

# Esposizioni brevi nell'astrofotografia Deep Sky

E' sempre vero che  $30 \times 10 = 300$  ?



# Di necessità virtù

- Il modo più semplice ed economico per cominciare a fare astrofotografia
- Le camere planetarie
- Evitare l'autoguida



# Il rapporto segnale/rumore

$$SNR = \frac{S}{N} = \frac{S}{\sqrt{S}} = \sqrt{S} \quad \text{Dove } S = s \cdot t \cdot nL$$

s=segnale al secondo

t=tempo di esposizione di ogni light (in secondi)

nL=numero di lights acquisiti

Alla condizione ideale in cui il solo rumore presente è quello della distribuzione di Poisson si contrappone la reale nella quale esistono altri “Rumori” indipendenti fra loro

- Rumore di lettura (Rout=readout noise)
- Rumore termico (Dc)
- Rumore del fondo cielo (Ss=fondo cielo)

Il rumore totale quindi sarà:

$$N = \sqrt{s^2 + Ss^2 + Dc^2 + Rl^2} \quad \text{Con } Rl = Rout \cdot \sqrt{nL}$$

Sviluppando la formula in termini di segnale

$$N_{tot} = \sqrt{(s \cdot t \cdot nL) + (Ss \cdot t \cdot nL) + (Dc \cdot t \cdot nL) + (Rout^2 \cdot nL)}$$

$$N_{tot} = \sqrt{(s \cdot t \cdot + Ss \cdot t + Dc \cdot t + Rout^2) \cdot nL}$$

$$N_{tot} = \sqrt{nL} \cdot \sqrt{s \cdot t \cdot + Ss \cdot t + Dc \cdot t + Rout^2}$$

$$SNR = \frac{s \cdot t \cdot nL}{\sqrt{nL} \cdot \sqrt{s \cdot t \cdot + Ss \cdot t + Dc \cdot t + Rout^2}}$$

$$SNR = \sqrt{nL} \frac{s \cdot t}{\sqrt{s \cdot t \cdot + Ss \cdot t + Dc \cdot t + Rout^2}}$$

Evidenziando t si ottiene la formula semplificata per calcolare l'SNR

$$SNR = \frac{s \cdot t}{\sqrt{t(s + S_s + D_c) + R_{out}^2}} \cdot \sqrt{nL}$$

Dove:

- $S_s$  = segnale proveniente dal fondo cielo
- $t$  = tempo di esposizione in secondi
- $D_c$  = corrente di dark

Ipotizzando che  $R_{out}$  sia trascurabile rispetto alle altre componenti di rumore, la formula diventa:

$$SNR = \frac{s}{\sqrt{s + S_s + D_c}} \cdot \sqrt{t} \cdot \sqrt{nL}$$

E' evidente come sia determinante il tempo totale di integrazione e non la durata delle singole esposizioni

