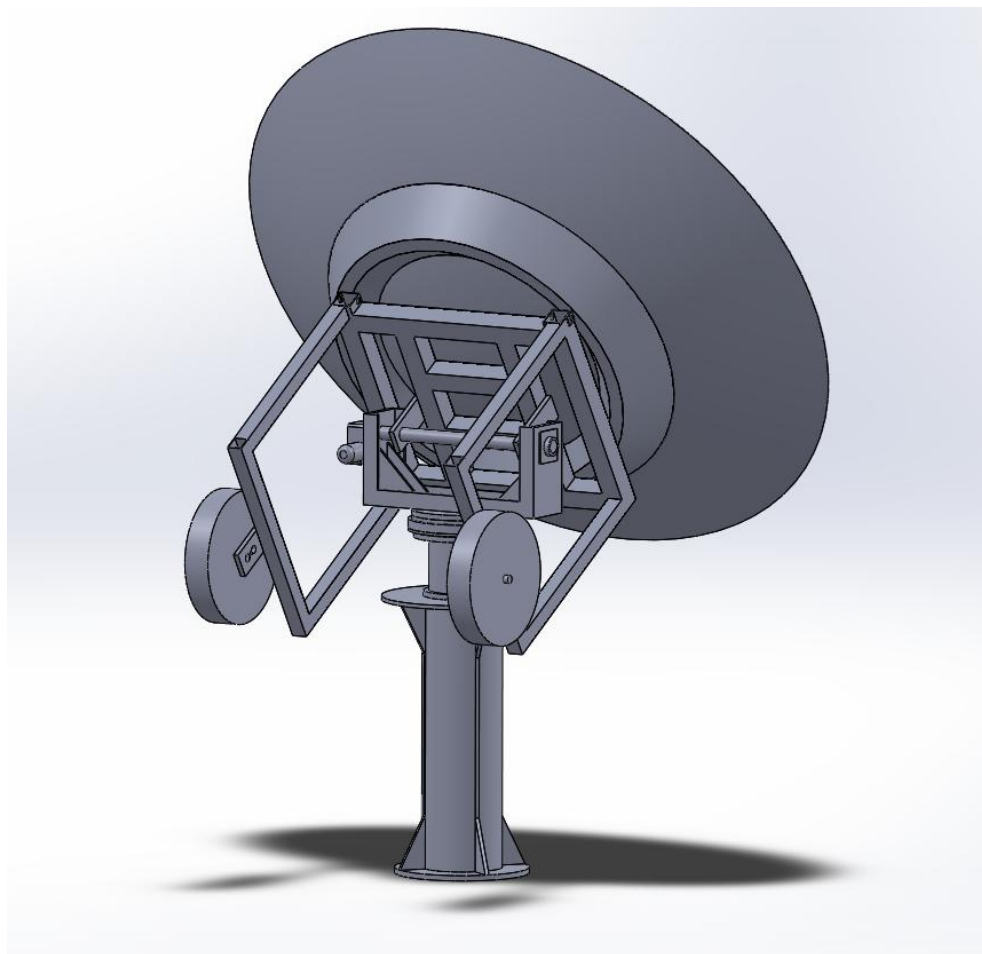
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



