

Pool sajandit vaatlusi Tõraverre 1,5 m teleskoobiga

Kalju Annuk

Aastal 2025 möödus 50 aastat esimesest vaatlusest Tartu observatooriumi suuri-
ma, 1,5 m teleskoobiga. Valmis sai teleskoop juba 1974. aasta lõpus, kuid reaalsed
vaatlused algasid 1975. aasta suvel. Vaatluspäevikus on kirjas, et esimene vaatlus
toimus 18./19. juuli ööl ja vaatlejaks oli Lauri Luud. Järgnevas püüame anda väike-
se ülevaate sellest, milliseid objekte on vaadeldud ja millist aparatuuri kasutatud
ning kuidas aja jooksul on vaatlusprotsess muutunud.

Meenutus 1,5 m teleskoobi saamisloost

Teleskoobi valmimisest ja esimestest katsetustest ning testimistest on juttu olnud
meie Tähetorni Kalendri mitmetes varasemates numbrites. Samuti kajastas mee-
dia (ajalehed, ajakirjad, raadio ja televisioon) omal ajal üsnagi palju teleskoobiga
seonduvat.

Pärast Teist maailmasõda hakati mitmel pool maailmas rajama uusi observa-
tooriume ja vaatlusbaase. Juba 20. sajandi algul oli selge, et suurlinnades ja nende
läheduses korralikke astronoomilisi vaatlusi enam teha pole võimalik üha tugevne-
va tänavavalgustuse ning atmosfääris oleva tolmu tõttu. Uued vaatlusbaasid püüti
rajada asustatud kohtadest võimalikult kaugele ja samas mägipiirkondadesse. Ana-
loogne olukord oli ka Eestis, kuigi 19. sajandi algupoolel oli Tartu Tähetorn oma
Fraunhoferi refraktoriga üks vägagi arvestatavaid tähetorne maailmas. Kuna Eestis
erilisi mägesid ei ole, siis otsustati uus observatoorium rajada Tõraverre, paarküm-
mend kilomeetrit Tartust eemale. Kohe kerkis üles küsimus, milliseid teleskoope
ja vaatlusriistu sinna muretseda? Esialgu piirduti, et suurimaks teleskoobiks saab
peegelteleskoop peapeegli läbimõõduga 70 cm (seda teleskoopi meil enam ei ole)
ja lisaks kaks väiksemat, peegli läbimõõduga 48 cm (nn kaksikteleskoop).

Samal ajal aga mõlgutati mõtteid, et meil võiks ikkagi olla veelgi suurem te-
leskoop. 21. augustil 1959 võetigi tollaegses ENSV TA Presiidiumis vastu esialg-
ne otsus, et Tõraverre tuleks muretseda 1,5 m peegelteleskoop. Kolm aastat hiljem
(8. augustil 1962) tehti lõplik otsus ning algas ka reaalne tegevus teleskoobi ehitam-
iseks. Veel samal aastal sõlmiti leping LOMO-ga (Leningradi Optika-Mehaanika
Koondis) teleskoobi projekteerimiseks, ehitamiseks ja paigaldamiseks Tõraverre.
LOMO-s toimus teleskoobi projekteerimine ja valmistamine aastatel 1969–1972.
Tõraveres hakati teleskoopi monteerima 1972. aastal ning valmis sai 1974. aasta
lõpus. 1975. aasta esimene pool möödus testvaatluste tähe all, kui kontrolliti kõigi
süsteemide tööd ning toimus mitmete sõlmede häälestus. Nendest testvaatlustest
võtsid osa nii LOMO mehed kui meie oma insenerid-astronoomid.

Teleskoop on ekvatoriaalse saksa monteeringuga, see tähendab, et tema polaar-
telg on paralleelne Maa pöörlemisteljega. Teleskoobil on kolm fookust: peafookus,
Cassegraini fookus ja kudee fookus. Peafookust praktiliselt kasutatud ei ole, kudee

fookust mõningal määral kasutati 1970-ndatel ja 1980-ndate algul. Põhiliselt on seni kasutusel olnud Cassegraini fookus.

Esialgse kava järgi pidi teleskoop olema varustatud korraliku kudee spektrograafiga, kuid paraku jäi see saamata. Valmis saadi ainult kaamera, kuid ülejäänud osad jäid tegemata.

Ühe gideerimispiiksilma taha oli paigaldatud fotogiid. Praktikas see aga end eriti ei õigustanud ja gideerida tuli ikkagi visuaalselt enda silma järgi.

Teleskoop pidi olema ka arvutiga juhitud. Arvuti saadi mitmeid aastaid teleskoobi ja torni valmimisest varem. Paiknema pidi ta torni teisel korrusel, seal kus meil on nüüd *Stellaarium*. Kuna tolleaegsed arvutid olid suured monstrumid, mis eraldasid töötades palju soojust, siis torni soojusrežiimi tagamiseks rajati tornist umbes paarikümne meetri kaugusele osaliselt maa sisse suur kliimaseadmete kompleks (fotol 2 on näha kolm jämedat toru läbi mille toimus õhu vahetus). Kui teleskoop lõpuks valmis, siis oli arvuti juba vananenud ning tööle jäid rakendamata nii arvuti kui kliimaseadmed. Arvutit kasutati küll mõnda aega muudeks otstarveteks kui teleskoobi juhtimiseks. Paarkümmend aastat hiljem läks kogu kliimaseadmete kupatus vanarauaks.

Arvutiga juhitaavaks sai teleskoop alles 2011. aasta lõpus, kui toimus teleskoobi juhtimissüsteemi täielik moderniseerimine.



Foto 1. Kupli pööramise relsi tõstmine torni peale.

