

## James Webbi kosmoseteleskoop

*Kalju Annuk*

2021. aasta 1. jõulupühal said astronoomid tõeliselt suurepärase jõuluringituse, nimelt startis Maalt ESA kanderakett, mis viis kosmosesse James Webbi kosmoseteleskoobi (JWST). Seda sündmust oli juba kaua oodatud, kuid ikka lükkus teleskoobi ülesaatmine mitmetel erinevatel põhjustel edasi. Püüame siin anda väikse ülevaate, mida see teleskoop endast kujutab, milliseid vaatlusi temaga on kavandatud teha ning milliseid uusi tulemusi loodetakse saada, aga samuti ka mõningatest esialgsetest vaatlustest.

Nii nagu mitmete teiste ja varasemate teleskoopide puhul, on nendele antud astronoomias olulist rolli mänginud isikute nimed, nii on ka JWST kosmoseteleskoobiga toimitud. Siin võiks meenutada, et Hubble'i kosmoseteleskoop sai nime Edwin Powell Hubble'i järgi, Spitzeri infrapunane kosmoseteleskoop Lyman Strong Spitzeri järgi, Herscheli kosmoseteleskoop William Herscheli järgi jne. Teleskoop, millest siin juttu tuleb, sai nime James Edwin Webbi (1906–1992) järgi. James Webb oli aastatel 1961 kuni 1968, täpsemalt 14.02.1961–07.10.1968, NASA administratsiooni juht ja tal oli oluline panus ka Apollo programmi käivitamisel.

### Veidi ajaloo

Suurte projektide puhul, mida kahtlemata JWST on, kulub aastakümneid, et esialgselt ideest või kavandist saaks lõpuks töövalmis seadeldis. Uuest kosmoseteleskoobist hakati mõtteid mõlgutama juba enne, kui Hubble'i teleskoop oli orbiidile saadetud. Konkreetsemaks läks asi eelmise sajandi 80-ndate lõpus. Üheks initsiaatoriks oli tolleaegne Kosmoseteleskoobi Teadusinstituudi (STScI) direktor Riccardo Giacconi. Initsiatiivgrupp oli haaratud veel mõned inimesed STScI-st. Loomulikult ei olnud esialgu veel täpset ettekujutust, kui suur see teleskoop peaks olema ja millises spektripiirkonnas töötama. Uut kavandatavat teleskoopi hakati esmalt kutsuma kui „Järgmise Generatsiooni Kosmoseteleskoop“ (*Next Generation Space Telescope – NGST*). Oluliseks sündmuseks sai 1989. aasta septembris STScI-is korraldatud konverents, kus oli osalejaid erinevatest asutustest, kaasaarvatud NASA mitmetest keskustest. Juttu oli kuni 10-meetrise peegli teleskoobist. Mõnevõrra keerulisemaks tegi olukorra just mõned kuud enne konverentsi algust ameerika presidendi George H.W. Bushi poolne tugev toetus Kuu peale paigutatava 16-meetrise teleskoobi projektile. Pärast Bushi lahkumist ameerika presidendi toelilt (1993. aasta jaanuar) see projekt aga vaibus ja edasi mindi ikkagi juba NGST projektiga.

Järgnevatel aastatel toimus ridamisi mitmeid konverentse ja koosolekuid, kus arutati, et kui suur teleskoop peaks olema ja millises spektripiirkonnas töötama. Pakuti, et teleskoobi peapeegli läbimõõt võiks olla kuni 8 meetrit ja üha rohkem hakati kalduma selles suunas, et tema tööpiirkond peaks olema infrapunane ja küündima vähemalt kuni 20  $\mu\text{m}$ . Samuti kalkuleeriti orienteeruvat maksumust, milleks

pakuti suurusjärgus paar miljardit dollarit. Loodeti, et teleskoop võiks valmida ja kosmosesse saadetama juba 2009. aastal. Kuid, nagu igapäevasest elustki teada, ei pruugi alati kõik plaani järgi minna, nii ka siin.

