

Raziskovalna naloga

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo mobilnega telefona

Raziskovalno področje: fizika in astronomija

Avtorica: Lana Tkalčič

Mentor: mag. Marko Žigart

Slovenska Bistrica, januar 2021

ZAHVALA

Zahvalila bi se profesorju in mentorju mag. Marku Žigartu za vso pomoč in spodbude pri raziskovalni nalogi. Zahvalila bi se za vse ideje in popravke ter za fotografijo, posneto 12. januarja 2021. Zahvalila bi se tudi profesorici Maji Kodrič Crnjakovič za jezikovni pregled moje raziskovalne naloge.

Vsebina

POVZETEK	6
1 UVOD	7
2 TEORETIČNI DEL	8
2.1 Algol	8
2.2 Magnituda	10
2.3 Fotometrija	11
3 EKSPERIMENTALNI DEL	15
3.1 Fotografiranje Algola	15
3.2 Prepoznavanje Algola	16
3.3 Fotometrija Algola	18
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	21
5 ZAKLJUČEK	26
6 LITERATURA	27
6.1 Spletni viri	27
6.2 Viri slik	27

Kazalo slik in tabel

Slika 1: Položaj Algola na zvezdni karti (https://en.wikipedia.org/wiki/Algol)	8
Slika 2: Prikaz gibanja K2 in B8 (https://www.slideserve.com/robbin/sub-milliarcsecond-astrometry-of-the-algol-system). Na sliki sta prikazana primarni (Primary Eclipse) in sekundarni mrk (Secondary Eclipse). Graf prikazuje časovno odvisnost navidezne magnitude (Apparent Magnitude) v dnevih (days).....	9
Slika 3: Prikaz Perzeja in Meduze (https://www.constellationsofwords.com/stars/Algol.html).....	10
Slika 4: Primerjava nebesnih teles po njihovi magnitudi (http://mb.ipaslovenija.org/Kasiopeja.htm). Navidezna magnituda (Apparent Magnitude) za Sonce (The Sun), polno luno (Full Moon), Venero (Venus), Sirij (Sirius), Severnico (Polaris), mejna vidnosti s prostim očesom (Nakej Eye Limit) in različne teleskope.....	11
Slika 5: Prikaz padca fotonov na CCD (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/)	11
Slika 6: Prikaz, kako se elektroni pretvorijo v dejansko fotografijo (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/). Levi del slike prikazuje padajoče fotone (Photons traveling towards CCD) na slikovne pike (Pixels on CCD), ki se zapolnijo z elektroni. Število elektronov (The number of electrons in each pixel is read out and converted to an image) se prevede v fotografijo.....	12
Slika 7: Prikaz prereza profila svetlosti zvezde (Plot Profile of a Star's Brightness) (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/)	12
Slika 8: Zaslanka (apertura) okoli zvezde (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/).....	13
Slika 9: Ciljna zvezda (Target Star) in primerjalne zvezde (Comparison Star) (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/)	13
Slika 10: Prikaz metode z dodatnim krogom (blank sky circle) in metode s kolobarjem (blank sky annulus) (https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/)	14
Slika 11: Aplikacija NightCap in možni meniji (https://nightcapcamera.com/photograph-stars-meteors-satellites-even-nebula-iphone-nightcap-camera/)	15
Slika 12: Puščica, ki vodi na Algol, posneto na aplikaciji Night Sky 3. februarja 2021.....	16
Slika 13: Zvezdno nebo brez povezanih zvezd (fotografirano v Oplotnici 9. januarja 2021)	17
Slika 14: Zvezdno nebo s povezanimi zvezdami (fotografirano v Oplotnici 9. januarja 2021).....	17
Slika 16: Zaslanka ob Algolu, narejeno v programu AstrolmageJ	18
Slika 15: Moje velikosti krogov, narejeno v programu AstrolmageJ	18
Slika 17: Priporočene velikosti krogov v programu AstrolmageJ	19
Slika 18: Magnitude primerjalnih zvezd (https://app.aavso.org/vsp/chart/?star=algol&scale=A&orientation=visual&type=chart&fov=900.0&maglimit=9.0&resolution=150&north=down&east=right)	20
Slika 19: Magnitude zvezd, ki so blizu Algolu (https://www.solarsystemquick.com/universe/perseus-constellation).....	20
Slika 20: Algol in ostale zvezde z magnitudami (narejeno v programu AstrolmageJ).....	21
Tabela 1: Datumi in ure mrka	9
Tabela 2: Datumi, ure in dobljene magnitude iz moje raziskave	21
Tabela 3: Datumi, ure in magnitude s spletne strani AAVSO	23
Tabela 4: Magnitude, razdeljene po datumu, urah, viru in časovnem prikazu.....	25

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Graf 1: Magnitude Algola po datumih.....	22
Graf 2: Primerjanje mojih magnitud z magnitudami s spletne strani AAVSO	23
Graf 3: Magnitude dobljene s spletne strani AAVSO	24
Graf 4: Časovni potek spreminjanja magnitud skozi 48-urno obdobje, kjer je z modro označen podatek, pridobljen z mobilnim telefonom, in z rdečo podatek, pridobljen s spletne strani AAVSO ..	25

POVZETEK

Zvezda Algol je spremenljivka, kar pomeni, da nima stalnega sija. Algolu magnituda niha med 2,1 in 3,4 na približno vsakih 68 ur in 48 minut. Spremenljivko tvorita dve zvezdi, ena večja od druge, in krožita druga okoli druge. Ravno zaradi te razlike v velikosti se Algolu spreminja navidezna magnituda. Kadar večja zvezda prekrije manjšo, nastopi primarni mrk, ki traja približno 10 ur. Ko pa manjša zvezda prekrije večjo, nastopi sekundarni mrk.

Določevanje spremenljivega sija sem izvedla fotometrično s pomočjo računalniškega programa AstrolmageJ. Zvezdi Algol sem magnitudo določila s primerjanjem znanih navideznih magnitud okoliških nespremenljivih zvezd.

Fotografiranje zvezde sem opravila s svojim telefonom, in sicer z aplikacijo NightCap Camera. Na vsakih nekaj dni sem posnela fotografijo in nato s pomočjo spletne strani Astrometry.net poiskala lokacijo Algola in primerjalnih zvezd.

Raziskava je pokazala, da je lahko mobilni telefon preprost fotometrični pripomoček, s katerim naredimo dovolj kakovostne posnetke zvezdnega neba. S teh posnetkov pridobimo navidezne magnitudo zvezd, ki so primerljive z natančno pridobljenimi magnitudami z zahtevnejšo fotometrično opremo. Prav tako se je pokazalo, da lahko tako sledimo spremenljivemu siju Algola.

Ključne besede: Algol, prekrivajoča spremenljivka, fotometrija, magnituda, mobilni telefon

1 UVOD

Vsaka zvezda oddaja svetlobo, ki jo lahko izmerimo. Področje merjenja se imenuje fotometrija, fizikalna količina, ki jo merimo, pa sija, ki se meri v magnitudah. Tistim zvezdam, ki se jim sija spreminja, pravimo spremenljivke. Ker me ta del astronomije še posebej zanima, sem izbrala temo raziskovanja spremenljivega sija zvezde Algol, ki ima periodo približno tri dni. Zvezda je pomembna, ker je bila ena izmed prvih odkritih spremenljivk. Fotometrično lahko spremenljivkam določamo magnitudo s fotografiranjem. Želela sem preizkusiti svoj telefon tako, da sem Algol fotografirala ob različnih nočeh. V svoji raziskovalni nalogi sem torej s pomočjo telefona želela izmeriti spreminjanje magnitude zvezde Algol.

V teoretičnem delu raziskovalne naloge bom podrobneje opisala Algol. Opisala bom, zakaj jo uvrščamo med spremenljivke, kako in zakaj njeno spreminjanje magnitude poteka ter predstavila zgodovinsko ozadje opazovanja zvezde. Poleg opisa zvezde bom pojasnila še pojem sija in razvrščanje zvezd v razrede oziroma magnitudo. V tem delu bom podrobneje predstavila fotometrijo in razložila, kako lahko izvedemo merjenje.

V eksperimentalnem delu bom podrobno predstavila svoj potek dela: fotografiranje zvezde, prepoznavanje in določanje lege ter potek merjenja sija s programom AstrolmageJ.

V rezultatih in razpravi bom prikazala svoje rezultate – izmerjene magnitudo. Najpomembnejše vprašanje, ki sem ga imela, je bilo, ali je sploh možno s pomočjo telefona natančno določiti magnitudo zvezde?

V razpravi bom zato primerjala svoje ugotovitve oziroma meritve z meritvami, ki so jih izmerili različni opazovalci organizacije AAVSO (The American Association of Variable Star Observers).

Hipotezi:

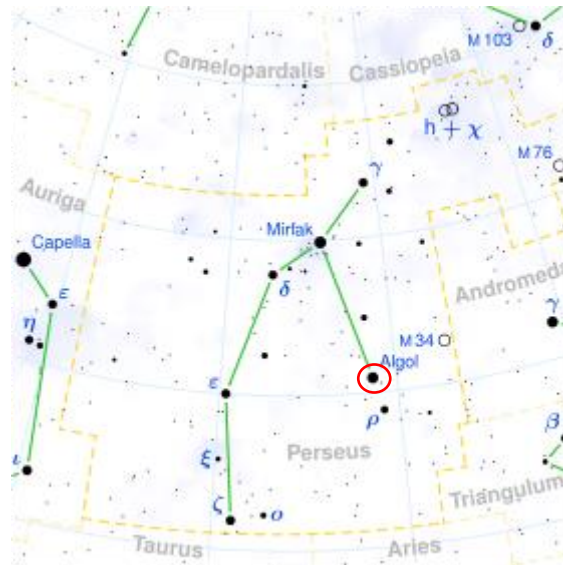
Hipoteza 1: Meritve magnitude spremenljivke Algol bodo odstopale za vsaj 0,3 magnitude v primerjavi z natančnimi meritvami njenega sija.