Statistikat vaatlusööde kohta

Nagu meist igaüks omal nahal tunnetab, ei ole Eestimaa ilm eriti ilus. Kahjuks selgete ööde hulka väga palju kiita pole võimalik. Samuti ei ole meil aastad ka ühesugused, mõnel aastal on ilusat aega märksa rohkem kui mõnel teisel aastal. Joonisel 1 on esitatud vaatlusööde statistika aastate kaupa. Nagu jooniselt näha, on

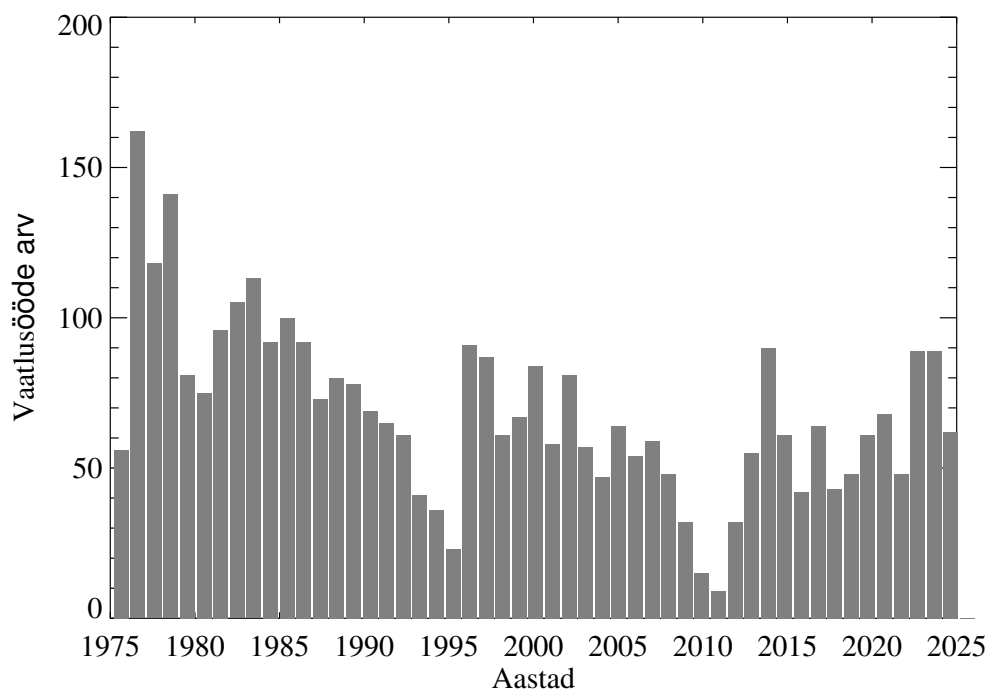


Foto 2. Teleskoobi torn eelmise sajandi 80-ndatel aastatel.

aastate lõikes erinevused üsnagi suured. Tegelikult ei kajasta see joonis mitte meil olnud selgete ööde arvu, vaid seda, kui mitmel ööl on vaatlust tehtud. Arvesse on läinud mitte ainult tervelt selged ööd, vaid ka need, millal on kasvõi paar tundi olnud võimalik vaatlust teha. Samas tuleb tunnistada, et päris arvestatav hulk selgeid öid on nõ "raisku" läinud väga mitmetel erinevatel põhjustel. Ühelt poolt on siin tegu olnud näiteks teleskoobi remondiga või hooldusega (sellest tuleb lähemalt juttu edaspidi) aga samuti ka mõne teleskoobi seadme või aparatuuri häirega, mistõttu vaadelda ei saanud. Teiselt poolt on aga tegu olnud ka nõ inimliku faktoriga. Arvestades, et meil ei ole vaatlevaid astronoomide eriti palju, siis mõnikord ongi vaatlus ära jäänud, kuna vaatlejat pole leidunud või vaatlejal midagi ootamatut ette tulnud.

Jooniselt 1 torkab kohe silma, et läbi aastate on olnud kaks sügavat miinimumi, üks eelmise sajandi 90-ndate keskpaiku ja teine selle sajandi esimese kümnendi vahetusel. Esimene miinimum on seletatav ühelt poolt sellega, et pärast Eesti taasiseseisvumist toimusid observatooriumis päris suured muudatused. Koondamiste

tõttu oli suur hulk inimesi sunnitud meilt lahkuma. Teiselt poolt aga hakkas lõppema fotograafia ajastu (vt edaspidi) ja ei olnud enam kvaliteetseid fotoplaate, et korralikke vaatlusi teha. Hakkas üleminek CCD-de ajastule. Teine miinimum seostub peamiselt teleskoobi moderniseerimisega 2011. aastal. Rekordaasta oli 1976, kui teleskoop pandi tööle 162 ööl ja püüti ka midagi vaadelda. Iseenesest on see täiesti arusaadav, sest tegu oli uue teleskoobiga ja huvi temaga vaadelda oli suur. Väga palju maha ei jää ka kaks järgnevat aastat (1977 ja 1978). Üle 100 vaatlusöö on kirjas veel aastatel 1982, 1983 ja 1985. Kuna 1982. aasta kevadel saime uue spektrograafi (ASP-32), siis seetõttu oli huvi vaatluste vastu taas suurem. Järgnevatel aastatel vaatlusööde arv üle 100 ei ole enam küündinud kuigi mõnedel aastatel on sinna lähedale jõutud.