Kogu asi läks märksa konkreetsemaks juba siis, kui 1993. aasta septembris nimetas Astronoomiauringute Ülikoolide Ühing (*Association of Universities for Research in Astronomy – AURA*) komitee, kelle ülesandeks oli uurida ja välja töötada võimalusi astronoomilisteks vaatlusteks kosmoses 21-se sajandi algul. Mõni aasta hiljem esitaski see komitee aruande soovitustega, et uus kosmoseteleskoop peab olema märgatavalt suurem kui Hubble'i kosmoseteleskoop ja töötama peaks nii ultravioletses, nähtavas kui infrapunases piirkonnas. Seejärel määras NASA Goddardi Kosmoselendude Keskuse (*Goddard Space Flight Center*) ja Kosmoseteleskoobi Teadusinstituudi uurimaks, et kas sellise teleskoobi valmistamine on üldse võimalik. Kolm sõltumatut ekspertrühma leidsid, et see on teostatav.

- \* 1997. aasta keskel tegi NASA kolmele erinevale asutusele ülesandeks välja töötada teleskoobi disain ning hinnata ka tema maksumust.
- \* 1999. aasta juulis ühinesid projektiga Euroopa Kosmoseagentuur (ESA) ja Kanada Kosmoseagentuur (*Canadian Space Agency – CSA*).
- \* 2001. aasta algul kinnitati teleskoobi peapeegli lõplik suurus – 6,5 m.
- \* 10. septembril 2002 omistati teleskoobile James Webbi nimi.
- \* 2004. aasta märtsis alustati teleskoobi konkreetsete osade, sealhulgas ka peapeegli 18 segmendi valmistamisega.
- \* 2005. aasta aprillis otsustati, et teleskoop viiakse kosmosesse ESA raketiga Ariane 5. Põhjuseks oli muidugi see, et USA-l endal ei olnud sellist raketti, mis oleks suutnud nii suurt aparaati üles viia.
- \* Järgnevatel aastatel toimusid valminud osade mitmesugused laboratoorsed testid, et milline on vastupidavus nii madalale temperatuurile kui ka raketi stardiga kaasnevale vibratsioonile.
- \* 2011. aasta juulis tahtis valitsus JWST kosmoseteleskoobi rahastamise üldse lõpetada, kuid tänu Ameerika Astronoomiaühingu (AAS) jõupingutustele suudeti valitsust veenda rahastamise jätkamises.
- \* 2011. aasta novembriks valmisid peapeegli segmendid, mis olid lihvitud ja kullakihihiga kaetud.
- \* 2012. aasta alguseks valmisid kaks vaatlusinstrumenti neljast.
- \* 2013. aasta veebruariks valmisid ka kaks ülejäänud vaatlusinstrumenti.
- \* 2015. aasta oktoobris paigaldati peapeegli 18 segmenti.
- \* 2017. aasta lõpuks jõuti nii teleskoobi enda kui vaatlusinstrumentide testidega ühele poole ning jäi oodata teleskoobi kosmosesse saatmist.

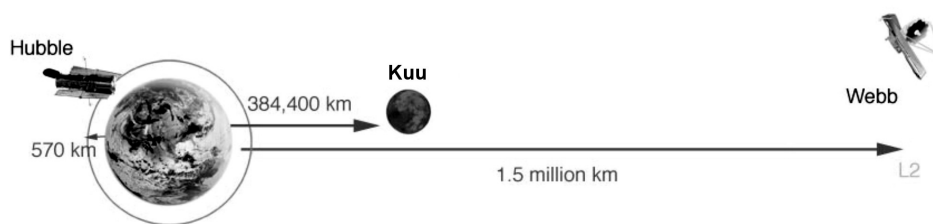
Esialgne plaan oli, et start toimub 2018. aasta oktoobris, kuid NASA nõudis veel täiendavaid teste ning lükkas stardi aega mitmeid kordi edasi. Eks kõigil oli ju meeles Hubble'i juhtum ja taheti kindlad olla, et kõik on korras nii nagu ette nähtud.

