

# ASTROFOTOGRAFIJA

## Umjetnost i Znanost

Potpuni vodič za početnike i napredne astrofotografe

Od prvih koraka s DSLR-om do napredne opreme

---

AstroHopper · 2026

# Predgovor

---

Ova knjiga nastala je iz uvjerenja da astrofotografija nije privilegija profesionalnih observatorija i skupocjenih instrumenata — ona je dostupna svakome tko je spreman učiti, strpiti se i podignuti pogled prema nebu.

Inspiracija za prošireno izdanje dolazi od tisuća početnika koji su postavili ista pitanja: Koji objektiv kupiti? Kako fokusirati u mraku? Zašto su moje zvijezde crte? Što je light pollution i kako ga eliminirati? Ovaj vodič odgovara na sva ta pitanja — korak po korak, od prvog pokušaja s mobilitelom do naprednog narrowband setupa.

Posebna zahvala astrofotografu Wolfgangu Promperu čije slike iz Namibije inspiriraju generacije europskih astrofotografa, i Adamu Leakoviću čija SkyArrow HD17 V5 montaža predstavlja vrhunac domaće astrofotografske mehanike.

Nebo ne pripada samo astronomima. Ono pripada svima koji imaju hrabrosti pogledati gore.

— *AstroHopper, 2026*

---

## Kako koristiti ovu knjigu

Poglavlja 01–02 daju kontekst i povijest — preporučujemo ih kao uvod, ali možete odmah preskočiti na poglavlje 03 ako ste početnik koji želi krenuti s kupovinom.

**Počelnici** trebaju pročitati poglavlja 03, 06, 08, 10 i 11 — tu je sve potrebno za prvu godinu bavljenja astrofotografijom.

**Napredni korisnici** pronaći će novo gradivo u poglavljima 04, 07, 09 i 12 — detaljan PixInsight workflow, narrowband kombiniranje i mozaici.

# SADRŽAJ

- 01 — Uvod i povijest astrofotografije**  
Počeci 1840-ih, pioniri, film vs. digitalna era
- 02 — Astrofotografija kao znanost i umjetnost**  
Otkrivanja, uloga u astronomiji, estetika
- 03 — Početna oprema — Widefield**  
DSLR, objektivi, trackeri, stativ — brandovi i preporuke
- 04 — Napredna oprema — Deep Sky**  
Teleskopi, montaže, astro kamere
- 05 — Broadband vs. Narrowband — palete boja**  
Razlike, SHO, HOO paleta — vizualna usporedba
- 06 — Početničko snimanje — widefield tehnike**  
Ekspozicija, ISO, fokusiranje, planiranje sesije
- 07 — Napredno snimanje — Deep Sky tehnike**  
Sequence software, dithering, meridian flip, autoguiding
- 08 — Osnove obrade astrofotografija**  
Stacking, kalibracija, Siril, Lightroom — početnički workflow
- 09 — Napredna obrada — PixInsight workflow**  
DBE, stretch, noise reduction, dekonvolucija, palete boja
- 10 — Odabir lokacije i Bortle skala**  
Tamno nebo, light pollution mapa, sezonski kalendar objekata
- 11 — Najčešće greške i kako ih izbjeći**  
Fokus, trailing, kondenzacija, obrada — dijagnoza i rješenja
- 12 — Napredne kompozicije i mozaici**  
Višepanelni mozaici, dugotrajni projekti, dijeljenje i print

## Poglavlje 01

Počeci 1840-ih, pioniri, film vs. digitalna era

# Uvod i povijest astrofotografije

Astrofotografija je disciplina koja spaja strast prema svemiru s tehnikom fotografije. Gotovo od samog trenutka kad je fotografija izmišljena, astronomi su pokušavali uhvatiti nebeska tijela na osjetljivi medij — i ta fascinacija traje do danas. Njeni korijeni sežu još u 1840. godinu kada je John W. Draper fotografirao Mjesec dagerotipijom. Bio je to tek početak nečega što će promijeniti astronomiju zauvijek.

## Rani počeci (1840-ih – 1900.)

Nekoliko godina nakon Drapera, 1850., William Cranch Bond i John Adams Whipple snimili su zvijezdu Vega — prvu zabilježenu zvijezdu na fotografskom mediju. Ove pionirske snimke bile su grube prema današnjim standardima, ali revolucionarne za svoje doba. Fotografija je astronomima dala nešto bez presedana: objektivan, trajan zapis neba koji se može mjeriti, uspoređivati i dijeliti.

Do kraja 19. stoljeća veliki observatoriji počeli su sustavno fotografirati nebo. Projekt Henry Draper Catalogue (1890.) bio je prvi pokušaj katalogiziranja zvjezdanih spektara fotografskim metodama — s više od 10.000 zvijezda.

## Filmska era (1900. – 2000.)

Kroz 20. stoljeće astrofotografija postala je temelj profesionalne astronomije. Dugačke ekspozicije na staklenim pločama i filmovima otkrivale su galaksije, maglice i zvjezdana jata nevidljiva golim okom. Edwin Hubble koristio je fotografske ploče kako bi 1923. dokazao da je Velika maglica u Andromedi zasebna galaksija — milijunima svjetlosnih godina daleko.

Veliki observatoriji poput Mt. Wilsona, Palomara i ESO-a stvarali su fotografske atlase neba koji su desetljećima bili zlatni standard u astronomiji. Amaterska astrofotografija u ovom je periodu bila skupa, tehnički zahtjevna i ograničena na malobrojne entuzijaste koji su sami miješali kemikalije i razvijali ploče u mrklom mraku.

## Digitalna revolucija (2000. – danas)

Pojava CCD i CMOS digitalnih senzora demokratizirala je astrofotografiju. Više nije bila rezervirana za profesionalne observatorije. Hobisti su odjednom mogli sa svojim DSLR fotoaparatima snimati maglice i galaksije iz vlastitih dvorišta. Razvoj softvera za slaganje (stacking) i obradu slika dodatno je otključao potencijal amaterske astrofotografije.

Danas amaterska astrofotografija dostiže i ponekad nadmašuje kvalitetu profesionalnih snimaka od prije samo nekoliko desetljeća. Globalna zajednica dijeli znanje, software i entuzijazam — i to je ono što čini ovaj hobi tako posebnim. Platforme kao što su AstroBin, Cloudy Nights i Reddit r/astrophotography svakodnevno donose inspiraciju i tehničku pomoć tisućama astrofotografa diljem svijeta.

Misije poput Hubble Space Telescopea, James Webb Space Telescopea i ESA-inih programa redovito objavljuju sirovane podatke dostupne javnosti — pa danas iskusni amaterski astrofotograf može obrađivati snimke s profesionalnih teleskopa i producirati zadivljujuće rezultate.

## Svjetska astrofotografska zajednica

Svjetska astronomska i astrofotografska zajednica iznimno je aktivna i stalno raste. **AstroMax Studio** platforma nastala je upravo s ciljem spajanja entuzijasta, razmjene iskustava i demokratizacije znanja o astrofotografiji na svim razinama — od potpunih početnika do iskusnih astrofotografa s godinama snimanja.

Servisi poput **AstroBin** i brojne **Facebook grupe** (Astrophotography, DeepSkyObservers, regionalne grupe) omogućuju dijeljenje i usporedbu snimki s korisnicima iz cijelog svijeta — vrijedna baza učenja i inspiracije za svakog astrofotografa. Redovito pregledavajte snimke lokacija sličnih vašoj (Bortle klasa, oprema) — brzo ćete shvatiti što je realno postići i u kojem smjeru se razvijati.

## Gdje početi?

Ako čitate ovu knjigu, već ste napravili prvi korak. Sljedeći su konkretni: izađite van noćas, podignite pogled prema nebu i zapitajte se koje zvjezdano polje vam izgleda zanimljivo. Pronađite najbliže tamno mjesto (app: **Light Pollution Map**), uzmite što god imate — mobitel ili DSLR — i počnite. Oprema može biti bolja, nebo može biti tamnije, software može biti napredniji — ali savršeni trenutak za početak je uvijek *sada*.

*”The cosmos is within us. We are made of star-stuff.”*

— Carl Sagan

## Poglavlje 02

Otkrivanja, uloga u astronomiji, estetika

# Astrofotografija kao znanost i umjetnost

Astrofotografija živi u jedinstvenoj niši između egzaktnosti znanosti i kreativne umjetnosti. S jedne strane, svaka snimka može sadržavati vrijedne znanstvene podatke. S druge strane, slika Maglice Orion ili galaksije Andromede izaziva emocije koje premašuju puku dokumentaciju.

## Znanstvena dimenzija

Profesionalni i amaterski astrofotografi svakodnevno doprinose astronomskim istraživanjima. Otkrivanja novih kometa, praćenje asteroida, mjerenje sjaja promjenljivih zvijezda, dokumentacija supernovi — sve su to područja u kojima amaterska zajednica aktivno sudjeluje. Mreža AAVSO prikuplja podatke od tisuća hobista širom svijeta.

Amaterski astrofotografi otkrili su desetke novih kometa, stotine asteroidnih objekata i zabilježili nove zvjezdane eksplozije. Svaki od tih podataka doprinosi razumijevanju svemira.

## Umjetnička dimenzija

No fotografija svemira nije samo znanost. Odabir kadra, omjer ekspozicija, paleta boja pri obradi — sve su to kreativne odluke koje od tehničke snimke čine umjetničko djelo. Emisijski filteri poput H-alfa, OIII i SII otvaraju sasvim novi vizualni jezik koji nije vidljiv golim okom.

Razlika između dobre i odlične astrofotografije često leži u obradi — u artističkim odlukama koje donosi fotograf, a ne u samoj opremi. Svaki astrofotograf razvija vlastiti stil koji je prepoznatljiv kroz palete, kontrast i odabir objekata.

## Utjecaj na javnu percepciju svemira

Teško je precijeniti utjecaj koji su fotografije svemira imale na čovječanstvo. Fotografija Pale Blue Dot promijenila je način na koji gledamo na Zemlju. Fotografije Hubbleovog teleskopa — od Pillars of Creation do Ultra Deep Field — postale su kulturni simboli koji inspiriraju milijune.

Danas svaki amaterski astrofotograf može producirati slike koje su do prije 30 godina bile dostupne samo elitnim observatorijima. Ova demokratizacija svemirske fotografije jedan je od najznačajnijih kulturnih doprinosa digitalne revolucije.

James Webb Space Telescope, lansiran 2021., otvorio je novu eru u astronomiji — i amaterska zajednica brzo je počela koristiti JWST javne podatke za vlastite obrade, stvarajući slike neviđene ljepote koje se dijele na društvenim mrežama milijunima znatiželjnih pogleda.

## Poglavlje 03

DSLR, objektiv, trackeri, stativ — brandovi i preporuke

# Početna oprema — Widefield astrofotografija

Widefield astrofotografija — snimanje širokih kutova neba s Mliječnom stazom, konstelacijama i krajolicima — idealna je startna točka za svakog početnika. Ne zahtijeva teleskop ni skupu opremu. Uz dobru kameru, objektiv, stativ i možda jeftini tracker, možete postići rezultate koji će vas oduševiti.

## Kamera — DSLR ili mirrorless?

Za početak gotovo svaki moderni DSLR ili mirrorless fotoaparatus može poslužiti za astrofotografiju. Ključne karakteristike su veličina senzora (prednost Full Frame ili APS-C) i razina šuma pri visokim ISO vrijednostima.

**Canon EOS Ra** jedini je Canon modificiran za astrofotografiju izravno iz tvornice, s povećanom propusnošću H-alfa. **Sony A7 III**, A7C i **Nikon Z6 II** odlični su mirrorless izbori. Za widefield snimanje posebno su popularni Sony APS-C modeli (A6400, A6600) zbog kompaktnosti i odlične osjetljivosti.

