

Makrofotografia

1. Podstawy fizyczne makrofotografii

Obiektów możemy w przybliżeniu potraktować jako soczewkę o określonej ogniskowej f . Jeżeli na filmie chcemy uzyskać ostry obraz obiektu położonego w odległości y od tej soczewki to musi być spełnione równanie:

$$1/x + 1/y = 1/f$$

gdzie x jest odległością soczewki od filmu. Z kolei skala odwzorowania (czyli stosunek rozmiaru obrazu na filmie do rozmiaru rzeczywistego obiektu) będzie wynosić $S=x/y$. Jak łatwo zauważyć, w przypadku wyostrenia na nieskończoność odległość soczewki od filmu będzie równa ogniskowej. W przypadku ostrzenia na przedmiot bliższy musimy tę odległość zwiększyć o pewien dodatkowy wyciąg d . Zatem $x=f+d$ i nasze równanie przyjmuje postać:

$$1/(f+d) + 1/y = 1/f$$

Po wymnożeniu obu stron przez $f+d$ otrzymujemy:

$$1 + (f+d)/y = (f+d)/f$$

Z kolei $(f+d)/y$ to nic innego jak x/y czyli nasza skala odwzorowania S . Zatem:

$$1+S = (f+d)/f, \text{ czyli:}$$

$$S = (f+d)/f - 1 \text{ i po dalszych przekształceniach:}$$

$$S=d/f$$

Zatem chcąc uzyskać odpowiednią skalę odwzorowania musimy odsunąć soczewkę od położenia odpowiadającego wyostreniu na nieskończoność o stosowną odległość d . Obiektów 'sam z siebie' umożliwia odsunięcie na pewną odległość podczas ostrzenia na odległości mniejsze niż nieskończoność. Dotyczy to obiektywów o 'klasycznym' sposobie ostrzenia, obiektywy z wewnętrznym ostrzeniem (tzw. internal focusing) zamiast wprowadzania dodatkowego wyciągu zmieniają swoją ogniskową. Dla uproszczenia w dalszych rozważaniach założymy, że nasz obiektyw ostrzy w sposób klasyczny. Możemy dodatkowy wyciąg wprowadzany przez obiektyw wyznaczyć z równania:

$$1/(f+d) + 1/y = 1/f$$

Przekształcając je uzyskujemy:

$$1/(f+d) = 1/f - 1/y$$

$$f+d = 1/(1/f - 1/y)$$

$$d = 1/(1/f - 1/y) - f$$

Jeśli np. obiektyw o ogniskowej 50mm ma minimalną odległość ostrzenia 35cm (czyli 350mm), to mamy:

$$d = 1/(1/50\text{mm} - 1/350\text{mm}) - 50\text{mm} = 8.333\text{mm}$$

Wyciąg taki zapewni nam skalę odwzorowania:

$$S = d/f = 8.333\text{mm}/50\text{mm} = 0.167$$

Jak widać, jest to dość umiarkowana skala odwzorowania i do makro temu jeszcze daleko. Zastanówmy się teraz, jak ją zwiększyć.

Ponieważ $S=d/f$, możemy S zwiększyć na dwa sposoby - albo zwiększając d , albo zmniejszając f . Zwiększenie d uzyskujemy wstawiając między obiektyw a aparat dodatkowe pierścienie lub mieszki, zaś zmniejszenie f uzyskujemy dokręcając do obiektywu dodatkowe soczewki nasadkowe.

2. Pierścienie pośrednie i mieszki.

Skoncentrujmy się najpierw na zwiększaniu skali odwzorowania przez dodatkowy wyciąg. Wielkość wyciągu, który zapewni nam odpowiednią skalę odwzorowania możemy wyznaczyć w następujący sposób:

$$S = d/f \text{ zatem } d=Sf$$

Jak łatwo zauważyć, aby uzyskać skalę odwzorowania 1:1 musimy uzyskać wyciąg d równy ogniskowej obiektywu. Oczywiście wyciąg ten jest sumą wyciągu zapewnianego przez sam obiektyw i grubości dodatkowych pierścieni wstawionych między aparat i obiektyw (lub oczywiście mieszki - z punktu widzenia naszych rozważań mieszki to po prostu pierścienie o regulowanej długości). W literaturze fotograficznej na ogół nie uwzględnia się wyciągu zapewnianego przez sam obiektyw, milcząco zakładając, że jego pierścienie ustawiania ostrości będzie cały czas nastawiony na nieskończoność. W praktyce, jeśli wyliczyliśmy długość wyciągu zapewnianego przez sam obiektyw, możemy o tę wartość zmniejszyć wymaganą grubość pierścieni.