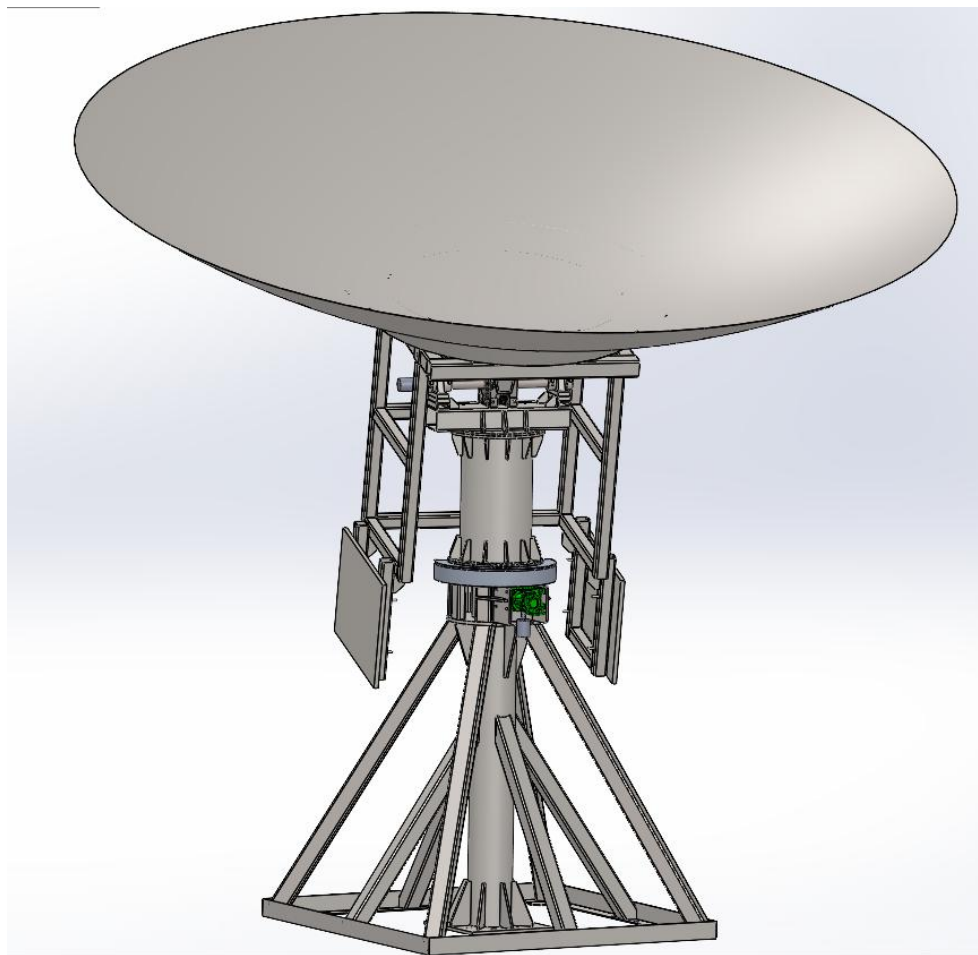
Radijski teleskop Miren-Nova vas



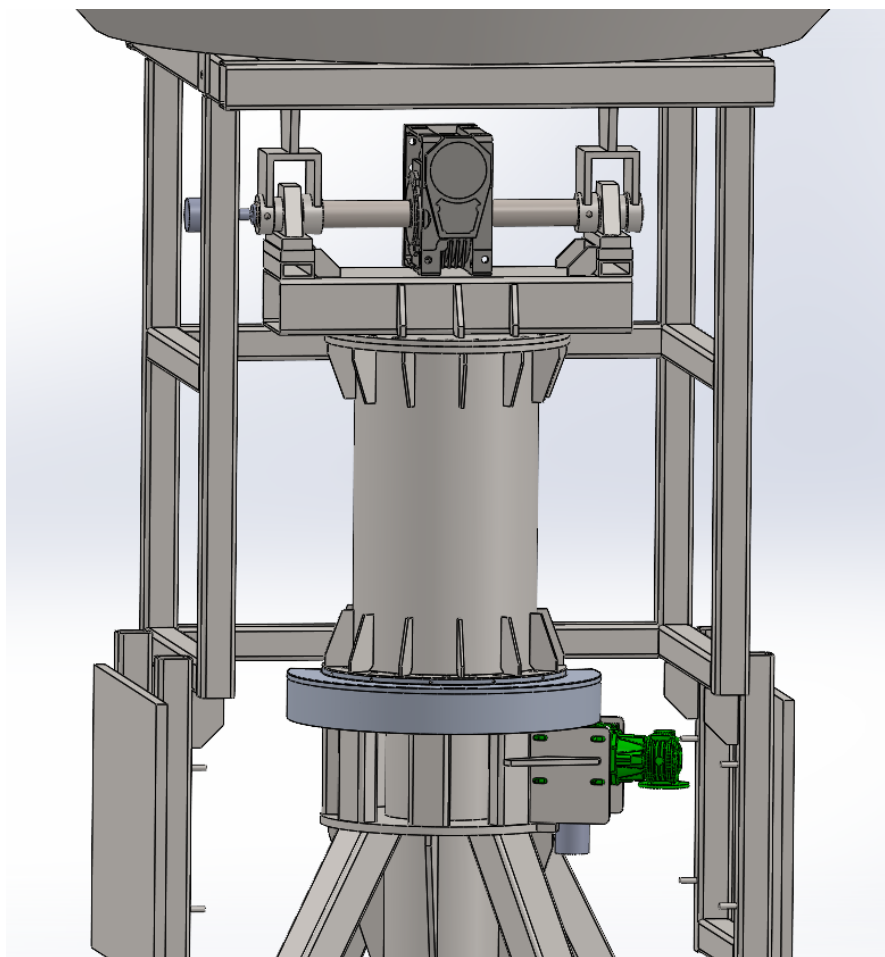
Radijski teleskop Miren-Nova vas



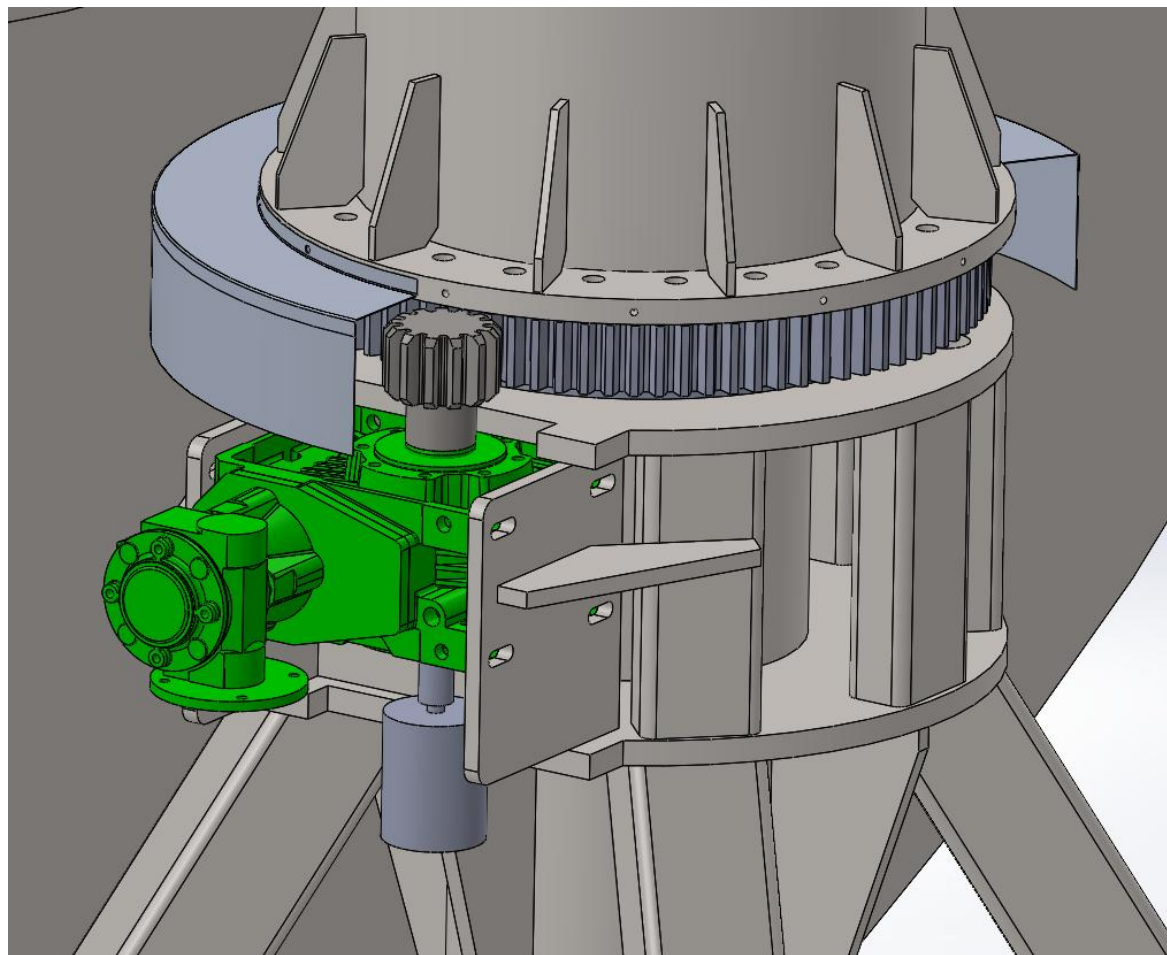
Radijski teleskop Miren-Nova vas



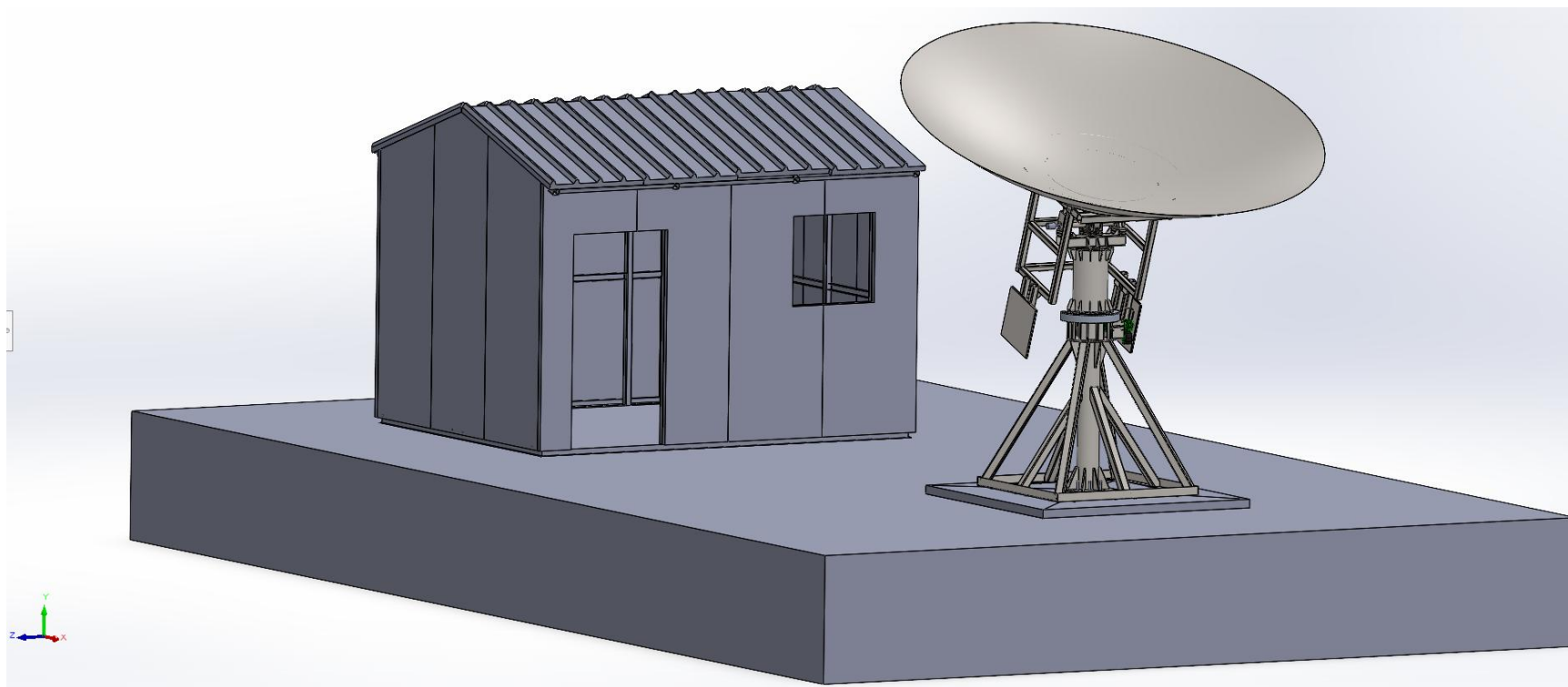
Radijski teleskop Miren-Nova vas



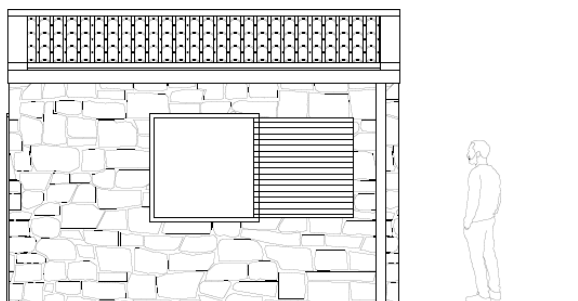
Radijski teleskop Miren-Nova vas



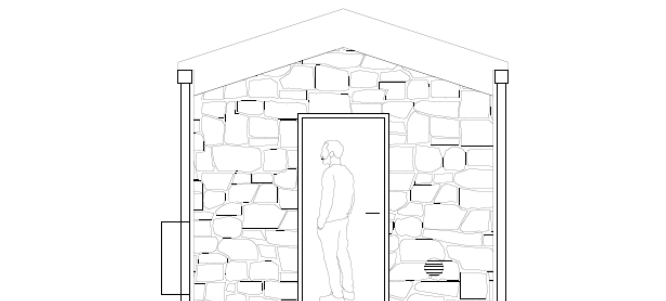
Radijski teleskop Miren-Nova vas



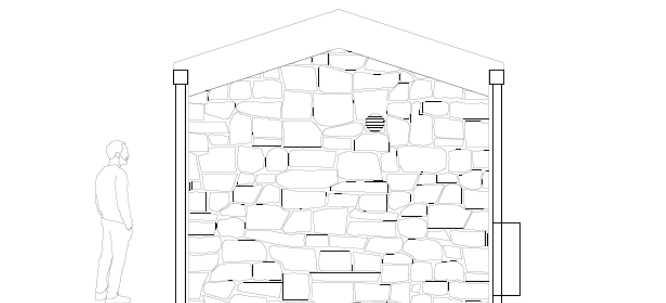
Radijski teleskop Miren-Nova vas



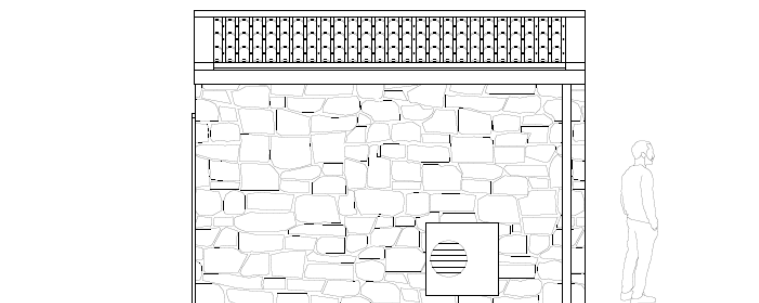
FASADA JUG



FASADA ZAHOD



FASADA VZHOD



FASADA SEVER

Architectural floor plan of a radio telescope cabin. The plan shows a rectangular room with a central table (miza 340x60cm) and two chairs. The room is surrounded by a thick wall with various openings and utility points. Dimensions are provided in meters (m) and centimeters (cm). The total area is 8.16m².

Dimensions:

- Overall width: 4.00m
- Overall depth: 3.50m
- Table width: 3.40m
- Table depth: 0.60m
- Room width (excluding walls): 1.65m
- Room depth (excluding walls): 1.00m
- Wall thickness: 0.20m
- Door width: 1.00/230cm
- Window width: 1.65m
- Door height: 1.15m
- Table height: 0.90m
- Room height: 2.40m
- Room height (excluding ceiling): 3.30m
- Room height (including ceiling): 3.50m

Components and Labels:

- zunanja enota klimatske naprave (external climate unit)
- el. vtičnica 3x (3x electrical outlet)
- elektro omarica z varovalkami (electrical cabinet with fuses)
- dovod elektro voda v objekt (electrical water supply to the building)
- dovod telekomunikacijskega voda v objekt (telecommunication water supply to the building)
- notranja enota klimatske naprave (internal climate unit)
- vrata PVC v antracit barvi 100/140cm (PVC doors in anthracite color 100/140cm)
- stikalo za vklop luči (light switch)
- zračnik fi20cm z zunanjo in notranjo rozeto p=30cm (20cm diameter air vent with external and internal grille p=30cm)
- el. vtičnica 6x (6x electrical outlet)