Za korisnike Nikona, modeli poput **Nikon D5300** i **D7500** imaju odličan senzor za astrofotografiju i široku podršku softvera. Nikon D5300 posebno je omiljeno početničko tijelo jer ima nativno visoku propusnost H-alfa (bez modifikacije) i senzor koji generira malo šuma.

Svaki od ovih fotoaparatus mora snimati u **RAW formatu** — JPEG kompresija uništava astronomske podatke i čini obradu gotovo nemogućom.

Uređaj	Brand / Model	Razina	Ocjena
DSLR kamera	Nikon D5300 / D7500	Početak	□□□□□
DSLR kamera	Canon EOS Ra	Početak	□□□□□
Mirrorless	Sony A7 III	Početak–mid	□□□□□
Mirrorless	Sony A6400	Početak	□□□□□
Nikon mirrorless	Nikon Z6 II	Mid-level	□□□□□

## Samyang 135mm f/2 — zlatni standard za početnike

**Samyang 135mm f/2** (poznat i kao Rokinon 135mm f/2) bez sumnje je jedan od najhvaljenijih objektivâ za početnu i srednju razinu astrofotografije. Kombinacija žarišne duljine od 135mm i maksimalne blende f/2 čini ga iznimno snažnim alatom za snimanje emisijskih maglica, zvjezdanih skupova i galaktičkih polja.

Za razliku od širokokutnih objektivâ, 135mm unosi znatno više detalja u kadar — struktura Maglice Orion, Rozetine maglice ili maglice Srca/Duše postaje jasno vidljiva već u 2-minutnim ekspozicijama. Na f/2 prikuplja iznimno puno svjetla, a do f/2.8 ili f/3.2 većina kome na rubovima potpuno nestaje.



## Širokokutni objektivâ za Mliječnu stazu

Za snimanje Mliječne staze i krajolika idealni su širokokutni objektivâ s maksimalnim blendama f/2.8 ili f/1.8. **Samyang/Rokinon 14mm f/2.8** jedan je od najpopularnijih izbora zbog niske cijene i solidnih optičkih karakteristika. **Sigma 14mm Art f/1.8** premium je opcija s izvrsnom rubnom oštrinom. **Sony FE 20mm f/1.8** odlična je opcija za Sony korisnike.

Za malo veće žarišne duljine (50–135mm), gotovo svaki kvalitetan portretni objektiv može dati odlične rezultate za zvjezdana polja i konstelacije. Ključno je odabrati objektiv koji nema previše kome (cometski rep zvijezda) na rubovima pri otvorenim blendama.

Objektiv	Žarišna / Blenda	Bilješka
Samyang 135mm f/2	135mm f/2	Zlatni standard
Samyang 14mm f/2.8	14mm f/2.8	Mliječna staza
Sigma 14mm Art f/1.8	14mm f/1.8	Premium wide
Sony FE 20mm f/1.8	20mm f/1.8	Sony native
Tokina ATX-I 11-20 f/2.8	11-20mm f/2.8	Zoom wide

## Star tracker — najvažnija investicija za početnike

Tracker je naprava koja kompenzira rotaciju Zemlje, omogućujući dulje ekspozicije bez zamućenja zvijezda u obliku crtica. Za widefield astrofotografiju ovo je ključna investicija koja vam otvara mogućnost ekspozicija od nekoliko minuta umjesto 15–30 sekundi.

**Sky-Watcher Star Adventurer 2i** jedan je od najprodavanijih trackera na svijetu — kompaktan, s Wi-Fi kontrolom, nosivosti 5 kg. **iOptron SkyGuider Pro** alternativa je s nešto boljom preciznošću pri dužim žarišnim duljinama. **Vixen Polaris Star Tracker** idealan je za travel setup zbog iznimne kompaktnosti i male težine. Za objektivne žarišne duljine do 135mm, svaki od navedenih trackera sasvim je dovoljan za ekspozicije od 3–5 minuta uz pažljivo polarno poravnanje. Sa Samyang 135mm f/2 i Star Adventurer 2i možete snimiti Maglicu Orion, Rozetu ili Srce/Dušu na razini koja bi još prije 10 godina zahtijevala profesionalnu opremu.

Tracker	Nosivost	Bilješka
Sky-Watcher Star Adventurer 2i	5 kg	Najpopularniji, Wi-Fi
iOptron SkyGuider Pro	4.5 kg	Visoka preciznost
Vixen Polaris Star Tracker	2 kg	Ultra-kompaktan

### ☐ ZLATNO PRAVILO ZA POČETNIKE

Počnite s opremom koju već imate! Čak i mobitel s noćnim načinom može poslužiti za prve korake. Kupujte postupno — tracker, pa bolja kamera, pa tek onda teleskop. Samyang 135mm f/2 + Sky-Watcher Star Adventurer 2i + Nikon/Canon DSLR je idealan početnički paket.

## Stativ i dodaci

Stabilan stativ osnova je svake astrosesije. Za tracker setup preporučujem **Benro TMA37C** (karbonski) ili **Manfrotto MT190XPRO4** (aluminijски). Karbonski stativ apsorbiraju vibracije bolje i lakši su za transport. **Daljinski okidač** (intervalometar) obavezan je za spriječavanje trešnje kamere pri svakom okidanju. USB okidači ili Bluetooth uređaji, npr. **MIOPS Smart+**, automatiziraju snimanje bez dodirivanja kamere.

**Baterijski grijač za leću** (dew heater) prevenira kondenzaciju koja može uništiti cijelu noć snimanja. Za widefield setup jeftini USB grijači sasvim su dostatni.

Za osvjetljenje na terenu koristite isključivo **crvenu svjetiljku** — bijelo svjetlo uništava adaptaciju očiju na mrak.

## Pametni telefon — prvi koraci

Mnogi astrofotografi počinju doslovno s onim što imaju u džepu. Moderni pametni telefoni, posebno **iPhone Pro** serija i **Google Pixel**, imaju noćni način koji može snimiti Mliječnu stazu s ekspozicijama od 3–10 sekundi. Ovo nije "prava" astrofotografija u tehničkom smislu, ali savršeno je za prve korake i inspiraciju.

Za napredniju upotrebu smartphona: aplikacije poput **NightCap Camera** (iOS) ili **ProCamera** omogućuju ručno podešavanje ISO, ekspozicije i RAW snimanje. Uz jeftini telefon-stativ adapter i tracker, možete postići iznenađujuće rezultate.

## Mali refraktor za početnike — uvod u teleskopsku astrofotografiju

Kad ste savladali widefield snimanje s trackerom i Samyang 135mm, logičan sljedeći korak je mali apokromatski refraktor. Ovo vas uvodi u teleskopsku astrofotografiju bez ogromnih troškova.

**William Optics RedCat 51 (f/4.9)** savršen je prijelazni teleskop — kompaktan, lak (1.4 kg), oštar do rubova i s FOV-om koji stane na Sky-Watcher Star Adventurer 2i. **Askar FMA135** (135mm f/4.8) je još kompaktniji i pristupačniji izbor.

Ovi mali apokromati daju FOV od otprilike  $2.5^\circ \times 1.7^\circ$  (Full Frame) što je savršeno za Orionsku maglicu, Plejade, Crescent maglicu ili Triangulum galaksiju.

Teleskop / Leća	Žarišna	Blenda	Težina	Razina
Samyang 135mm f/2	135mm	f/2	0.8 kg	Početnik
Askar FMA135	135mm	f/4.8	0.9 kg	Početnik
WO RedCat 51	250mm	f/4.9	1.4 kg	Početnik+
Askar FRA400	400mm	f/5.6	2.5 kg	Mid
WO GT71	418mm	f/5.9	2.5 kg	Mid

### ☐ REDOSLIJED KUPNJE ZA POČETNIKE

1. Stativ → 2. Tracker SA2i ili SkyGuider Pro → 3. Samyang 135mm f/2 → 4. Nikon D5300 / Sony A6400 → 5. Flat panel za flat frameove → 6. Mali apokromat RedCat 51 / FMA135.

## Poglavlje 04

Teleskopi, montaže, astro kamere

# Napredna oprema — Deep Sky astrofotografija

Kad jednom preskočite prag početničke opreme, otvara se fascinantan i skupocjen svijet naprednog astro hardwarea. Pravi teleskopi, precizne ekvatorialne montaže, hlađeni astro senzori i autoguiding sustavi omogućuju fotografiranje detalja koji su početničkim setupom nedostižni.

## Teleskopi — optičke vrste i namjena

Postoje tri glavne vrste teleskopa u astrofotografiji:

**Refraktori** (apokromatski objektivi) — poput William Optics RedCat 51 ili Takahashi FSQ-106 — pružaju izvrsne slike bez kome ili astigmatizma na rubovima kadra, idealni za maglice i galaksije.

**Reflektori** (Newtonovi teleskopi) — nude veliku aperturu po nižoj cijeni, ali zahtijevaju periodično podešavanje (kolimaciju) i osjetljiviji su na termalne promjene.

**Katadioptrički sustavi** (SCT, Ritchey-Chrétien) kompaktni su i prikladni za planetarnu fotografiju i duboki svemir uz veliku žarišnu duljinu. Celestron i Meade vodeći su brandovi ove kategorije.

Za početak u Deep Sky fotografiji, apokromatski refraktor 80–100mm f/6–f/7 izvrsna je i relativno pristupačna opcija.

Teleskop	Tip	Apertura	Preporuka
William Optics RedCat 51	APO refraktor	51mm f/4.9 Widefield deep sky	
Askar FRA500	APO refraktor	100mm f/5	Svestran
Sky-Watcher Esprit 100ED	APO refraktor	100mm f/5.5	Klasik
TS Optics RC 8"	Ritchey-Chr.	203mm f/8	Galaksije
Celestron C8 SCT	SCT	203mm f/10	Planeti/galaksije

## Ekvatorialne montaže (EQ) — srce setupa

Precizna ekvatorialna montaža srce je naprednog astrofotografskog setupa. **Sky-Watcher EQ6-R Pro** i **EQ8-R Pro** gold standard su za amatere — odlična nosivost, preciznost i dostupnost servisa. **iOptron CEM40** i **CEM60** iznimno su precizne montaže s centralnom ravnotežom koja eliminira torzione sile.

## SkyArrow HD17 V5 — harmonički pogon by Adam Leaković

SkyArrow HD17 V5 montaža je dizajnirana i ručno izrađena od strane hrvatskog astrofotografa **Adama Leakovića**. Radi se o visokoklasnoj *harmonic drive* montaži koja predstavlja vrhunac amaterske astrofotografske mehanike.

Harmonički pogon eliminira backlash (zazor) koji je prisutan u klasičnim ekvatorijalnim montažama — montaža može početi pratiti nebo trenutno bez ikakve inicijalne greške. Ovo je ključno za autoguiding i sub-arcsecond preciznost.

Nosivost od 14-20 kg u kompaktnoj, prenosivoj formi čini SkyArrow HD17 V5 jednom od najboljih montaža u svojoj klasi. Kompatibilna je s ASCOM/INDI driverima i integrira se s N.I.N.A., SGP i EKOS/KStars i AsiAir softverom. Ovo je definitivno **napredna** montaža za ozbiljne astrofotografe koji traže kompaktnost i maksimalnu preciznost, nema kompromisa.