Hipoteza 2: Iz časovnega poteka merjenja magnitud bo mogoče razbrati minimum sija spremenljivke Algol.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Algol

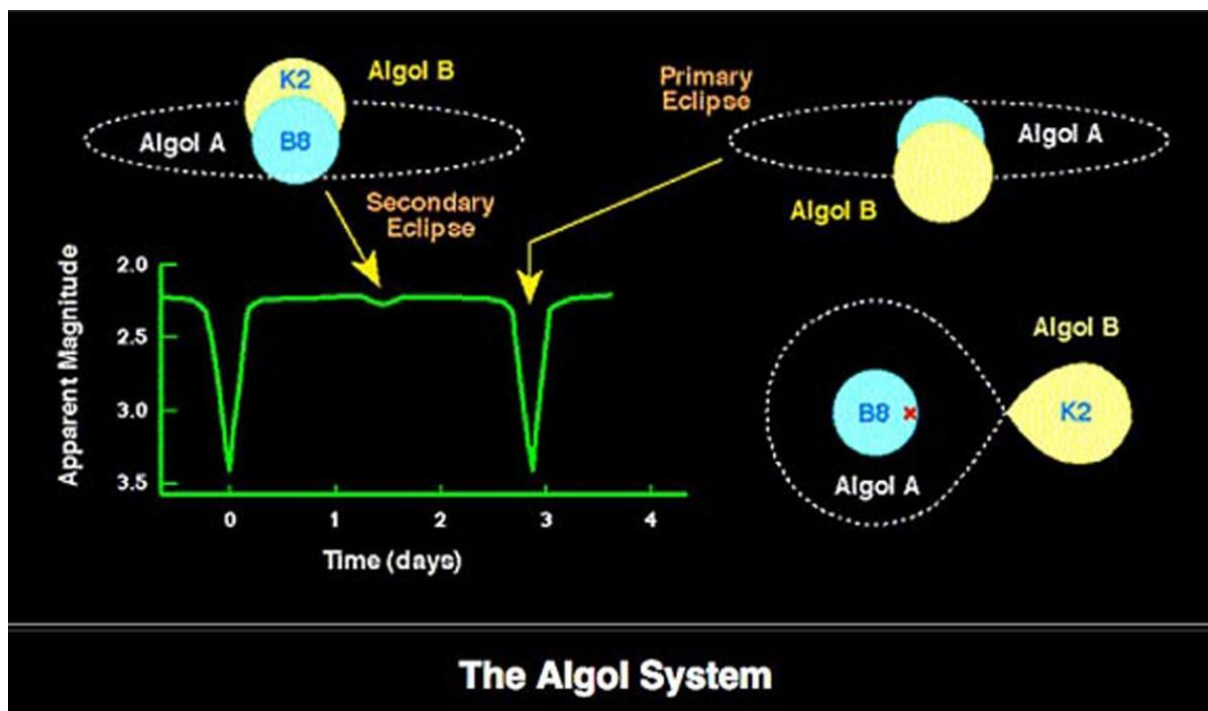
Zvezda Algol, poimenovana kot Beta Perzeja (β Perzej), hkrati pa znana kot Hudičeva zvezda, leži v ozvezdju Perzeja (glej sliko 1). Algol je bila ena izmed prvih odkritih spremenljivk. Njena magnituda niha med 2,1 in 3,4 (Algol, Wikipedia).



Slika 1: Položaj Algola na zvezdni karti
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Algol>)

Spremenljivke so zvezde, katerim se spreminja izsev. Spremembe izseva se kažejo v spremenljivem navideznem siju, ki ga vidimo z Zemlje. Poznamo tri vrste spremenljivk, vendar je za mojo raziskovalno nalogo pomembna samo prekrivajoča spremenljivka, kakršna je zvezda Algol. Pri tem gre za dve zvezdi, ki se gibljeta okrog skupnega masnega središča in se občasno prekrivata. (Spremenljivka, Wikipedia)

Glavna zvezda tega dvozvezdja je zvezda tipa B8, ki je skoraj trikrat večja od našega Sonca, sekundarna zvezda pa je podorjakinja tipa K2. Skupaj se torej vrtita druga okoli druge in ko ena prekrije drugo, se navidezni sij spremeni. To se zgodi približno vsakih 68 ur in 48 minut oziroma približno vsakih 2,86 dni. To zakrivanje traja približno 8 ur in takrat je navidezni sij najmanjši oz. je magnituda največja. V dvozvezdju pa je hkrati tudi tretja zvezda tipa F1, ki je veliko šibkejša in kroži okoli notranjega kroga z obhodnim časom 1,86 leta. Slika 2 prikazuje kroženje zvezd tipa K2 IN B8. Ko manjša B8 prekrije večjo K2, se zgodi sekundarni mrk, pri katerem se sij malo spremeni. Ko pa K2 prekrije B2, se zgodi primarni mrk, ki povzroči zelo velik padec sija (navidezna magnituda naraste). Oba mrka pa se zgodita v teh 2,86 dnevih.



Slika 2: Prikaz gibanja K2 in B8 (<https://www.slideserve.com/robbin/sub-milliarsecond-astrometry-of-the-algol-system>). Na sliki sta prikazana primarni (Primary Eclipse) in sekundarni mrk (Secondary Eclipse). Graf prikazuje časovno odvisnost navidezne magnitude (Apparent Magnitude) v dnevih (days).

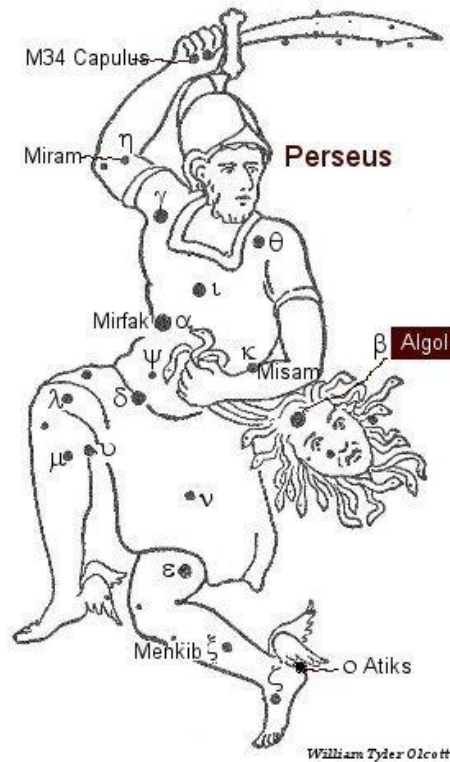
Ker približno vemo, na koliko časa se zgodi mrk, si lahko sami izračunamo čas naslednjega mrka. Na spletu lahko najdemo več izračunov za naslednje mrke. (The minima of algol) Tabela 1 prikazuje vse primarne mrke za letošnji februar.

Tabela 1: Datumi in ure mrka

Datum	Srednjeevropski čas	Datum	Srednjeevropski čas
1. 2. 2021	13.07	15. 2. 2021	21.14
4. 2. 2021	9.57	18. 2. 2021	18.03
7. 2. 2021	6.46	21. 2. 2021	14.53
10. 2. 2021	3.35	24. 2. 2021	11.42
13. 2. 2021	0.25	27. 2. 2021	8.31

Spremenljivi sij Algola so odkrili leta 1667, vendar njenega utripanja še niso znali pojasniti. Najprej so verjeli, da je za utripanje kriva rotacija Zemlje, vendar so leta 1881 astronomi predstavili teorijo, da je za utripanje zvezde krivo kroženje dveh zvezd, kar so čez nekaj let tudi dokazali. (Price)

Poimenovanje Algol izhaja iz arabščine, kjer pomeni hudičeva glava. Algol še lahko zasledimo v raznih mitih v židovski, grški in kitajski kulturi. Zvezda predstavlja delček glave Meduze, ki je bila s kačami pokrita ženska v starodavni mitologiji. Prav zaradi tega zvezda predstavlja nekaj slabega. Astrologi ji pripisujejo same slabe lastnosti in naj bi predstavljala smrt, umor, revščino in bolezni. Zaradi tega se uvršča med 15 najbolj nesrečnih zvezd. (The history of the star: Algol)



Slika 3: Prikaz Perzeja in Meduze
(<https://www.constellationsofwords.com/stars/Algol.html>)

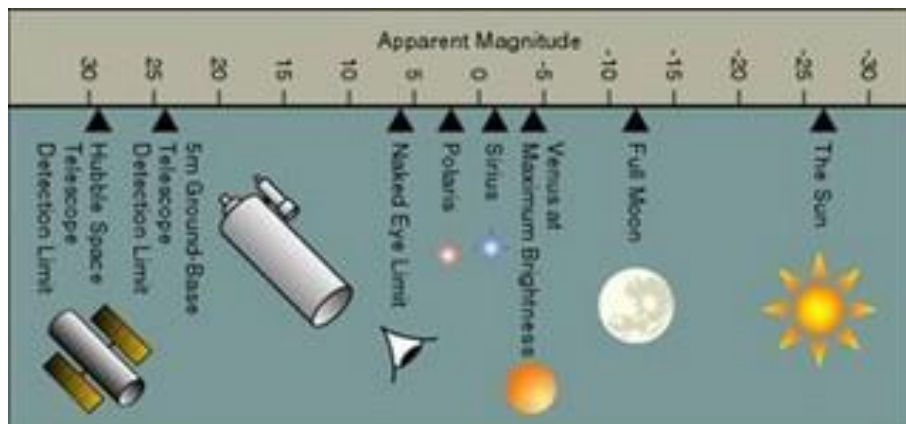
2.2 Magnituda

Zvezde so po svojem navideznem sijju razdeljene v razrede ali magnitudo, in sicer tako, da svetlejša kot je zvezda, nižjo vrednost ima. Pojem magnituda izhaja že iz antike, ko sta Grka Hiparh in Ptolomej razdelila zvezde po sijju v šest magnitud. Najsvetlejša sta imenovala zvezde prve magnitudo ($m = 1$), tiste, ki so bile komaj vidne, pa šeste magnitudo ($m = 6$). Tako je zvezda magnitudo 1 svetlejša od zvezde magnitudo 2, zvezda magnitudo 2 svetlejša od zvezde magnitudo 3 in tako naprej. Najšibkejša zvezda, ki jih navadno vidimo s prostim očesom, so 6. magnitudo. Kasneje so lestvico magnitud še bolj razširili. Tako lahko sodobni teleskopi z elektronsko opremo sežejo vse do magnitudo 28. Na drugi strani te lestvice je nekaj zvezd z magnitudo 0 ali celo z negativno magnitudo. Sirij ima magnitudo -1.46 , Sonce pa -26.8 . (Navidezni sij, Wikipedia)

Navidezna magnituda nam torej pove, kako svetla je zvezda, če jo gledamo s prostim očesom. Poleg navidezne poznamo tudi absolutno magnitudo. Absolutna magnituda pa nam pove, kako svetla bi bila zvezda na oddaljenosti 10 parsekov. Parsek je oddaljenost, pri kateri imajo zvezde paralakso eno ločno sekundo. Če to povemo drugače, je 1 parsek razdalja, pri kateri vidimo razdaljo Zemlja–Sonce pod kotom $1''$ (ene ločne sekunde). (Šiška, 2001)

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Slika 4 prikazuje primerjavo med več telesi v vesolju in njihovo magnitudo. Pomembno si je zapomniti, da svetlejša kot je nebesno telo, manjšo magnitudo ima.

