

# Tóth Bence: Miért nem pontszerűek a csillagaim a sarkokban is?

A leképezési hibák leggyakoribb okai a következők:

- Hibás optika
- Az optika hibás beállítása (hibás kollimáció)
- Nem megfelelő korrektor
- Korrektor hibás beállítása
- Képsík dőlése

Hibás optikai elem(ek) esetén általában az egész látómezőben többé-kevésbé egyformán jelentkezik a probléma. Előfordulhat hogy a tükör rosszul van csiszolva, ez a rosszabbik eset és sajnos ezt nem is lehet egyszerűen orvosolni. Jobb esetben mi viszünk be valamilyen deformációt, ilyen lehet például ha túl vannak húzva a főtükröt tartó rögzítőkarok és ez deformálja a főtükröt. Másik példa a hibásan rögzített segédtükör.

A távcső kollimációja egy elég gyakori probléma, főleg a kezdők körében. Ez önmagában megérne egy külön cikket, itt most nem kerül részletezésre.

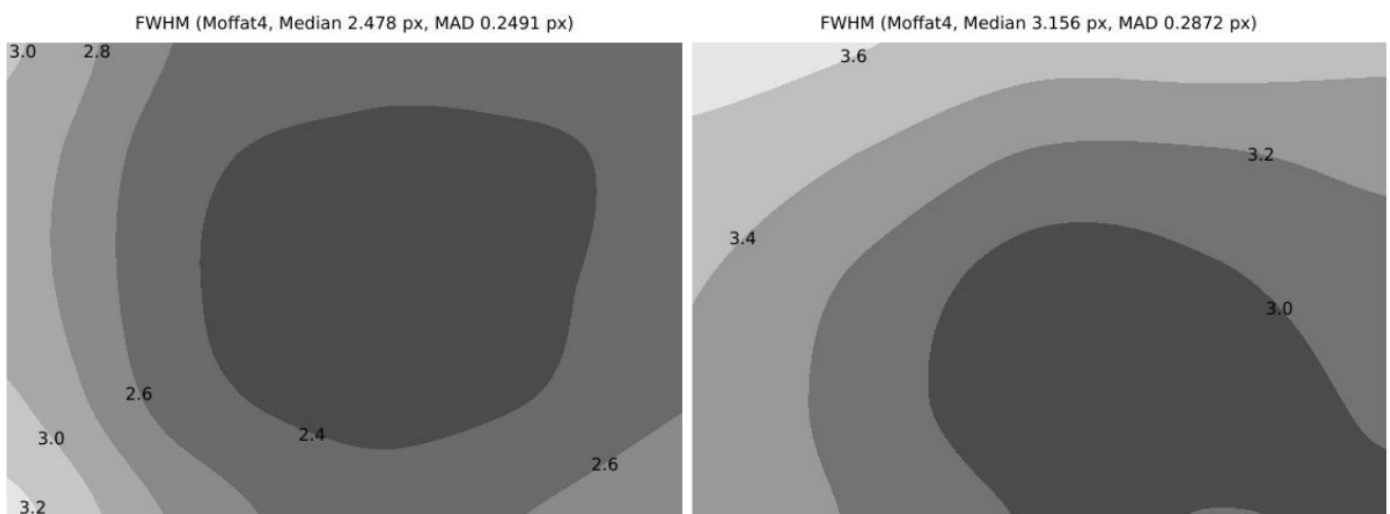
Szintén leképezési problémákhoz vezet ha nem megfelelő korrektort használunk. Fontos hogy legalább a teljes szenzorméretre korrigáljon, tehát például az igen elterjedt Skywatcher F/4-es korrektorát, ami APS-C szenzormérethez van tervezve, nem érdemes full frame méretű szenzorral használni. Hiába szüntetjük meg az összes egyéb hibalehetőséget, ilyen esetekben elméletileg sem fogunk tudni hibamentes leképezést elérni. Ehhez a ponthoz kívánczik még az az eset, amikor habár a korrektor a teljes látómezőnkre korrigál, de a szenzortól való távolsága nincs jól beállítva. Minden korrektorhoz a gyártó specifikálja az optimális távolságot, de ez csak egy irányadó érték. A gyártási szórás következtében az optimális távolság ettől valamelyest eltérő lehet, érdemes a saját rendszerünkre ezt pontosan beállítani hézagoló gyűrűk segítségével.