### **Kaua tehtud kaunikene**

Nagu juba eelnevast selgub, kulub mõttest uus kosmoseteleskoop ehitada kuni tema kosmosesse saatmiseni ja tööle hakkamiseni rohkem kui 30 aastat. JWST kosmoseteleskoop on oma disaini ja väljanägemise poolest üks ilusamaid, samas on ta ka kõigest senistest kosmosesse paigutatud teleskoopidest kõige võimsam. Kui võrrelda näiteks Hubble'i teleskoobiga, siis JWST on oma 100 korda võimsam. Tehnoloogilises mõttes on ta tänapäeva tipptase. Paljud asjad, mida näiteks Hubble'i

puhul ei osatud veel teha, on siin realiseeritud. JWST on kõigist astronoomilistest teleskoopidest, nii kosmoses kui ka Maa peal paiknevatest, kõige kallim. Aga nagu teada, head asjad ongi kallid. Tema maksumuseks hinnatakse suurusjärgus 10 miljardit eurot, mis on ligikaudu 10 korda suurem kui Hubble'i kosmoseteleskoobi puhul. Seejuures võib märkida, et esialgseks JWST maksumuseks oli kavandatud ainult ligikaudu 500 miljonit! 10 miljardit tundub esmalt ikka väga suur summa, aga kui jagada see kõigi maakera elanike vahel ära, siis tuleb välja, et iga maakera elanik, kaasaarvatud lapsed ja imikud, panustas JWST kosmoseteleskoopi vähem kui 1,5 EUR! Nüüd võib igaüks kohe küsida, aga mida mina siis selle 1,5 EUR-i eest saan? ...

Kui Hubble'i kosmoseteleskoop paikneb piltlikult öeldes koduõuel (kaugus Maast umbes 570 kilomeetrit), siis JWST asetseb Maast ligikaudu 1,5 miljoni kilomeetri kaugusel, nn Lagrange'i teises (L2) punktis. Tegelikult ei paikne teleskoop mitte täpselt L2-es, vaid tiirleb ümber selle perioodiga umbes 6 kuud ja kiirusega  $\sim 1$  km/s. Seejuures kaugus L2-st varieerub vahemikus 250 000 kuni 832 000 km ning maksimaalne kaugus Maast on  $\sim 1,8$  miljonit kilomeetrit. Iga 21 päeva tagant toimub vajaduse korral teleskoobi täpse positsiooni korrigeerimine.



Joonis 1. Hubble'i ja JWST asukohtade võrdlus kosmoses.

## Mida JWST endast kujutab ja millest ta koosneb

Teleskoobi põhimõtteline skeem on toodud joonisel 2. Väga üldistatult võib JWST kosmoseteleskoobi jagada koosnevaks neljast põhikomponendist: teleskoobi optiline osa, platvorm, päikesekaitse ja vaatlusaparatuur. Teleskoobi kogumass on  $\sim 6500$  kg.

### *Teleskoobi optika*

Teleskoobi üheks kõige olulisemaks elemendiks on peapeegel. JWST erineb kõigist senistest kosmoseteleskoopidest selle poolest, et tema peapeegel on mosaiikpeegel. Mosaiikpeeglid on tänapäeval kõikidel maapealsetel 10-meetristel teleskoopidel ja ka uutel ehitatavatel 39-m ning 30-m teleskoopidel. JWST peapeegel koosneb 18-st kuusnurksest segmendist. Iga segmendi diameeter on 1,32 m ja mass  $\sim 20$  kg. Kõik segmendid kokku annavad kiirgust koguvaks pindalaks  $25,4$  m<sup>2</sup>. Tegelikult on segmentide kogupindala aga veidi suurem ( $26,3$  m<sup>2</sup>), kuid sekundaarpeegel varjab  $0,9$  m<sup>2</sup> peapeegli pindalast. Iga segmentpeegli tagaküljel on 7 aktuaatorit, mis võimaldavad korrigeerida veidi nii segmentpeegli kui kogu peapeegli kuju, et see oleks võimalikult lähedane ideaalile. Segmentpeeglid on valmistatud berülliumist ja kaetud väga õhukese kullakihi, millel on eriti head peegeldumise omadused just infrapunases piirkonnas. Kullakihi paksus on ligikaudu 1000 Å. Lisaks peapeeglile on

sekundaarpeegel diameetriga 0,74 m.

#### *Platvorm*

Platvorm tagab teleskoobi toite elektriga. Seal paikneb kogu teleskoobi juhtimis- ja täpne positsioneerimissüsteem aga samuti temperatuurikontrolli seadmed. Platvormile kinnituvate päikesepaneelide võimsuseks on 2 000 W.