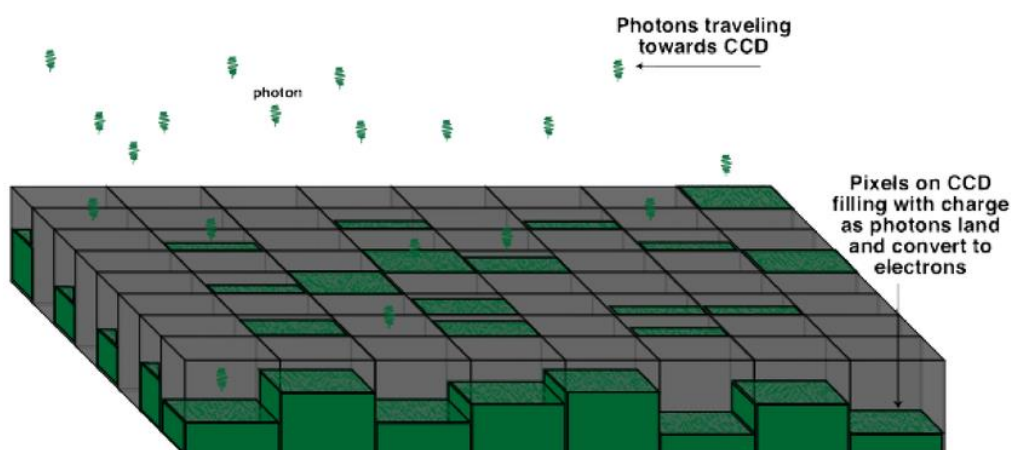


Slika 4: Primerjava nebesnih teles po njihovi magnitudi (<http://mb.ipaslovenija.org/Kasiopeja.htm>). Navidezna magnituda (Apparent Magnitude) za Sonce (The Sun), polno luno (Full Moon), Venero (Venus), Sirij (Sirius), Severnico (Polaris), mejna vidnosti s prostim očesom (Naked Eye Limit) in različne teleskope.

2.3 Fotometrija

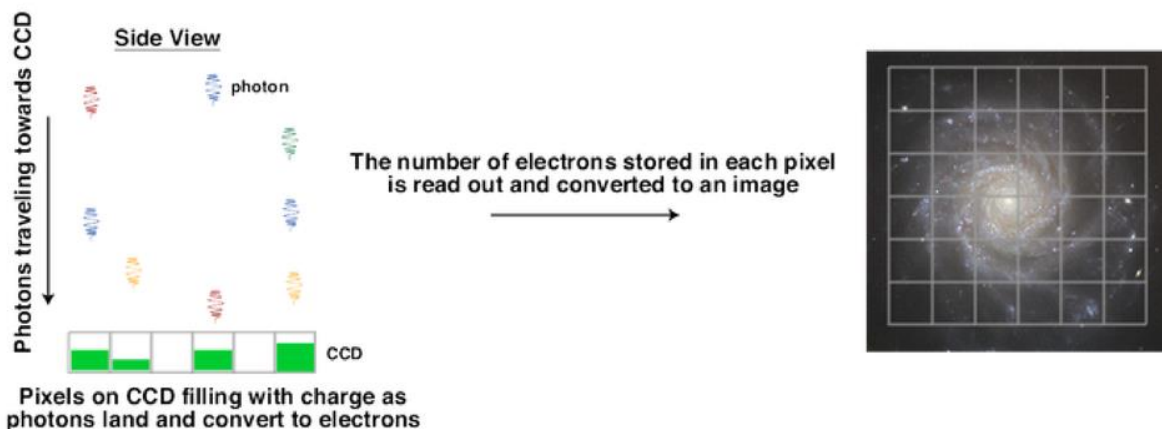
Astronomska fotometrija ali astrofotometrija je del astronomije, ki proučuje sevanja nebesnih teles, npr. zvezd, če od njih pridejo sevanja do Zemlje.

Vsaka slikovna pika na CCD-ju (ali CMOS-u) bo med osvetlitvijo deležna določenega števila fotonov (glej sliki 5 in 6). To število fotonov se prevede v število elektronov, ki so shranjeni v CCD oziroma CMOS, dokler jih ne odčitamo. Več fotonov kot bo doseglo določeno slikovno piko, več elektronov bo tam shranjenih.



Slika 5: Prikaz padca fotonov na CCD (<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>)

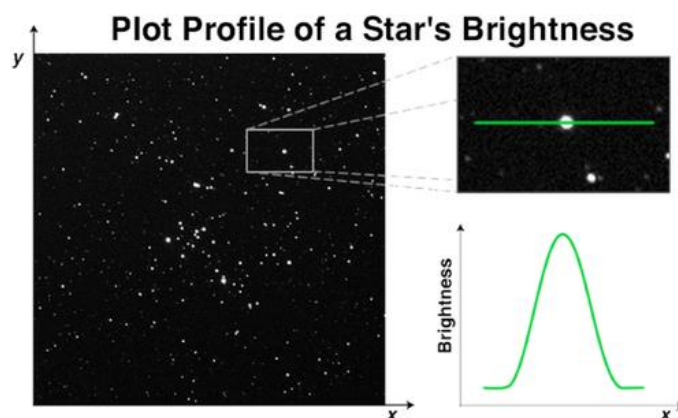
Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona



Slika 6: Prikaz, kako se elektroni pretvorijo v dejansko fotografijo (<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>). Levi del slike prikazuje padajoče fotone (Photons traveling towards CCD) na slikovne pike (Pixels on CCD), ki se zapolnijo z elektroni. Število elektronov (The number of electrons in each pixel is read out and converted to an image) se prevede v fotografijo.

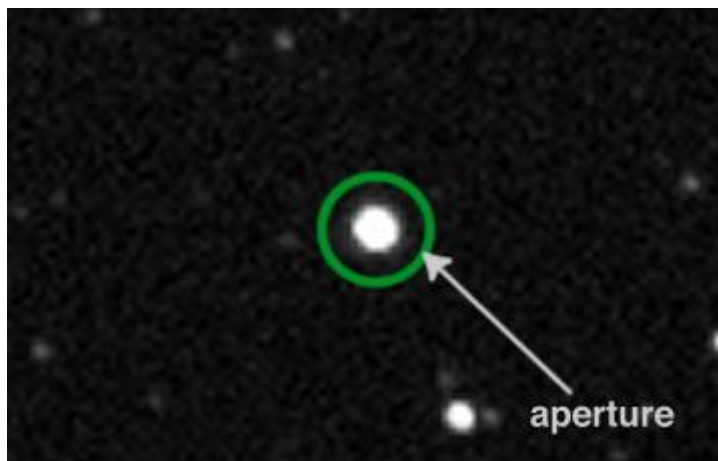
Vsaka slikovna pika ima svoj dinamični razpon, ki je določen z bitno globino, ki je odvisna od vrste svetlobnega detektorja in od vrste formata, v katerem je slika shranjena. Pri formatu jpg, ki sem ga uporabljala pri svoji raziskavi, je ta razpon 8-bitni, kar pomeni, da lahko vsaka slikovna pika zavzame vrednosti med 0 in 255.

Na svetlobnem detektorju bo vsaka zvezda prikazana kot razmazan krog, ki zajema več slikovnih pik. Skozi zvezdo lahko potegnemo črto (glej sliko 7), svetlost njenega profila pa lahko vidimo kot krivuljo. Povečanje svetlosti na sliki in na grafu predstavlja območje na svetlobnem detektorju, na katerem je pristalo več fotonov. Ko je bil CCD oziroma CMOS odčitana, je bilo v teh pikslih shranjenih več elektronov, ki so predstavljali svetel predmet.



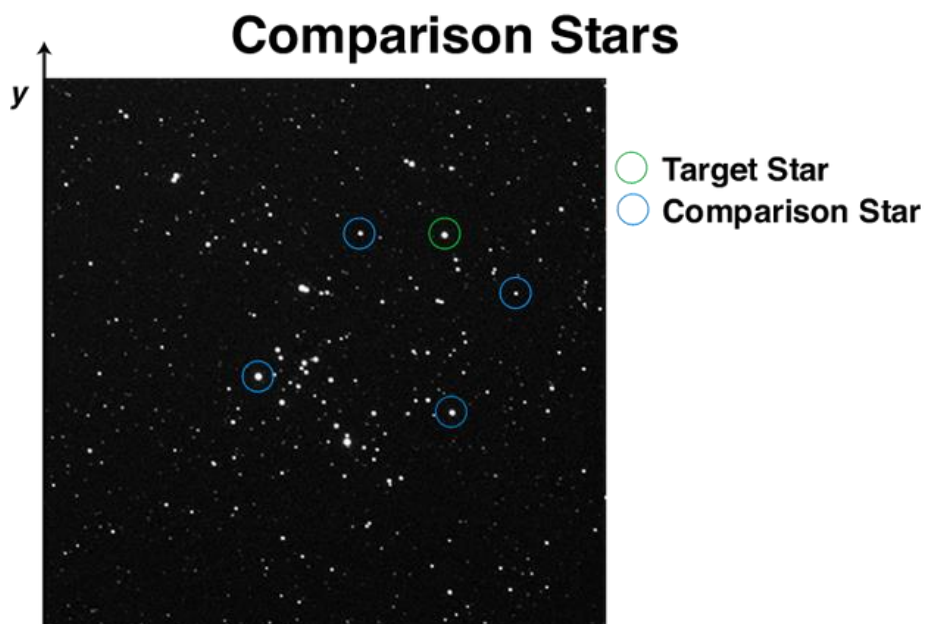
Slika 7: Prikaz prereza profila svetlosti zvezde (Plot Profile of a Star's Brightness) (<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>)

Ko izvajamo fotometrijo zvezde, s programom AstroimageJ določimo področje zanimanja (označeno z zelenim krogom na sliki 8). Krog imenujemo zaslonka oziroma apertura. Nato se s programsko opremo sešteje skupna vrednost slikovnih pik na opazovanem območju.