Ha jó az optikánk, legjobb tudásunk szerint kollimáltuk a rendszerünket és a megfelelő korrektort, optimálisan beállítva használjuk, még mindig elronthatja a leképezésünket a képsík dőlése. Megfelelő kollimáció esetén a képsík merőleges lesz az optikai tengelyre egészen addig a pontig ahol a kollimációt elvégeztük, hiszen épp ennek elérése a kollimáció célja. Tipikusan ez a kihuzat végének a síkja ahova a kollimációs eszközöket rögzítjük. Megfelelően méretezett távcső esetén (merev tubus, megfelelően rögzített tükrök, stabil kihuzat ami ebírja a kameránk és kiegészítőinek súlyát stb.) a távcső egész éjszaka meg kell hogy tartsa a kollimációt a számunkra szükséges

pontossággal. A cikk további részében arról a képsíkdőlésről lesz szó amit a kihuzattól az érzékelőig terjedő optikai úton viszünk a rendszerbe. Ez a probléma általában nem érinti a DSLR-t használókat, hiszen ott a szenzort gyárilag nagyon pontosan párhozamosra állítják a bajonettel. Nyilván a gépváz átalakítása esetén ezt nekünk (vagy aki az átalakítást végzi) újra be kell állítani.

Amennyiben nem DSLR-t használunk hanem mi állítjuk össze a saját rendszerünket elengedhetetlen hogy megbizonyosodjunk arról hogy a szenzor párhuzamos azzal a síkkal ami felfekszik a kihuzat végére és korrigáljuk a pontatlanságokat amennyiben szükséges. Hogy mennyire toleráns a rendszerünk a dőléssel szemben az a rendszerünk fényerejétől és a kameránk pixeleinek méretétől függ. Minél fényerősebb a rendszerünk és minél kisebbek a pixeleink, annál érzékenyebb lesz rendszerünk a képsík dőléséből adódó problémákra (is). Számokba öntve, egy F/4-es rendszer, 2.4 mikronos pixelekkal a fókusz távolság tűrése 10 mikron alatti. Ebből az következik, hogy egy 20 mm képátlójú szenzor esetén  $\sim 0.05^\circ$  dőlés már látható leképezési hibát tud okozni.

Nagymértékű dőlés okozta hibát szemmel is könnyen észrevehetünk ha kicsit belenagyítunk a képbe. Tipikusan az egyik oldal-, vagy sarok felé haladva megnő a csillagok mérete, kezdenek szétnyílni a diffrakciós tüskék. Kisebb hiba esetén nem biztos hogy 1-1 nyersen szembetűnő lesz a hiba, az integráció során azonban ahogy a jel-zaj viszony nő a csillagok deformációja egyre nyilvánvalóbbá válik. A fentieket kvantitatív módon is ellenőrizhetjük ha generálunk egy térképet amin látjuk a csillagok méreteit a kép különböző részein. PixInsightban például ezt a *Scripts* → *Image Analysis* → *FWHMEccentricity* scripttel tudjuk megtenni. A lenti képek tipikus képsík dőlésből adódó problémákat mutatnak.



## Képsík dőlés kompenzálása

Ha megbizonyosodtunk róla hogy ezzel a problémával állunk szemben, valamilyen módon lehetővé kell tennünk hogy kompenzáljuk a dőlést. Bizonyos kamerákba eleve be van építve ez a lehetőség (pl. az újabb ASI-kban is: 2600, 6200, stb.), amennyiben azonban nem ez a helyzet, valahova a kihuzat és a kamera közé be kell tennünk egy olyan mechanikai elemet, amivel meg tudjuk ezt tenni.

Az én esetemben egy ZWO gyártmányú T2 tiltet tettem be, az egész kameraszerelvény így néz ki:



Optikai távolságok:

ASI294MM	6.5 mm
Hézagoló	0.1 mm
8x31 EFW	20 mm
T2F/T2F	2 mm
Tiltter	11 mm
Hézagoló	1 mm
OAG	16 mm

Összesen 56.6 mm, a 3 mm vastag szűrővel (ami hozzávetőleg 1 mm-t tol a fényúton) nálam ez adja ki a jó távolságot, ami láthatóan picivel több, mint az 55 mm-es gyári specifikáció. A kihuzatba az M65-ös bilinccsel van becsavarozva a korrektor, így nem tud sem elmozdulni, sem dőlni kihuzatban.