#### *Päikesekaitse*

Kuna JWST kosmoseteleskoop on mõeldud töötama infrapunases piirkonnas, siis nii tema vaatlusaparatuur kui teleskoop ise peab olema väga jahe  $\sim 40$  K. JWST kosmoseteleskoobi jahutus on passiivne ja selleks otstarbeks on päikesekaitse, mille ülesandeks on kaitsta vaatlusaparatuuri ja teleskoopi nii otsese Päikese kiirguse kui ka Maalt ja Kuult peegelduva kiirguse eest. 5-kihiline päikesekaitse on rombikujuline mõõtmetega umbes  $21 \times 14$  m ja valmistatud on ta polümiidkilest ehk kaptonist ning kaetud alumiiniumkihiga.

#### *Vaatlusaparatuur*

JWST vaatlusaparatuur koosneb neljast instrumendist, mis on kokku koondatud nn „Integreeritud Teadusinstrumendi Moodulisse“ (*Integrated Science Instrument Module – ISIM*) ja paikneb ta teleskoobi peapeegli taga. Selles moodulis on lisaks veel peengideerimise sensor (*Fine Guidance Sensor*), andmetöötuse arvuti ning mitmesugune elektroonika instrumentide ja detektorite juhtimiseks ning kontrollimiseks.

Järgnevalt anname lühikirjeldused iga instrumendi kohta ja millisteks vaatlusteks nad ette nähtud on. Tegelikult on iga instrument oma olemuselt multifunktsionaalne ja võimaldab erinevates režiimides vaatlusi teha.

#### 1. **Keskmine infrapunane instrument** (*Mid Infrared Instrument – MIRI*)

Valmistatud on Euroopa ja USA koostöös ning mõeldud peaaegu kõikide huvi-pakkuvate objektide – tähtede, galaktikate, eksoplaneetide kui ka meie Päikesesüsteemi planeetide vaatlemiseks. MIRI võimaldab pildistada ja teha spektroskoopilisi vaatlusi infrapunases piirkonnas vahemikus  $4,9$  kuni  $28,1 \mu\text{m}$ . MIRI eripäraks on see, et ta nõuab töötamiseks väga madalat temperatuuri, milleks on  $-266^\circ\text{C}$  ( $\sim 7$  K).

#### 2. **Lähedane infrapunane kaamera** (*Near Infrared Camera – NIRCam*)

Valmistatud on USA-s Arizona Ülikoolis. NIRCam töötab lähedases infrapunases piirkonnas vahemikus  $0,6$  kuni  $5,0 \mu\text{m}$ . Ta on üks teleskoobi peamisi kaameraid, mille abil on võimalik saada eriti selgeid ja teravaid pilte esimestest tähtedest ning galaktikatest. NIRCam on suuteline töötama samaaegselt kahes erinevas infrapunases piirkonnas. Lisaks on tal ka spektroskoopia ja koronograafia võimalus, mille abil saab näiteks detailsemalt uurida eksoplaneetide omadusi.

#### 3. **Lähedane infrapunane pildistaja ja piluvaba spektrograaf** (*Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph – NIRISS*)

Valmistatud on Kanada Kosmoseagentuuri (CSA) poolt. NIRISS tööpiirkond on samuti  $0,6$  kuni  $5,0 \mu\text{m}$  ja ta võimaldab töötada kolmes erinevas vaatlusrežiimis. Tema spektroskoopiline režiim on spetsiaalselt disainitud eksoplaneetide mitmete karakteristikute määramiseks. Näiteks peaks saama kindlaks teha eksoplaneetide atmosfäärade koostist.

#### 4. Lähedane infrapunane spektrograaf (*Near Infrared Spectrograph – NIRSpec*)

Valmistatud on ta ESA poolt ja mõeldud nii tähtede kui kaugete galaktikate spektroskoopilisteks vaatlusteks. Tööpiirkond enamvähem sama, mis kahel eelmisel: 0,6 kuni 5,3  $\mu\text{m}$ . NIRSpec võimaldab spektroskoopilisi vaatlusi teha nii mada-la lahutusega ( $R\sim 100$ ), keskmise lahutusega ( $R\sim 1000$ ) kui ka kõrge lahutusega ( $R\sim 2700$ ). Valida saab nelja erineva režiimi vahel. Ta on esimene kosmoses töötav spektrograaf, mille abil saab samaaegselt teha spektreid kuni 200 erinevalt objektilt. Seda võimaldab tema suur vaateväli, mis on 3,6 x 3,4 kaareminutit. Samas on temaga võimalik teha ka ainult ühe objekti spektreid.