- žleb v antracit barvi (anthracite color channel)
- okno PVC v antracit barvi 100/140cm (PVC window in anthracite color 100/140cm)
- enodelno polkno alu v antracit barvi 100/140cm (single-leaf folding aluminum in anthracite color 100/140cm)
- omara 200x60cm (cabinet 200x60cm)
- keramika 8,16m² (ceramic 8.16m²)
- miza 340x60cm (table 340x60cm)
- p=90 100/140 (p=90 100/140)
- 20cm lokalni kamen (20cm local stone)
- 5cm EPS (5cm EPS)
- 20cm opečni zidak (20cm brick)
- 2cm omet (2cm plaster)
- zračnik fi20cm z zunanjo in notranjo rozeto p=210cm (20cm diameter air vent with external and internal grille p=210cm)
- krmilnik za teleskop 40x40x20cm p=90 (telescope control 40x40x20cm p=90)
- predalnik pod mizo 60x60cm (drawer under the table 60x60cm)
- el. vtičnica 2x (2x electrical outlet)
- odvod meteorne vode iz žleba v ponikanje (meteor water drain from the channel into the ground)
- dovod elektrike do radioteleskopa (electrical supply to the radio telescope)
- dovod telekomunikacijskega voda do radioteleskopa (telecommunication water supply to the radio telescope)
- vertikala žleba v antracit barvi (vertical channel in anthracite color)

Area:

- KVADRATURA NETO: 8,16m² (Net area: 8.16m²)

Radijski teleskop Miren-Nova vas



8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

1 KOS

12,00 ± 0,50

8,50 ± 1,00
37,00 ± 1,00
23,75 ± 1,00

8,50 ± 1,00
135,50 ± 1,00

128,25 ± 1,00

101,00 ± 0,50

15,00

125,00 ± 1,00

350,00 ± 1,00

1 KOS

24x Ø 13,00 $\begin{smallmatrix} +1,00 \\ 0,00 \end{smallmatrix}$

Ø 430,00 ± 1,00

R 188,50 ± 0,50

7,5° ± 1,00°
360°/24 = 15°

Ø 430,00 ± 1,00

2 KOS

60,00 ± 1,00

20,00

2 x Ø 14,00 $\begin{smallmatrix} \nabla 42,00 \\ \nabla 32,00 \end{smallmatrix}$
M16 - 6H $\nabla 32,00$

M16

200,00 ± 1,00

27,00 ± 1,00

146,00 ± 1,00

C C

30,00 ± 0,50

SECTION C-C

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR
ANGULAR

FINISH:

DRAWING AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

TITLE

DWG NO.:
vilice_pločevina

A3

SCALE: 1:3

SHEET 1 OF 1

WEIGHT:

MATERIAL:

Q.A.