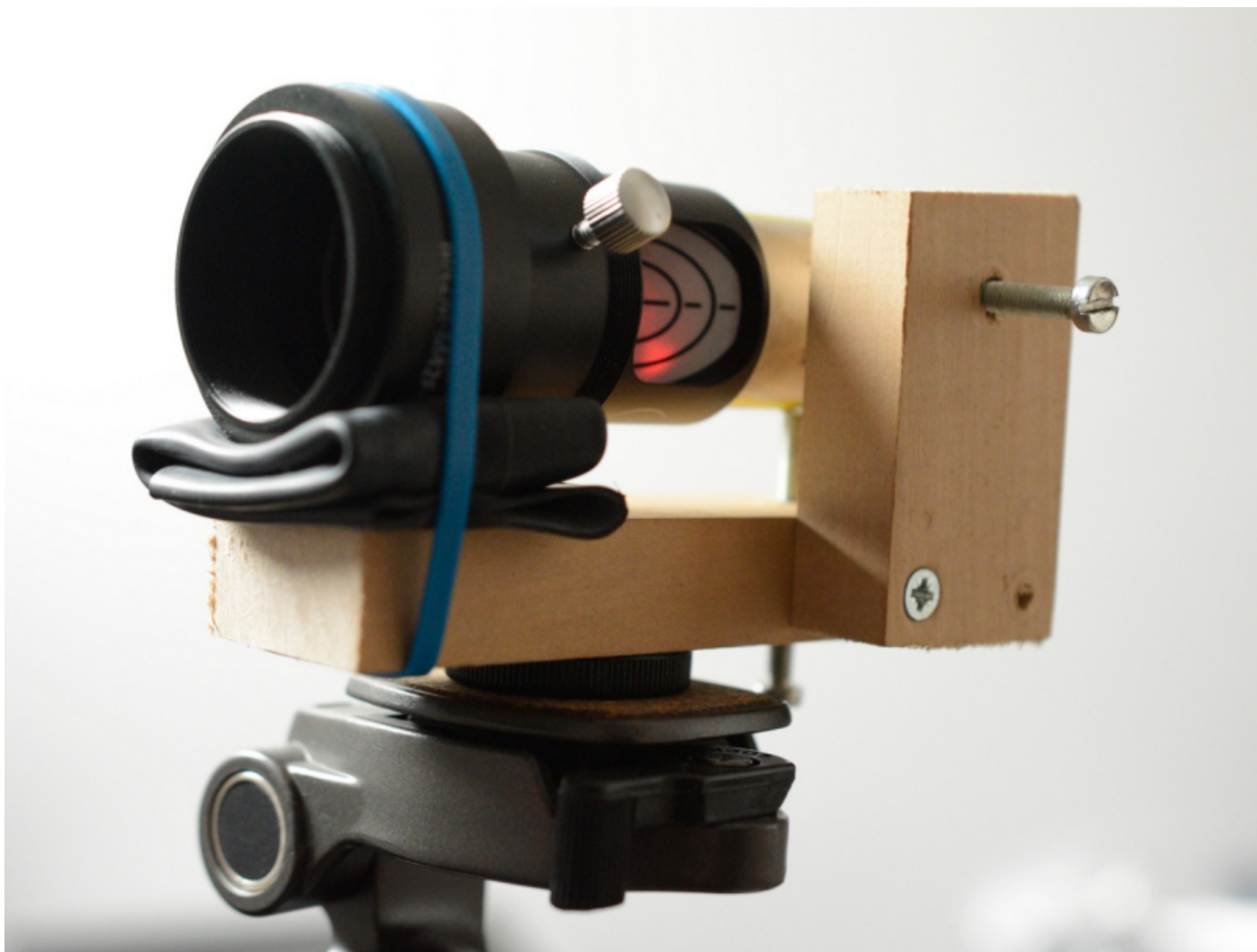
Az egyik lehetőség a dőlés beállítására az, hogy felállítjuk a távcsövet, és rövid (pár másodperces) tesztképeket csinálunk egy olyan területről ahol sűrű a csillagmező. Pár másodperc fölé nem érdemes menni hogy kizárjuk a vezetési / mechanikai hibákat. A tesztképek sarkait erősen nagyítva (100% - 200%) és megvizsgálva, vagy valamilyen képanalízist (pl. a fent bemutatott FWHMEccentricity script) használva finom lépésekben addig állítgatjuk a dőlést, amíg a látómező minden részén egyenletesen éles képet kapunk. Nyilván ehhez nem kell semmilyen segédeszköz, bárhol elvégezhető, de ha csak „szemre” csináljuk meg nem biztos hogy elég pontos lesz, valamint a drága fotózásra szánt időt viszi el. A bemutatott konkrét optikai felépítés esetén pedig nincs is erremód, ugyanis a tilter beállító csavarjai az OAG mögött helyezkednek el, vagyis minden egyes iterációnál szét kellene szedni az OAG-ot ami meglehetősen nehézkessé tenné az egész folyamatot.