### Teekond „koju“

Nagu juba eespool mainitud, siis JWST kosmoseteleskoobi töötamise asukoht ehk tema praegune „kodu“ asetseb Lagrange'i teises (L2) punktis. See on aga Maast ligikaudu 1,5 miljoni kilomeetri kaugusel ja Maalt lahkumisest kuni koju jõudmiseni kulus teleskoobil 30 päeva. Selle teekonna vältel olid mitmed nõ kriitilised etapid, mille ebaõnnestumine oleks ka kogu projekti kas osaliselt või täielikult ära nullinud. Järgnevalt vaatlemegi lühidalt kuidas teleskoobi teekond koju kulges.

ESA kosmoserakett Ariane 5, mille lastiks oli JWST kosmoseteleskoop, startis 25. detsembril kell 14.20 Eesti aja järgi (vt foto 2). Nagu teada, ei stardi ESA raketid mitte Euroopast vaid Lõuna-Ameerikast Prantsuse Guajaanast Kourou kosmodroomilt, mis paikneb ainult 500 km ekvaatorist põhja poole. Tänu sellele, et kosmodroom paikneb ekvaatori läheduses, on raketi kosmosesse saatmine mõnevõrra kergem kui ekvaatorist kaugemates piirkondades. Kosmoseraketiga Ariane 5 on Lagrange'i teise (L2) punkti lennutatud ka üks varasem infrapunane teleskoop, nimelt ESA teleskoop Herschel. Herschel omas 3,5 m diameetriga peapeeglit ja töötas kauges infrapunases piirkonnas (55 – 672  $\mu\text{m}$ ). Maalt startis ta 2009. a maikuu ja töö lõpetas 2013. a juunikuus.

Siinkohal oleks vast sobilik meenutada, et Eesti on ESA täieõiguslik liige juba aastast 2015 ja seetõttu lehvib Eesti lipp ka Kourou kosmodroomil, aga samuti on Ariane 5 kosmoseraketi peale kantud Eesti lipu värvid koos teiste ESA liikmesriikide (neid on hetkel 22) lipuvärvidega.

Enne Ariane 5-ga teeasumist tuli teleskoopi Maa peal veel ühest kohast teise transportida. Selleks konstrueeriti ja valmistati spetsiaalne konteiner, mida sai nii lennukiga kui traileriga ja laevaga transportida. Teleskoobi erinevad komponendid ja vaatlusinstrumendid olid valmistatud erinevates kohtades ja erinevate firmade poolt, kus neid oli ka vastavalt testitud. Kogu teleskoobi lõplik testimine toimus aga Kalifornias Northrop Grumman kompaniis, kuhu teleskoop saabus selleks otsustamiseks spetsiaalselt modifitseeritud militaarlennukiga C-5 Charlie NASA Johnsoni Kosmosekeskusest Houstonist 2. veebruaril 2018 (vt foto 3).

Pärast põhjalikke teste ja katsetusi anti luba teleskoop juba kosmodroomile saata. Konteiner koos teleskoobiga laaditi laeva peale ja merereis Kaliforniast algas 26. septembril 2021, läbides Panama kanali ning jõudes Prantsuse Guajaanasse Pariacabo sadamasse 12. oktoobril 2021. Seejärel paigaldati teleskoop raketi lastiruumi ja stardi ajaks määrati 18. detsember. Kuid ka see kuupäev ei olnud lõplik, sest nõuti veel mõningaid teste ning ilmaolud ei olnud stardiks soodsad. Seega lükati start edasi 25. detsembri peale.

Ariane 5 start õnnestus igati ja edasised päevad ning nädalad olid vägagi otsustavad, et kuidas kõik teleskoobi süsteemid rakenduvad. Järgnevalt toome lühidalt

välja mõned olulisemad stardi järgsed momendid.