Wiemy już zatem, jak wyliczyć wymaganą grubość pierścieni. Pozostaje problem, jak to wpłynie na jasność obiektywu. Otóż jasność jest określana katalogowo jako stosunek efektywnej średnicy soczewki obiektywu do ogniskowej. Jasność określona w ten sposób sprawdza się, dopóki skale odwzorowania są niewielkie. W rzeczywistości jasność obiektywu jest to stosunek średnicy soczewki obiektywu do odległości między soczewką a filmem. Zwróćmy uwagę, że dla obiektywu wyostrzonego na nieskończoność jasność rzeczywista jest dokładnie równa jasności katalogowej, im większy jest dodatkowy wyciąg tym większa jest rozbieżność. Jeśli określimy jasność katalogową jako J , zaś jasność rzeczywista jako J_r , to dla obiektywu o średnicy soczewki a będzie obowiązywała zależność:

$$\begin{aligned} J/J_r &= (a/f)/(a/(f+d)), \text{ czyli:} \\ J_r &= J(a/(f+d))/(a/f) \\ J_r &= Jf/(f+d) \end{aligned}$$

Ponieważ liczba przysłony F jest odwrotnością jasności, mamy:

$$F_r = F(f+d)/f$$

Jak widać straty jasności są przy tej metodzie znaczne - dla skali odwzorowania 1:1 $d=f$ i liczba przysłony wzrasta dwukrotnie.

3. Soczewki nasadkowe

Pierścienie i mieszki pozwalają zwiększyć skalę poprzez zwiększenie wyciągu. Można też zwiększyć skalę odwzorowania poprzez zmniejszenie ogniskowej. Realizujemy to poprzez dokręcenie z przodu obiektywu odpowiednich soczewek nasadkowych. Na ogół dla soczewek takich producenci nie podają ich ogniskowej, zamiast niej podają tzw. zdolność skupiającą (często też potocznie zwaną mocą optyczną soczewki) wyrażoną w dioptriach. Ta zdolność skupiająca to po prostu odwrotność ogniskowej soczewki wyrażonej w metrach, zatem soczewka o zdolności skupiającej +1dioptria ma ogniskową 1m, zaś +4dioptrie - ogniskową 25cm. Analogiczna zdolność skupiającą możemy wyznaczyć dla obiektywu, np. obiektyw o

ogniskowej 50mm ma zdolność skupiającą +20dioptrii. Soczewki rozpraszające mające ujemną zdolność skupiającą nie są stosowane w makrofotografii, zatem dalej się nimi zajmować nie będziemy. Jeżeli przykręcimy do obiektywu o ogniskowej f_1 soczewkę nasadkową o ogniskowej f_2 to ogniskową f takiego zestawu możemy wyliczyć ze wzoru:

$$f = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}$$

Jeśli przeliczymy ogniskowe f_1 i f_2 na zdolności skupiające D_1 i D_2 , wzór będzie jeszcze prostszy:

$$D = D_1 + D_2$$

Jeśli będziemy chcieli ogniskowa otrzymana z powyższego wzoru podstawić do wzoru na skalę odwzorowania, musimy zdać sobie sprawę, że we wzorze tym pod pojęciem wyciągu rozumiemy różnicę między rzeczywistym oddaleniem obiektywu od płaszczyzny filmu a ogniskową. W związku z tym, jeśli dla obiektywu o ogniskowej f_1 i wyciągu d skala odwzorowania S_1 wyrażała się wzorem:

$$S_1 = \frac{d}{f_1}$$

to po dołożeniu soczewki nasadkowej o ogniskowej f_2 zamiast f_1 będziemy podstawiać:

$$\frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}, \text{ zaś zamiast } d: \frac{d + f_1 - (f_1 \cdot f_2)}{f_1 + f_2}$$

Zatem nasza skala odwzorowania wyniesie:

$$S = \frac{\frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} + d + f_1 - (f_1 \cdot f_2)}{f_1 + f_2} / \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} - 1$$
$$S = \frac{d + f_1 - (f_1 \cdot f_2)}{f_1 + f_2} / \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} - 1$$