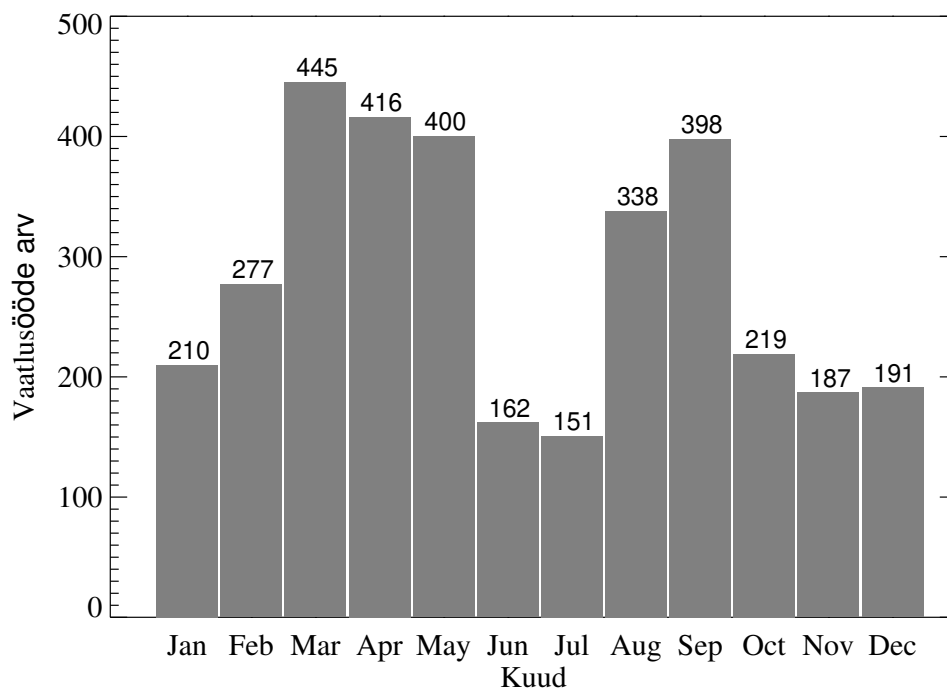


Joonis 1. Vaatlusööde statistika aastate kaupa.

Mõnevõrra on vaatlusööde arvu mõjutanud ka teleskoobi peeglite aluminiseerimisega seotud ettevõtmised, kuigi alati see otseselt välja ei paista. Peegleid on aluminiseeritud senimaani 5 korral. Esimene oli juba 1979. aastal ja see toimus kõige kiiremini, kuna teleskoobi lahtivõtmine ja kokkupanek tehti LOMO enda meeste poolt. Järgmised kaks olid aastatel 1991 ja 2001, ka siis viidi peeglid LOMO-sse. Aastatel 2013 ja 2022 aluminiseeriti peeglid Saksamaal Carl Zeiss Jena firmas. Kõige pikemalt oli teleskoop peeglite aluminiseerimise tõttu rivist väljas (üle 5 kuu) viimasel korral.

Joonisel 2 on esitatud vaatluste statistika kuude kaupa. Läbi aegade on kõige paremad vaatlusilmad olnud ikkagi kevadel (märts, aprill, mai) ja sügisel (august,

september). Arvestades Eesti geograafilist asukohta, siis meil on südasuvel ööd väga lühikesed ja valged ning seetõttu vaatluste tegemine raskendatud. Talvel seevastu aga pikad, kuid talvisel ajal on ka väga palju pilves ilmu, mil vaadelda ei ole võimalik. Kuude arvestuses hoiab esikohta 1980. aasta märts, kui vaatlused toimusid 23 ööl. Väga palju maha ei jää ka 1976. a aprill ja september, 1981. a mai, 1983. a august ning 1997. a märts – nendel aegadel toimusid vaatlused 20 ööl.



Joonis 2. Vaatlusööde statistika kuude kaupa.

Vaatlemisest enne ja nüüd

50 aasta jooksul on vaatlusprotseduur oluliselt muutunud ja vaatlejale hulga lihtsamaks ning mugavamaks saanud. Esimestel aastatel pärast teleskoobi käikuminekut oli sisse viidud kord, et õhtul paneb teleskoobi käima valvemehhaanik. Tema ülesandeks oli kupli luuk lahti teha, toru eest kate ära võtta, ventilaatorid torus sisse lülitada ja täheaeg juhtpuldil paika panna. Hommikul pärast vaatlust pani valvemehhaanik kupli luugi kinni, torule katte ette ja lülitas teleskoobi välja ning vaatas üle, et ega midagi öö jooksul juhtunud ei ole. Valvemehhaanikuid oli algaastail tööl tavaliselt kolm, öised valved olid vahetuste kaupa. Valvemehhaanik pidi öösel kohal olema alati sõltumata ilmast. Läbi aegade on 1,5 m teleskoobi valvemehhaanikuteks olnud Lembit Randver, Jüri Kallas, Viktor Muni, Endel Pühvel, Riho Ühtegi, Jüri Koppel, Jaak Okas ja Toivo Kuusk.

Kõigi nende 50 aasta jooksul on teleskoobi hea käekäigu eest hoolt kandnud ENNO RUUSALEPP. Suur tänu talle!

Alates 1991. aastast teleskoobil enam valvemehhaanikut ei ole ja kõikide vaatlemisega seotud tegevustega peab vaatleja ise hakkama saama. Pärast teleskoobi sisselülitamist ja kupli luugi lahtitegemist tuli juhtpuldist (vt foto 3) sisestada täheaeg. Täheaeg on otseses sõltuvuses kuupäevast ja kellaajast. Seda võis ka eelnevalt arvutada mingi täpse kellaaja jaoks (vt meie kalendri lehekülge 5) ja seejärel vastaval kellaajal puldist sisestada. Tavaline praktika oli aga selline, et kui taevas oli juba pime ja selge, siis teleskoop pöörati visuaalselt silma järgi mõne heledama tähe peale (sageli oli selleks Veega). Järgnevalt sätiti juhtpuldist vastava tähe koordinaadid paika. Seda sai teha juhtpuldil olevate vastavate klahvide abil, kusjuures koordinaadid olid nähtavad ümmarguste koordinaatketaste peal. Järgnevalt võis juba teleskoobi sõidutada koordinaatide järgi vaadeldava tähe peale. Teleskoopi sai liigutada käsipultide (vt foto 3) abil. Käsipuldilt sai valida ka millise kiirusega teleskoopi liigutada. Esmalt liigutati teleskoopi nõ jämeliikumise mootorite abil, kui teleskoop oli juba enamvähem vaadeldava tähe peale sõitnud, siis täpsem juhtimine käis nõ peenliikumise mootorite abil.