Slika 8: Zaslonka (apertura) okoli zvezde
(<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>)

Pri merjenju sija zvezde na fotografijah, posnetih ob različnih časih, je treba uporabiti primerjalne zvezde, katerih magnitudo poznamo (glej sliko 9). Z uporabo primerjalnih zvezd se hkrati določita magnituda zvezde in odstranijo motnje, kot sta na primer svetlobna onesnaženost in lokalne pooblačitve. Če bi na primer v času več izpostavljenosti čez teleskop prešel tanek oblak, bi se svetlost vseh zvezd na sliki zmanjšala za podoben vrednost. Primerjalne zvezde, ki so podobnih magnitud kot ciljna zvezda in niso od nje preveč oddaljene, so najboljša izbira. Paziti moramo edino, da primerjalna zvezda ni spremenljivka.



Slika 9: Ciljna zvezda (Target Star) in primerjalne zvezde (Comparison Star)
(<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>)

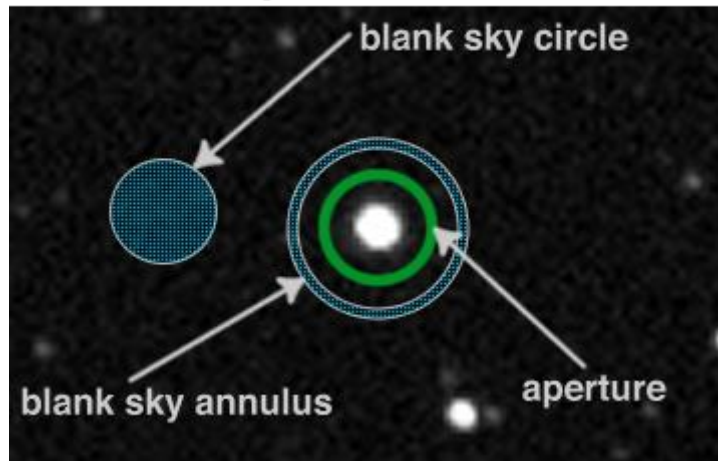
Na celotni fotografiji je vedno neka dodatna svetlost ali šum z neba. Del tega lahko programska oprema samodejno odstrani. Odstranjevanje večine tega šuma v angleščini imenujemo "sky-subtraction" (glej sliko 10). Pogosta tehnika odstranjevanja šuma je ustvarjanje obročka zunaj aperture merjene zvezde. Nato se število štetja na tem območju deli s površino obročka. To daje vrednost za povprečno količino

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

dodatnih fotonov, ki prihajajo z neba na slikovno piko. Nato lahko to vrednost pomnožimo s površino zaslonke in nato odštejemo od vrednosti, ki jo najdemo za svetlost zvezde.

Alternativna tehnika je postavitve kroga z enakim polmerom kot zaslonka na območju slike blizu naše zvezde, kjer se zdi, da ni zvezd. Skupno svetlost tega kroga lahko delimo z njegovo površino, da dobimo povprečno število štetij na slikovno piko, ki prihajajo iz šuma z neba. (Photometry and CCDs)

Sky Subtraction

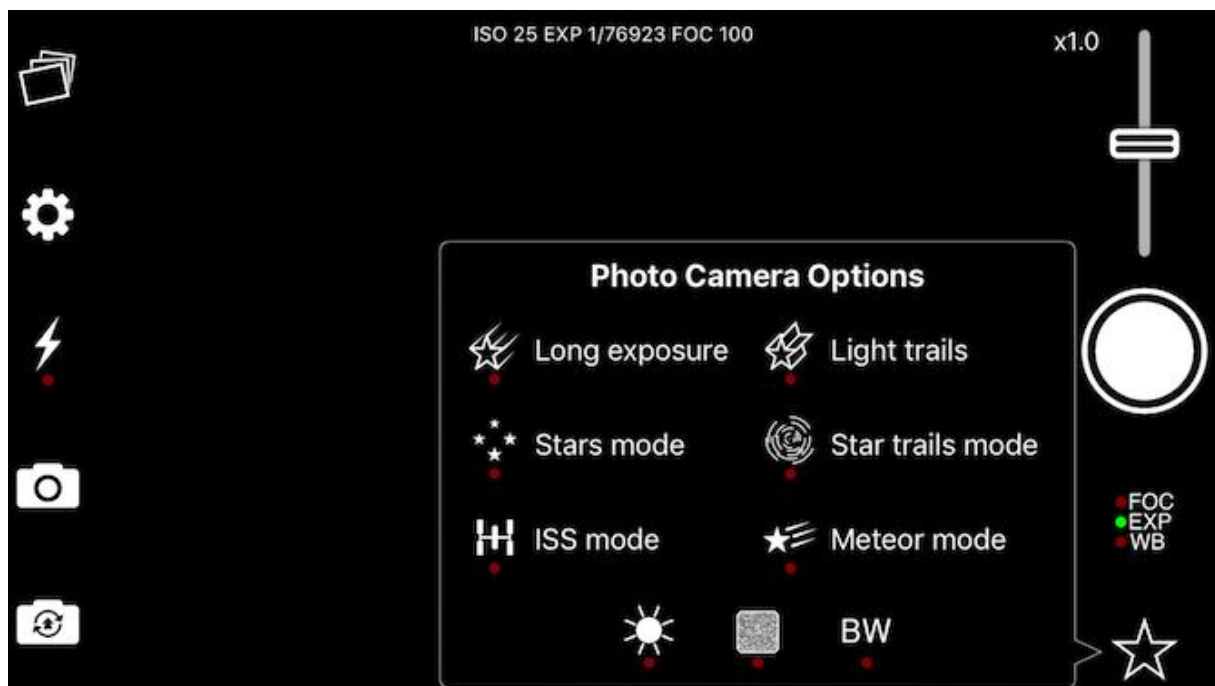


Slika 10: Prikaz metode z dodatnim krogom (blank sky circle) in metode s kolobarjem (blank sky annulus)
(<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>)

3 EKSPERIMENTALNI DEL

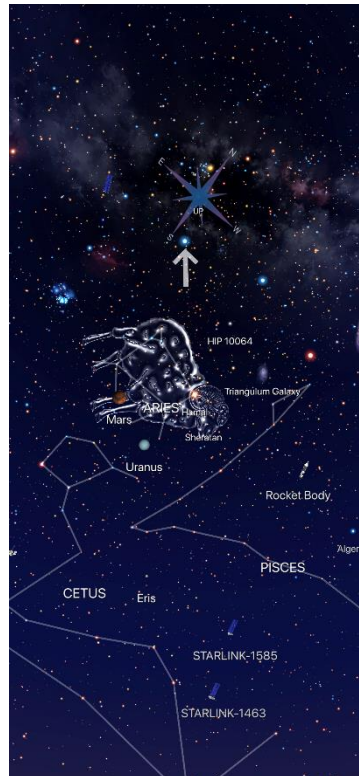
3.1 Fotografiranje Algola

Svojega raziskovanja sem se lotila tako, da sem najprej odkrila, ali je moj telefon sploh sposoben fotografirati nočno nebo in hkrati ujeti nebesna telesa. Najprej sem poiskala svoje odgovore na spletu in hitro ugotovila, da Iphone Xs tega ni sposoben. Pri fotografiranju v temi so zelo pomembne nastavitve za ISO (občutljivost), odprtost zaslonke in hitrost zaslonke, česar pa na svojem telefonu ne morem spreminjati. Nato sem našla mobilno aplikacijo, imenovano NightCap Camera, ki te nastavitve omogoča. Aplikacijo sem kupila in pričela fotografirati zvezdno nebo. Slika 11 prikazuje različne menije, med katerimi sem izbirala. Uporabila sem izbiro Stars mode.



Slika 11: Aplikacija NightCap in možni meniji (<https://nightcapcamera.com/photograph-stars-meteors-satellites-even-nebulas-iphone-nightcap-camera/>)

Poleg vseh nastavitvev, ki sem jih potrebovala, je hkrati pomembno, da je kamera pri miru. Priporočena je uporaba stojala, vendar sem sama uporabila večjo škatlo, na katero sem leže postavila telefon. Z iskanjem Algola na nebu sem si pomagala z mobilno aplikacijo Night Sky, v katero lahko vneseš telo, ki ga iščeš, in te nato puščica vodi po nebu do iskane zvezde. Fotografiranje sem opravila na vsako jasno noč na bližnjem travniku, da je bilo čim temneje. Slika 12 prikazuje puščico, ki kaže prav na Algol.