Po przekształceniach otrzymujemy:

$$S = \frac{f_1 + d}{\frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}} - 1$$

lub w innej postaci

$$S = \frac{(f_1 + d)(f_1 + f_2)}{f_1 \cdot f_2} - 1$$

Wzory te są słuszne przy założeniu, że grubość zespołu soczewek obiektywu i odległość pomiędzy obiektywem a dokręconą soczewką nasadkową są pomijalnie małe w porównaniu z ogniskową. W praktyce niezbyt często jest to spełnione i skala odwzorowania wyznaczona z powyższych wzorów różni się nieco od rzeczywistej. W praktyce często wykorzystujemy fakt, że przy nastawieniu ostrości na nieskończoność odległość przedmiotową (czyli obiektu od środka optycznego obiektywu) w cm możemy wyznaczyć dzieląc 100 przez zdolność skupiającą soczewki nasadkowej. Przy takim nastawieniu odległość obrazowa (czyli pomiędzy środkiem optycznym obiektywu a filmem) jest równa ogniskowej, zaś skalę odwzorowania wyliczymy jako stosunek odległości obrazowej do przedmiotowej. Dla przykładu, dla obiektywu o ogniskowej 200mm z soczewką nasadkową +2 dioptrie mamy:

Odległość przedmiotowa $y = 100 \text{ cm} / 2 = 50 \text{ cm}$

Odległość obrazowa $x = 20 \text{ cm}$

Skala odwzorowania $S = x/y = 0.4$

Jeśli soczewka nasadkowa ma nie mniejszą średnicę niż przednia soczewka obiektywu, to praktycznie nie wpływa na jasność obrazu. Jak pamiętamy jasność to stosunek średnicy soczewki obiektywu do odległości między soczewką obiektywu a filmem, a dokręcenie soczewki nasadkowej nie wpływa na żaden z tych parametrów. Gdyby rozważać temat dokładniej,

należało by zamiast odległości między soczewką obiektywu a filmem mówić o odległości między środkiem optycznym obiektywu a filmem, a na ten parametr dokręcenie soczewki ma pewien wpływ. Ponadto dołożenie dodatkowego elementu optycznego powoduje zawsze straty światła wskutek odbić od powierzchni szkła oraz tłumienia światła w szkłe. Wpływ tych wszystkich rozbieżności jest jednak znacznie mniejszy niż tolerancje materiałów fotograficznych na błędna ekspozycje, zatem w praktyce przyjmuje się, że dokręcenie soczewki nasadkowej nie wpływa na jasność obiektywu.

4. Pierścienie odwrotnego mocowania.

Kolejną metodą uzyskania większej skali odwzorowania jest zastosowanie tzw. pierścienia odwrotnego mocowania obiektywu. Za jego pomocą montuje się obiektyw 'tyłem do przodu', czyli gwintem do filtra w stronę aparatu. Wykorzystuje się przy tym fakt, że środek optyczny obiektywu leży dla typowych obiektywów o ogniskowej ok. 50mm bliżej bagnetu niż gwintu do filtra, w związku z czym odwrócenie obiektywu powoduje pewne odsunięcie tego środka od płaszczyzny filmu. Dodatkowo sam pierścień odwrotnego mocowania ma też pewną grubość i działa jak mały pierścień pośredni. Określenie skali odwzorowania w takim przypadku wymaga znajomości wymiarów obiektywu - znając je i odległość między płaszczyzną bagnetu a filmem można wyznaczyć położenie środka optycznego wewnątrz obiektywu a następnie wyliczyć, o ile odsunie się on od płaszczyzny filmu po odwrotnym zamocowaniu obiektywu. W tym miejscu uwaga - metoda ta sprawdza się dobrze dla obiektywów o stosunkowo krótkich ogniskowych. Obiektywy długoogniskowe są często w celu zmniejszenia wymiarów konstruowane tak, że środek optyczny jest w pobliżu przedniej soczewki, a nawet czasami przed nią. W takim przypadku odwrotne zamocowanie nie zwiększy skali odwzorowania - może ją zmniejszyć, a w pewnych przypadkach nawet uniemożliwić uzyskanie ostrego obrazu.

W przypadku obiektywów szerokokątnych można uzyskać w ten sposób duże skale odwzorowania przy dość rozsądnej odległości ostrzenia - punkt ostrości jest zawsze oddalony od płaszczyzny bagnetu obiektywu (która przy odwrotnym mocowaniu jest z przodu) o co najmniej odległość równa odległości między płaszczyznami mocowania bagnetu i filmu w korpusie aparatu.