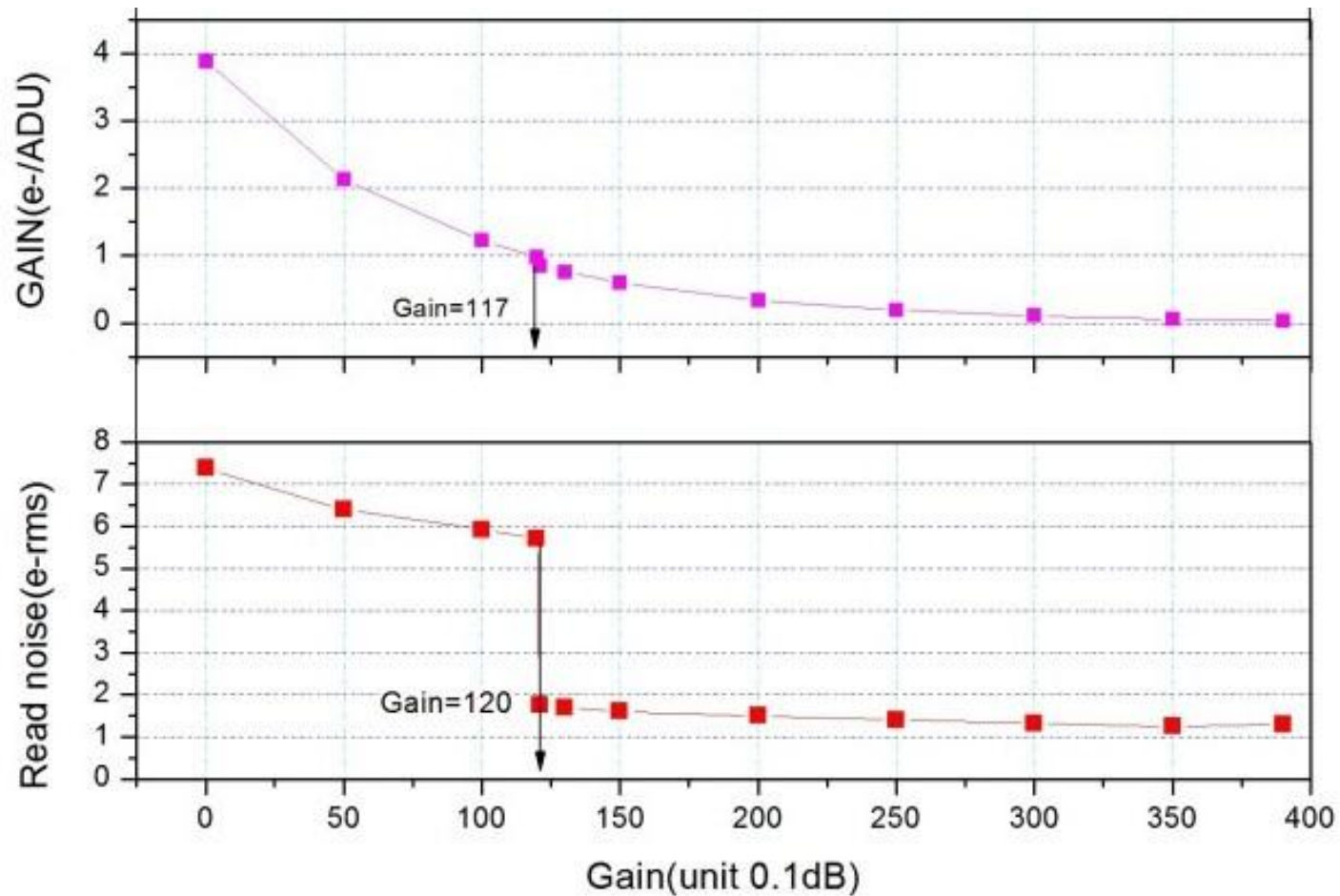
# Il Readout noise fa la differenza

Se il readout noise è trascurabile rispetto agli altri “rumori”, il risultato di una acquisizione dipende esclusivamente dal tempo di integrazione totale. I moderni sensori CMOS restituiscono valori di  $R_{out}$  molto bassi, motivo per il quale l’astrofotografia da cieli inquinati ( $S_s$  rilevante) è migliorata notevolmente.

Fotografando da cieli molto scuri,  $S_s$  diventa trascurabile, l’SNR continua a dipendere da  $R_{out}$  e quindi dal numero di lights acquisiti.