Foto 3. Teleskoobi juhtpult ja käsipuldid.

Teleskoop oli varustatud kellamehhanismiga, mis pööras teleskoopi ühtlase kiirusega ümber polaartelje kompenseerides nii Maa pöörlemise. Õige kiiruse pidi tagama vastav generaator, mis paiknes torni kolmandal korrusel – teleskoobist korrus allpool. Üldiselt suutis kellamehhanism teleskoopi üsnagi hästi vaadeldava tähe peal hoida, kuid vaatleja pidi ikkagi visuaalselt kontrollima, kui täpselt teleskoop tähe peal on ja vajadusel käsipuldil peenliikumise mootorite abil asendit korrigeerima. See aga tähendas seda, et vaatleja pidi põhimõtteliselt kogu vaatlusöö olema kupli all teleskoobi juures. Kui talvel ikka õhutemperatuur oli -20° või veelgi madalam, siis väga lõbus 12–13 tundi pimedas ja külmas olla ei olnud.

Seoses talvise vaatlusega meenub üks mõnevõrra humoorikas seik. See oli palju aastaid tagasi, kui ühel kenal päeval tuli Tõraverre üks füüsikatudeng. Ta rääkis, et on väga huvitatud astronoomiast ja eriti teleskoopidega vaatlemisest. Sinnamaa ni kulges jutt kenasti kuni tuli teemaks vaatlemine talvisel külmal ajal. Noormees küsis täiesti siiralt, et kas siis tõepoolest ka talvisel ajal vaadeldakse? Meie jaatava vastuse peale oli ta väga üllatunud ja ehmunud ning pärast seda kohtumist me teda enam näinud pole.

Kuigi teleskoop oli varustatud fotogiidiga, siis nagu juba eespool öeldud, sellest suurt kasu ei olnud ja määravaks sai ikkagi visuaalne gideerimine. Selle sajandi esimesel kümnendil hakkas kellamehhanismi generaator aegajalt kummaliselt käi-

tuma ja sagedus kõikuma. See aga tähendas, et kellamehhanism ei suutnud enam teleskoopi korralikult ka õiges asendis hoida.

Kuidas toimub vaatlemine siis tänapäeval?

Nagu juba eespool öeldud, toimus aastal 2011 teleskoobi põhjalik moderniseerimine. Teleskoobi moderniseerimisest on olnud pikemalt juttu meie Tähetorni Kalendri 2012. aasta numbris. Viimastel aastatel on nii teleskoobi juhtimissüsteemi kui ka vaatlusaparatuuri käsitlemise mõningaid muudatusi ja täiendusi tehtud, mis on muutnud vaatluste tegemise veelgi mugavamaks. Üheks selliseks võiks mainida teleskoobi toru kattega seonduvat. Kui varemalt oli toru ees suur rõngakujuline kate, mida tuli käsitsi eemaldada ja pärast vaatlust ka tagasi panna, siis nüüd koosneb kate sektoritest, mis on toru äärde kinnitatud ja nende lahtitegemist ning kinnipanekut juhib arvutiprogramm.

Tänapäeval saab enamuse vaatlusega seotud toiminguid teha arvuti abil nõ vaatlaja ruumist ilma, et peaks kupli alla teleskoobi juurde minema. Teleskoobi suunamiseks vaadeldava tähe peale tuleb programmis sisestada kas tähe koordinaadid või ainult tähe nimi (sellisel juhul on eelnevalt tähe nimi ja temale vastavad koordinaadid programmi sisestatud). Seejärel sõidab teleskoop juba valitud tähe peale ja kellamehhanism [see on ka programne] tagab selle, et teleskoop püsiks enamvähem täpselt tähe peal. Teleskoobi asendit tähe suhtes saab ka kontrollida arvuti ekraanilt ja vajadusel veidi korrigeerida, kuid ka ilma, et peaks kupli alla minema. Kuna valdavalt on meil kaasajal tegu spektraalvaatlustega, siis enamuse spektrograafi seadistustega seotud toimingutest saab ka teha vaatlaja ruumist. Seega on vaatlaja töö tänapäeval juba suhteliselt mugav ja talvel näiteks kange külma ei pea õõ otsa kupli all külmetama, vaid piisab vaatlaja ruumis olemisest, kus on ka märksa soojem. Järelikult vaatlemine tänapäeval ei ole kaugeltki võrreldav vaatlemisega algaastakümnetel.

Millega mida on vaadeldud?

Senise viiekümne aastase vaatlusperioodi võib põhimõtteliselt jagada kaheks: fotograafia ajastu ja CCD-de ajastu (vt joonis 3). Kui 1974. aasta lõpus teleskoop valmis, siis ei olnud meil veel tööstuslikke spektrograafe. Õnneks oli/on meil Enno Ruusalepp (ainuke eriharidusega optik), kes valmistas kudeesse üsna lihtsa kuid töökindla spektrograafi. See valmis juba 1975. aasta lõpus ja töötas hiljem veel mitmeid aastaid. Esimesel vaatlusaastal (1975) ja 1976. aasta algul toimusid põhiliselt testvaatlused hindamaks teleskoobi kvaliteeti ja tema võimekust. Kasutati LOMO poolt valmistatud kaamerat AFR-10, mis oli paigaldatud Cassegraini fookusesse. Pildistati mitmeid täheparvi ja galaktikaid ning testiti erinevate fotoplaatide tundlikkust ja kvaliteeti. Seda kaamerat on ka hiljem mõningatel aegadel lühiajaliselt kasutatud.