5. Telekonwertery.

Jeszcze jedną metodą jest zastosowanie telekonwertera. Zazwyczaj mówi się, że telekonwerter 2x wydłuża 2x ogniskową, kosztem zmniejszenia jasności o dwie dziesiątki przysłony przy niezmięnionej minimalnej odległości ostrzenia. Można wykazać, że z tym podwojeniem ogniskowej to nie jest do końca prawda. Załóżmy, że nasz obiektyw zapewnia wyciąg równy ogniskowej. Wówczas przy maksymalnym wyciągu mamy skalę odwzorowania $S=d/f=1$ i odległość obrazową $x=f+d=2f$ Ponieważ skala odwzorowania jest równa stosunkowi odległości obrazowej x do przedmiotowej y , łatwo zauważyć, że w takim przypadku odległość przedmiotowa (czyli minimalna odległość ostrzenia naszego obiektywu) musi być równa odległości obrazowej, czyli $y=2f$. Gdyby telekonwerter podwajał ogniskową bez zmiany odległości ostrzenia, po założeniu konwertera do podstawowego równania soczewki $1/x + 1/y = 1/f$ musielibyśmy podstawić wartości $y=2f$ (bo się nie zmieniło) i zamiast f podstawić $2f$ (bo ogniskowa się podwoiła) Równanie nasze przyjęło by postać: $1/x + 1/2f = 1/2f$

Jak łatwo zauważyć, może ono być spełnione tylko dla nieskończonej wartości x i wówczas skala odwzorowania $S=x/y$ wychodzi też nieskończona. Jak zatem widać, założenie podwajania ogniskowej prowadzi do niedorzecznych rezultatów. W rzeczywistości telekonwerter powiększa obraz w stosunku równym krotności telekonwertera (czyli rozważany przez nas powiększy 2x) bez zmiany odległości ostrzenia. Dla dużych odległości ostrzenia daje to taki sam efekt, jak zwielokrotnienie ogniskowej. Zatem zastosowanie telekonwertera umożliwia uzyskanie skali odwzorowania tyle razy większej, ile wynosi krotność telekonwertera.

6. Obiektywy makro i obiektywy zmiennoogniskowe z funkcją makro

Niektóre obiektywy umożliwiają uzyskanie dużych skal odwzorowania bez żadnych dodatkowych środków. Można tu wyróżnić dwie grupy - obiektywy makro i obiektywy zmiennoogniskowe z funkcją makro. Obiektywy makro są optymalizowane pod kątem uzyskania najlepszych właściwości optycznych przy minimalnych odległościach ostrzenia. Zazwyczaj umożliwiają uzyskanie skali odwzorowania od 1:2 lub 1:1. Przy tych dających 1:2 często dołączana jest dedykowana soczewka nasadkowa umożliwiająca uzyskanie skali 1:1. Soczewka taka jest zoptymalizowana dla danego obiektywu i jedynie w niewielkim stopniu psuje jego korekcje optyczną. Obiektywy makro są często używane do reprodukcji i zazwyczaj są projektowane tak, że powierzchnia ostrzenia (czyli powierzchnia, na której leżą punkty tworzące ostry obraz na filmie) jest płaska (dla zwykłych obiektywów powierzchnia ta jest zazwyczaj wycinkiem sfery). Konstrukcja taka umożliwia uzyskanie ostrego obrazu całej reproduktowanej płaszczyzny przy pełnej jasności obiektywu. Obiektywy makro umożliwiają na ogół ustawienie ostrości w pełnym zakresie aż do nieskończoności (raz tylko zdarzyło mi się widzieć nietypowy obiektyw, którego maksymalna odległość ostrzenia wynosiła kilkadziesiąt cm - był to raczej osobliwy wyjątek potwierdzający regułę). Można je również wykorzystywać jako bardzo dobre obiektywy do innych celów, niż makrofotografia - ich parametry optyczne również przy nieskończoności są zazwyczaj bardzo dobre. Obiektywy zmiennoogniskowe z funkcją makro są zazwyczaj tanimi obiektywami amatorskimi, nie zapewniającymi zbyt dużych skal odwzorowania - najczęściej 1:4 lub 1:5, czasami ok. 1:2.5, sporadycznie 1:2. Ich parametry optyczne z reguły bardzo ustępują obiektywom makro, tym niemniej jeśli uzyskiwana skala odwzorowania jest wystarczająca, a planowany format odbitki umiarkowany, mogą stanowić niezłe rozwiązanie.