Montaža	Tip	Nosivost	Razina
Sky-Watcher EQ6-R Pro	EQ crvčani	20 kg Početnik /mid	
iOptron CEM40	EQ centralna	18 kg	Mid/napredni
Rainbow Astro RST-135	Harmonički	13 -20 kg	Napredni
SkyArrow HD17 V5 (Leaković)	Harmonički	14-20 kg	Napredni/Pro
10Micron GM1000	EQ direktni	30 kg	Pro



SkyArrow HD17 V5 — harmonički pogon by Adam Leaković

## Napredne astro kamere

Za ozbiljniji rad napredne astro kamere imaju jasne prednosti nad DSLR-ima: hlađeni senzor (smanjuje termički šum do 90%), monokromatski ili colour senzori optimizirani za emisijske linije, veći dinamički raspon i posebni ulazni priključci za filter wheel. **ZWO ASI2600MM Pro** i **ASI533MM** popularne su i pristupačne opcije. **QHY268M** i **QHY600** high-end su Full Frame izbori.

Monokromatske kamere u kombinaciji s LRGB ili narrowband filterima daju maksimalni rezultat, ali zahtijevaju više vremena za prikupljanje podataka — svaki kanal snima se zasebno. Za narrowband fotografiju iz Bortle 7 lokacija, mono kamera s narrowband filterima pravi je game-changer.

Kamera	Senzor	Hlađenje	Preporuka
ZWO ASI533MC Pro	OSC 1" Sony IMX533	Da, -40°C	Početak OSC
ZWO ASI2600MC Pro	OSC APS-C Sony IMX571	Da, -35°C	Mid OSC
ZWO ASI2600MM Pro	MONO APS-C Sony IMX571	Da, -35°C	Mid mono
QHY268M	MONO APS-C Sony IMX571	Da, -40°C	Napredni mono
QHY600	MONO FF Sony IMX455	Da, -40°C	Pro mono

## Autoguiding i focus sustav

**Guide scope** — mali sekundarni teleskop (30–60mm aperture) ili off-axis guider kojim pratimo guide zvijezdu. Dovoljno je da bude jeftini i lagan. **ZWO ASI120MM Mini** ili **QHY5LII-M** idealne su guide kamere.

**Electronic focuser** (motorizirani fokuser) omogućuje automatsko fokusiranje iz toplog auta ili kuće putem softvera. **ZWO EAF** i **Pegasus Astro Focus Cube 3** najpopularnije su opcije.

**Filter wheel** — automatizirani filterwheel omogućuje programirano mijenjanje filtera usred noći. **ZWO EFW 5x2"** ili **7x36mm** standardne su opcije za napredni setup.

## Napredna oprema — usporedna tablica konfiguracija

Razina	Teleskop	Montaža	Kamera	Filteri	
Početni deep sky	WO RedCat 51	EQ6-R Pro	DSLR mod. / ASI533	CLS/LP filter	
Mid-level	Askar FRA500 100mm	CEM40	ASI2600MC Pro	L-Pro + Ha	4.000–6.000 €
Napredni	WO GT71 / APO 100	CEM60	ASI2600MM + FW	Ha/OIII/SII	6.000–10.000 €
Pro/semi-pro	RC8 / Tak FSQ	SkyArrow HD17 V5	QHY600 + FW	Full NB set	12.000+ €

Preporuka je graditi setup postepeno — ne kupovati odmah sve odjednom. Počnite s mid-level teleskopom i EQ montažom, naučite software i workflow, pa tek onda ulažite u napredniju kameru i filtere.

Oprema sama po sebi ne garantira dobre rezultate — iskustvo i znanje obrade daleko su važniji od brenda na kućištu teleskopa.

Svaka razina setupa ima svoja ograničenja i prednosti. Ključno je razumjeti što vam je cilj: vizualno promatranje uz kameru, widefield Mliječna staza, emisijske maglice iz Bortle 5 suburbanog neba ili full narrowband s mono kamerom? Odgovor na to pitanje određuje svaka komponenta koju ćete kupiti.

#### □ **Zlatno pravilo kupovine opreme**

Bolje je imati skromniji teleskop i EQ6-R montažu nego skupi teleskop na jeftinoj EQ5. Montaža je temelj svega — loša montaža uništi svaku ekspoziciju dulju od 30 sekundi. Uvijek investirajte više u montažu nego u teleskop.

## Galerija

# Wolfgang Promper — Namibija, Bortle 1–2

Wolfgang Promper jedan je od najistaknutijih europskih amaterskih astrofotografa. Iz svog privatnog observatorija u Namibiji, na jednom od najtamnijih mjesta na Zemlji (Bortle 1–2), producira snimke koje po kvaliteti nadmašuju mnoge profesionalne opservatorije s manjim teleskopima.

Namibijsko nebo nudi uvjete koji su europskim astrofotografima nedostižni iz vlastitog dvorišta: atmosferski seeing ispod 2", izostanak svjetlosnog zagađenja na razini SQM > 22 mag/arcsec<sup>2</sup>, te pogled na južni nebeski svod bogat Mliječnom stazom, Magelanovim oblacima i dubokim nebulama koje su sa sjeverne hemisfere nevidljive.

## □ Setup — Wolfgang Promper, Namibija

Teleskop: ASA 600 · Montaža: ASA DDM200 · Kamera: Moravian Instruments C3-61000 PRO (monokromatska) · Filteri: FLI Blue/Green/Red/Lum 50×50 mm · Reduktor: ASA 4" 0.63 RC Reducer · Software: PixInsight · Adobe Photoshop · BlurXTerminator · Lokacija: Namibija · Bortle: 1–2

*"I started Astro imaging about 35 years ago and it is the most exciting journey one can embark on. From backyard imaging under very light polluted skies, travelling to near dark sites and now the remote observatory in Namibia it always keeps the same fascination. For me it is the whole package — learn how to setup and maintain your equipment, do a bit of research on the objects you image and then finally the relaxing part: process the image.*

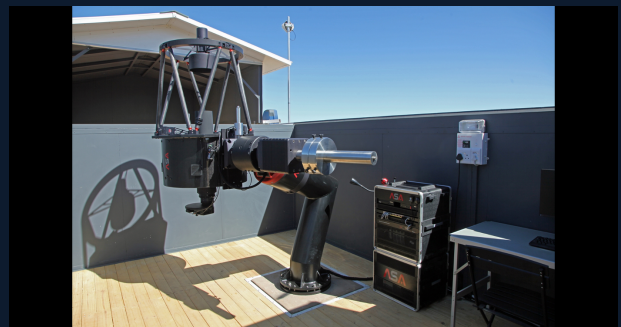
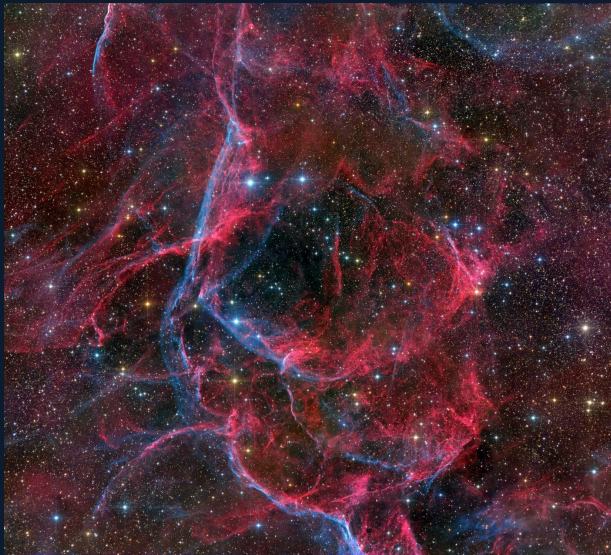
*No matter how good or bad your sky is, remember the best location is always the one that you can easily reach and image as much as possible.*

*One thing that is important to me — that has gotten a little bit out of hand in the last years — is that it is neither a contest nor a competition. It is all about enjoying Astro imaging.*

*Have fun."*

— Wolfgang Promper

*Slike koje slijede ilustriraju krajnji doseg amaterske astrofotografije — što je moguće postići uz vrhunsku opremu, savršene uvjete i godine iskustva. Koristite ih kao inspiraciju i referentni standard za vlastiti razvoj.*



## Poglavlje 05

Razlike, SHO, HOO paleta — vizualna usporedba

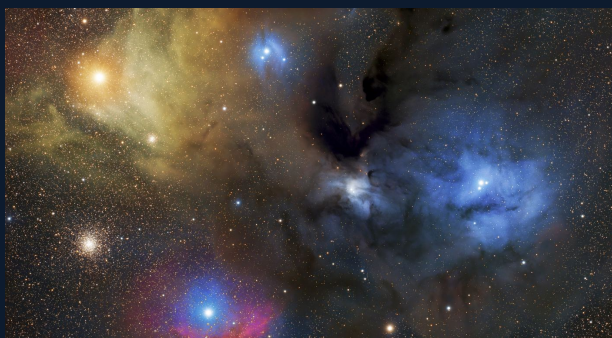
# Broadband vs. Narrowband — palette boja

Jedna od najzanimljivijih tema u astrofotografiji jest razlika između broadband i narrowband snimanja — i kako različite palete boja potpuno mijenjaju vizualni dojam iste maglice.

## Broadband fotografija — prirodne boje

Broadband astrofotografija koristi standardne RGB filtere ili direktno snima bez filtera — slično kao i obična fotografija. Rezultat su prirodne boje koje bi vidjeli da je naše oko dovoljno osjetljivo. Dominantna boja emisijskih maglica u broadband-u je crvena (H-alfa) i plavo-tirkizna (OIII), s toplim tonovima prašine i zvijezda.

Broadband fotografija radi posebno dobro za refleksijske maglice, zvjezdane skupove i galaksije gdje su pravi fizički kontrasti boja važni. Za emisijske maglice iz svjetlosno zagađenih lokacija broadband može biti izazovan jer gradska rasvjeta zagađuje sve kanale.



*Rho Ophiuchi · Lagoon Nebula (M8) — broadband primjeri*

## Narrowband fotografija — filtrirani svemir

Narrowband astrofotografija koristi uske (3–10 nm) filtere koji propuštaju samo specifičnu emisijsku liniju plina u maglici:

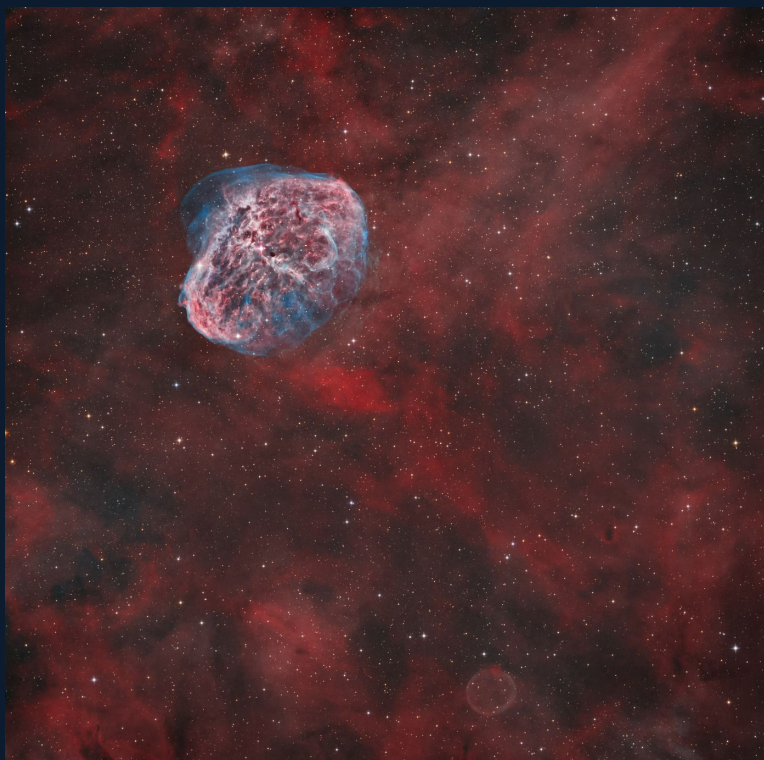
- **H-alfa (Ha)** — 656 nm — vodik — dominantna emisija u većini maglica
- **OIII** — 500 nm — kisik — tirkizna emisija, česta u planetarnim maglicama
- **SII** — 672 nm — sumpor — crveno-narančasta emisija u HII regijama

Ovi filteri praktički eliminiraju gradsku rasvjetu i Mjesečevo svjetlo. Narrowband je revolucija za astrofotografe iz zagađenih lokaliteta. Mana je da su filteri skupi i da svaki kanal zahtijeva zasebno snimanje.