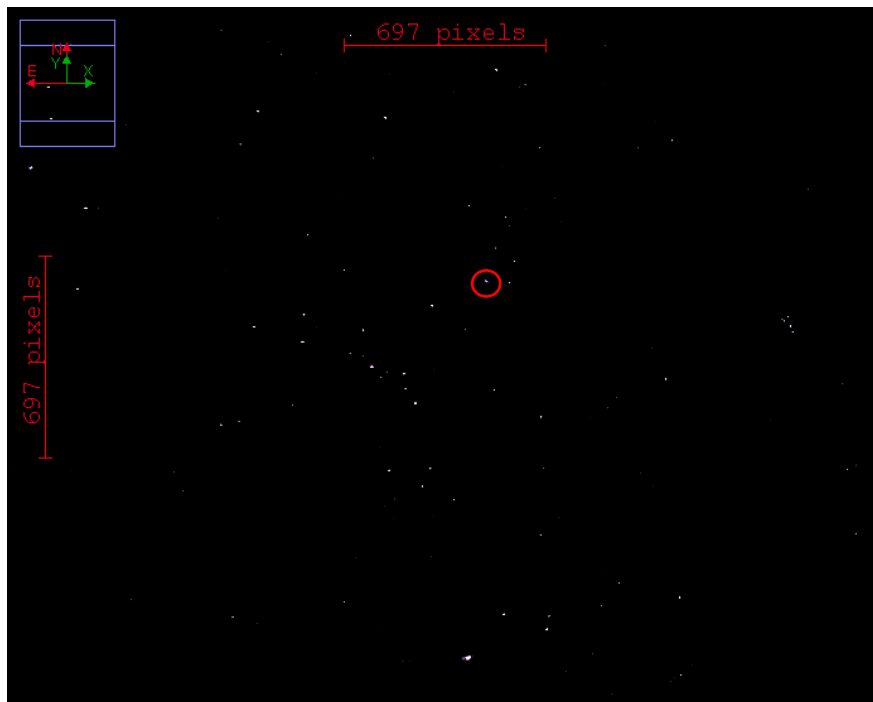


Slika 12: Puščica, ki vodi na Algol, posneto na aplikaciji Night Sky 3. februarja 2021

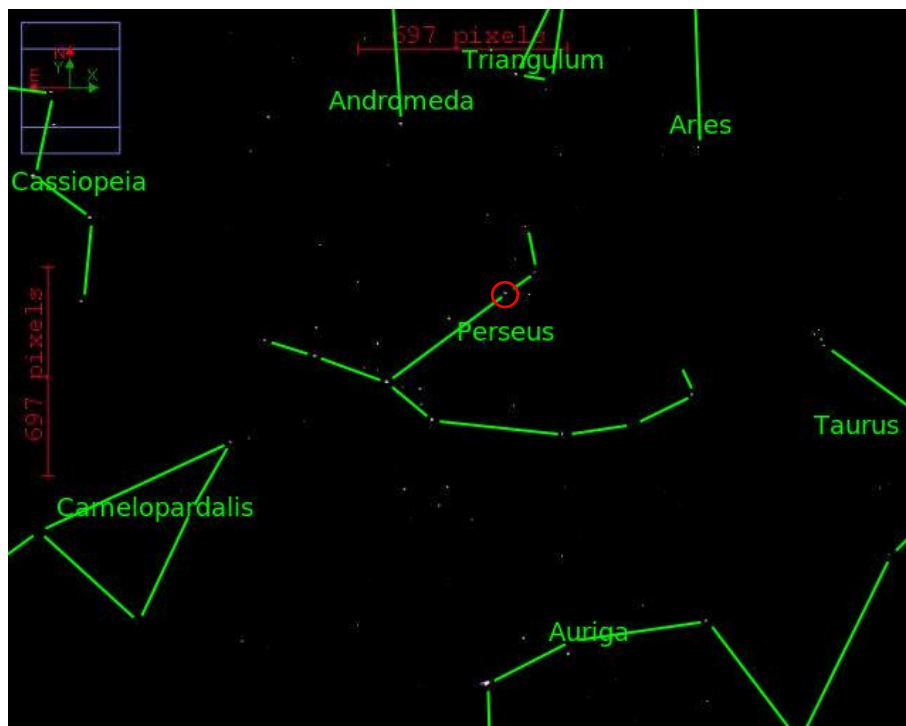
3.2 Prepoznavanje Algola

Ko sem imela fotografije zvezd, je sledilo prepoznavanje lege Algola na fotografijah. Iskanje sem si olajšala s spletno stranjo [Astrometry.net](https://www.astrometry.net/), kjer lahko naložiš svojo fotografijo in ti ta sama čez približno deset minut pošlje povratno informacijo o prepoznanih nebesnih telesih. Spletna stran mi je pokazala, kje se nahaja ozvezdje Perzej, v katerem sem lahko prepoznala Algol. Spodaj sta sliki 13 in 14, kjer lahko primerjamo zvezdno nebo brez povezanih zvezd in nato s povezanimi zvezdami ter lahko hitro zaznamo, da je skoraj nemogoče ugotoviti, katera zvezda je Algol. Za lažjo predstavitev sem na obeh fotografijah z rdečo obkrožila Algol.

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona



Slika 13: Zvezdno nebo brez povezanih zvezd (fotografirano v Oplotnici 9. januarja 2021)

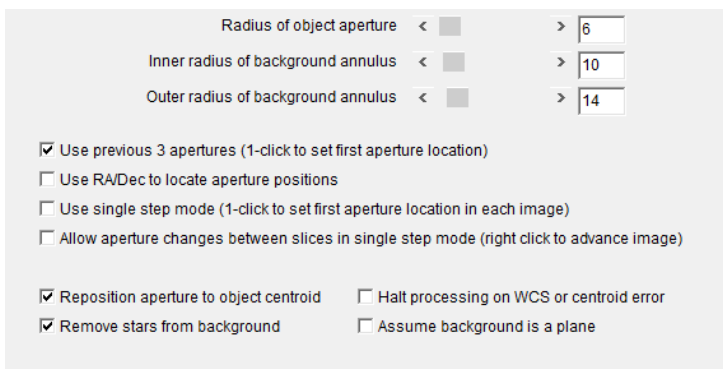


Slika 14: Zvezdno nebo s povezanimi zvezdami (fotografirano v Oplotnici 9. januarja 2021)

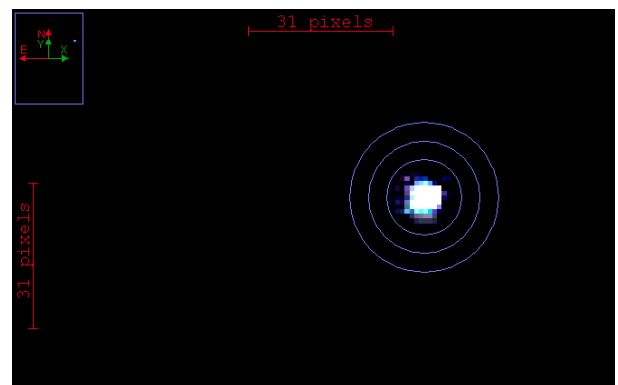
3.3 Fotometrija Algola

Tako sem končno lahko začela s fotometrijo oziroma z določanjem magnitude Algola. Fotometrijo sem podrobno opisala v poglavju Fotometrija, zato bom v tem delu na kratko predstavila potek s svojimi fotografijami in z opisom.

Fotometrijo sem opravljala v računalniškem programu AstrolmageJ. Dela sem se lotila tako, da sem vse fotografije, ki sem jih naredila, shranila v album, in vsako poimenovala po dnevu in uri, ob kateri sem jo naredila. In nato sem jih po vrsti vstavljala v program in izvedla fotometrijo. Najpomembneje je bilo, da sem oblikovala ravno tako veliko zaslonko okrog zvezde, da se ji je čim bolj prilegala. Program omogoča nastavitve vseh treh krogov okrog zvezde. Kot sem že napisala v poglavju Fotometrija, je zelo pomemben notranji krog, in sicer zato, ker mora zavzeti vso svetlobo, ki jo zvezda oddaja. Srednji in zunanji krog sta namenjena temu, da izračunata, kako temno je nebo brez zvezd. Slika 15 predstavlja meni, v katerem sem spreminjala velikost krogov. Slika 16 prikazuje zaslonko ob Algolu, ki sem jo ustvarila, da se ji prilega. Program si nastavitve velikosti krogov zapomni za vse fotografije za opazovano zvezdo.



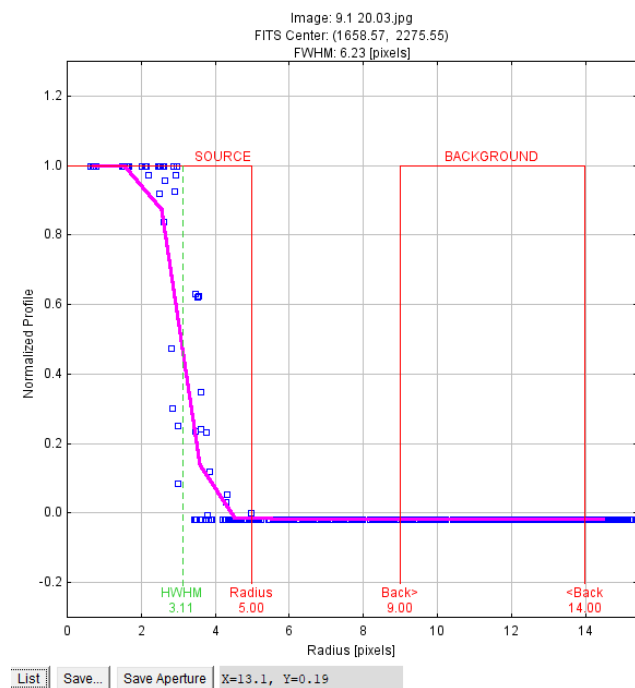
Slika 16: Moje velikosti krogov, narejeno v programu AstrolmageJ



Slika 15: Zaslonka ob Algolu, narejeno v programu AstrolmageJ

Če pa nočemo ugibati oziroma na oko oceniti velikosti krogov, lahko odpremo posebni meni, ki nam z grafom prikaže priporočene velikosti krogov. Na sliki 17 lahko vidimo, da se graf začne spuščati od središča zvezde proti temnemu nebu. Na tisti velikosti, kjer graf doseže vrednost nič, nastavimo notranji krog. Graf nato tudi predlaga, na katere velikosti naj nastavimo srednji in zunanji krog. Če primerjamo moje nastavitve na sliki 15 in priporočene nastavitve na sliki 17, vidimo, da so vrednosti polmerov krogov primerljive.