- \* Umbes 2 minutit peale starti eraldusid kaks raketi kiirendit (boosters) ja kukkusid alla ookeani.
- \* 28 minutit peale starti avanesid päikesepaneelid ja hakkasid teleskoobi akusid laadima ning mõningaid seadmeid toitma.
- \* 27. detsembril, veidi rohkem kui kaks ööpäeva peale starti, möödus teleskoop Kuu orbiidist.
- \* 3. jaanuaril 2022 algas päikesekaitse lahtipakkimine ja lõppes edukalt 4. jaanuaril. Kuna päikesekaitse on 5-kihiline, siis tema lahtipakkimine toimus kihtide kaupa ja kogu see protseduur kestis umbes 26 tundi. JWST oli sel ajal Maast juba rohkem kui 800 000 kilomeetri kaugusel.
- \* 5. jaanuaril paigaldati sekundaarpeegel oma õigesse asendisse.
- \* 7. jaanuaril alustati peapeegli segmentide paigaldamisega.
- \* 19. jaanuariks sai ka peapeegel oma õigesse asendisse.
- \* 24. jaanuaril, pärast veidi rohkem kui 29-päevast reisi, jõudis JWST oma „koju“, Lagrange'i teise (L2) punkti. Nagu juba ka eespool mainitud, ei püsi teleskoop mitte täpselt L2-s, vaid tiirleb aegamööda ümber selle.

Seejärel algasid kõigi seadmete testid ning vaatlusinstrumentide jahutamised ja kalibreerimised. 10. juulil võidi kergendustundega raporteerida, et teleskoop on vaatlusteks valmis. Esimene pilt JWST-ga tehti avalikkusele kättesaadavaks 12. juulil 2022.

### **Mida kavatsetakse JWST-ga vaadelda ja mida uut loodetakse saada?**

Kui väga lühidalt öelda, siis JWST teleskoobi vaatlusprogrammid on nõ seinast-seina, hõlmates peaaegu kõiki tänapäeva astronoomia aktuaalseid probleeme. Üks olulisemaid vaatluste eesmärke on saada infot Universumi noorpõlve kohta. Arvestades, et JWST teleskoop on kavandatud vaatlema põhiliselt infrapunases piirkonnas (kuni 28,5  $\mu\text{m}$ ), siis temaga peaksime saama vaadelda ajas tagasi niikaugule kui ~13,5 miljardit aastat. See on aga ainult ligikaudu 200–300 miljonit aastat pärast Suurt Pauku.

Vaatlusandmed nii varajase Universumi kohta peaksid andma meile aimu, kuidas tekkisid esimesed tähed ja planeedid ning kuidas moodustusid galaktikad. JWST vaatluste põhjal saame hulga parema ettekujutuse, mil moel ja miks moodustuvad gaasi ja tolmu pilvedest tähed. Teisest küljest saame uusi teadmisi ka tähtede elu lõpufaaside, eriti aga massiivsete tähtede kohta, mis plahvatavad supernoovadena. Supernoovade plahvatused on ühed kõige energeetilisemad sündmused Universumis. Loodetavasti saame mõnevõrra kergitada saladuskatet ka selliste üsnagi mõistatuslike asjade nagu tume aine ja tume energia kohta.

Veel mõnikümmend aastat tagasi olid meil planeedid teada ainult Päikesesüsteemis. Nüüdseks on aga tehtud kindlaks tuhandeid planeete (nn eksoplaneete) teiste tähtede ümber ja see arv pidevalt suureneb. Juba uut kosmoseteleskoopi kavandades oli mõeldud, et temaga peaks saama avastada eksoplaneete ja neid juba põhjalikumalt uurida. Seega üheks oluliseks vaatlustemaatikaks ongi eksoplaneetide vaatlemine ja uurimine. Inimkonda on ikka läbi aegade huvitanud, et kas meie Maa ja seal paiknevad elusorganismid on Universumis unikaalsed või on kusagil

mujal ka midagi sarnast. JWST vaatlused võivad siin juba päris palju uut ja huvitavat meile teada anda. JWST vaatlustega on võimalik detailsemalt uurida eksoplaneetide atmosfääre ja teha kindlaks, kas nendes on näiteks metaani, veeauru, hapnikku, mõningaid orgaanilisi molekule ja muud sarnast. Samuti saame avastada ka uusi eksoplaneete. Aga ega meie Päikesesüsteemiski pole kõik veel kaugeltki selge. Ka siin peaks JWST andma meie planeetide kohta mitmesuguseid uusi teadmisi.