7. Praktyczne porównanie soczewek i pierścieni

Jeśli mamy obiektyw z funkcją makro i osiągnięta skala odwzorowania nas zadowala, może się okazać, że możemy rozpocząć przygodę z makro bez jakichkolwiek inwestycji. W przeciwnym wypadku musimy zastanowić się nad wyborem sprzętu. Najtańszą metodą jest zwykle zakup soczewek nasadkowych. Ceny takich soczewek zaczynają się już od ok. 20 złotych. Oczywiście za takie pieniądze kupimy jedynie najtańsze soczewki z byłego ZSRR, ale i takie już często mogą wystarczyć. Cena soczewek rośnie niestety wraz ze średnicą gwintu. Również klasa soczewek ma swoją cenę - przy planowaniu zakupu achromatycznych soczewek takich firm, jak Nikon czy Canon należy liczyć się z kosztami rzędu 100zł/szt i więcej.

Wadą soczewek nasadkowych jest to, że niestety soczewka stanowi dodatkowy element optyczny psujący korekcję obiektywu. Często spotyka się rady, że tylko achromatyczne, lub tylko z obiektywem stałoogniskowym, gdyż z zoomem jakość będzie fatalna. Z moich doświadczeń wynika, że nie zawsze jest tak źle. Soczewki nasadkowe powodują pogorszenie ostrości rysowania szczególnie przy małej liczbie przysłony i głównie przy brzegach obrazu. To, na ile to nam przeszkadza zależy od planowanego formatu odbitek, oraz tego, co i jak fotografujemy. Jeśli chcemy wykonać reprodukcję, zazwyczaj ważna jest dla nas ostrość na całej powierzchni kadru i wtedy soczewki nasadkowe mogą się nie sprawdzić. W przypadku makrofotografii obiektów przestrzennych (kwiaty, owady itp.) zazwyczaj krytyczna jest jedynie ostrość w pobliżu środka kadru - głębia ostrości przy makrofotografii jest zazwyczaj bardzo mała - często zaledwie ułamek mm - i zwykle nie ma możliwości, aby cały fotografowany obiekt się w niej zmieścił. W takich przypadkach najczęściej obraz komponujemy tak, że to, co ma być ostre wypada w pobliżu środka kadru. Ponadto ze względu na głębię ostrości stosujemy wtedy duże liczby przysłony - ja np. praktycznie nie robię makro przy liczbie przysłony mniejszej, niż 11 (a najczęściej jest to 16 lub 22). Przy takim przymknięciu obiektywu wpływ dodatkowej soczewki na ostrość jest znacznie mniejszy. Osobiście najczęściej stosuje soczewki nasadkowe +2 i +3 dioptrie z zoomem 80-200f4.7-5.6 i do formatu 15x21cm uważam efekt za zupełnie przyzwoity. Miałem też +6 dioptrii, ale tu już są pewne ograniczenia - przy ogniskowych gdzieś tak do 130mm efekt był przyzwoity, przy dalszym wydłużaniu ogniskowej następował gwałtowny spadek ostrości rysowania. Zakładałem też na obiektyw 2 szt. soczewek po 2 dioptrie i odbitki (wprawdzie w formacie 10x13cm, większych z negatywów uzyskanych w ten sposób nie

próbowałem robić) wychodziły bez zarzutu. Stosowane przeze mnie soczewki to tanie rosyjskie i takich niezbyt renomowanych firm jak Hama, Hanimex czy Soligor. Z takim zestawem uzyskuję skalę odwzorowania do ok. 1.5:1.