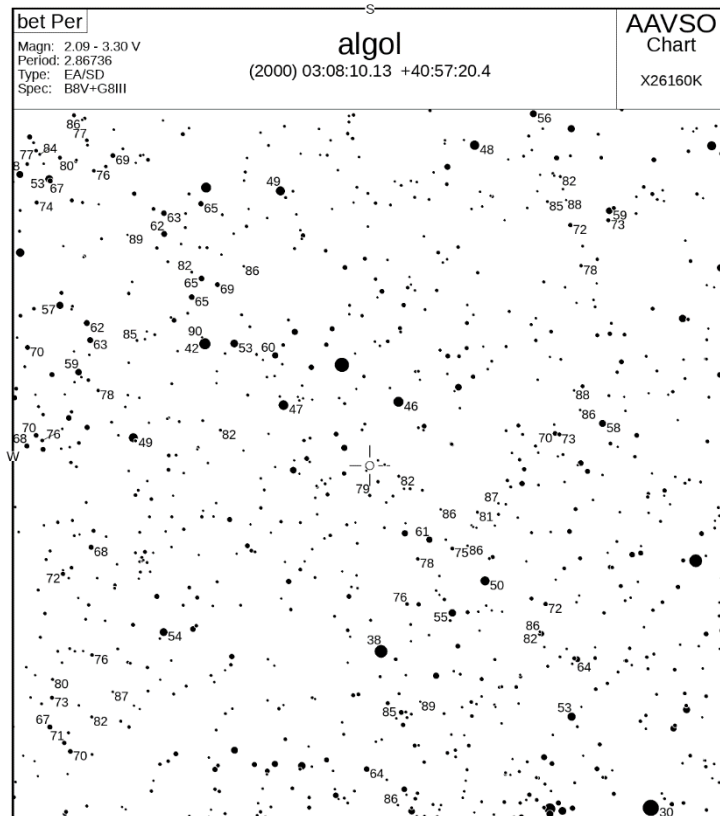
Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona



Slika 17: Priporočene velikosti krogov v programu AstromageJ

Ker ugotavljam magnitudo zvezde spremenljivke, potrebujem nekaj primerjalnih zvezd z znanimi magnitudami. Spletna stran Ameriškega društva za opazovanje spremenljivk (AAVSO), ki je namenjena prav zvezdam spremenljivkam, ima možnost, da v iskanje vnesemo zvezdo, ki ji določamo magnitudo, hkrati pa nam ponudi sliko z vsemi bližnjimi zvezdami in njihovimi magnitudami (glej sliko 18). S pomočjo pridobljene slike sem na lastnih fotografijah zvezdnega neba poiskala primerjalne zvezde in v program AstromageJ zapisala njihove magnitudo. Program nato sam izračuna magnitudo zvezde. Pomembno je vedeti, da je zapis magnitud brez decimalne vejice. Če je zapisano število 38, pomeni, da ima zvezda magnitudo 3,8. Ciljna zvezda Algol je označena s praznim krogom.

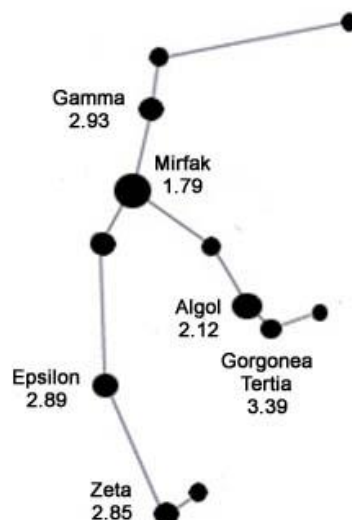
Določanje magnitud zvezd Algol s pomočjo telefona



Slika 18: Magnitude primerjalnih zvezd

(https://app.aavso.org/vsp/chart/?star=algot&scale=A&orientation=visual&type=chart&fov=900.0&maglimit=9.0&resolution=150&no_rth=down&east=right)

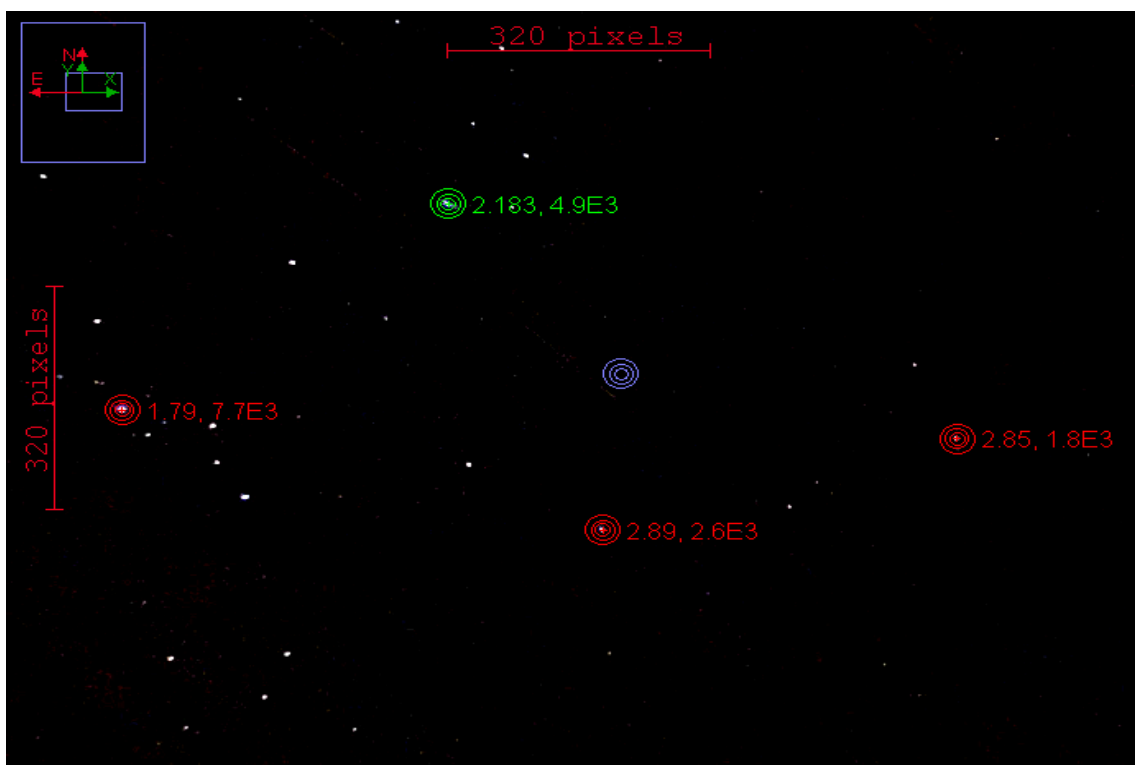
Druga možnost, ki sem jo uporabila sama, saj je bila hitrejša in preprostejša, je ta, da sem poiskala zvezde v Perzeju in njihove magnitudo razbrala s slike 19. Te zvezde so bile razsejane na večjem območju v okolici Algola, zato jih je bilo lažje najti. Slika 20 prikazuje mojo fotografijo, na kateri so že



Slika 19: Magnitude zvezd, ki so blizu Algolu
(<https://www.solarsystemquick.com/universe/perseus-constellation>)

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

določene te zvezde in njihove magnitudo. Z zeleno je označen Algol, z rdečo pa primerjalne zvezde. Vidimo lahko, da je program sam izračunal magnitudo Algola.



Slika 20: Algol in ostale zvezde z magnitudami (narejeno v programu AstrolmageJ)

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Vse dobljene magnitudo lastne fotometrije, pridobljene s programom AstrolmageJ, sem primerjala s strokovno pridobljenimi na spletni strani AAVSO.

V tabeli 2 so prikazani moji rezultati. V prvem in drugem stolpcu je zapisan lokalni čas nastale fotografije, v tretjem stolpcu pa izračunana magnituda iz AstrolmageJ.

Tabela 2: Datumi, ure in dobljene magnitudo iz moje raziskave

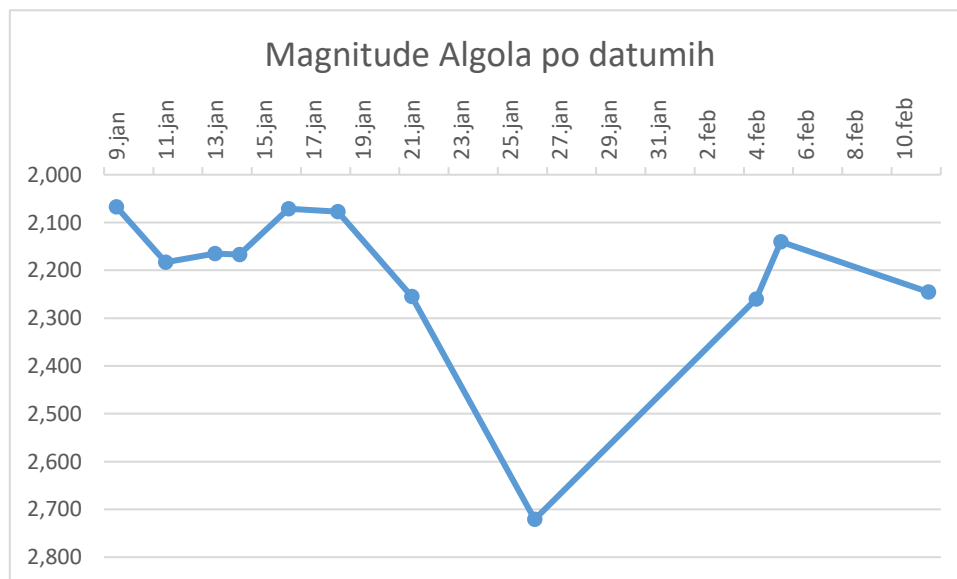
Datum	Ura	Magnituda
9. januar 2021	20.03	2,067
11. januar 2021	21.51	2,183
13. januar 2021	21.21	2,165
14. januar 2021	21.28	2,167
16. januar 2021	21.36	2,071
18. januar 2021	19.44	2,077
21. januar 2021	20.08	2,255
26. januar 2021	20.22	2,721
4. februar 2021	20.40	2,260
5. februar 2021	19.45	2,140
11. februar 2021	20.15	2,245

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Žal fotografij nisem nikoli posnela točno ob mrku oziroma večkrat na noč. Nekatere fotografije so bile posnete pred primarnim mrkom oziroma po njem. To sem opazila 26. januarja, ko se je primarni mrk zgodil ob 19.29, jaz sem pa fotografijo posnela slabo uro kasneje. Ob primarnem mrku bi morala biti magnituda okoli 3,4, zaradi tega sem sklepala, da se je v tej slabi uri magnituda zmanjšala.