1976. aasta algul saime esimese tööstusliku spektrograafi UAGS (Carl Zeiss Jena toode) ja 13./14. veebruari ööl toimus temaga esimene vaatlus. Sellest ajast alates algas 1,5 m teleskoobi spektroskoopia ajastu, mis kestab senimaani. Kui nüüd väga täpne olla, siis aegajalt tehti ka muu aparatuuriga vaatlusi. Nii vaadeldi 1976. aasta juulikuus Matti Pehki valmistatud infrapunase fotomeetriga. Analoogsed vaatlused toimusid ka 1978. aasta juuni- ja juulikuus ning 1980. aasta juulikuus. 1983. aasta

juulikuus katsetati ja tehti mõningaid vaatlusi Matti Pehki, Koit Pindmaa ja Tõnu Tuvikese poolt konstrueeritud Fourier spektromeetriga.

1979. ja 1980. aasta erinevatel aegadel (kokku 24 ööl) tegi Uku Hänni vaatlusi tähtede energiajaotuste mõõtmiseks kasutades Ürgo Ibruse poolt valmistatud fotomeetreid Vega-1 ja Vega-2.

1976. aasta sügisel õnnestus hankida OMA (*Optical Multichannel Analyser*), mis oli tol ajal Nõukogude Liidus ainulaadne. Esimesed vaatlused OMA-ga toimusid 9./10. novembri ööl kudees ning 28. veebruaril 1977 Cassegrainis spektrograafiga UAGS. Edaspidi toimusid vaatlused vaheldumisi nii kudees kui Cassegrainis. Kuna OMA tundlikkus oli märksa suurem kui fotoplaatidel, siis OMA-ga vaadeldi ka üsna palju galaktikaid nende punanihete määramiseks. Vaadeldud spektrid sai salvestada perfolindi peale või ka plotteriga paberile välja joonistada. Et tegu oli elektroonse vastuvõtjaga, siis nõudis ta ka jahutamist mürade vähendamiseks. Jahutamiseks kasutasime süsihappelund. Lume tekitamiseks tuli suurest süsihappegaasi balloonnist gaas välja lasta. Tavaliselt tegid selle töö ära valvemehhaanikud, kuid mõnikord pidi vaatleja ise ka asjaga hakkama saama. 1981. aasta lõpupoole ja 1982. aasta kevadel ilmnas, et OMA ei taha enam korralikult töötada ning 1982. aasta maikuu viimasel ööl selgus lõplikult, et OMA-ga enam vaatlusi teha ei saa.

1982. aasta kevadel jõudis LOMO-st kohale spektrograaf ASP-32, mis paigutati Cassegraini fookusesse UAGS-i asemele. Edaspidised vaatlused ongi kõik toimunud selle spektrograafiga. 1983. aasta aprillis paigaldas LOMO spektrograafi ASP-32 külge fotogiidi, mis pidi gideerima spektrograafi pilu pealt. Paraku see taas end väga palju ei õigustanud. Vahetevahel suutis ta päris hästi teleskoopi vajaliku täpsusega tähe peal hoida, kuid üsna tihti pani teleskoobi peenliikumise mootorid tööle ning hakkas teleskoopi pidevalt ühele ja teisele poole kõigutama. Sellisel juhul tuli gideerimise süsteem välja lülitada ja ikkagi oma silma järgi gideerida.

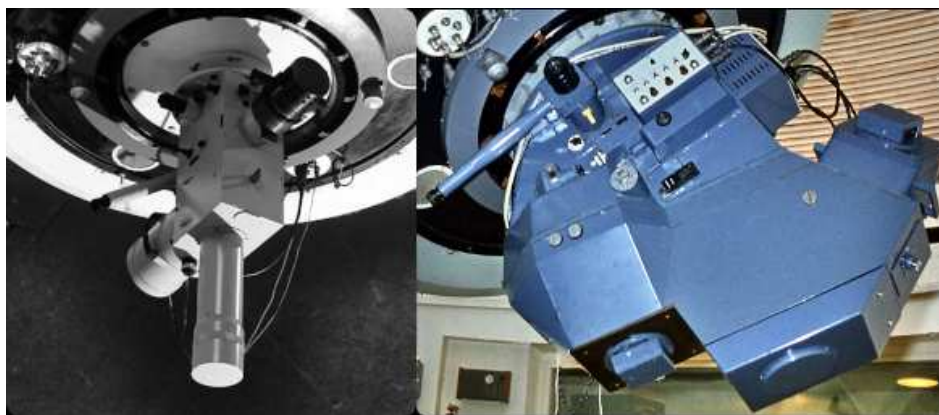
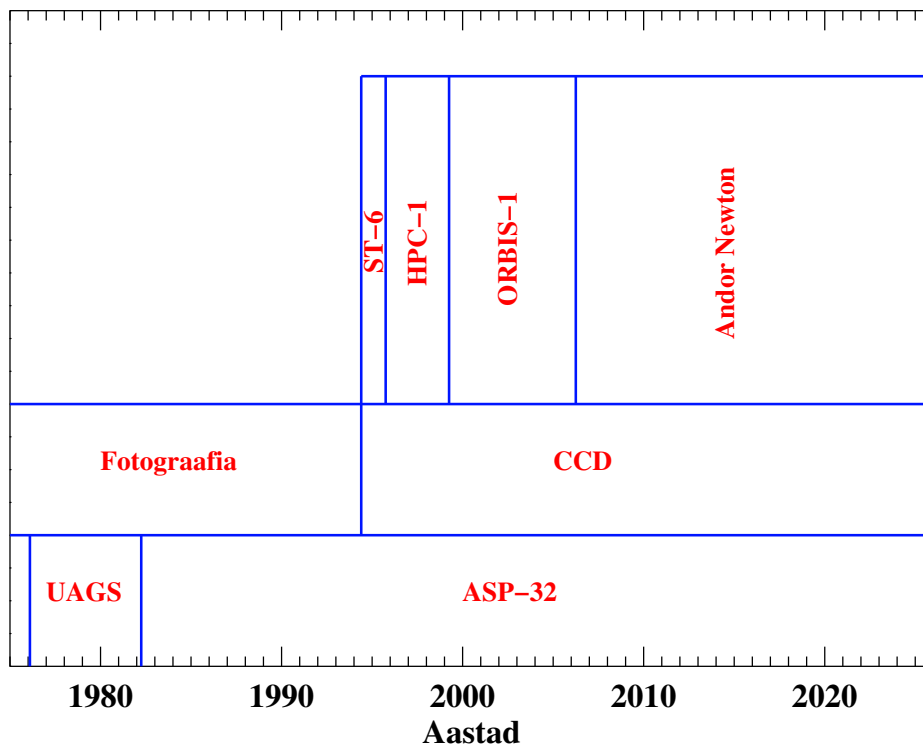