Za početnički narrowband setup preporučujemo početi s **Ha + OIII** kombinacijom koja daje HOO paletu — dovoljna za većinu objekata i jeftinija od kompletnog SHO seta.

## HOO paleta — dramatična i emocionalna

HOO paleta mapira H-alfa signal na crveni kanal i OIII na zeleni i plavi kanal. Rezultat je dramatičan crveno-plavi kontrast koji odmah upada u oči. HOO paleta naglašava razliku između vodikovih oblaka (crveno) i kisikovih zona (plavo-tirkizno) — dajući maglicama gotovo trodimenzionalni izgled.



## SHO paleta — Hubble paleta

SHO paleta mapira SII (sumpor) na crveni kanal, H-alfa na zeleni i OIII na plavi kanal. Ovo je famozna Hubble paleta — karakteristična zlatno-zelena boja Hubbleovih snimaka Pillars of Creation i Eagle Nebule. SHO paleta daje maglicama bogatu, složenu strukturu.

Zelena boja u SHO paleti često daje zeleni cast na zvijezdama — to se ispravlja SCNR (Selective Color Noise Reduction) modulom u PixInsightu koji selektivno uklanja zelenu komponentu dok čuva zelene nebularne detalje.





Paleta	R kanal	G kanal	B kanal	Karakter	Lokacija
HOO	Ha	OIII	OIII	Dramatična crveno-plava	Sve lokacije
SHO	SII	Ha	OIII	Zlatno-zelena (Hubble)	Sve lokacije
LRGB	L+R	G	B	Prirodne boje	Tamno nebo
HaRGB	Ha+R	G	B	Pojačana H-alfa	Grad+tamno

#### □ KOJI FILTER ODABRATI?

Iz gradske lokacije (Bortle 6–8): krenite s Ha filtrom, pa dodajte OIII. HOO paleta s dva filtera daje sjajne rezultate. Za tamno nebo (Bortle 3–5): LRGB broadband je idealan za galaksije i refleksijske maglice. Za maksimalnu dubinu emisijskih maglica — puni SHO setup.

## Light pollution filteri za početnike

Za početnike koji žele snimati emisijske maglice iz zagađenih lokacija bez skupog narrowband seta, postoje praktični kompromis filteri:

**Dual-narrowband filteri** (Optolong L-eNhance, SkyTech CLS-CCD, Astronomik UHC) propuštaju Ha i OIII u jednom filteru — mogu se koristiti s OSC (color) kamerama i daju "pseudonarrowband" efekt. Rezultat je daleko od pravog narrowband ali dramatično bolji od nefiltriranih snimaka iz Bortle 6–7 lokacije.

- **Optolong L-eNhance** — dual-band Ha+OIII, odlično za OSC kamere i DSLR
- **Astronomik UHC** — širi opseg, dobra za refleksijske maglice,
- **Baader Moon&Skyglow;** — jeftiniji, blokira natrij-sijalice,
- **Optolong L-Pro** — balansiran broadband LP filter za galaksije i skupove,

Za monokromatske kamere kvalitetni 3–5 nm Ha, OIII i SII te LRGB filteri (Antlia, Chroma).

Filtar	Tip	Propusnost	Za
Optolong L-eNhance	Dual-NB (Ha+OIII)	7nm	OSC/DSLR, grad
Optolong L-Pro	Broadband LP	Wide	Galaksije, clusters
Astronomik Ha 6nm	Narrowband Ha	6nm	Mono kamera
Antlia Ha 3.5nm	Narrowband Ha	3.5nm	Pro mono
ZWO OIII 7nm	Narrowband OIII	7nm	Mono kamera
Baader Moon&Skyglow;	LP broadband	Wide	Početnički LP

## Senzori u astrofotografiji — Full Frame vs. APS-C vs. Micro 4/3

Veličina senzora direktno utječe na Field of View (FOV) i ukupnu osjetljivost:

**Full Frame (FF)** — 36×24mm senzor daje najširi FOV. Idealan za widefield maglice i mozaike. Modeli: Sony A7 III, Nikon Z6 II, Canon EOS R6. FF astro kamere: ZWO ASI6200, QHY600.

**APS-C** — ~24×16mm, crop faktor 1.5–1.6x. Kompromis između veličine i cijene. Najpopularnija kategorija za astrofotografiju. Modeli: Sony A6400, Nikon D7500, Canon 90D. Astro: ZWO ASI2600, QHY268.

**Micro 4/3 (MFT)** — ~17×13mm, crop faktor 2x. Kompaktni sustav koji odlično pristaje na male teleskope. Olympus/OM System i Panasonic. Manje popularni za deep sky ali sasvim kompetentni za widefield snimanje.

Format	Veličina senzora	Crop faktor	FOV (100mm obj.)	Preporuka
Full Frame	36 × 24 mm	1.0x	~20° × 13.5°	Widefield, mozaici
APS-C	24 × 16 mm	1.5x	~13° × 9°	Svestran, preporučeno
MFT	17 × 13 mm	2.0x	~10° × 7°	Kompaktni setup

## Poglavlje 06

Ekspozicija, ISO, fokusiranje, planiranje sesije

# Početničko snimanje — widefield tehnike

Ovo poglavlje namijenjeno je onima koji koriste DSLR ili mirrorless kameru s trackerom ili bez njega. Widefield snimanje je najdostupnija forma astrofotografije i odlično mjesto za učenje osnovnih principa ekspozicije, fokusiranja i planiranja sesije. Kod widefield snimanja sami kontrolirate sve parametre izravno na kameri — ISO, ekspoziciju, blendu. Nema kompleksnih sekvenci ni softvera između vas i neba.

## Planiranje sesije

**Stellarium** (besplatno, desktop i mobile) i **SkySafari** pomažu locirati objekte, simulirati vidik i pronaći optimalno vrijeme snimanja. **PhotoPills** posebno je koristan za planiranje Mliječne staze i Mjeseca. Za vremenske prognoze koristite **Clear Outside** ili **Astrospheric** — specifično kalibrirani za astro uvjete (prozirnost, seeing, Moonlight).

Provjeri **Bortle klasu** vaše lokacije na [lightpollutionmap.info](http://lightpollutionmap.info) i planirajte sesije za mlad Mjesec (nova do prva četvrt) kad je nebo najtamnije. Planirajte objekt visoko na nebu — što je viši, manje atmosfere prolazi svjetlost i bolja je oštrina.

**Stellarium Web** dostupan je direktno u pretraživaču bez instalacije. **Sky Map** (Android/iOS) koristi AR za prikaz zvijezda u realnom vremenu što ga čini odličnim alatom na terenu.

## Polarno poravnanje trackera

Za widefield trackere, **SharpCap Polar Alignment** (softverska metoda) ili vizualno poravnanje s Polarnom zvijezdom (Polaris) obično je sasvim dostatno. Polaris ne stoji točno na nebeskom polu — odstupa za oko  $0.7^\circ$  — ali za ekspozicije do 3–5 minuta na kratkim žarišnim duljinama razlika je zanemariva.

Pokušajte polar alignment uvijek napraviti što preciznije — svaka minuta uložena u dobro poravnanje vraća se kao manje zvjezdanog drifta u finalnim kadrovima. Za preciznije poravnanje bez dodatnog softvera, koristite ugrađeni polarscope koji dolazi s većinom trackera.

## Ekspozicija, ISO i histogram

Počnite s kratkim test-ekspozicijama (30–60 s) i provjerite histogram na zaslonu kamere. Cilj je pomicanje histograma udesno (**ETTR — Expose To The Right**) bez preekspozicije najsjajnijih zvijezda. Histogram bi trebao biti vidljivo odmaknut od lijeve strane (crno = premalo svjetla) ali ne smije rezati desnu stranu (bijelo = pregorjelo).

Za Mliječnu stazu widefield preporuke su: **ISO 1600–6400**, ekspozicija **15–30 sekundi** (ovisno o žarišnoj duljini i trackeru), blenda **najšira moguća** (f/2.8 ili f/1.8). Uz tracker možete produžiti na 2–5 minuta što dramatično povećava dubinu snimke.

Nema savršenog ISO za svaki slučaj — ovisit će o vašoj kameri, duljini ekspozicije i svjetlosnom zagađenju. Suvremeni senzori (Sony, Nikon Z, Canon R) imaju manju razliku između ISO 800 i 6400 nego starije generacije, što vam daje više slobode.

## Pravilo 500 i NPF pravilo (bez trackera)

Ako nemate tracker, koristite **Pravilo 500** za procjenu maksimalne ekspozicije bez trailinga zvijezda:

**Maks. ekspozicija (s) = 500 ÷ žarišna duljina (mm)**

Na primjer, s 24 mm objektivom:  $500 \div 24 = 20$  sekundi. Za APS-C senzore podijelite s crop faktorom (obično 1.5x):  $500 \div (24 \times 1.5) = 13$  sekundi.

**NPF pravilo** (Nasim, Pearce, Friek) preciznije je:

**$t = (35 \times AP + 30 \times \text{pixel\_pitch}) \div (\text{crop} \times \text{focal})$**

Ovo uzima u obzir i pixel pitch senzora. Aplikacije poput **PhotoPills** automatski računaju NPF vrijednost za vašu kameru i objektiv. Ovo je samo smjernica — u praksi možete prilagoditi ovisno o tome koliko vam zvjezdani trailing smeta.

## Fokusiranje

Precizno fokusiranje jedna je od najtežih vještina u astrofotografiji. Za widefield snimanje DSLR ili mirrorless kamerom s objektivom, koristite **Live View** na najvećem zoomu zaslona kamere i fokusirajte na sjajnu zvijezdu dok ne postane što manja i najoštrija točka. Svakako isključite autofokus. Na dedikiranoj astro kameri fokusiranje nije problem — elektronički fokuser (**EAF**) automatski održava oštrinu kroz cijelu noć bez intervencije.

**Bahtinov maska** (jeftina metalna ili 3D printana maska za objektiv) stvara karakteristični difrakcijski uzorak koji čini fokusiranje mnogo lakšim i preciznijim. Kada su sve tri linije maske savršeno poravnate, fokus je idealan.

Još jedna metoda: fokusirajte na infinity marker objektivu i u Live View zoomu fino prilagodite dok zvijezde ne budu najoštrije. Označite položaj fokusa markerom na objektivu kako bi ga lakše pronašli sljedeće noći.

## Kalibracija — flat i bias frameovi

Čak i za widefield snimanje, snimanje **flat frameova** drastično poboljšava finalnu sliku. Flat frameovi snimaju se pomoću flat panela na ravnomjerno osvijetljenoj bijeloj površini — oni eliminiraju *vigneting* (tamnjenje rubova) i vidljive čestice prašine na senzoru.

**Bias frameovi** su kratke ekspozicije s poklopljenim objektivom koje kalibriraju elektroničke razine senzora. Za početak, samo flat frameovi već daju vidljivo poboljšanje — snimate **20–30 flatova** iste noći pri sličnoj temperaturi.