Če ponovno pogledamo sliko 2, lahko vidimo, da bi Algol moral imeti najmanjšo magnitudo nekaj ur po primarnem mrku in sekundarnem mrku, ki pa se zgodi približno 36 ur po primarnem mrku. Prav zaradi tega sem sklepala, da so fotografije 9. januarja, 16. januarja in 5. februarja bile posnete po zgoraj navedenih urah. Zaradi tega sem poiskala ure primarnih mrkov okoli teh datumov in ugotovila, da sem imela prav. 9. januarja se je primarni mrk zgodil ob 14.33, kar je bilo približno 5 ur pred nastankom moje fotografije. 16. januarja se ni zgodil primarni mrk, ampak 15. januarja, in sicer ob 8. uri, kar pa je 38 ur pred nastankom moje fotografije, kar pomeni, da sem fotografijo posnela približno dve uri po sekundarnem mrku. 5. februarja prav tako ni bilo primarnega mrka, zgodil se je en dan prej, in sicer 4. februarja ob 10. uri, kar pomeni, da sem fotografijo posnela 34 ur po primarnem mrku oziroma 2 uri pred sekundarnim mrkom. Opazila sem, da sem 4. februarja posnela fotografijo 10 ur po primarnem mrku, vendar je bila moja dobljena magnituda višja kot magnituda, ki sem jo dobila 5. februarja. Najprej sem seveda verjela, da je prišlo do napake pri merjenju zaradi morda slabše kakovosti fotografije, vendar sem kasneje s slike 2 ugotovila, da primarni mrk traja veliko dlje časa. Na spletu sem našla podatek, da primarni mrk traja približno 10 ur (Algol, Wikipedia), zaradi tega sem prišla do naslednje ugotovitve: ker je bila fotografija posneta 10 ur po primarnem mrku, je torej mrk počasi pojema.

Spodnji graf 1 prikazuje spreminjanje magnitude Algola po dnevih. Na x-osi so podani datumi, na y-osi pa magnituda.



Graf 1: Magnituda Algola po datumih

Ravno zaradi tega, ker nisem posnela več fotografij na noč oziroma okoli primarnega mrka, bo zelo težko brati zgornji graf. Iz grafa bi lahko sklepala, da se je primarni mrk zgodil samo 26. januarja in trajal

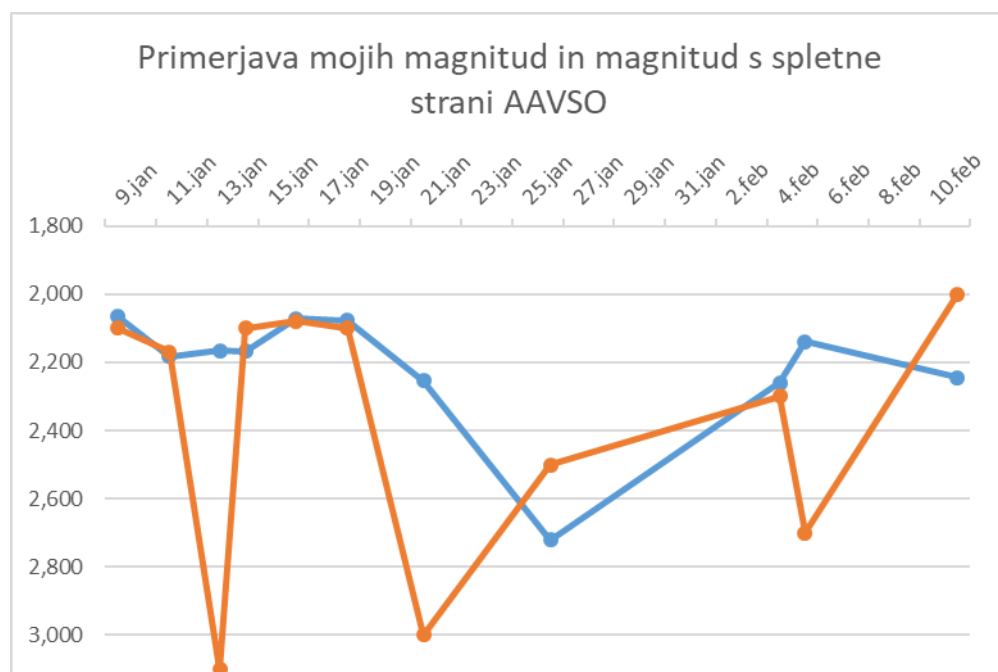
Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

vse do okoli 3. februarja, kar pa vem, da ni res, ker je naslednji mrk že sledil 1. februarja. Prav tako bi lahko sklepala, da sta se sekundarna mrka zgodila okoli 11. januarja in 11. februarja. Vendar sem 11. januarja sliko posnela 55 ur po primarnem mrku, torej nisem ujela sekundarnega mrka in zato verjamem, da je bila fotografija slabše vidljivosti. 11. februarja pa sem fotografijo naredila 40 ur po primarnem mrku, kar bi pa lahko pomenilo, da je sekundarni mrk bil v pojevanju.

Spodaj za isto časovno obdobje pripenjam tabelo in graf dobljenih magnitud s spletne strani AAVSO. Na AAVSO ne merijo vsak dan, zato včasih ne bo podatka o magnitudi za isti dan, kot sem sama merila. Na graf 2 sem še zaradi lažje primerjave dodala lastne magnitudo.

Tabela 3: Datumi, ure in magnitudo s spletne strani AAVSO

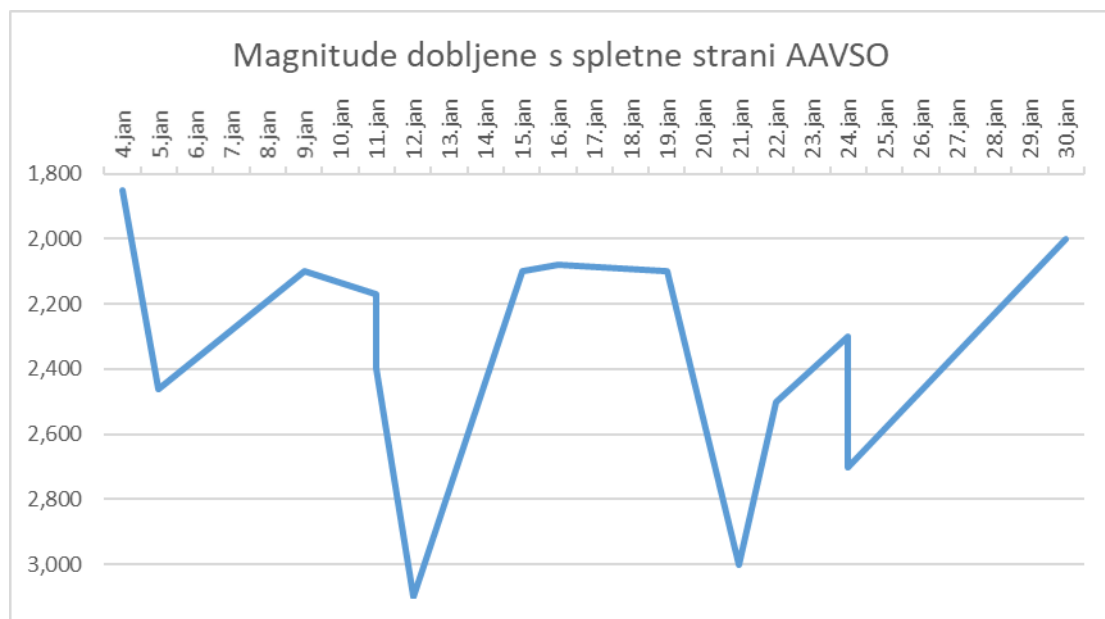
Datum	Ura	Magnituda
9. januar 2021	21.08	2,10
11. januar 2021	23.23	2,17
12. januar 2021	11.50	3,10
15. januar 2021	00.22	2,10
16. januar 2021	16.45	2,08
19. januar 2021	00.52	2,10
21. januar 2021	00.40	3,00
22. januar 2021	03.15	2,50
24. januar 2021	00.29	2,30
24. januar 2021	00.58	2,70
30. januar 2021	00.11	2,00
4. februar 2021	00.31	1,85
5. februar 2021	21.08	2,46
11. februar 2021	21.25	2,40



Graf 2: Primerjanje mojih magnitud z magnitudami s spletne strani AAVSO

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Zaradi različnega časa merjenja magnitud bo težje primerjati magnitudo. Zelo veliko odstopanje sem opazila okoli 13. januarja. Razlog zato je, ker nihče na AAVSO ni meril magnitudo točno 13. januarja, ampak le 12., ko se je zgodil primarni mrk. Prav tako je odstopanje v magnitudah 21. januarja. Razlog za to je v času merjenja. Sama sem merila magnitudo ob 20. uri, ko se je primarni mrk začel, na AAVSO pa je podatek merjenja, ko se je primarni mrk zgodil. Odstopanje je tudi 5. februarja, kjer pa menim, da je do razlikovanja v magnitudi prišlo zaradi različnega časa merjenja in ker je takrat potekal sekundarni mrk. In prav zaradi tega bi **hipotezo 1** zavrnila, saj nikjer, kjer sem svojo fotografijo opravila ob podobnem času kot prostovoljci na AAVSO (in takrat ni potekal primarni oz. sekundarni mrk), ni prišlo do odstopanja, večjega od 0,3 magnitudo. Če ta odstopanja, do katerih je prišlo, zapišem z relativno napako, se vsa odstopanja nahajajo med približno 3 in 7 odstotki. Med 12. in 13. januarjem je sicer odstopanje približno 70 odstotkov oz. 0,9 magnitudo, kar pa je posledica merjenja magnitud ob precej različnih časih, kot so navedeni na AAVSO.