MFG:

APPV:

CHKD:

NAME

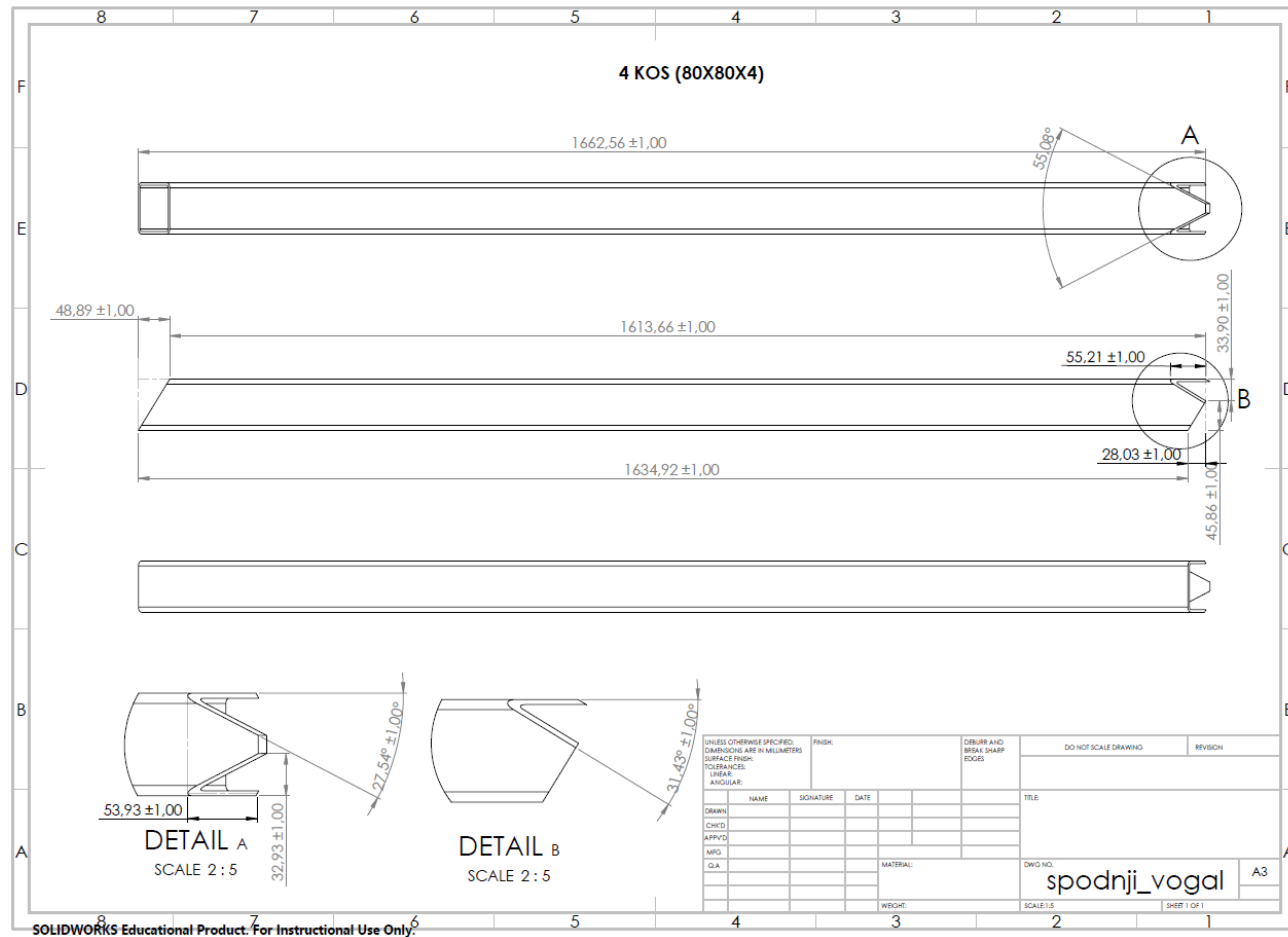
SIGNATURE

DATE

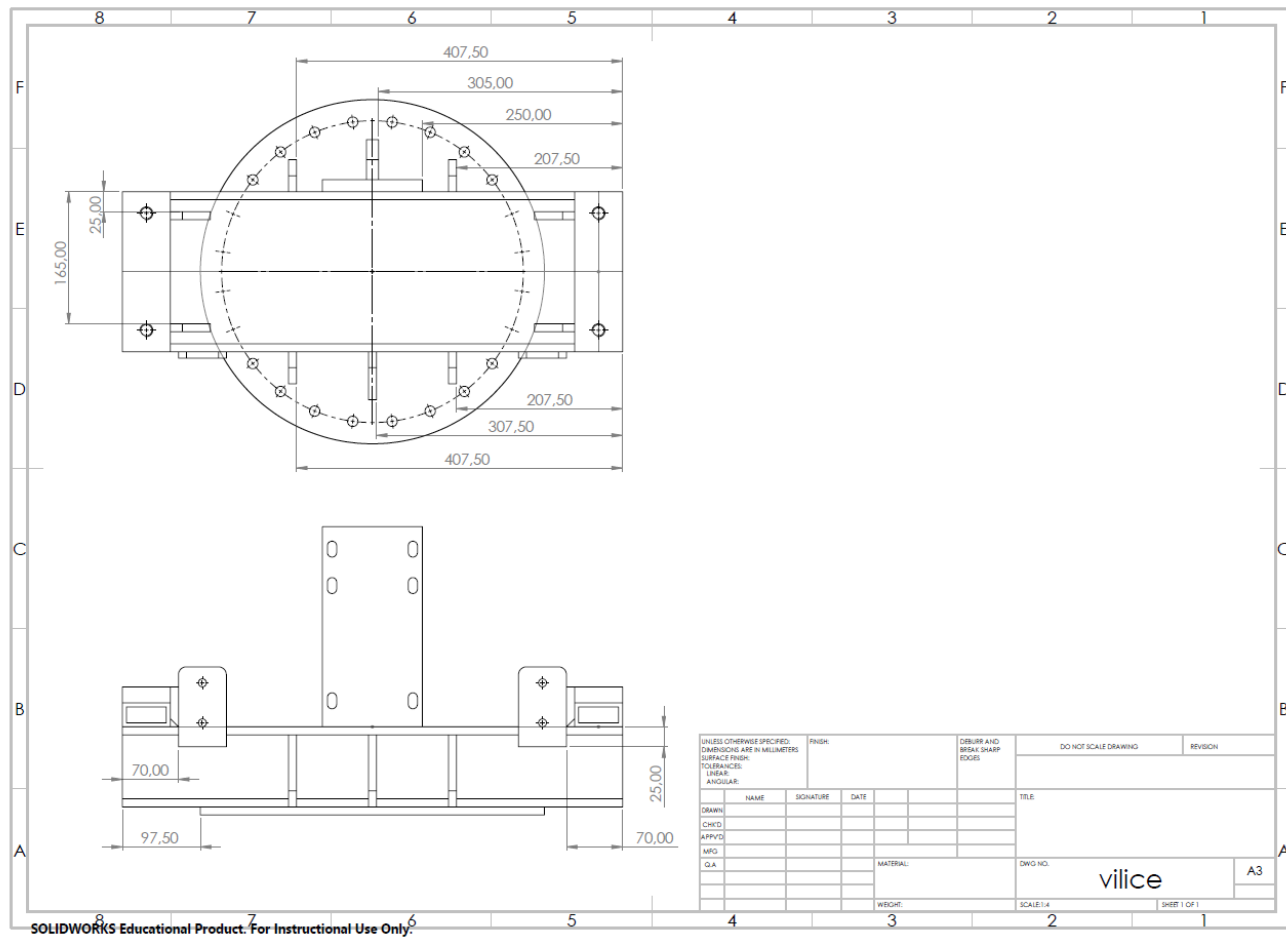
8 7 6 5 4 3 2 1

SOLIDWORKS Educational Product For Instructional Use Only