**Dark frameovi** (samo za kamere bez offset sustava) snimaju se s poklopljenom kamerom na istoj ISO i ekspoziciji kao i light frameovi — oni kalibriraju toplinski šum i hot pixele senzora.

### □ ZLATNO PRAVILO WIDEFIELD SNIMANJA

Snimajte što više ekspozicija iste scene složenih u stack dramatično smanjuje šum i otkriva detalje koje ni jedan kadar ne može pokazati. RAW format je obavezan — JPEG kompresija uništava astrofotografske podatke. Provjerite da je u kameri postavljen RAW ili RAW+JPEG.

## Koračaji za prvu sesiju

1. **Planirajte** sesiju — provjerite fazu Mjeseca, Bortle klasu lokacije, vidljivost objekta u Stellariumu
2. **Pripremite** opremu kod kuće danju — provjerite baterije, SD karticu, postavke kamere (RAW, manual mode)
3. **Izađite** na lokaciju rano — ostavite oko 30 minuta za postavljanje i hlađenje opreme (senzor, zrak)
4. **Polar alignment** — poravnajte tracker na Polaris s ugrađenim polarscope-om
5. **Fokusirajte** — Live View + Bahtinov maska na sjajnoj zvijezdi
6. **Test ekspozicija** — 30s, ISO 3200, provjeri histogram
7. **Snimajte** — uključi intervalometar, 2–5 min ekspozicije, 20–50 ekspozicija
8. **Flat frameovi** — odmah po završetku snimanja, dok je isti objektiv
9. **Doma** — importirajte i stackajte u Sirilu, Pixinsightu ili nekom drugom programu

## Poglavlje 07

Sequence software, dithering, meridian flip, autoguiding

# Napredno snimanje — Deep Sky tehnike

Napredno Deep Sky snimanje razlikuje se fundamentalno od widefield pristupa. Ovdje više ne upravljate kamerom ručno — softverske sekvence automatski vode cijelu noć snimanja, dok vi pratite parametre na ekranu ili spavate. Slojevitost tehnika i opreme znatno je veća. Ovo poglavlje pretpostavlja da imate EQ montažu, naprednu astro kameru, teleskop i osnovni autoguiding sustav.

## Acquisition software — upravljanje sesijom

Za napredno snimanje koristite dedicated sequence software koji automatizira cijelu noć:

- **N.I.N.A.** (Nighttime Imaging N Astronomy) — besplatan, open-source, zlatni standard za amatere ali i profesionalce. Aktivno razvijan s bogatim ekosustovom pluginova.
- **Sequence Generator Pro (SGP)** — plaćen, stabilan, odličan za automatizaciju cijelog sustava
- **EKOS/KStars** — cross-platform (Linux/Mac), integriran s Indi driverima

Ovi programi automatski: *platesolve* (određuju točnu poziciju teleskopa), slew na objekt, fokusiraju, vode autoguiding i snimaju definirani broj ekspozicija po svakom filteru.

## Polarno poravnanje — napredne metode

Za Deep Sky snimanje s dugačkim ekspozicijama, preciznost polarnog poravnanja kritična je. **SharpCap Pro Polar Alignment** koristi platesolving za sub-arcminute preciznost u manje od minute. **Drift alignment** (ručna metoda) daje iznimnu preciznost ali zahtijeva 30–60 minuta strpljenja.

**iPolar** (iOptron) i **PoleMaster** (QHY) su AllSky kamere s dedicated softverom za automatsko polarno poravnanje — investicija koja se isplati za one koji redovito postavljaju i skidaju opremu. Za permanentne instalacije jednom podešen drift alignment vrijedi godinama.

## Autoguiding — bez njega nema dugih ekspozicija

Autoguiding je proces u kojemu sekundarni teleskop i kamera kontinuirano prate guide zvijezdu i šalju miliarcsecond korekcije montaži u realnom vremenu. Bez autoguiding, ekspozicije dulje od 2–3 minute gotovo uvijek pokazuju zvjezdani drift na dužim žarišnim duljinama.

**PHD2** (Push Here Dummy) zlatni je standard za autoguiding software — besplatan, iznimno pouzdan i kompatibilan s gotovo svim guide kamerama i montažama. Guide scope može biti malen (30–60mm aperture) jer ne treba rezoluciju — samo dovoljno sjajnu guide zvijezdu.

Cilj autoguiding RMS-a je ispod 1 arcsecond ukupne greške — za većinu amaterskih setupa 0.5–0.8" je odličan rezultat. Ispod 0.3" je razina profesionalnih setupa.

## Dithering — eliminacija fixed pattern noise

Dithering je tehnika kojom software između svake ekspozicije pomakne teleskop za nekoliko piksela u nasumičnom smjeru. To znači da toplinski šum senzora (hot pixels) ostaje fiksiran u piksel koordinatama senzora, ali pada na različite koordinate neba u svakom kadru. Pri stackingu, ove nasumično pozicionirane greške se prosječavanjem potpuno eliminiraju.

Sigma clipping combined with dithering jedan je od najmoćnijih alata za čiste finalne slike. N.I.N.A. i SGP imaju ugrađenu dither funkcionalnost — preporučuje se aktivirati za sve deep sky sesije.

## Meridian flip — automatsko prebacivanje

Ekvatorialna montaža može pratiti objekt samo do meridijana (zamišljene linije sjever-jug na nebu). Kad objekt prijeđe meridijanu, montaža mora izvesti **meridian flip** — fizičko okretanje teleskopa na drugu stranu. Sequence software automatski detektira i izvodi flip, nastavlja plating i snimanje bez intervencije korisnika.

Važno je provjeriti da montaža ima dovoljno raspoloživog prostora za flip bez kolizije s tronošcem ili kabelima. Uvijek testirajte meridian flip danju na sigurnom dijelu neba.

## Narrowband filteri i filter wheel

Za napredno snimanje emisijskih maglica, narrowband filteri (H-alfa, OIII, SII) ključni su alat — posebno iz urbanih lokacija. Automatski filter wheel (poput **ZWO EFW** ili **Pegasus Astro FW**) omogućuje programirani prelazak između filtera bez dodira opreme, čak i usred noći.

Tipična narrowband sesija planira se tako da se H-alfa snima kad je objekt najviše na nebu (maksimalan SNR), a OIII i SII nadopunjuju sesiju. Za HOO paletu trebate samo H-alfa i OIII kanale — SII dodajete za punu SHO paletu.

## Plate solving — automatska navigacija

Plate solving je tehnika kojom software analizira zvjezdano polje snimljeno kamerom i točno određuje gdje teleskop gleda na nebu. Ovo eliminira potrebu za ručnim centriranjem objekata i omogućuje sub-arcminute točnost navodenja.

N.I.N.A. ima ugrađen plate solver (**ASTAP** ili **Astrometry.net**). Plate solving traje obično 3–10 sekundi i potpuno automatizira centar kadra. Koristite ga za: navodjenje na objekt, potvrdu meridian flipa, praćenje rotacije polja.

### □ NAPREDNO PLANIRANJE SESIJE

Koristite Telescopius ili Astroplanner za detaljan plan noći: vizualizacija Field of View (FOV) na Sky Atlasu, predviđanje altitudinalne putanje objekta, optimizacija redoslijeda filtera i ukupno planiranje vremena prikupljanja. Za dugoročne projekte (objekt koji zahtijeva 20+ sati ekspozicije), planirajte sesije kroz više noći uzimajući u obzir fazu Mjeseca, rotaciju polja i sezonsku dostupnost objekta.

## Pokretanje prve automatske sesije u N.I.N.A.

1. **Povežite** svu opremu putem ASCOM/INDI (kamera, montaža, focuser, filter wheel, guide kamera)
2. **Polar alignment** putem SharpCap Pro ili iPolar
3. **Plate solve** — auto-slew na objekt, provjera centriranja
4. **Auto-focus** rutina — definirajte fokus kriterij (HFR target)
5. **PHD2** kalibracija guide senzora i guide zvijezde
6. **Definirajte sekvencu** — filter, ekspozicija, broj ekspozicija, dithering
7. **Pokrenite sekvencu** — N.I.N.A. automatski vodi cijelu noć
8. **Jutro** — kalibracijski frame-ovi,

## Tipična narrowband sesija — vremenski raspored

Planiranje redoslijeda snimanja filtera nije trivijalno. Evo preporučenog rasporeda za tipičnu 6-satnu ljetnu noć (objekt u Cygnus-u):

- **21:30 – 22:00** — Postavljanje, polar alignment, thermal adaptation
- **22:00 – 22:20** — Plate solve, auto-focus, PHD2 kalibracija
- **22:20 – 01:00** — H-alfa snimanje (objekt kulminira ~23:30), 20×5 min = 100 min + pauze
- **01:00 – 03:00** — OIII snimanje (objekt pada, manji SNR), 12×5 min = 60 min
- **03:00 – 03:30** — SII snimanje (kratka sesija za SHO paletu), 6×5 min = 30 min
- **03:30 – 03:45** — kalibracija, provjera logova

Snimajte H-alfa prvu (ima najjači signal za većinu objekata), OIII drugi, SII po potrebi. Na veoma hladnim noćima dark frameovi za DSLR snimaju se odmah po završetku.

## PHD2 — podešavanje za optimalne rezultate

PHD2 Guiding ima mnogo parametara, ali za početak trebate samo osnovne:

- **Kalibracija** — uvijek kalibrirajte blizu celestijalnog ekvatora (deklinacija  $0\pm 20^\circ$ ) za točne parametre
- **Exposure time** — 0.5-3 sekunde za guide kameru (dulje za slabije zvijezde, kraće za bolje seeing)
- **Aggressiveness** — RA: 70–80, Dec: 50–60 za početak
- **Min motion** — 0.15–0.25 arcsecunda (ispod ove vrijednosti, ne korektira — eliminira overcorrection šum)
- **Backlash compensation** — samo ako vaša montaža ima konstan Dec drift

Cilj je ukupni RMS guide error ispod 1.0". Za kratke žarišne duljine (100–400mm) i 1.5 arcsec/piksel skali, 0.7–1.0" RMS je sasvim dovoljan.

## Modularni principi naprednog setupa

Napredni astrofotografski setup poput živog organizma — svaka komponenta mora komunicirati s ostalima. Evo tipičnih veza:

- **N.I.N.A.** ↔ Camera (ZWO/QHY ASCOM driver)
- **N.I.N.A.** ↔ Mount (EQ6-R ASCOM driver ili iOptron commander)
- **N.I.N.A.** ↔ Focuser (EAF ASCOM driver)
- **N.I.N.A.** ↔ Filter Wheel (EFW ASCOM driver)
- **N.I.N.A.** ↔ PHD2 (DirectGuider ili SocketGuider protokol)
- **N.I.N.A.** ↔ Plate Solver (ASTAP lokalno ili Astrometry.net online)

ASCOM platform (Windows) ili INDI/KStars (Linux/Mac) osnova su komunikacijske arhitekture. Svaki uređaj ima vlastiti driver koji se instalira zasebno. Preporuča se testirati svaku komponentu zasebno prije prvog automatskog snimanja.

## Poglavlje 08

Stacking, kalibracija, Siril, Pixinsight i sl.

# Osnove obrade astrofotografija

Obrada astrofotografije podjednako je važna kao i samo snimanje. Izvrsna slika nastaje na nebu, ali se rađa u softveru. Proces se dijeli na **integraciju (stacking)** sirovog materijala i **finalnu artistsku obradu** slike.