Foto 4. Spektrograafid UAGS (vasakul) ja ASP-32 (paremal).

Kui mujal maailmas hakkasid levima CCD vastuvõtjad, siis meie rahakott oli veel liiga kõhn, et mõnda korralikku CCD-d muretseda. Seetõttu üritasid meie omad mehed (Jüri Rebane ja Margus Sisask) valmistada midagi analoogset. Kuni tõeliselt CCD ajastu alguseni (1994. a juuni) jõuti kokku panna mitu erinevat versiooni ning nendega ka teleskoobi taga test- ja katsevaatlusi teha. Paraku aga päris töötava variandini ei jõutudki.



Joonis 3. Ajaline ülevaade vaatlusaparatuurist.

Seega oli meil ikkagi info salvestajaks fotoplaat. Võrreldes CCD vastuvõtjatega on fotoplaatide tundlikkus oluliselt väiksem ning seetõttu olid ekspositsiooniajad üsnagi pikad. Heledamate tähtede puhul saadi enamvähem korralik spekter kätte ühe tunniga või tunnist lühema ajaga, kuid nõrgemate tähtede korral küündisid ekspositsiooniajad 3–4 tunnini ning mõningatel juhtudel veelgi kaugemale. Lisaks madalale tundlikkusele oli fotoplaatidel veel mitu „häda“. Üheks selliseks oli fotoplaadi emulsiooni teralisus, mis tegi kujutise nõ muraseks. Suureks probleemiks oli ka kalibreerimine, st tumenemise ja intensiivsuse omavahelisse vastavusse viimine. Oma rolli mängis siin fotoplaatide keemiline töötlusprotseduur (ilmutamine, kinnitamine, pesemine). Alati ei olnud võimalik tähe spektri ja kalibreerimisspektri plaate koos ilmutada. Ilmutina kasutati põhiliselt ühte standardilmutit D-76. UAGS-iga vaadeldes tuli kalibreerimisspekter teha eraldi laboratoorse spektrograafia ISP-28. ASP-32 puhul sai kalibreerimisspektri teha samale plaadile, kus oli ka tähe spekter. Nii UAGS-i kui ASP-32 puhul sai võrdlusspektri teha samale plaadile, kuhu tuli tähe spekter. Võrdlusspektri tegemiseks lülitati mingiks ajaks võrdlusspektri lamp sisse samal ajal kui toimus tähe spektri tegemine.

Sageli oli üsna ettearvamatut määrata täpset ekspositsiooniaega, sest meie ilm on väga muutlik. Kui tegu oli nõrgemate tähtedega ja pikemate ekspositsiooniaegadega, siis mõnikord võis juhtuda, et poole pealt läks taevast pilve ning spekter jäi

plaadile väga nõrgakene, millega polnud midagi peale hakata. Tuleb tunnistada, et vahest läks mitmetunnine vaatlus untsu ka vaatleja tähelepanematuse tõttu ning näiteks fotoplaat oli kassetti pandud valepidi või katik hoopiski lahti tegemata jäetud! Fotoplaadid olid küllaltki väikesed (UAGS-i puhul 11 x 50 mm ja ASP-32 puhul 21 x 45 mm) ja nende kassetti paigaldamine pimikus oli omaette tegu.

Tasub veel meelde tuletada, et tol ajal ei olnud ju võimalik minna poodi ja vajalikke fotoplaati osta ega ka seal tellimust esitada. Kõik käis Moskva kaudu ja tellimused tuli vähemalt aasta varem esitada. Plaatide kättesaamiseks tuli Moskvasse sõita ning plaadid külmakotiga koju tuua. Siin hoiti plaate külmikus ja pimedas.

Hoolimata kõigest õnnestus fotograafia ajastul saada fotoplaatidel rohkem kui 2500 spektrit umbes 300 erinevast objektist. Kõige rohkem vaadeldi kuumi mittestatsionaarseid tähti ja sümbiootilisi tähti. Algaastatel vaadeldi ka mõningaid külmi tähti. Fotomaterjalina kasutati põhiliselt Kodaki ja ORWO fotoplaate. Kõige kasutatavam oli Kodaki IIAO plaat.