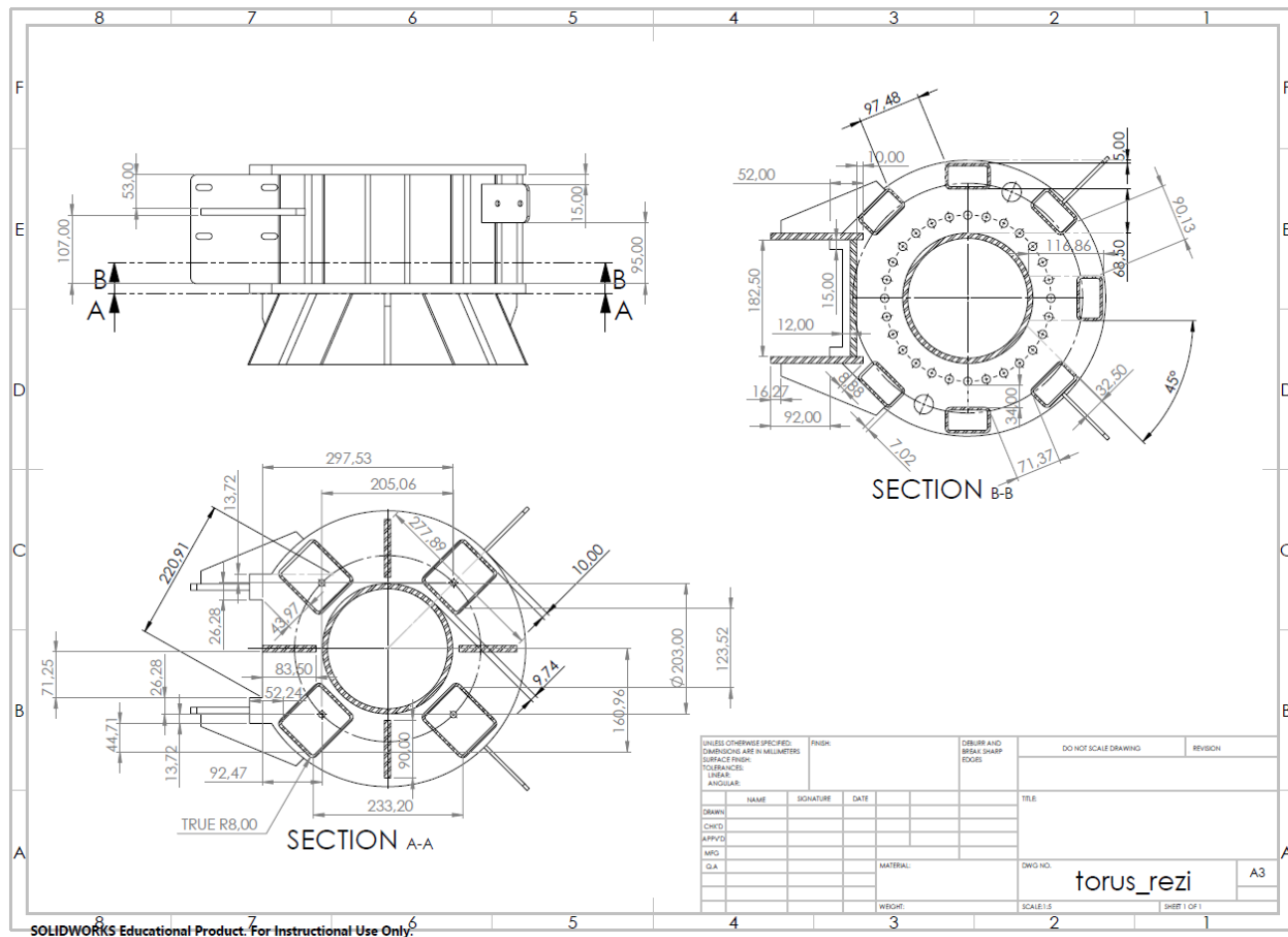
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



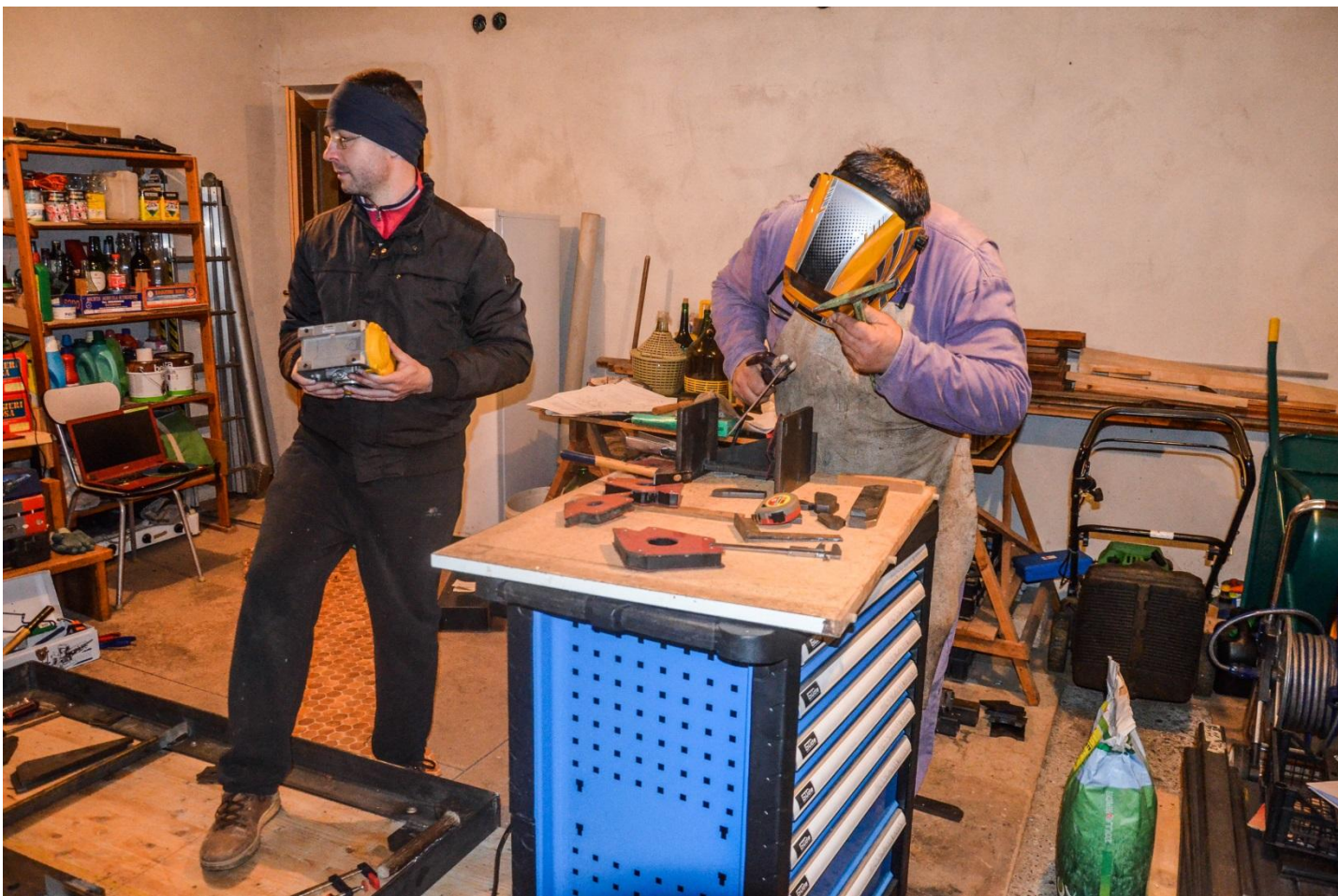
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