## Stacking — temelj svega

Stacking kombinira stotine kratkih ekspozicija u jednu čistu sliku koristeći matematičku moć prosjeka. Signal (vaša maglica) je konzistentan između ekspozicija, dok je šum nasumičan — 100 ekspozicija daje 10x bolji signal-to-noise ratio od jedne ekspozicije. Ovo je fundamentalni razlog zašto astrofotografi snimaju toliko puno ekspozicija.

Uz stacking, kalibracija s dark/flat/bias frameovima dramatično poboljšava konačni rezultat eliminacijom senzorskih artefakata i optičkih mana. Algoritmi za odbacivanje loših ekspozicija (Sigma clipping, Winsorized sigma) automatski prepoznaju i eliminiraju ekspozicije oštećene oblacima, satelitima ili avionima.

## Siril — besplatna alternativa za početnike

**Siril** je open-source software koji je posljednjih godina napravio ogromne iskorake u kvaliteti. Nudi kompletan workflow od kalibracije i registracije do stackinga i post-processinga — potpuno besplatno. Posebno je impresivan za narrowband obradu i ima ugrađen Script Editor za automatizaciju.

Za početnike koji žele naučiti osnove bez financijskog pritiska, Siril je idealna ulazna točka. Ima aktivnu zajednicu i detaljnu dokumentaciju na više jezika.

## Workflow u Sirilu — korak po korak

### 1. Organizacija podataka

Sortirajte ekspozicije u mape: *lights/*, *darks/*, *flats/*, *biases/*

### 2. Kalibracija

Siril > Image Processing > Preprocessing — definirajte putanje za dark, flat i bias mape. Siril automatski procesira kalibraciju.

### 3. Registracija

Siril poravnava sve ekspozicije po referentnom — koristi zvjezdane uzorke za sub-piksel točnost.

### 4. Stacking

Odaberite metodu: Sigma Clipping (za većinu setupa) ili Winsorized Sigma za manje ekspozicija. Kliknite Stack — rezultat je jedna čista master slika.

## 5. Stretch

Slika dolazi u linearnom obliku (tamna). Koristite AutoStretch za prvu provjeru, a zatim Histogram Transformation za kontroliran stretch.

## 6. Uklanjanje gradijenta

Background Extraction (BXT) — kliknite na ravnomjerna tamna područja (background) i Siril izračunava polinom koji eliminira neravnomjerno pozadinsko osvjetljenje.

## Lightroom i Affinity Photo za finalnu obradu

Nakon stackinga mnogi astrofotografi prelaze u **Adobe Lightroom** ili **Affinity Photo** za finalnu obradu. Lightroom odlično obrađuje boje, kontrast i detalje za broadband snimke. **Affinity Photo** (jednokratna kupnja, bez pretplate) nudi moćne layer-based alate za kompozite i fine-tuning boja.

**Photoshop** (Adobe CC pretplata) ostaje zlatni standard za kompleksne kompozite, ali Affinity Photo danas nudi 95% iste funkcionalnosti po jednokratnoj cijeni od oko 70 €.

Za početnički workflow preporučujemo: **Siril za stacking** → **Affinity Photo** ili **Lightroom za finalnu obradu**. Ove čini besplatno ili jeftino rješenje koje daje solidne rezultate.

### □ ZLATNO PRAVILO OBRADU

Manje je više. Pretjerana obrada — premalo šuma ali nestali detalji, prezasićene boje, pretjeran sharpening — uvijek je lošija od umjerene obrade koja čuva detalje i realistične nijanse. Usporedite vašu obradu s referentnim snimkama sličnih objekata — to je najbrži način učenja i razvijanja vlastitog stila.

## Poglavlje 09

DBE, stretch, noise reduction, dekonvolucija, palete boja

# Napredna obrada — PixInsight workflow

**PixInsight** je namjenski software koji koristi velika većina ozbiljnih astrofotografa. Poveća cijena (jednokratne licence) pravda se moćnim algoritmima koji nemaju alternative u generalističkim editorima. Krivulja učenja je strma, ali rezultati su neusporedivi.

## Organizacija projekta u PixInsightu

PixInsight radi s **Image Container** i **Process Container** sustavom. Svaka slika ima vlastiti prozor. Procesi se primjenjuju iz *Process menu* ili ikonama u toolbaru. Workflow je obično: kalibracija → stacking → linearni oblik obrada → stretch → nelinearni oblik obrada → finalna estetska obrada.

Ključna razlika u PixInsightu: razlikujemo **linearni oblik** (prije stretcha, tamna slika) i **nelinearni oblik** (nakon stretcha, vidljivi detalji). Mnogi procesi rade ispravno samo u linearnom obliku.

## ImageCalibration — kalibracija

**ImageCalibration** (Process > ImageCalibration) primjenjuje master dark, master flat i master bias na svaki light frame. Koristite *Optimize Dark Frames* za bolju kalibraciju tamnih ekspozicija snimljenih pri različitim temperaturama. Output su kalibrirane ekspozicije sprema za registraciju i stacking.

## StarAlignment i ImageIntegration

**StarAlignment** poravnava sve kalibrirane ekspozicije s referentnim. Koristite *Triangle Similarity* ili *Distortion Correction* za rešetkaste senzore s optičkim aberacijama.

**ImageIntegration** (stacking) — odaberite metodu:

- *Average Sigma Clipping* — za višesatne ili višenoćne ekspozicija
- *Winsorized Sigma Clipping* — za manje od 10-30 ekspozicija
- *Linear Clipping* — za veći broj ekspozicija s dithering

Rezultat ImageIntegration jest **master light** — čista integrirana slika u linearnom obliku.

## DynamicBackgroundExtraction (DBE) — uklanjanje gradijenta

DBE je jedan od najvažnijih alata u PixInsightu. Uklanja neravnomjerno pozadinsko osvjjetljenje uzrokovano svjetlosnim zagađenjem

### Postupak:

1. Otvorite DBE (Process > Background Modeling > DynamicBackgroundExtraction)
2. Kliknite na 20–50 točaka na ravnomjernih tamnim područjima pozadine (izbjegavajte zvijezde i maglicu)
3. *Compute* — PixInsight gradi model gradijenta
4. Aplikirajte (*Execute*) na sliku — PixInsight oduzima gradijent

Za slike s jačim gradijentom (grad, rub polja), koristite više točaka i veći *Sample radius*.

## Stretch — histogramsko razvlačenje

Stretch pretvara linearnu (tamnu) sliku u vidljivu s detaljima. Postoji više metoda:

- **HistogramTransformation** — manuelna, max kontrola. Koristite midtones (M) slider.
- **MaskedStretch** — automatski stretch koji čuva pozadinu. Odličan za početak.
- **ArcsinhStretch** — ne-linearni stretch koji čuva nuklearni sjaj zvijezda bolje od logaritma.
- **GeneralizedHyperbolicStretch (GHS)** — najmodernija metoda (plugin), odlična kontrola.

Uvijek stretchajte tek **nakon** DBE i kalibracije boja — ove operacije moraju biti u linearnom obliku. Neka zvijezde budu male bijele točke, a pozadina uniformno tamna.

## Noise Reduction — uklanjanje šuma

**MultiscaleLinearTransform (MLT)** — najmoćniji alat za noise reduction u PixInsightu. Radi na više wavelet razina:

- Noise threshold po razini kontrolira agresivnost
- Layer 1 i 2 za fine noise, Layer 3–4 za grubiji šum
- Koristite *luminance mask* za zaštitu sjajnih područja

**GraXpert Denoise** (AI-based, besplatni plugin/standalone) izvanredan je za početnički workflow — automatski prepoznaje i uklanja šum bez ručnih podesavanja.

**NoiseXTerminator** (plugin, RC-Astro) AI noise reduction koji daje izvanredne rezultate u jednom kliku — dostupan kao jednokratna kupnja.

## Dekonvolucija i sharpening

Dekonvolucija oštri zvijezdane jezgre i detalje maglice kompenzirajući zamagljenje uzrokovano atmosferskim seeing-om i optičkim aberacijama. Radi isključivo u **linearnom obliku**.

**BlurXTerminator** (plugin, RC-Astro) — AI-based dekonvolucija koja automatski procjenjuje PSF (Point Spread Function) i vrši korekcije. Zlatni standard među modernim pluginovima.

**Lucy-Richardson Deconvolution** (ugrađena u PixInsight) — klasična metoda koja zahtijeva ručno definiranje PSF-a, ali daje punu kontrolu.

## Kalibracija boja — SPCC i ColorCalibration

**SpectrophotometricColorCalibration (SPCC)** — moderni PixInsight alat koji kalibrira boje temeljeći se na fotometrijskim katalozima zvijezda. Daje točne, konzistentne boje za broadband i LRGB snimke.

**ColorCalibration** (starija metoda) koristi bijele zvijezde kao referencu — dobra alternativa za slike bez SPCC supporta.

Za **narrowband SHO** obradu: Nakon kombiniranja kanala u ChannelCombination, koristite **SCNR (Selective Color Noise Reduction)** za uklanjanje zelenog casta koji se često javlja na zvijezdama u SHO paleti.

## Finalna estetska obrada

Nakon svih procesnih koraka, finalna obrada uključuje:

- **CurvesTransformation** — precizna kontrola kontrasta, saturacije i individualnih boja kroz krivulje
- **LocalHistogramEqualization (LHE)** — pojačava lokalni kontrast detalja u maglici bez preburning najsjajnijih područja
- **RangeSelection + Masks** — primjena procesa samo na pozadinu, zvijezde ili maglicu zasebno
- **StarReduction (StarNet++ ili StarXTerminator)** — privremeno uklanjanje zvijezda za obradu maglice bez utjecaja na zvijezdane jezgre
- **SCNR** — selektivno uklanjanje nepoželjne zelene komponente u SHO paleti

Na kraju uvijek usporedite s originalnim stackom — ako je obrada otišla predaleko u saturaciju ili kontrast, koraci su reverzibilni.

Alat	Tip	Primjena
PixInsight	Software	Kompletan workflow
Siril	Software	Stacking + osnovna obrada
GraXpert	AI plugin	DBE + Denoise AI
BlurXTerminator	AI plugin	Dekonvolucija AI
NoiseXTerminator	AI plugin	Noise reduction AI
StarXTerminator	AI plugin	Uklanjanje zvijezda

Affinity Photo	Software	Finalna obrada
----------------	----------	----------------

### □ RC-ASTRO PAKET

BlurXTerminator + NoiseXTerminator + StarXTerminator dostupni su kao bundle . Za ozbiljnu PixInsight obradu, ovaj AI paket je najpreciznije rješenje na tržištu i dramatično ubrzava workflow.

## Kompletni PixInsight workflow — referentna tablica

Korak	Alat	Prostor	Napomena
1. Kalibracija	ImageCalibration	Linear	Dark+flat+bias master
2. Poravnanje	StarAlignment	Linear	Triangle method
3. Stacking	ImageIntegration	Linear	Sigma Clipping
4. Uklonj gradijent	DynamicBackgroundExtraction	Linear	DBE: 20-50 točaka
5. Kal. boja	SPCC / ColorCalibration	Linear	Photom. katalog
6. Dekonvolucija	BlurXTerminator (plugin)	Linear	AI PSF proc.
7. Noise Reduction	NoiseXTerminator / MLT	Linear	AI ili wavelet
8. Stretch	GHS / ArcsinhStretch	L→NL	Kontroliran stretch
9. Zvijezde	StarXTerminator	NL	Temp. uklanjanje
10. Detalji	LHE + CurvesTransf.	NL	Lokalni kontrast
11. Zvijezde nazad	PixelMath merge	NL	Pixel Math Layer
12. Export	File > Save As TIFF 16-bit	NL	Za print ili web

## Narrowband kombiniranje u PixInsightu — HOO i SHO

Za narrowband obradu, svaki kanal (Ha, OIII, SII) obrađuje se zasebno do stacking i DBE faze, zatim se kombiniraju:

### HOO paleta:

Image Integration: R = Ha, G = OIII, B = OIII

ChannelCombination: R←Ha.fit, G←OIII.fit, B←OIII.fit

### SHO paleta:

ChannelCombination: R←SII.fit, G←Ha.fit, B←OIII.fit

Nakon kombiniranja, zvijezde u SHO paleti imaju jaki zeleni cast (jer H-alfa pada na zeleni kanal). Iskoristite:

**SCNR** (Process > Color Calibration > SCNR) — Amount: 0.7–1.0, Green channel protection: 0.5–0.7. Ovo selektivno uklanja zelenu komponentu sa zvijezda, ali čuva zelene nebularne regije.