$$SNR = \frac{s \cdot t}{\sqrt{t(s + Dc) + R_{out}^2}} \cdot \sqrt{nL}$$

# Grafici di risposta della ZWO ASI 294mc



# Esempi di misura

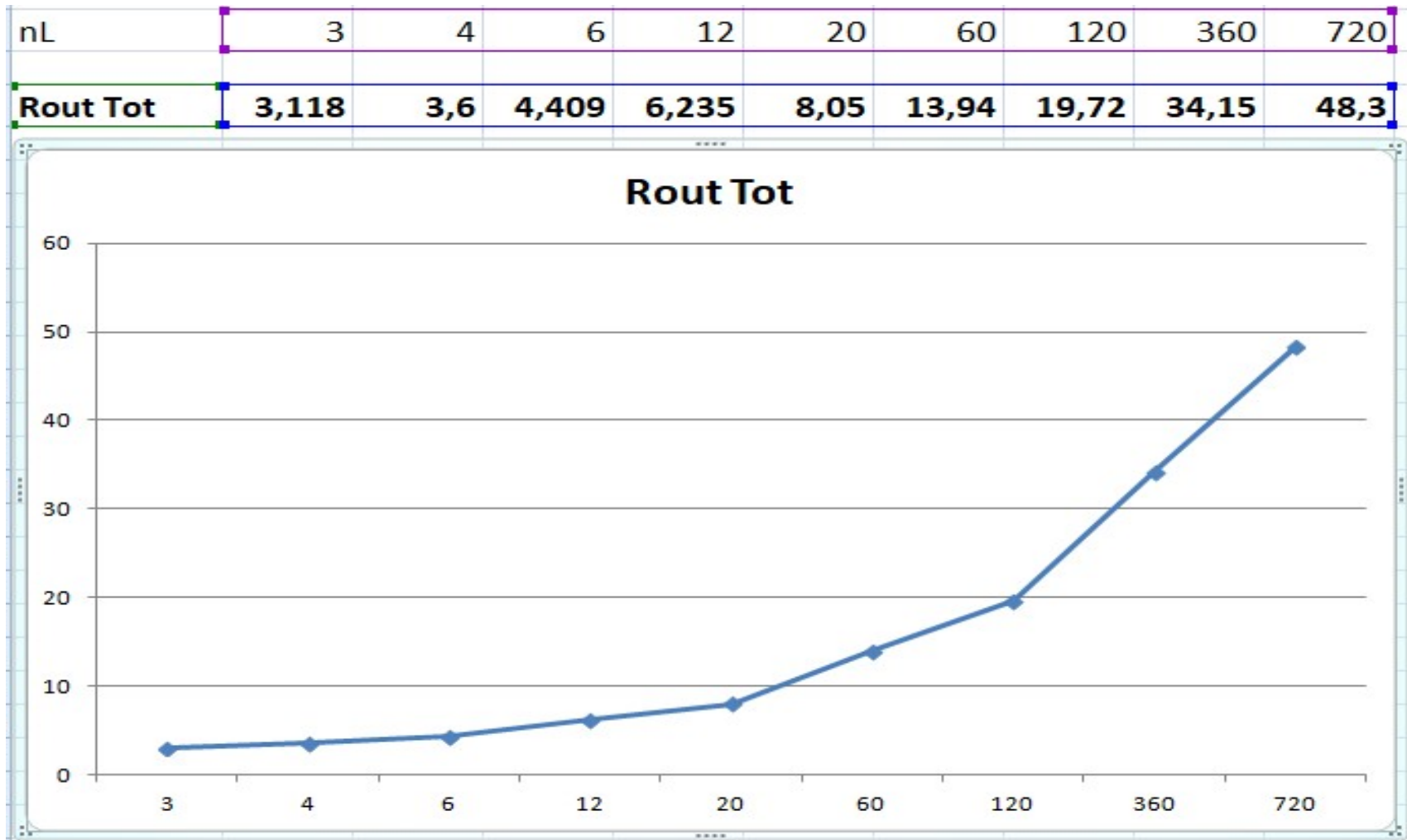
Supponiamo di utilizzare una camera ZWO 294mc, impostata a Gain=117 (unity gain 1e/Adu), come da specifiche avremo un  $R_{out}=1,8e$ .