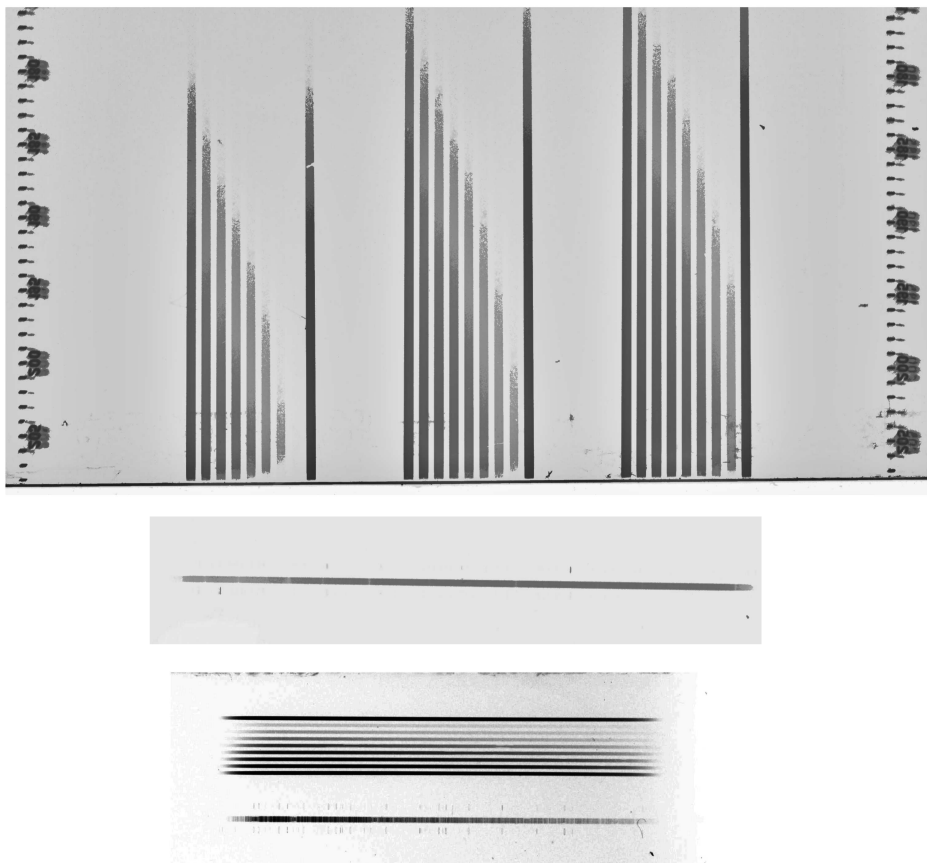


Foto 5. Mõned näidised spektrogrammidest. Ülal kalibreerimisspektrogramm, keskel UAGS-i spektrogramm ja all ASP-32 spektrogramm.

Vaatlusandmete töötlemisest fotograafia ajastul

Kui spektrid (või ka pildid) olid fotoplaadile salvestatud, siis tuli nad kuidagi arusaadavaks teha. Esimestel aastatel kasutati valdavalt Tõnu Kipperi poolt mikrofoto-meetri MF-4 baasil konstrueeritud spektrogrammide mõõtmise aparaati, mis oli ka ühendatud arvutiga ES-1010. Mikrofoto-meeter asetses torni esimesel korrusel ruumis nr 4 ja arvuti torni teisel korrusel (seal on praegu Stellaarium). Mõõtmisega oli hõivatud vähemalt kaks inimest, üks oli mikrofoto-meetri juures ja teine arvuti juures. Mõõdetud spektrogrammid oli võimalik välja joonistada kas paberilindi peale, väljastada perfolindile või magnetlindile. Paberilindile väljastatud spektrogrammide edasine töötlemine oli juba puhtal kujul käsitöö pliiatsi ja joonlauaga.



Foto 5. Mikrodensitomeeter PDS.

1980. aasta suvel õnnestus hankida arvuti IN-96 B. See oli toodetud Prantsusmaal firmas *Intertechnique* ja spetsialiseeritud γ -spektrite töötlemiseks, kuid so-

bis väga hästi ka meie spektrite töötlemiseks. Omakeskis kutsusime teda *prantslaseks*! Tänaسته arvutitega võrrelduna oli ta üsna nõrgukene (omades protsessorit MULTI-6 ja operatiivmälu 64 KB), kuid tema suureks eeliseks oli graafilise displei olemasolu, mis tegi spektrite töötamise interaktiivseks ja vägagi mugavaks. Muidugi ei olnud *prantslasel* kõvaketast, vaid kasutada sai paralleelselt kahte 8-tollist flopi-ketast. Üsna varsti sai temaga ühendatud perfolintide lugemise seade ja magnet-lindikapp. *Prantslasega* töödeldi enamus OMA-ga saadud galaktikate spektrid kui ka paljude tähtede spektrid. Töötlusprogrammid tuli endal koostada kasutades sel-leks programmeerimiskeelt LEM.

1983. aastal saabus observatooriumisse mikrodensitomeeter PDS Micro-1010. Toodetud oli ta USA firmas Perkin-Elmer ja terves tolleaegses Nõukogude Liidus oli ta taaskord ainulaadne. Fotoplaatide digitaliseerimine PDS-ga oli juba omaette kõrgem tase. Digitaliseeritud andmete salvestamiseks oli PDS-i komplektis mag-netlindikapp, mille kaudu sai andmed magnetlindile kirjutada.

PDS-i ei kasutanud mitte ainult astronoomid, vaid ka atmosfäärifüüsikud len-nuki pealt tehtud maapinna fotode digitaliseerimiseks. Kõrvalpõikena võib veel li-sada, et PDS-iga sai tehtud Tartu linna esimese digitaalse kaardi alusmaterjal. Lin-nal oli 50x50 cm suuruste kilede peal põhjalik kaart, kuid ei linnal ega ka Tartu Ülikoolil ei olnud veel sobilikku skännerit, siis nende kilede digitaliseerimiseks sai-gi kasutada meie PDS-i.

CCD-de ajastu

Tõeliselt CCD-de ajastu alguseks võib lugeda 1994 aasta kevadet kui saime endale esimese CCD kaamera – ST-6.