Chciałbym w tym miejscu podsunąć jeszcze jeden pomysł - otóż doskonałą soczewkę nasadkową może stanowić drugi obiektyw. Drogie achromatyczne soczewki Nikona, czy Canona zawierają tylko 2 elementy optyczne, a przeciętny standardowy obiektyw stałogniskowy zawiera ich od 4 do 8, należy więc oczekiwać, że będzie dużo lepiej skorygowany optycznie. Aby zastosować taką konfigurację należy zaopatrzyć się w pierścień (możliwie krotki ze wzgl. na winietowanie) posiadający na obu końcach gwinty zewnętrzne odpowiadające gwintom pod filtr posiadanych obiektywów. Obiektywy montujemy przodami do siebie, gdyż typowy obiektyw ma korekcję optymalizowaną dla sytuacji, gdy odległość przedmiotowa jest znacznie większa od obrazowej. Ponieważ przy makrofotografii odległość przedmiotowa jest niewielka, odwrotne zamocowanie dodatkowego obiektywu zapewni lepsze wykorzystanie jego możliwości optycznych. Ze względu na winietowanie wskazane jest, aby dodatkowy obiektyw miał możliwie dużą jasność. Ostrość dodatkowego obiektywu ustawiamy na nieskończoność, przysłonę otwieramy maksymalnie - regulację przysłony należy w takiej konfiguracji wykonywać na tym obiektywie, który jest bezpośrednio połączony z aparatem. Koszt pierścienia łączącego nie jest duży - rzędu 20-30zł. Skala odwzorowania (przy nastawieniu ostrości głównego obiektywu na nieskończoność) jest równa stosunkowi ogniskowych obiektywu głównego do dodatkowego. Problemem przy korzystaniu z takiego zestawu jest winietowanie - aby go uniknąć dodatkowy obiektyw powinien mieć jak największą jasność (wtedy ma odpowiednio dużą średnicę soczewek). Naostrzenie głównego obiektywu na najmniejszą odległość też zmniejsza prawdopodobieństwo winietowania. W moim przypadku np. z zoomem 80-200 i dodatkowym obiektywem 50f1.7 winietowanie zaczyna występować dla ogniskowych głównego obiektywu poniżej ok. 130mm. Z kolei po założeniu tego samego 50f1.7 na obiektyw makro 100f3.5 można wyraźnie zaobserwować, jak przy zmniejszeniu odległości, na którą jest naostrzony obiektyw makro zanika efekt winietowania.

Jest to chyba najtańszy sposób uzyskania skal odwzorowania rzędu 3:1 i większych. Trzeba tylko pamiętać, że głębina ostrości jest przy takiej konfiguracji znikoma, zwłaszcza, że efektywna liczba przysłony jest taka, jak nastawiliśmy na obiektywie (w przypadku stosowania mieszka lub pierścieni efektywna liczba przysłony zwiększa się ze względu na dodatkowy wyciąg).

W przypadku stosowania soczewek nasadkowych z zoomem możemy w bardzo wygodny sposób regulować skalę odwzorowania poprzez zmianę ogniskowej. Zmiana ogniskowej oraz regulacja ostrości pierścieniem na obiektywie ma natomiast jedynie niewielki wpływ na odległość ostrzenia - decyduje o niej głównie zdolność skupiająca soczewki nasadkowej. Powoduje to, że często warto mieć pełen zestaw soczewek o różnych zdolnościach skupiających, mimo, że ten sam zakres skal odwzorowania można uzyskać przy mniejszym zestawie soczewek regulując odpowiednio ogniskową. Ja np. początkowo nie kupowałem soczewki +1 bo uważałem, że ten sam zakres skal odwzorowania jestem w stanie uzyskać z soczewką +2 skracając odpowiednio ogniskową. Gdy zacząłem fotografować motyle, okazało się, że soczewka +1 jednak by się przydała - przy tej samej skali mógłbym fotografować z większej odległości.

Zaletą rozwiązania z soczewkami jest brak wpływu soczewek na jasność obiektywu - jest to szczególnie ważne, gdy nie możemy posłużyć się pomiarem TTL. Wprawdzie chyba wszystkie współczesne aparaty taki pomiar mają, ale z lampą błyskową już nie tak często, poza tym nie zawsze posiadana lampa błyskowa umożliwia pomiar błysku TTL. Ponadto lepsza jasność to jaśniejszy obraz w wizjerze ułatwiający precyzyjne skomponowanie kadru i ustawienie ostrości. Inną zaletą soczewek są rozmiary, ciężar oraz wymiana bez odłączania obiektywu od aparatu - to ostatnie szczególnie ważne w niesprzyjających warunkach atmosferycznych. Kolejną zaletą jest brak jakichkolwiek ograniczeń w przenoszeniu informacji i sygnałów sterujących pomiędzy aparatem i obiektywem. Jeśli chodzi o dobór ogniskowej obiektywu do współpracy z soczewkami, to im dłuższa ogniskowa tym większa skala odwzorowania. Z kolei im większa zdolność skupiająca soczewki - tym większego należy oczekiwać jej wpływu na korekcję optyczną zestawu obiektyw-soczewka.