I valori che servono per calcolare l'SNR a varie esposizioni sono:

- $D_c = 0$  (lo consideriamo trascurabile grazie alla calibrazione)
- $R_{out}=1,8e$
- $s=3,5e/s$  (sorgente mediamente luminosa)
- $S_s=2,393 e/s$  (cielo mediamente inquinato)

# Andamento di Rout Totale al variare del numero di esposizioni

$$Rout\ Tot = Rout \cdot \sqrt{nL} \quad (Rout = 1,8e\ a\ UG\ per\ l'\ ASI294mc)$$



# Esempi di SNR a varie esposizioni

Applicheremo la formula generale variando t e nL con t\*nL=3600 s

$$SNR = \frac{3,5 \cdot t}{\sqrt{t \cdot 5,893 + 3,24}} \cdot \sqrt{nL}$$

t	5	10	30	60	180	300	600	900	1200
nL	720	360	120	60	20	12	6	4	3
<b>SNR</b>	<b>82,110</b>	<b>84,223</b>	<b>85,725</b>	<b>86,113</b>	<b>86,375</b>	<b>86,428</b>	<b>86,467</b>	<b>86,481</b>	<b>86,487</b>
% Prog	100%	102,573%	101,784%	100,453%	100,304%	100,061%	100,046%	100,015%	100,008%
% Abs	100%	102,573%	104,402%	104,875%	105,194%	105,258%	105,306%	105,323%	105,331%

# Esempi di SNR a varie esposizioni

Applicheremo la formula generale variando t e nL con  $t \cdot nL = 3600$  s  
 $S_s = 0,267$  e/s (cielo molto scuro)

$$SNR = \frac{3,5 \cdot t}{\sqrt{t \cdot 3,767 + 3,24}} \cdot \sqrt{nL}$$

t	5	10	30	60	180	300	600	900	1200
nL	720	360	120	60	20	12	6	4	3
<b>SNR</b>	<b>99,943</b>	<b>103,826</b>	<b>106,680</b>	<b>107,431</b>	<b>107,941</b>	<b>108,044</b>	<b>108,121</b>	<b>108,147</b>	<b>108,160</b>
% Prog	100%	103,884%	102,749%	100,704%	100,474%	100,095%	100,072%	100,024%	100,012%
% Abs	100%	103,884%	106,741%	107,492%	108,002%	108,105%	108,182%	108,208%	108,221%

# E se il soggetto fotografato è debole ?

Applicheremo la formula generale variando t e nL con  $t \cdot nL = 3600$  s  
 $S_s = 0,267$  e/s (cielo molto scuro) e  $s = 0,8$  e/s (sorgente debole)

$$SNR = \frac{0,8 \cdot t}{\sqrt{t \cdot 1,067 + 3,24}} \cdot \sqrt{nL}$$

t	5	10	30	60	180	300	600	900	1200
nL	720	360	120	60	20	12	6	4	3
<b>SNR</b>	<b>36,653</b>	<b>40,698</b>	<b>44,281</b>	<b>45,336</b>	<b>46,081</b>	<b>46,235</b>	<b>46,351</b>	<b>46,390</b>	<b>46,410</b>
% Prog	100%	111,037%	108,804%	102,380%	101,645%	100,333%	100,251%	100,084%	100,042%
% Abs	100%	111,037%	120,813%	123,688%	125,724%	126,143%	126,460%	126,566%	126,620%