ST-6

Seda kaamerat ei suutnud me ise osta (hind oli umbkaudu 3000 dollarit), vaid saime soomlaste poolt vahetuskaubana. Meie andsime neile oma natuke nigela-võitu teleskoobi AZT-8 ja nende poolt tuli meile ST-6 ning oma aja kohta suhteli-selt võimas personaalarvuti PC 486. ST-6 oli valmistatud USA firmas *Santa Barba-ra Instrument Group (SBIG)*. Maatriksi suuruseks oli 375x242 pikselit, iga pikseli suuruseks 23x27 μm ning välja suuruseks seega ainult 8,6x6,5 mm. Elektroonsete mürade ja pimevoolu vähendamiseks oli kaameral kaheastmeline termoelektroon-ne jahutus. Esimene proovivaatlus toimus 1994. aasta 8./9. juuni ööl. 1995. aasta aprillis ilmnis järsku, et kaamera enam ei toimi. Seepeale sai kontakti võetud SBIG firmaga USA-s ja nende soovitus oli, et saatke kaamera Prantsusmaale Pariisi, kus oli firma Euroopa esindus. Saatmine oli küllaltki lihtne. Tartus tuli pakk postkon-torist teele saata ja maksta umbes paarsada Eesti krooni. Mõne aja pärast saabus töökorras kaamera meile tagasi, kuid sellega kaasnev arve oli päris ehmatav. Kuna kaamera oli veel garantii all, siis remont oli tasuta ja see võttis aega ainult 0,5 tun-di. Maksma pidime aga mitutuhat krooni kuna Pariisis sõidutati kaamera taksoga lennujaama ja seal pandi ta eri saadetiste hulka, mis oli eriti kallis. Kogu selline kaa-meraga seotud asjaajamine võttis omajagu aega ja kuna fotoplaate meil ka enam ei olnud, siis vaatlustes tuli mitmekuune paus. Spektreid sai selle kaameraga tehtud kokku 41 ööl! Hilisemal ajal sai ST-6 kaamerat kasutatud veel teleskoobi giidi pikk-silma küljes.

HPC-1

Kui ST-6 oli nõ CCD-dega vaatlemise harjutamiseks ja kohanemiseks, siis järgmine kaamera HPC-1 oli juba päris korralik töökaamera. See kaamera oli valmistatud firmas SpectraSource (USA). Maatriksi suuruseks oli nüüd juba 1024 x 1024 pikselit, iga pikseli suuruseks 24 x 24 μm ning välja suuruseks 24,6 x 24,6 mm. Kaameral oli samuti kaheastmeline termoelektroonne jahutus põhinedes Peltier efektil. Kuna kaamera oli meie rahakoti jaoks vägagi kallis (hind ligikaudu 23 600 USA dollarit), siis osaliselt saime toetust nii USA kui Rootsi poolt. Esimene vaatlus kaamera-ga HPC-1 toimus 1995. aasta 19./20. septembri öösel. Kaamera oli kasutusel kuni 1999. aasta kevadeni.

ORBIS-1

Järgmine etapp CCD-de ajastus saabus kaamera ORBIS-1 muretsemisega ja selle kasutuselevõtuga. Esimene vaatlus toimus 1999. aasta 16./17. märtsi öösel. Kaamera oli valmistatud samuti firmas SpectraSource. Maatriksi suuruseks oli 512 x 512 pikselit, iga pikseli suuruseks 24 x 24 μm ning välja suuruseks 12,3 x 12,3 mm. Kaamera oli jahutatav vedela lämmastikuga ning seetõttu ettevalmistus vaatluseks oli mõnevõrra tülikas. Enne vedela lämmastiku valamist kaamera termos pudelisse tuli selle ümber tekitada korralik vaakum. Selleks sai kasutada vaakumpumpa ja pumpamine võttis üsna palju aega (suurusjärgus üks tund või rohkemgi). Järgnevalt tuli vedel lämmastik valada kaamera termos pudelisse, mille maht oli 1,6 liitrit. Edasine kaamera jahtumine võttis jällegi omajagu aega enne kui vaatlama sai hakata. Tavaliselt tegi meil need ettevalmistustööd Toivo Kuusk. Juhul kui vaatlusöö oli pikk, siis poole vaatluse pealt võis lämmastik termos pudelis otsa saada ja juurde pidi teda valama juba vaatlaja ise. Vedelat lämmastikku me ise kohapeal valmistada ei saanud ja seega tuli teda Tartust aegajalt toomas käia.

Andor Newton DU970N

Viimane kaamera, mis on meil tänapäevini kasutusel, on Põhja-Iirimaa Belfasti firma *Andor Technology* toode Andor Newton DU970N. See kaamera sai muretsetud 2006. aasta algul ja esimene vaatlus temaga toimus 16./17. aprilli öösel. Kaamera maatriksi suuruseks on 1600 x 200 pikselit, iga pikseli suuruseks 16 x 16 μm ning välja suuruseks 25,6 x 3,2 mm. Kaamera on taas termoelektriliselt jahutatav. Nii see kaamera kui ka eelmine (ORBIS-1) sai ostetud juba Eesti Teadusfondi grantide raha eest.

Vaatlusandmete töötlemisest tänapäeval

Kuna CCD-dega saame spektrid kohe otseselt arvutisse digitaalsel kujul, siis edasine töötlus on juba märksa lihtsam. Kasutusel on meil enamvähem kaks võrdväärset süsteemi: MIDAS ja IRAF. MIDAS on välja töötatud ja arendatud ESO-s. Alguse sai ta juba 1980-ndate aastate keskel. IRAF on seevastu nõ Ameerika variant ja välja on ta töötatud NOAO-s (*National Optical Astronomy Observatory*). Algversioon tuli välja samuti 1980-ndate aastate keskel. Mõlemad süsteemid on interaktiivsed ja töötavad UNIX-i laadsetel operatsioonisüsteemidel (Linux, macOS, ...).