Zatim linearni stretching (GHS preporučen za narrowband), pa CurvesTransformation za fine podešavanje zasebnih boja.

## Poglavlje 10

Tamno nebo, light pollution mapa, sezonski kalendar objekata

# Odabir lokacije i Bortle skala

Lokacija snimanja jedan je od najvažnijih faktora u astrofotografiji — ponekad čak i važnija od opreme. Iste postavke i isti teleskop mogu dati radikalno različite rezultate ovisno o tamnoći neba.

## Bortle skala — mjera tamnoće neba

Bortle skala (1–9) standardni je sustav za procjenu tamnoće neba:

- **Bortle 1–2** — savršeno tamno nebo (Namibija, pustinje, planinski vrhovi). Golim okom vidljiv Zodijski Light, IFN, Magellanovi oblaci.
- **Bortle 3–4** — tamno selo/planina. Mliječna staza jasno vidljiva s tamnijim prugama. Idealna za amaterske astrofotografe.
- **Bortle 5** — ruralno predgrađe. Mliječna staza vidljiva ali bez detalja. Dobar kompromis za mnoge astrofotografe.
- **Bortle 6–7** — predgrađe. Mliječna staza tek nazirljiva. Narrowband filteri su neophodni.
- **Bortle 8–9** — grad/centar. Nema Mliječne staze. Samo planeti, Mjesec i dvostruke zvijezde vidljivi golim okom.

Svaki korak na Bortle skali znači otprilike dvostruku razliku u broju vidljivih zvijezda i dubini dostupnih objekata.

## Kako pronaći tamno nebo

**lightpollutionmap.info** — interaktivna mapa svjetlosnog zagađenja bazirana na World Atlas of Artificial Night Sky Brightness. Prikaz Bortle klase za svaku lokaciju.

**Stellarium** — može simulirati nebo za različite Bortle klase i prikazati koliko zvijezda je vidljivo golim okom.

**Clear Outside** i **Astrospheric** — vremenski modeli specifični za astro uvjete: prozirnost (transparency), seeing, humidity i vlaga. Obavezno provjerite oba parametra — možete imati Bortle 3 nebo ali loš seeing koji čini detalje zamućenima.

Za Hrvatsku, **Gorski Kotar**, **Lička visoravan**, **otoci** (posebno Lastovo, Vis i Palagruža) i **unutrašnjost Dalmacije** nude neka od najtamnijih neba u Europi — Bortle 2–4 ovisno o lokaciji.

## Seeing vs. Transparency

Ova dva parametra neovisna su i oba su ključna:

**Seeing** — stabilnost atmosfere. Dobar seeing znači oštre zvijezde bez treperenja. Mjeri se u lučnim sekundama (1" = odlično, 3" = loše). Za planetarnu fotografiju seeing je dominantan faktor. Za deep sky s kratkim žarišnim duljinama manje je kritičan.

**Transparency** — prozirnost atmosfere. Dobra transparentnost znači da možete vidijeti slabe objekte bez apsorpcije. Vлага, prašina i aerosolni slojevi smanjuju prozirnost. Za narrowband fotografiju iz predgrađa, transparentnost je važnija od seeinga.

## Sezonski kalendar popularnih objekata

Objekt	Tip	Godišnje doba	Bortle okej	Napomena
Orionska maglica (M42)	Emisija	Zima (Dec–Mar)	Sve	Zlatni početak
Rozetna maglica	Emisija	Zima (Dec–Mar)	Sve	Ha odličan
Crescent maglica (NGC6888)	Emisija	Ljeto (Jun–Sep)	Sve	HOO/SHO
Srce i Duša (IC1805/1848)	Emisija	Jesen (Sep–Nov)	Sve	Mosaic projekt
Pelikan maglica (IC5070)	Emisija	Ljeto (Jun–Sep)	Sve	SHO bogatstvo
M31 — Andromeda	Galaksija	Jesen (Sep–Nov)	Bortle 4–	Broadband
Mliječna staza — centar	Widefield	Ljeto (Jun–Aug)	Bortle 4–	Bez trackera
Rho Ophiuchi	Broadband	Ljeto (May–Jul)	Bortle 4–	Boja i prašina

## Praktični savjeti za terenski setup

**Dolazak rano** — minimum 30 minuta prije planiranog snimanja. Kamera treba aklimatizirati na vanjsku temperaturu (kondenzacija senzora!), a vi trebate adaptirati oči na mrak.

**Adaptacija mraku** — oko treba 20–30 minuta da se potpuno adaptira na mrak. Koristite **isključivo crvenu svjetiljku** za kretanje. Bijela svjetlost uništava adaptaciju odmah.

**Topla odjeća** — temperature na tamnim lokacijama mogu biti drastično niže od prognoza, posebno ljeti na nadmorskim visinama. Uvijek ponijeti više slojeva nego mislite da trebate.

**Kondenzacija** — dew heater obavezan za bilo koje snimanje dulje od sat vremena. Za tracker setup jeftini USB grija leća sasvim je dovoljan. Za napredniji setup: Pegasus Astro Dew Controller ili ZWO Dew Heater.

**Baterije i power bankovi** — na hladnom terenu baterije kamere se troše 30–50% brže. Ponesite rezervne baterije i USB power bank (min. 20.000 mAh). Za laptop i EQ montažu preporučuje se 12V litijeva baterija (Jackery, EcoFlow ili DIY 12V LiFePO4).

## Aplikacije za planiranje sesije

Aplikacija	Platforma	Svrha
Stellarium	Desktop/iOS/Android	Prikaz neba, simulacija
SkySafari 7	iOS/Android	Teleskop kontrola, baza obj.
PhotoPills	iOS/Android	Mliječna staza, Mjesec, sunce
Clear Outside	Web/iOS	Astro vremenski model
Astrospheric	Web/iOS	Seeing + transparency model
Telescopius	Web	FOV planiranje, Deep Sky baza
Light Pollution Map	Web	Bortle karta, WA Night Atlas
The Photographer's Ephemeris	iOS/Android	Mliječna staza, galaktički centar

Preporučeni tijek planiranja sesije: tjedan dana unaprijed provjerite **Clear Outside** i **Astrospheric** za prognozu seeinga i transparentnosti. Dan unaprijed potvrdite prognozom i odaberite objekt u **Telescopiusu** prema vidljivosti i vašem FOV-u. Na terenu koristite **Stellarium** za navigaciju i potvrdu koordinata.

Za Mliječnu stazu planiranje nezamjenjivi su **PhotoPills** i **The Photographer's Ephemeris** — prikazuju točno u koje vrijeme i na kojoj poziciji će galaktički centar biti u kadru, uz simulaciju krajolika.

### ☐ Vremenski modeli za astrofotografiju

Standardne vremenske prognoze (AccuWeather, DHMZ) nisu dovoljno precizne za astrofotografiju. Clear Outside i Astrospheric koriste ECMWF i GFS modele specifično kalibrirane za seeing, transparentnost oblaka i humidity index — parametri koji su kritični za astrofotografske uvjete.

## Poglavlje 11

Problemi s fokusiranjem, montažom, obradom i planiranjem

# Najčešće greške i kako ih izbjeći

Svaki astrofotograf prošao je kroz iste frustracije: zamućene zvijezde, zeleni tint, hot pixeli koji se ne uklanjaju, banding šum... Ovo poglavlje pokriva najčešće greške i konkretna rješenja.

## Greške pri snimanju

### 1. Loš fokus — zvijezde su diskovi, ne točke

Najčešća greška početnika. **Uzrok:** autofokus ostavljen uključen, fokus postavljen u tami bez provjere, thermal drift (fokus se mijenja s temperaturom).

**Rješenje:** Uvijek koristite Live View + Bahtinov masku. Isključite AF. Za automatiku: electronic focuser s auto-focus rutinom (N.I.N.A. HFR-based AF). Fokusirajte na zvijezdu 2. ili 3. magnitude — ne na previše sjajnu (saturirana) ili previše slabu (teška za fokusiranje).

### 2. Zvijezdani trailing — crtice umjesto točaka

**Uzrok A — Bez trackera:** Predugo ekspozicija. Koristite Pravilo 500/NPF.

**Uzrok B — S trackerom:** Loše polarno poravnanje. Neprecizno polar alignment rezultira spiralnim driftom zvijezda. Poboljšajte poravnanje s SharpCap ili vizualnom metodom.

**Uzrok C — Vibracije:** Vjetrovita noć, mekani pod, nestabilan stativ. Koristite Mirror Lock Up (DSLR) i čekajte da vibracije prestanu.

### 3. Kondenzacija na leći/senzoru

**Uzrok:** Vlažna noć bez dew hetera. Kondenzacija se javlja kad temperatura leće padne ispod točke rose.

**Rješenje:** Uvijek koristite dew heater. Provjeri relativnu vlagu (>70% — visok rizik). Za senzor astro kamere: pečatiranje kućišta silikagelom.

### 4. Loše polarno poravnanje

Simptom: zvijezde crtice koje su zarotatirane (ne ravne linije nego lukovi). Za widefield trackere: Polaris poravnanje obično dostatno. Za napredniji deep sky setup: SharpCap Pro ili drift alignment.

### 5. Previše ISO — previše šuma

Visoki ISO ne uništava sliku ako imate dovoljno ekspozicija za stacking. 100 kadrova na ISO 6400 daje manje šuma od 10 kadrova na ISO 800. Veći problem je niska ekspozicija po kadru (previše tamna pozadina) nego visoki ISO.

## Greške pri kalibraciji

### 6. Flat frameovi snimljeni s krivim postavkama

Flat frameovi moraju se snimati s **istim objektivom/teleskopom i istom pozicijom** senzora. Ako rotiramo kameru između light i flat frameova, vigneting neće biti pravilno korigiran. ISO za flat frameove treba biti isti kao i za light frameove (ili što bliže). Ekspozicija flata treba biti kratka (0.02–0.5 s) da se senzor ne zasiti — histogram flata treba biti između 30–50% skale.

## 7. Temperatura dark framea ne odgovara light frameovima

Darkovi moraju biti snimljeni na **istoj temperaturi** kao i light frameovi. Za hladene kamere ovo je automatski — temperatura senzora je kontrolirana. Za DSLR kamere, snimajte dark frameove odmah nakon snimanja light frameova.

## Greške pri obradi

### 8. Pretjerana saturacija — električne boje

Sva astrofotografska obrada u riziku je od prenapuhane saturacije. Maglice izgledaju atraktivno s jakim bojama, ali pretjerivanje uništava fine gradijente i čini sliku neuvjerljivom. **Rješenje:** Usporedite s referentnim snimkama. Koristite CurvesTransformation s *Saturation* krivuljom umjesto globalnog Hue/Saturation slidera.