Alternatywą dla soczewek są pierścienie pośrednie. W przypadku aparatów z gwintem M42 mogą one nawet być tańsze - zestaw 3 pierścieni do Zenita można kupić już za 20-30zł. Do

aparatów z mocowaniem bagnetowym pierścienie są droższe - zestaw z bagnetem 'K' to co najmniej ok. 200-250zł, do innych systemów bagnetu cena może być jeszcze wyższa. Pierścienie nie zawierają dodatkowych elementów optycznych, zatem nie wpływają na korekcje optyczną obiektywu. Pogarszają z kolei jasność obiektywu. Ponadto pierścienie ograniczają możliwości współpracy aparatu z obiektywem - najczęściej nie działa z nimi AF (nawet pierścienie z oznaczeniem AF często mają tylko styki do przekazywania sygnałów elektrycznych oraz standard bagnetu taki, jak obiektywy AF, zaś często brakuje im mechanizmu sprzęgnięcia silnika AF w aparacie z mechanizmem AF w obiektywie). Inna sprawa, że AF przy makro i tak niezbyt często się sprawdza. Często też można spotkać pierścienie bez jakichkolwiek styków do przekazywania informacji między obiektywem i aparatem. Jeśli chodzi o zakres uzyskiwanych skal odwzorowania, to można ją łatwo wyliczyć ze wzoru:

$$S=d/f$$

Gdzie d to grubość zestawu pierścieni (lub mieszka), zaś f to ogniskowa obiektywu. Chciałbym w tym miejscu przestrzec przed stosowaniem z pierścieniami obiektywów o zbyt krótkiej ogniskowej. Wprawdzie uzyskujemy wtedy przy niewielkiej grubości pierścieni znaczną skalę odwzorowania, ale płacimy za to bardzo małą odległością przedmiotową. Nie dość, że żywy obiekt często wówczas reaguje ucieczką z kadru, to jeszcze stwarza to problemy z właściwym oświetleniem obiektu, tak, aby nie pozostawał on w cieniu obiektywu. W skrajnych przypadkach (polecam do takich eksperymentów szczególnie superszerokokątne obiektywy o ogniskowych poniżej 20mm) może się okazać, że po założeniu pierścienia punkt, którego obraz byłby ostry znajduje się gdzieś we wnętrzu obiektywu.

Jeśli chodzi o mieszki, to w zasadzie odnoszą się do nich te same uwagi, co i do pierścieni. Zdecydowanie większe są tylko uzyskiwane wyciągi, a więc i skale odwzorowania są zwykle większe. Większe też są z reguły ograniczenia we współpracy aparatu z obiektywem - na ogół mieszki nie mają jakichkolwiek styków informacyjnych. Mieszki do aparatów z bagnetem są zwykle kosztowne. Alternatywą wartą rozważenia jest zakup przejściówki na gwint M42 i rosyjskiego mieszka do Zenita (trafiają się czasem nawet po 60zł). Mieszki te są naprawdę dobre - mają podwójny wyciąg (zakres od 40 do 240mm), sanki do przesuwania wzdłużnego mieszka na statywie (wygodne przy ustawianiu ostrości) a obiektywy na gwint M42 można kupić za naprawdę małe pieniądze. Warto też w takim przypadku kupić pierścień odwrotnego mocowania - odwrotne zamocowanie obiektywu na końcu mieszka zapewni lepsze wykorzystanie jego właściwości optycznych a i kształt obiektywów jest zazwyczaj taki, że po odwrotnym zamocowaniu obiektyw w mniejszym stopniu utrudnia właściwe oświetlenie fotografowanego obiektu (pamiętajmy, że przy stosowaniu mieszka wyciąg jest tak duży, że odległość przedmiotowa jest na ogół niewiele tylko większa od ogniskowej). Rozwiązanie takie sprawdza się dobrze w przypadku fotografowania obiektów nieruchomych - przy ruchomych obiektach konieczność ręcznego przemykania przysłony jest bardzo niewygodna. W przypadku pracy z mieszkiem dodatkowy wyciąg jest duży (zazwyczaj minimalny wyciąg mieszka to ok. 4-5cm) i z obiektywami o standardowych ogniskowych skale odwzorowania są bardzo duże - zazwyczaj powyżej 1. Przy takich skalach bardzo istotna jest stabilność zestawu - szczególnie w przypadku korzystania ze światła zastanego. Można w tym celu zastosować solidny statyw, ale ja najczęściej umieszczam po prostu mieszki (lub 2 mieszki połączone pierścieniami) na stabilnym stole - rosyjskie mieszki mają płaską podstawę i zestaw bardzo stabilnie stoi na podstawie mieszka. Motyw umieszczam na tym samym stole przed obiektywem i ustawiam kadr i ostrość manipulując motywem (zazwyczaj motyw jest lżejszy od aparatu z mieszkiem i łatwiej nim precyzyjnie manewrować). Często stosuję w tym celu uchwyty montażowe dla radioamatorów z krokodylkami - można przy ich użyciu dowolnie obracać zamocowanym motywem na wszystkie strony.