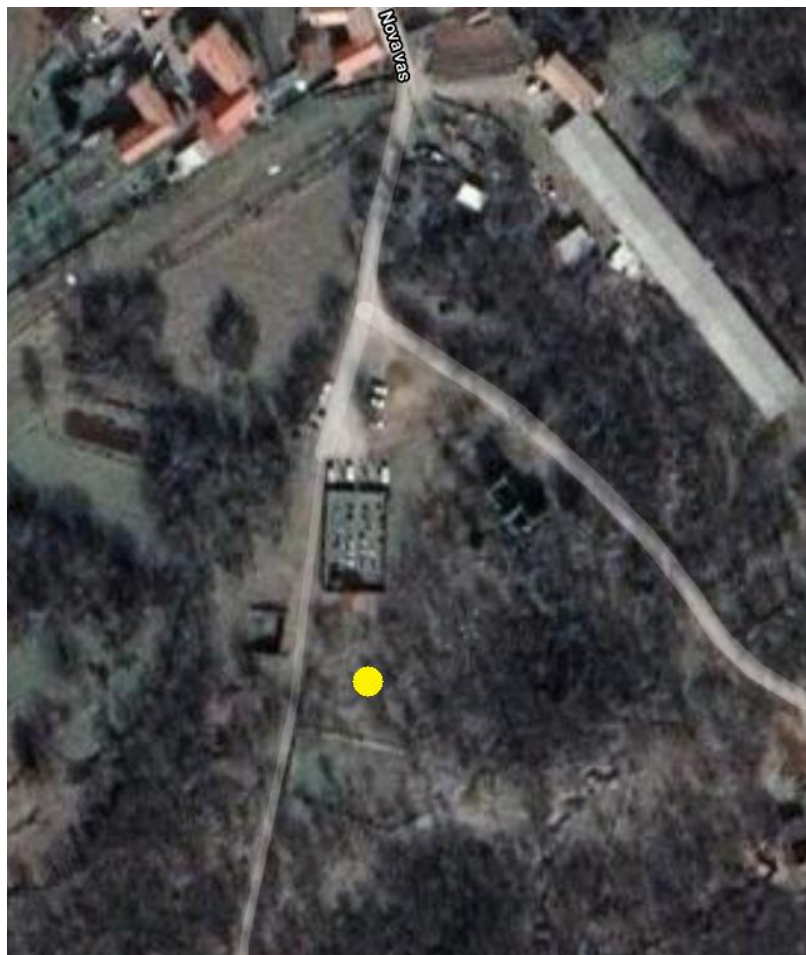
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



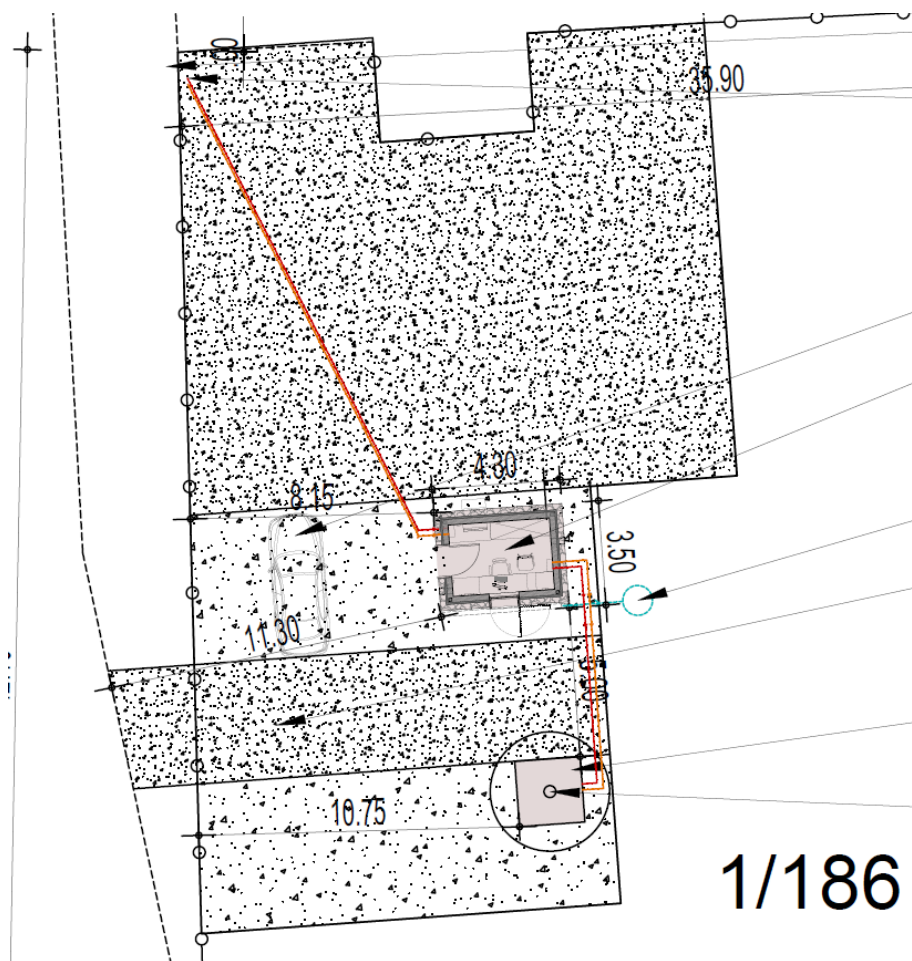
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas

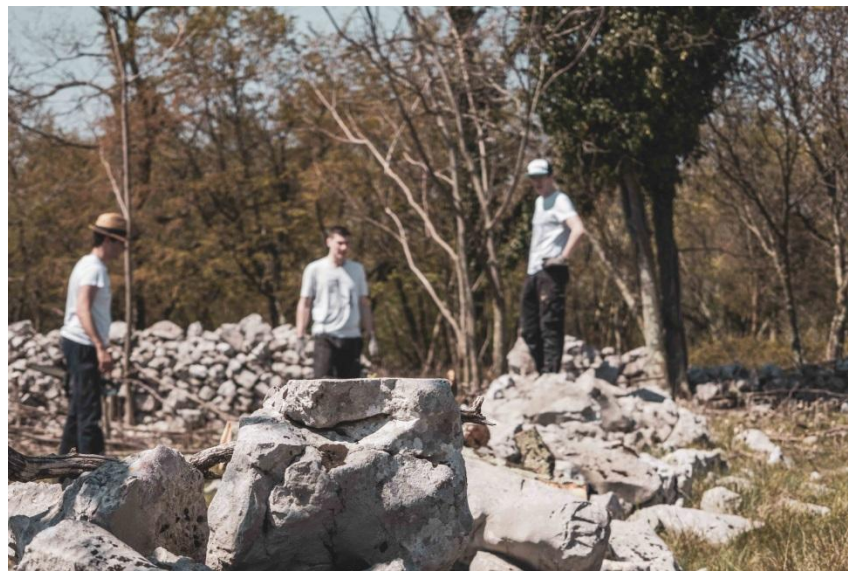
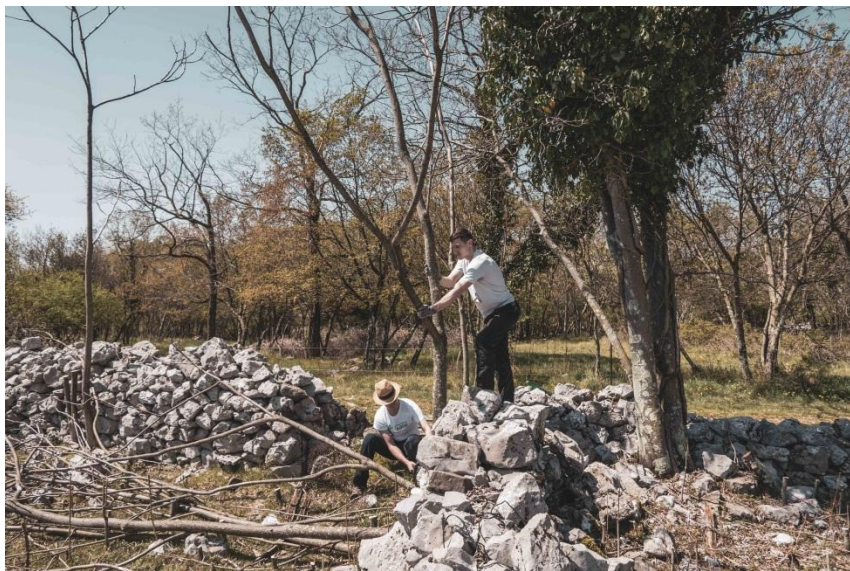