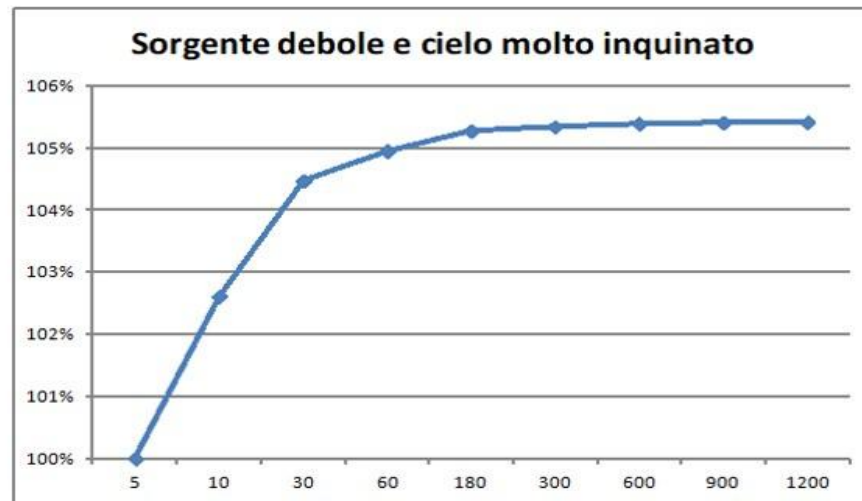
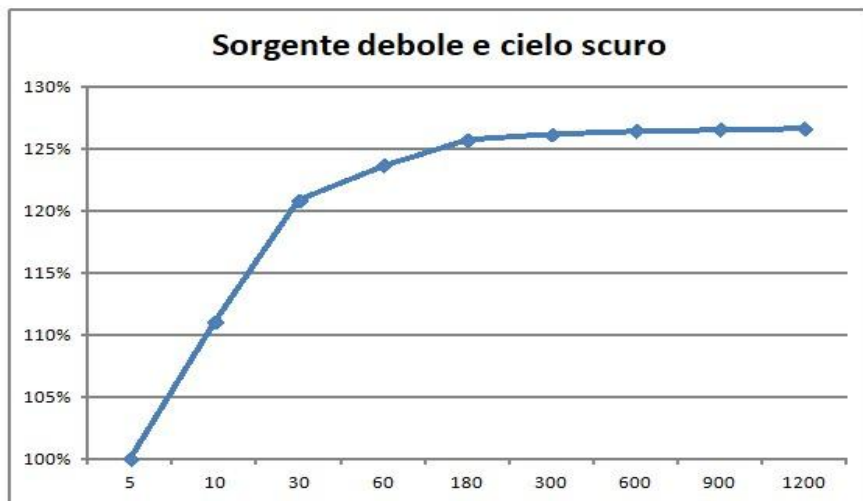
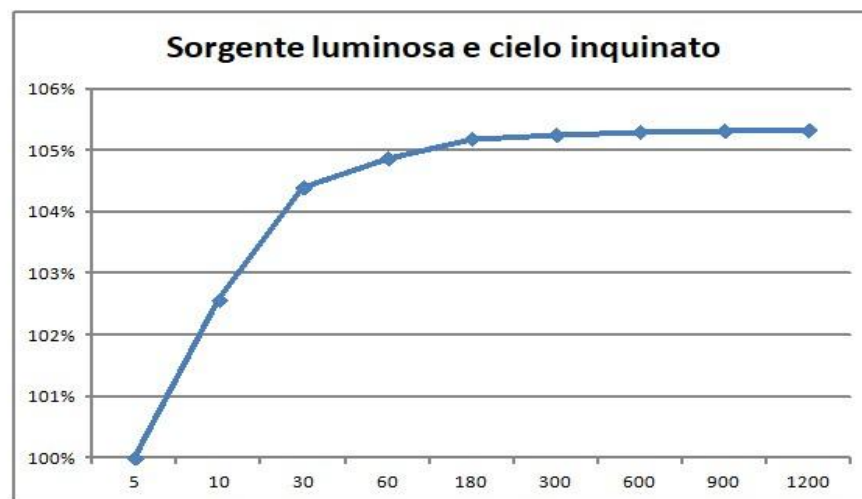
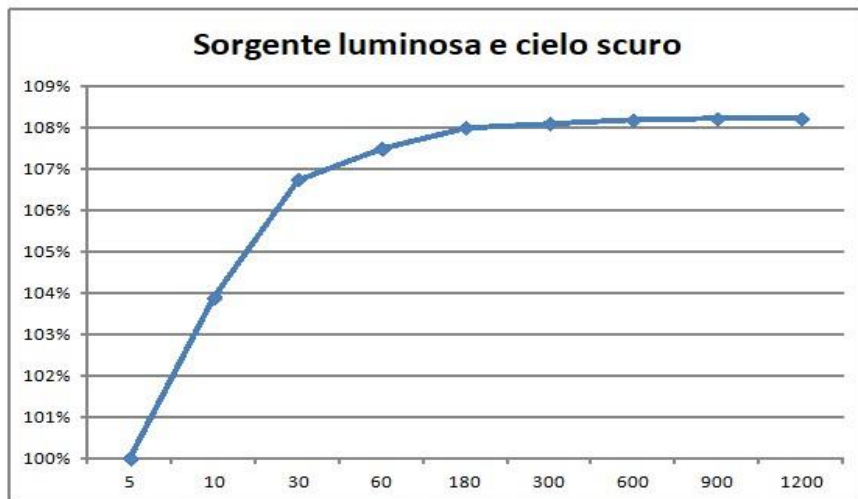
# Sorgente debole e cielo inquinato