Az általam használt másik megoldáshoz szükség van némi előkészületre, azonban napközben, nyugodt körülmények között elvégezhető és sokkal precízebb beállítást tesz lehetővé. Ebben az esetben a távcső jusztirozásához nagyon hasonló elvet használva tudjuk beállítani a szenzort. A „rendszer” felépítése:



Kivesszük a főtükörtartó szerelvényt, és rászerejlük a mechanikára a távcsövet. Érdemes úgy beállítani a mechanikán a távcsövet hogy a távcső optikai tengelye a talajjal párhuzamos legyen, a kihuzat pedig függőlegesen felfelé mutasson.

Első lépésként a lézert kell beállítani úgy, hogy a kilépő sugár merőleges legyen a kihuzat végének a síkjára. Ehhez vagy ráteszünk egy síktüköröt a kihuzat tetejére a tükröző felülettel lefelé, de még jobb ha rendelkezünk autokollimátorral és egyszerűen azt tesszük be a kihuzatba. Miután ez megtörtént a lézert úgy kell beállítani, hogy a visszavert sugár pontosan a lézerdiódára érkezen. A kollimátor és a lézer távolsága legalább néhány méter legyen (minél messzebb vannak annál pontosabban lehet majd beállítani később a dőlést), ebből következik hogy ennél a lépésnél nagyon apró módosítások kellenek a lézer irányának állításán és nagyon érzékeny lesz a pici mozgásokra is. Ezt megkönnyítendő csináltam egy kezdetleges célszerszámot:



A lézer végén lévő M4-es csavarokkal finoman lehet mozgatni X-Y irányban a sugár irányát. A fotóálvánnyal pedig a magasságot és a durva irányt lehet viszonylag egyszerűen beállítani.

Ha a lézert tökéletesen merőlegesre állítottuk a kihuzat síkjára, akkor kivehetjük a tükröt / autokollimátort a kihuzatból és betehetjük a kamerát, *korrektor nélkül*. Ha használunk szűrőváltót, akkor az egyik pozícióból vegyük ki a szűrőt, és azt a pozíciót állítsuk be. A kamera védőablakárólés a szenzorról is vissza fog verődni a lézer, nagy valószínűséggel nem a kollimátor lézerdíódájára, hanem hanem valahová mellé. Ezek után a tilter adaptert úgy állítsuk be, hogy a szenzorról visszavert sugár a kollimátor diódájára essen. Ha ez kész, a szenzor teljesen párhuzamos a kihuzat referencia síkjával és készen vagyunk.

Amint azt már említettem az elérhető gyakorlati pontosságot elsősorban a kollimátor és a kamera távolsága szabja meg. Ha egy 20 mm képátlójú szenzort veszünk példának, valamint a kamera és a kollimátor távolsága 10 m, akkor 1 cm-es hiba (a visszavert sugár 1 cm-re van a diódától) 1 mikron pontosságot jelent a szenzor sarkánál, ami a legtöbb esetben több mint elegendő.

Ezt az egész procedúrát csak akkor kell elvégezni ha változtatunk valamit a kameraszerelvényen. Nekem az a tapasztalatom hogy sajnos még a hézagológyűrűket se nagyon sikerül jól legyártani egyes gyártóknak (pláne a szűrőváltót), szóval ha ezután esetleg picit állítani kell a korrektor-szenzor távolságon, újra ellenőrizni kell a dőlést. Az én esetemben az OAG volt egyedül ami elég precízen volt legyártva (gyakorlatilag 0 párhuzamossági hibával), viszont a többi együtt akkora

dőlést vitt a rendszerbe, ami a szenzor sarkánál nagyjából 100 mikron hibát okozott, ami már gyakorlatilag használhatatlan fotózásra.

---

Változat #5

Tóth Gábor hozta létre 23 november 2021 21:21:58

Tóth Gábor frissítette 23 november 2021 21:57:12