Radijski teleskop Miren-Nova vas



1/186

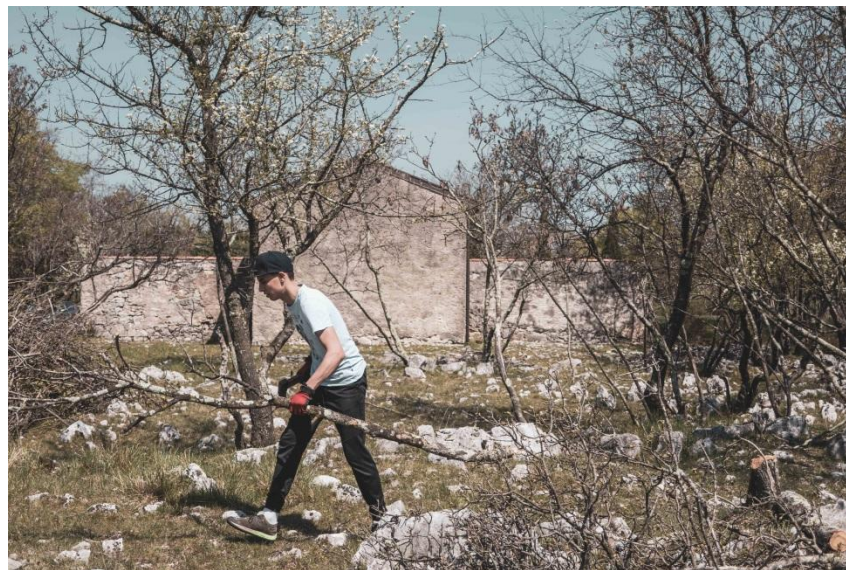
Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Razpis za male projekte GO! 2025



Circolo culturale Farra d' Isonzo



Prenos parabole



Prenos parabole



Prenos parabole



Prenos parabole



Prenos parabole



Prenos parabole



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Gradnja Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Radijski teleskop Miren-Nova vas



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



Montaža



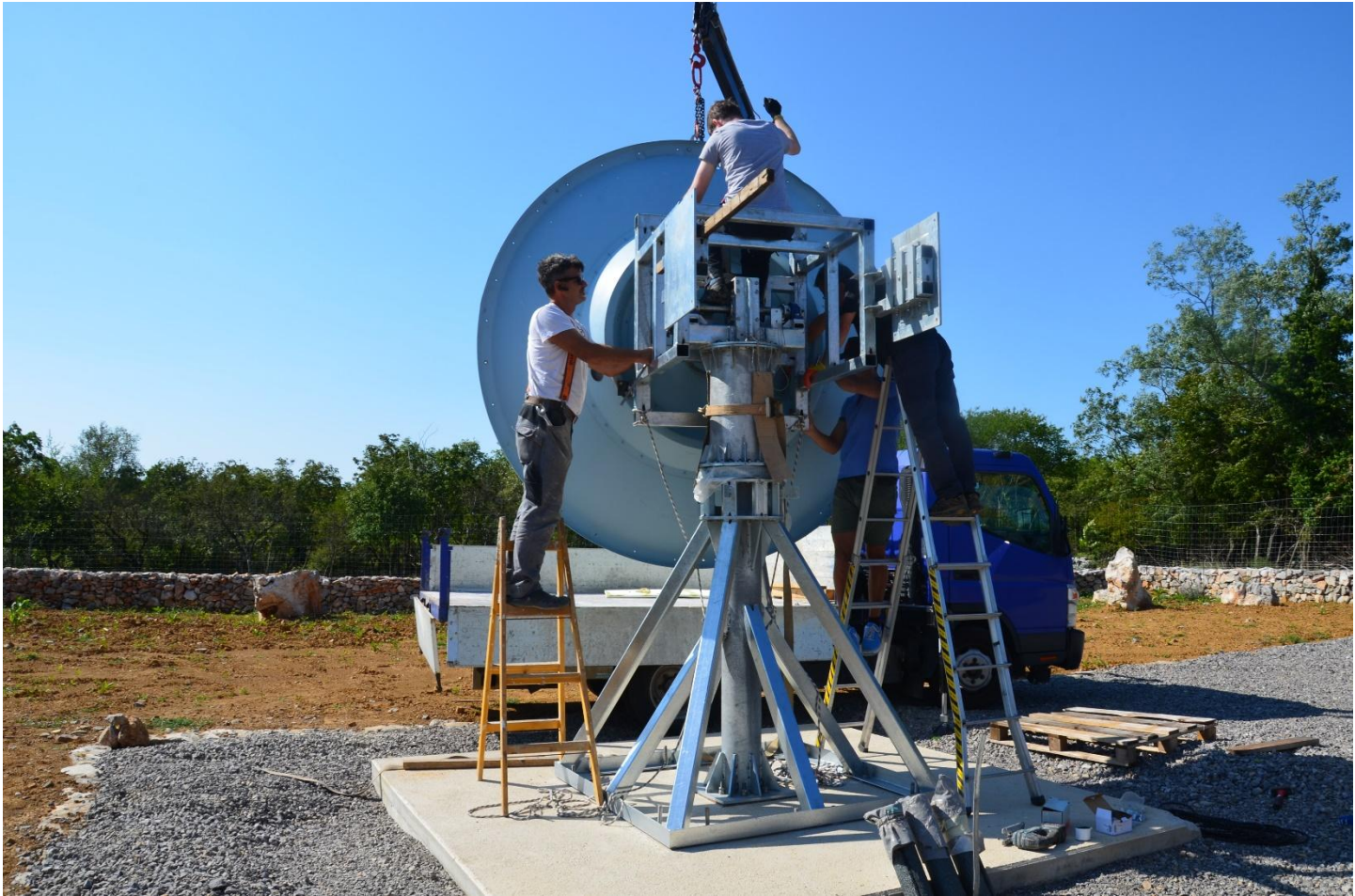
Montaža



Montaža



Montaža

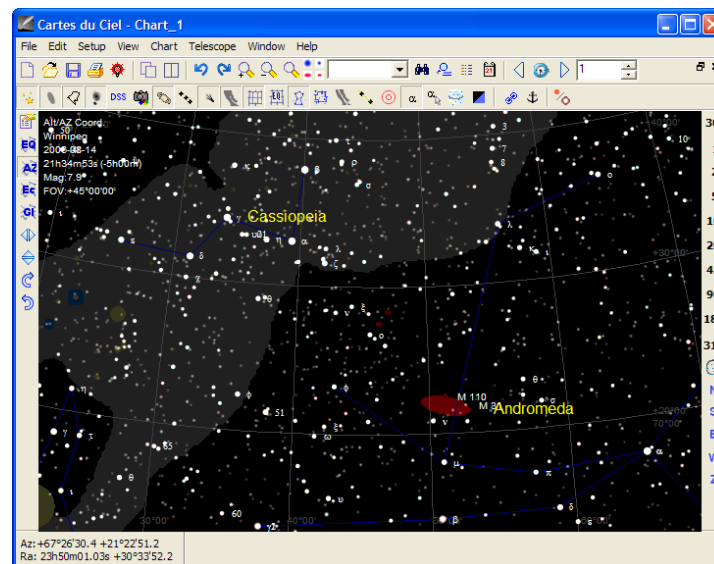
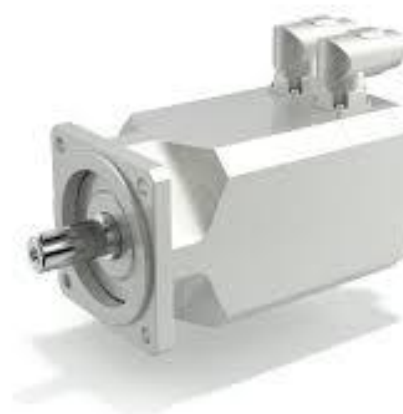