### **Mõnda James Webbi esimeste vaatluskuude saavutustest ja teleskoobi tervisest**

Järgnevalt heidame põgusa pilgu sellele, mida uut ja huvitavat on JWST meile mõne esimese vaatluskuuga suutnud anda.

Eespool oli juba mainitud, et esimene ülesvõtte avalikustati 12. juulil. Tegelikult hakati teadusprogrammi direktori valikul (*Director's Discretionary Early Release Science programme – DD-ERS*). Selliste vaatluste valik oli tehtud 2017. aasta novembris ja kokku on neid 13 kuues erinevas valdkonnas. Nende vaatlusprogrammide läbiviimise aeg on planeeritud esimese 5 kuu peale alates teleskoobi tööle hakkamisest. Kuna vaadeldavad objektid ja vaatlusinstrumentid on erinevad, siis selliselt saadakse hea ülevaade teleskoobi reaalse suutlikkuse ja võimaluste kohta. Samuti võimaldavad esialgsed testvaatlused kontrollida instrumentide kalibratsiooni ja saadud andmeid töötlevate programmide korrektsust ning seetõttu ei pruugi ka kõik esialgsed tulemused ja tõlgendused väga täpsed olla.

Meile vägagi meeldiva üllatusena oli üks esimesi vaatlusi tehtud ühe Wolf–Rayet kaksiktähe (WR140) kohta. Seda tähte oleme Tõravere 1,5 m teleskoobiga spektroskoopiliselt vaadelnud mitukümmend aastat. Wolf–Rayet tähtede kohta on käesolevas Tähetorni Kalendri numbris Tiit Nugise põhjalik ülevaade. JWST-ga vaadeldi WR140 kahel korral, esimene vaatlus oli 8. juulil ja teine 27. juulil. Vaatlusteks kasutati vaatlusinstrumenti MIRI (tema kohta vaata täpsemalt eespool lk 58). WR140 on kaksiksüsteem (koosnedes WR ja O tähest) väga ekstsentrilise ( $e \sim 0,9$ ) orbiidiga ja perioodiga 7,9 aastat. Iga 7,9 aasta tagant moodustub süsteemi ümber paks tolmuümbris. JWST vaatluste peamine avastuslik moment seisneb selles, et süsteemi ümber on selgelt näha vähemalt 17 kontsentrist ringi (vt foto 4), mida mingite varasemate vaatlustega ei olnud võimalik kindlaks teha. Vaatlusi ja vastavat avastust kajastav publikatsioon avaldati ühes prestiižikamas teadusajakirjas *Nature* 12. oktoobril 2022.

Mõningaid uusi tulemusi on saadud seoses eksoplaneetide vaatlustega. Nii suutis JWST augustis 2022 esmakordselt ära "näha" eksoplaneedi ühe ematähe juures. Tegu on eksoplaneediga, mis on katalogiseeritud kui HIP 65426 b ja asub Maast umbes 385 valgusaasta kaugusel ja tema massiks on hinnatud ligikaudu 7 Jupiteri massi. JWST tegi esmakordselt kindlaks süsinikdioksiidi ( $\text{CO}_2$ ) olemasolu eksoplaneedi WASP-39 atmosfääris. See eksoplaneet on 4 korda väiksema massiga kui Jupiter, kuid läbimõõdu poolest 1,3 korda suurem.

Me vast väga palju ei eksigi, kui ütleme, et iga uue vaatlusega saame juurde üha uusi ja uusi huvitavaid tulemusi ning avastusi. Erinevatest objektidest tehtud piltide teravused ja selgused ületavad igati kõiki varasemaid pilte, mida erinevate teleskoopidega tehtud (vt foto 5). Kui käesoleva jutu algul rääkisime teleskoobi maksumusest ja mainisime, et piltlikult öeldes on iga Maa elanik sinna panustanud umbes 1,5 EUR-i ning et mida ta selle eest siis saaks. Nüüd võime öelda, et keda

teaduslikud tulemused eriti ei huvita, siis ta võib nautida Universumi kui tõeliselt suurepärase kunstniku teoseid, mida toob meile kätte James Webbi teleskoop.