Applicheremo la formula generale variando t e nL con  $t \cdot nL = 3600$  s  
 $S_s = 5$  e/s (cielo molto inquinato) e  $s = 0,8$  e/s (sorgente debole)

$$SNR = \frac{0,8 \cdot t}{\sqrt{t \cdot 5,8 + 3,24}} \cdot \sqrt{nL}$$

t	5	10	30	60	180	300	600	900	1200
nL	720	360	120	60	20	12	6	4	3
<b>SNR</b>	<b>18,903</b>	<b>19,397</b>	<b>19,748</b>	<b>19,839</b>	<b>19,900</b>	<b>19,912</b>	<b>19,922</b>	<b>19,925</b>	<b>19,926</b>
% Prog	100%	102,611%	101,812%	100,460%	100,309%	100,062%	100,046%	100,016%	100,008%
% Abs	100%	102,611%	104,470%	104,951%	105,275%	105,340%	105,389%	105,406%	105,414%

# Variazione percentuale dell' SNR all'aumentare dell'esposizione (in secondi sull'asse delle ascisse)



# Scegliere la lunghezza delle esposizioni in base alla qualità del cielo

- Esposizioni lunghe (oltre i 180s) sono consigliate soltanto per acquisizioni effettuate sotto cieli con pochissimo (o nessuno) inquinamento luminoso.
- Aumentare i tempi di esposizione porta miglioramenti in caso di sorgenti deboli e cieli scuri.
- Esposizioni molto brevi ( $\leq 30$ s) sono consigliate soltanto in caso di impossibilità ad eseguire almeno quelle da 60s.

# Altri fattori da considerare per decidere la lunghezza delle esposizioni

- L'autoguida e il suo lento sistema a feedback
- Il seeing
- Precisione della montatura e capacità di carico
- QE (efficienza quantica) del sensore
- Sensibilità del sensore
- Rout minimo del sensore
- Rapporto focale del sistema
- Solidità del sistema
- F.O.V. di ripresa

# Perchè utilizzare una camera planetaria?

- Maggiore sensibilità
- Solitamente migliore QE
- Leggerezza
- Economicità
- Minore Rout

Esempi di sensibilità di alcuni sensori comuni

<b>Sensore</b>	<b>Sensibilità (mV 1/30s)</b>	<b>Pixel (um)</b>
IMX224c	2350	3,75x3,75
IMX485c	2188	2,90x2,90
IMX183c	388	2,40x2,40
IMX294c	419	4,63x4,63
IMX290c	1300	2,90x2,90
IMX571c	485	3,76x3,76

# Perchè NON utilizzare una camera planetaria?

- Maggiore rumore termico all'aumentare dell'esposizione
- Minore F.O.V. (a causa delle dimensioni dei sensori)
- Minore Full Well capacity
- Minore dinamica
- Minore adattabilità meccanica
- Campionamento spesso non adatto alle lunghe focali

# F.o.v. e campionamento



# M1 – 985x10s – NT250f5 – ASI 224mc



# M42 – 1879x2s – NT200f4 – ASI 224mc



Tommaso Massimo Stella

M27 – 406x10+172x16 – NT250f5 – ASI 224mc

THE DUMBBELL-NEBULA (M27)



TOMMASO MASSIMO STELLA

M81 – 530x15s+140x40s+24x60s+436x30s – NT200f4 – ASI 224mc



# B33 & Fiamma – 482x30s – NT200f4 – ASI 294mc



Grazie per l'attenzione

Cieli sereni (e scuri 😊 )