### 9. Previše sharpening — artefakti na rubovima

Agresivan sharpening (Unsharp Mask, dekonvolucija s previše iteracija) stvara bijele prstene oko zvijezda i lažne detalje. Za dekonvoluciju u PixInsightu: max 30–50 iteracija, regularization >0.01.

### 10. Stack bez dithering — horizontalni banding

Bez ditheringa, fiksni šum senzora (banding, hot pixeli) ostaje vidljiv čak i u stacku od 100 ekspozicija. Aktivirajte dithering u N.I.N.A./SGP — 5–10 piksela dither amplitude sasvim je dostatno.

#### □ BRZA DIJAGNOSTIKA GREŠKE

Zvijezde su crtice → trailing → provjeri polarno poravnanje ili skрати ekspoziciju. Zvijezde su diskovi → fokus. Neujednačena pozadina → gradijent → DBE u PixInsight / BXT u Sirilu. Zeleni cast u SHO → SCNR modul. Horizontalne pruge → banding → aktiviraj dithering. Hot pixeli koji preživljavaju stack → kalibracija.

## Greška u kategoriji opreme (specifično za ovu knjigu)

Jedna od najčešćih grešaka u preporukama opreme jest miješanje početničke i napredne opreme u istoj kategoriji. Posebno je važno naglasiti:

**Harmonic drive montaže** (Rainbow Astro RST, SkyArrow HD17 V5 Adam Leaković, 10Micron) su *napredna/profesionalna* klasa opreme — nisu prikladne za početni setup zbog složenosti konfiguracije, cijene i potrebe za tehničkim znanjem. Početnici trebaju početi s klasičnim montažama poput Sky-Watcher EQ6-R Pro ili iOptron CEM40.

Analogno, narrowband filteri, automatski filter wheel i mono kamere trebaju biti u naprednoj kategoriji — ne preporučuju se kao prva kupnja.

## Poglavlje 12

Višepanelni mozaici, dugotrajni projekti, finalna prezentacija

# Napredne kompozicije i mozaici

Kad jednom savladate osnove snimanja i obrade, otvara se nova razina kreativnosti: višepanelni mozaici koji pokrivaju velika zvjezdana polja, dugotrajni projekti koji traju tjednima i finalna prezentacija slika koja ih čini dostojnima zida.

## Što je mozaik u astrofotografiji?

Mozaik je tehnika u kojoj se fotografira isti objekt (ili regija neba) u više panela koji se potom spajaju u jednu veliku finalnu sliku. Ovo je neophodno kada je objekt veći od vašeg FOV-a (Field of View).

Primjeri objekata koji zahtijevaju mozaik:

- Srce i Duša nebula (IC1805+IC1848) —  $7^\circ \times 3.5^\circ$
- Petlja u Cygnus (Cygnus Loop) —  $3^\circ \times 3^\circ$
- Kompleks Orionske maglice —  $4^\circ \times 3^\circ$
- Barnardova petlja —  $14^\circ \times 10^\circ$

Za referencu: standardni FOV s 100mm refraktorom i APS-C senzorom je otprilike  $2^\circ \times 1.4^\circ$ .

## Planiranje mozaika

**Telescopius** i **Mosaic Planner** (unutar N.I.N.A.) vizualiziraju koje panele trebate snimiti i s kojim preklapanjem. Minimalno preklapanje panela treba biti **15–20%** za pouzdan stitch.

Za svaki panel snimite isti broj ekspozicija i isti set filtera. Uvijek snimite panel uz sličan vantage point — promjena airmassa između panela može utjecati na kalibraciju boja.

N.I.N.A. ima ugrađeni **Advanced Sequence Mosaic** plugin koji automatski generira i izvršava sekvencu za svaki panel redom.

## Spajanje mozaika u PixInsightu

1. **Obradite svaki panel** zasebno do DBE + linearnog stretcha
2. **GradientMergeMosaic** (PixInsight) automatski spaja panele i korigira razlike u pozadinskom osvjetljenju
3. **Ili:** Koristite besplatni **Hugin** ili **Microsoft ICE** za stitching, a zatim importirajte u PixInsight za finalnu obradu
4. **Finalna kalibracija boja** na spojenoj slici — SPCC ili ColorCalibration na cijelom kadru

## Dugotrajni projekti

Neke od najboljih astrofotografija nastale su akumulacijom podataka kroz **više noći snimanja**. Ovo je posebno vrijedno za:

- **Slabe IFN strukture** (Integrated Flux Nebulae) — prašinski oblaci u galaktičkom halou koji zahtijevaju 50+ sati ekspozicije
- **Proširene haloe galaksija** — vidljivi tek s 30–100 sati
- **Kometi** — kratke ekspozicije ali maksimalan broj ekspozicija
- **Narrowband mozaici** — svaki panel u 3 filtera × više panela

Za dugotrajne projekte, konzistentnost je ključna: isti gain/offset, isti filteri, isti FOV (provjera plate solvingom).

## Finalna prezentacija i dijeljenje

**AstroBin** — vodeća platforma za dijeljenje astrofotografija. Detaljna metadata (oprema, ekspozicija, lokacija, obrada) automatski se prikazuju uz sliku. Izvrsna za feedback zajednice i inspiraciju.

**Instagram** — kvadratni format (1:1) ili 4:5 portrait idealan je za astrofotografije. Koristite relevantne hashtagove za doseg (#astrophotography, #deepsky, #milkyway).

**Print** — astrofotografije izgledaju spektakularno u velikom formatu. Za print koristite **minimum 300 DPI** u finalnom eksportu. A2 format (420×594mm) zahtijeva min. 4950×7016 pixela. **Export iz PixInsighta:** File > Save As > TIFF 16-bit za maksimalnu kvalitetu, ili JPEG pri quality 95–100 za web dijeljenje.

## Motivacija i zajednica

Astrofotografija može biti usamljeno noćno putovanje, ali globalna zajednica astrofotografa iznimno je otvorena i susretljiva. Neka ključna mjesta za učenje i inspiraciju:

- **Cloudy Nights** (cloudynights.com) — najdugovječniji astroforum, tehničke diskusije, recenzije opreme
- **Reddit r/astrophotography** — aktivna svakodnevna zajednica, feed svježih slika i tehničkih pitanja
- **AstroBin** — društvena mreža samo za astrofotografiju
- **YouTube** — kanali poput Patriot Astro, Nebula Photos, Cuiv The Lazy Geek nude besplatne tutorijale
- **Lokalni astro klubovi** Ne uspoređujte vaše prve slike s gotovim majstorskim djelima — svaka snimka je korak naprijed. Najbrže se uči uz povratnu informaciju zajednice.

### ☐ SAVJET ZA DUGOROČAN NAPREDAK

Vodite bilješke svake sesije: lokacija, temperatura, seeing, prozirnost, exposure postavke. Ovo vam omogućuje reproduciranje uspješnih sesija i dijagnosticanje neuspješnih. N.I.N.A. automatski logira sve sesije — analizirajte logove u xlsx formatu.

**Dodatak**

# Brze reference i korisni resursi

Formule, tablice postavki, preporučeni resursi

Ovaj dodatak sadži brze referentne tablice i formule koje možete iskoristiti na terenu bez potrebe za pretraživanjem interneta.

## Ključne formule

Formula	Izraz	Primjer
Pravilo 500 (bez trackera)	$t = 500 \div (\text{focal} \times \text{crop})$	$500 \div (24 \times 1.5) = 13\text{s}$
Kut videnja (FOV)	$\text{FOV} = \text{sensor\_mm} \div \text{focal} \times 57.3^\circ$	$24\text{mm} \div 135 \times 57.3 = 10.2^\circ$
Pixel scale (arcsec/px)	$\text{PS} = 206 \times \text{pixel\_um} \div \text{focal\_mm}$	$206 \times 3.8 \div 135 = 5.8''/\text{px}$
Signal-to-Noise (stack)	$\text{SNR} \propto \sqrt{N} \times \sqrt{t} \times \text{apertura}$	100 ekspozicija = 10x SNR vs 1
Dawes limit (arcsec)	$\theta = 116 \div D\_mm$	$116 \div 100\text{mm} = 1.16''$
Étendue (efikasnost)	$E = \text{Apertura}^2 \times \text{FOV}^2$	Veći → dublje slike

## Preporučene početne postavke — widefield tracker setup

Objekt	ISO	Ekspozicija	Blenda	Broj ekspozicija	Napomena
Mliječna staza	3200	90–120s	f/2–f/2.8	20–40	Bez Mjeseca
Orionska maglica (M42)	1600	120–180s	f/2.8	30–60	Zima (Dec–Feb)
Rozetna maglica	1600	180–300s	f/2.8	40–60	Ha filter preporuč.
Andromeda (M31)	800	120–240s	f/2–f/2.8	30–60	Tamno nebo
Zvezdana jata	800	60–120s	f/4	20–40	Kratak focal

## Preporučene početne postavke — Deep Sky setup

Objekt/filtar	Gain	Offset	Temp	Eksp. (min)	Ekspozicija
Ha (7nm)	100	50	-10°C	5–10	20–40
OIII (7nm)	100	50	-10°C	5–10	20–30
SII (7nm)	100	50	-10°C	5–10	10–20
L (LRGB)	0	50	-10°C	2–5	30–60
R, G, B	0	50	-10°C	2–3	15–20 svaki

## Preporučeni resursi i korisne veze

### Software (besplatno):

- Siril — [siril.free.fr](http://siril.free.fr) — stacking i obrada
- Stellarium — [stellarium.org](http://stellarium.org) — planiranje
- PHD2 — [openphdguiding.org](http://openphdguiding.org) — autoguiding
- N.I.N.A. — [nighttime-imaging.eu](http://nighttime-imaging.eu) — sequence software
- ASTAP — [han.astronomy.net/astap](http://han.astronomy.net/astap) — plate solver
- GraXpert — [graxpert.com](http://graxpert.com) — AI DBE + denoise

### Software (plaćeno):

- PixInsight — [pixinsight.com](http://pixinsight.com)
- SharpCap Pro — [sharpcap.co.uk](http://sharpcap.co.uk)
- Affinity Photo — [affinity.serif.com](http://affinity.serif.com)

### Zajednica i učenje:

- AstroBin — [astrobin.com](http://astrobin.com) — dijeljenje, inspiracija
- Cloudy Nights — [cloudynights.com](http://cloudynights.com) — forum
- r/astrophotography — Reddit zajednica
- Nebula Photos (YouTube) — tutorijali PixInsight
- Patriot Astro (YouTube) — N.I.N.A. i deep sky
- Cuiv The Lazy Geek (YouTube) — narrowband obrada

### Mape i planiranje:

- [lightpollutionmap.info](http://lightpollutionmap.info) — Bortle karta
- [clearoutside.com](http://clearoutside.com) — astro vremenska prognoza
- [telescopius.com](http://telescopius.com) — FOV planiranje, lista objekata

## Bortle skala — sažetak

Bortle	Opis lokacije	Mliječna staza	Može se snimiti
1	Savršeno tamno (pustinja/Namibija)	Iznimna, IFN vidljiv	Sve — bez filtera
2	Izuzetno tamno (planina/otoci)	Odlična, detalji jasni	Sve deepsky objekte
3–4	Ruralno/tamno predgrađe	Vidljiva, bočne pruge	Galaksije, maglice
5	Predgrađe	Jasna ali bez detalja	Maglice s filterom
6–7	Gradsko predgrađe	Jedva vidljiva	NB filteri neophodni
8–9	Grad/centar	Nije vidljiva	Mjesec, planeti

*Hvala što ste pročitali ovaj vodič.*

*Nebo je dostupno svima — jedino što trebate je strpljenje, znanje i volja da pogledate gore.*

**— AstroHopper, 2026**