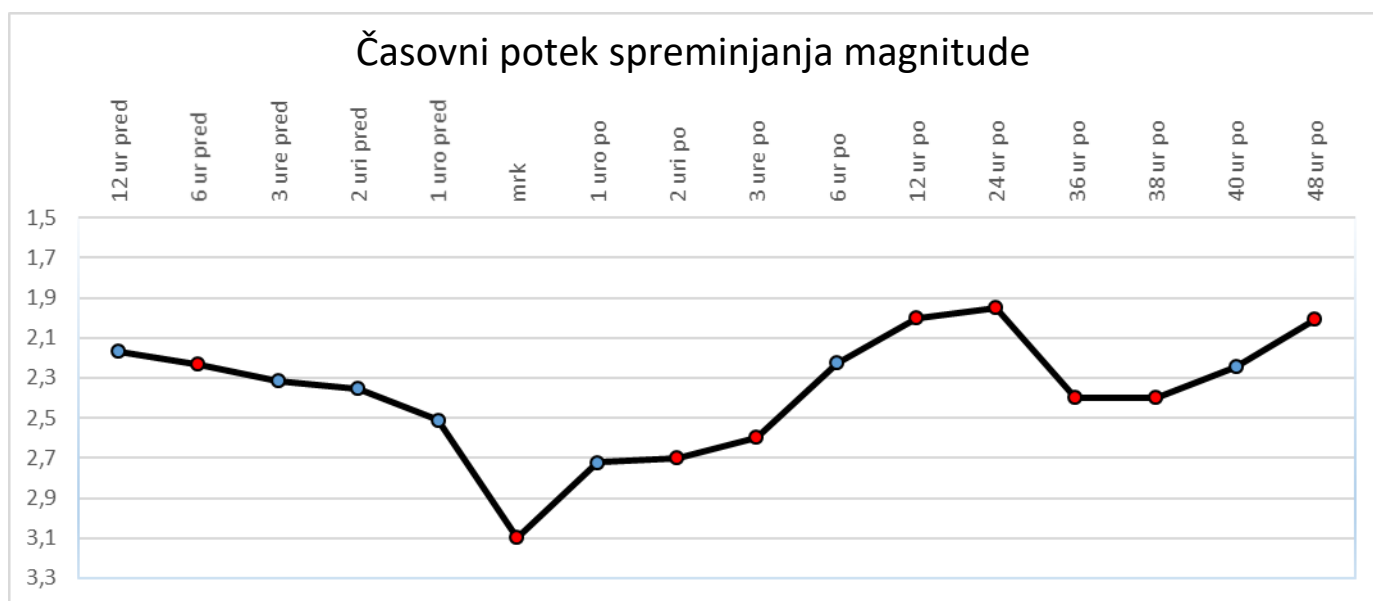
Graf 3: Magnitudo dobljene s spletne strani AAVSO

Hipotezo 2 bom na podlagi spodnjega grafa (graf 4) lahko potrdila. Spodnji graf na x-osi prikazuje, koliko ur pred mrkom in po njem sem izmerila oziroma so izmerili magnitudo zvezde Algol. Na y-osi pa so prikazane magnitudo. Ker se zvezdi magnitudo spreminja na 2,86 dni, je logično sklepati, da se tako tudi lahko ponavlja podobna spodnja shema, vendar ne enaka, ampak vseeno lahko odčitamo časovni potek spreminjanja magnitudo. Če smo pravilno merili magnitudo, bi moral graf 3 biti podoben sliki 2. Tabela 4 še prikazuje, iz katerih dnevov in ur sem uporabila magnitudo. Kot sem že napisala, sama nisem merila vsak dan, po več ur zaporedoma, prav tako tudi ne prostovoljci iz AAVSO, zato bom kombinirala moje in njihove podatke iz večjega časovnega zaporedja. Na grafu je z barvo modro označena magnitudo, ki sem jo pridobila sama, z rdečo pa magnitudo s spletne strani AAVSO.

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Tabela 4: Magnitude, razdeljene po datumu, urah, viru in časovnem prikazu

Datum	Ura	Magnituda	Podatek pridobljen z/s	Prikazuje
14. januar 2021	21.28	2,167	Mobilnim telefonom	12 ur pred mrkom
29. januar 2021	03.19	2,23	Spletne strani AAVSO	6 ur pred mrkom
7. marec 2021	19.28	2,316	Mobilnim telefonom	3 ure pred mrkom
7. marec 2021	20.24	2,353	Mobilnim telefonom	2 uri pred mrkom
7. marec 2021	21.30	2,511	Mobilnim telefonom	1 uro pred mrkom
12. januar 2021	11.50	3,1	Spletne strani AAVSO	mrk
26. januar 2021	20.56	2,721	Mobilnim telefonom	1 uro po mrku
12. januar 2021	13.31	2,7	Spletne strani AAVSO	2 uri po mrku
8. marec 2021	01.29	2,6	Spletne strani AAVSO	3 ure po mrku
21. januar 2021	20.13	2,225	Mobilnim telefonom	6 ur po mrku
30. januar 2021	01.11	2,0	Spletne strani AAVSO	12 ur po mrku
6. marec 2021	01.27	1,95	Spletne strani AAVSO	24 ur po mrku
11. februar 2021	22.25	2,4	Spletne strani AAVSO	36 ur po mrku
14. februar 2021	22.30	2,4	Spletne strani AAVSO	38 ur po mrku
11. februar 2021	20.17	2,245	Mobilnim telefonom	40 ur po mrku
17. februar 2021	20.11	2,01	Spletne strani AAVSO	48 ur po mrku



Graf 4: Časovni potek spreminjanja magnitud skozi 48-urno obdobje, kjer je z modro označen podatek, pridobljen z mobilnim telefonom, in z rdečo podatek, pridobljen s spletne strani AAVSO

5 ZAKLJUČEK

V svoji raziskovalni nalogi sem raziskovala spremenljivko Algol in njeno spreminjanje magnitude. Prva hipoteza, ki sem si jo postavila, je bila narejena na podlagi zanimanja za to, ali je moj telefon sploh dovolj zmožen, da bi fotografiral nebesno telo tako, da bi bila fotografija primerna za fotometrično obdelavo. Na podlagi fotografij in dobljenih rezultatov sem hipotezo 1 zavrnila, saj sem v njej dvomila o zmožnosti svojega mobilnega telefona. Verjela sem, da bom imela vsaj za 0,3 magnitude odstopanja, vendar, kot sem prikazala že zgoraj, sem dobila skoraj točne rezultate.

Pri hipotezi 2 sem želela na podlagi grafov oziroma podatkov prikazati časovni potek spreminjanja magnitude. S pomočjo podatkov iz različnih dni sem lahko to hipotezo potrdila. Graf ni bil identičen sliki 2, iz katere sem izhajala, vendar se jasno vidi ideja višanja in nižanja magnitude ob primarnem in sekundarnem mrku. Z raziskavo želim nadaljevati in drugo hipotezo še bolj razširiti, saj si želim, da bi lahko boljši graf sestavila samo iz svojih podatkov.

Predvsem pa si želim, da bi fotografirala bolj načrtno ob obdobjih primarnega in sekundarnega mrka, saj bi lahko tako bolje preverila časovno spreminjanje sija. Prav tako obžalujem, da sem imela toliko oblačnih večerov, kar je fotografiranje zvezde samo otežilo.

6 LITERATURA

6.1 Spletni viri

Algol. (14. januar 2021). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 3. februar 2021 s
<https://en.wikipedia.org/wiki/Algol>.

Navidezni sij. (6. oktober 2019). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 3. februar 2021 s
https://sl.wikipedia.org/wiki/Navidezni_sij.

Photometry and CCDs. (b.d.). Na lco.global. Pridobljeno 3. februar 2021 s
<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/>.

Price, A. (b.d.). Beta Persei (Algol). Pridobljeno 3. februar 2021 s
https://www.aavso.org/vsots_betaper.

Spremenljivka (zvezda). (15. september 2019). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 3. februar 2021 s
[https://sl.wikipedia.org/wiki/Spremenljivka_\(zvezda\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Spremenljivka_(zvezda)).

Šiška, M. (2001). Nove in supernove iz šolskega observatorija. Pridobljeno z Gimnazije Šentvid:
http://www2.arnes.si/~gljsentvid10/sn_mitja.htm.

The history of the star: Algol. (b. d.). Na Constellationsofwords.com. Pridobljeno 3. februar 2021 s
<https://www.constellationsofwords.com/stars/Algol.html>.

The minima of algol. (29. julij 2006). Na Skyandtelescope.org. Pridobljeno 3. februar 2021 s
<https://skyandtelescope.org/observing/the-minima-of-algol/>.

6.2 Viri slik

Slika 1: Položaj Algola na zvezdni karti. Dostopano preko URL-naslova:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Algol> (3. februar 2021)

Slika 2: Prikaz gibanja K2 in B8. Dostopano preko URL-naslova:
<https://www.slideserve.com/robbin/sub-milliarsecond-astrometry-of-the-algol-system> (3. februar 2021)

Slika 3: Prikaz Perzeja in Meduze. Dostopano preko URL-naslova:
<https://www.constellationsofwords.com/stars/Algol.html> (3. februar 2021)

Slika 4: Primerjava nebesnih teles po njihovi magnitudi. Dostopano preko URL-naslova:
<http://mb.ipaslovenija.org/Kasiopeja.htm> (3. februar 2021)

Slika 5: Prikaz padca fotonov na CCD. Dostopano preko URL-naslova:
<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Slika 6: Prikaz kako se elektroni pretvorijo v dejansko sliko. Dostopano preko URL-naslova:
<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Slika 7: Prikaz ravne črte ter krivulje, kjer je telo najsvetlejše. Dostopano preko URL-naslova:
<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Določanje magnitud zvezdi Algol s pomočjo telefona

Slika 8: Zaslونka okoli zvezde. Dostopano preko URL-naslova:

<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Slika 9: Ciljna zvezda in primerjalne zvezde. Dostopano preko URL-naslova:

<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Slika 10: Prikaz dodatnega kroga. Dostopano preko URL-naslova:

<https://lco.global/spacebook/telescopes/what-is-photometry/> (3. februar 2021)

Slika 11: Aplikacija NightCap in možni meniji. Dostopano preko URL-naslova:

<https://nightcapcamera.com/photograph-stars-meteors-satellites-even-nebulas-iphone-nightcap-camera/> (3. februar 2021)

Slika 18: Magnitude primerjalnih zvezd. Dostopano preko URL-naslova:

<https://app.aavso.org/vsp/chart/?star=algol&scale=A&orientation=visual&type=chart&fov=900.0&maglimit=9.0&resolution=150&north=down&east=right> (3. februar 2021)

Slika 19: Magnitude zvezd, ki so blizu Algolu. Dostopano preko URL-naslova:

<https://www.solarsystemquick.com/universe/perseus-constellation> (3. februar 2021)