Nagu teada ei ole kosmos paraku kaugeltki turvaline koht. Nii leidis üks mikrometeoroid JWST juba enne üles kui teleskoop oli jõudnud tööle rakenduda. Hinnanguliselt toimus see ajavahemikus 23. kuni 25. mai ja meteoroid tabas ühte segmentpeeglit. Kui Hubble'i teleskoobi puhul oli teda võimalik kohapeal remontimas käia, siis antud juhul on see võimatu teleskoobi väga kaugel asukoha tõttu. Nüüd tuleb aga hinge kinni hoida, et edaspidi enam midagi teleskoopi ei tabaks. Mõningate ennustuste järgi võib aga aastatel 2023 ja 2024 teleskoobi asukohta läbida Halley komeedi poolt tekitatud tolmutpilv ja mis siis võib juhtuda, ei tea.

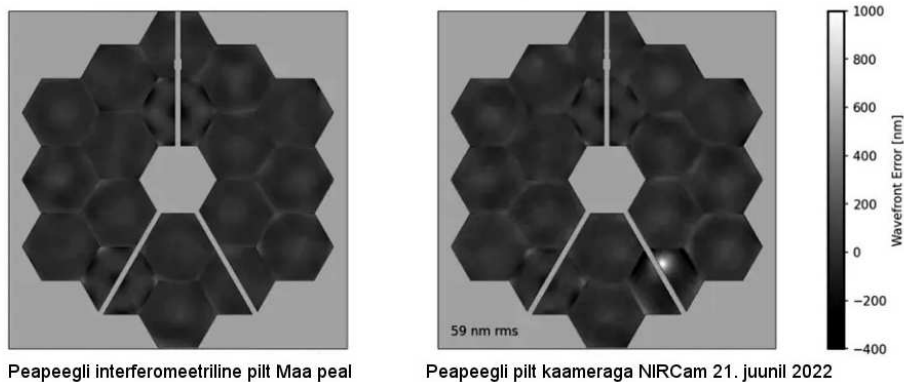


Foto 5. JWST peapeegel enne ja pärast meteoroidiga pihta saamist.

Olgu tehnoloogia kuitahes tiptasemel, sajaprotsendilist töökindlust talle ikka anda ei saa. Nii ilmnis 24. augustil, et MIRI ühes mehhanismis, mis on seotud töötamisega keskmise lahutusega moodis (MRS), tekkis liiga suur hõõrdumine. Kuni põhjuse ja lahenduse leidmiseni lülitati MRS vaatlusmood välja. Eks neid mõningaid viperusi võib veel edaspidigi välja tulla, kuid loodame, et midagi väga olulist ei juhtu, mis võiks teleskoobi tööd põhjalikult häirida.

Mida öelda lõpetuseks? Julgelt võib väita, et aeg ja raha, mida teleskoobi ehitamiseks kulutati, on end igati õigustanud ja me saame lähemas tulevikus meid ümbritseva Universumi kohta palju targemaks. Kui küsida, et kaua teleskoop peaks töötama, siis esialgselt on plaanitud, et vähemalt 5 aastat, kuid võib ka loota, et kuni 10 aastat.





K. Annuk: Foto 1. Kaks James Webbi: teleskoop ja mees, kelle nime ta kannab.



K. Annuk: Joonis 2. JWST põhimõtteline skeem.



*K. Annuk:* Foto 2. JWST start Ariane 5 kosmoseraketiga 25. detsembril 2021. a.



*K. Annuk:* Foto 3. Konteineri mahalaadimine lennuki C-5 Charlie pealt Los Angelese lennuväljal 2. veebruaril 2018.



*K. Annuk:* Foto 4. Üks esimesi JWST-ga tehtud avastuslikke vaatlusi: kontsentrilised rõngad ümber Wolf-Rayet kaksiktähe WR140.



*K. Annuk:* Foto 5. Nn "Loomise Sambaad" pildistatuna Hubble'i teleskoobiga (vasakul) ja James Webbi teleskoobiga (paremal).