Montaža

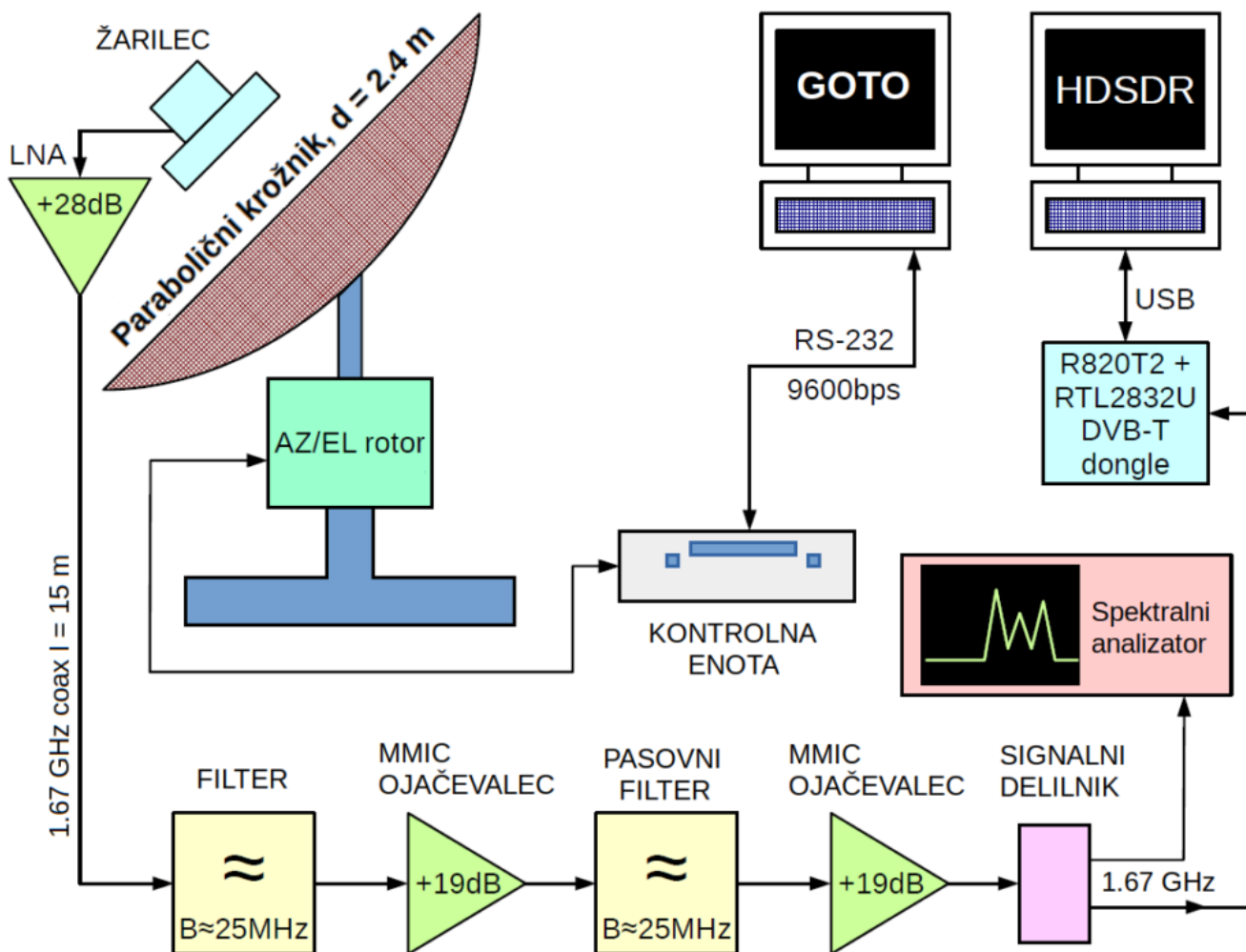


Pogon montaže (motorji)

- Reduktor z velikim prestavnim razmerjem (3000:1)
- Servomotorji
- Industrijska aplikacija – krmiljenje preko PLC krmilnika



Zajem in analiza signala



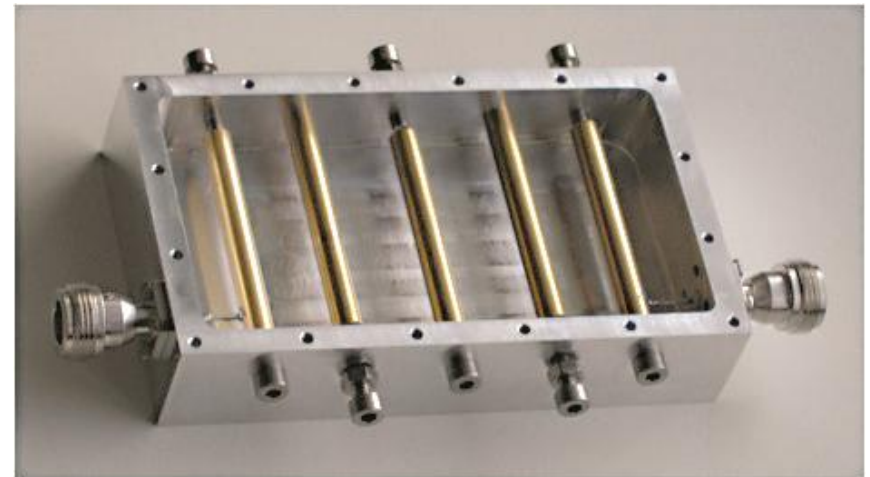
SDR radijski sprejemniki

- SDR (Software Defined Radio) = radio, kjer večino dela opravi programska oprema
- Sprejema različne signale z isto strojno opremo
- Funkcije razširimo z novo programsko opremo
- Uporaba: hobi, raziskave, industrija, izobraževanje



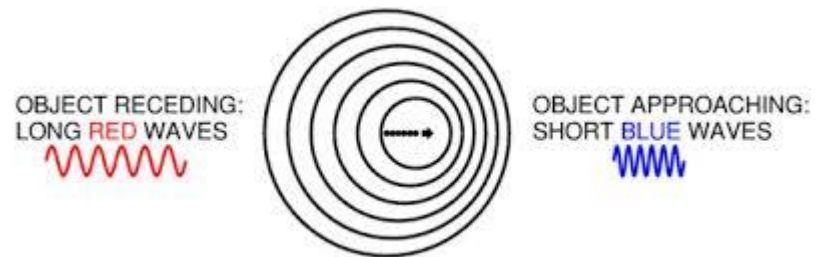
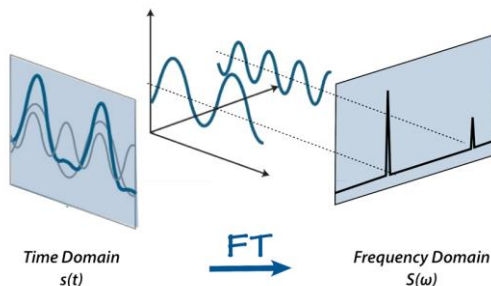
Pasovno sito (filter)

- Votlinski resonator je kovinska komora, kjer elektromagnetno polje resonira na izbranih frekvencah
- Tak filter prepušča samo ozek frekvenčni pas, ostale pa učinkovito duši
- Ima zelo majhne izgube in visoko kakovost (Q-faktor), zato je primeren za mikrovalovna območja
- Uporablja se v baznih postajah, satelitskih komunikacijah in radarskih sistemih



Obdelava signala

- S Fourierjevo transformacijo (FT) preidemo iz časovne domene v frekvenčno domeno
- Dobimo spekter – porazdelitev moči po frekvencah
- Spekter integriramo čez daljše časovno obdobje → izboljšamo razmerje signal/šum
- Primerjava spektrov v času razkrije spremembe v frekvencah
- Posamezne spektralne črte kažejo Dopplerjev premik, povezan s hitrostjo izvora
- Iz premikov črt lahko izračunamo radialno hitrost galaksij, oblakov plina ali drugih objektov



Hvala za pozornost!

Interreg
Italia-Slovenija



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancira
Evropska unija

Fondo per piccoli progetti GO! 2025
Sklad za male projekte GO! 2025

GECT GO
EZTS GO

GO! 2025
NOVA GORICA
GORIZIA

Evropska prestolnica kulture
Capitale europea della cultura
European Capital of Culture

Uradni program
Programma ufficiale
Official programme



ZARAS
Zavod za radijsko astronomijo