W przypadku zdjęć w plenerze mieszki ze standardowym obiektywem zapewnia bardzo duże skale odwzorowania, które w plenerze są dość trudne do zastosowania. Z doświadczenia wiem, że przy skalach większych od 1 procent ostrych zdjęć wykonanych w terenie drastycznie maleje - głębia ostrości jest wtedy tak mała, że nawet minimalne drgniecie przedmiotu potrafi wyprowadzić go ze strefy ostrości (a trzeba pamiętać, że nie tylko liście się trzęsą - nawet statyw na wietrze też potrafi być niestabilny). Na dodatek w plenerze często chcemy wykonać

fotografie obiektów ruchomych - np. żywych owadów. W takich warunkach mieszek M42 jest niemal bezużyteczny ze względu na konieczność ręcznego przemykania przysłony - szansa na to, aby w trakcie przemykania przysłony motyw nie uciekł nam z głębi ostrości są znikome. Przydaje się wtedy mieszek na bagnet zapewniający przenoszenie sterowania przysłoną (uwaga: nie wszystkie mieszki na bagnet to zapewniają!). Nawet jednak użycie mieszka z przenoszeniem przysłony nie zapewnia łatwego wykonywania takich zdjęć. Przy szybko poruszających się owadach statyw jest często nieprzydatny - nie da się gonić za owadem ze statywem i trzeba zdjęcie robić 'z ręki' - wbrew pozorom przy odrobinie wprawy jest to wykonalne. Wykonywałem zdjęcia mrówek w plenerze z mieszkem przy skali ok. 4:1 i uważam, że uzyskanie w takich warunkach 10% dobrych technicznie zdjęć jest bardzo dobrym rezultatem. Nieco łatwiej jest w przypadku, gdy możemy dokładnie przewidzieć miejsce pojawiania się owada - np. pszczoł przy wejściu do ula - wtedy można użyć statywu.

Mieszek jest też często przydatny w przypadku teleobiektywów - dają one z mieszkem umiarkowane skale odwzorowania - rzędu 1:4 czy 1:2 ale za to ze znacznej odległości - jest to często istotne, gdy motyw jest płochliwym zwierzątkiem. Ponieważ skale odwzorowania nie są w takim przypadku bardzo duże - dobrym rozwiązaniem może być nawet mieszek M42. Głębia ostrości jest w takich sytuacjach dość duża, nie ma często konieczności zbyt silnego przemykania przysłony i może się okazać, że nawet po przymknięciu przysłony jasność obrazu w wizjerze będzie jeszcze wystarczająca.

W przypadku używania pierścieni i mieszków z obiektywami zmiennoogniskowymi zmiana ogniskowej ma ogromny wpływ na odległość przedmiotowa, zaś tylko niewielki na skale odwzorowania. Uważam, że jest to mniej wygodne, niż w przypadku soczewek nasadkowych, gdzie możemy wygodnie regulować skalę odwzorowania poprzez zmianę ogniskowej.

8. Dobór przysłony

W przypadku reprodukcji głównym kryterium jest uzyskanie maksymalnej ostrości rysowania, zatem zazwyczaj wystarcza przymknięcie przysłony o 2-3 działki (lepiej o 2-3 niż 'do oporu', dlaczego - o tym za chwilę). Zapewnia to również najczęściej wystarczającą głębię ostrości. W przypadku obiektów przestrzennych główną bolączką jest zazwyczaj mała głębia ostrości i przysłonę mocno przemykamy, aby głębię zmaksymalizować.

Aby wyznaczyć głębię ostrości, musimy znać (nie tylko w przypadku makro):

- ogniskową obiektywu (f)
- przysłonę (F)
- nastawioną odległość (y)
- średnicę krążka rozproszenia (c)

Wszystkie miary długości podajemy w tych samych wielkościach, jeśli zatem ogniskowa, odległość i krążek rozproszenia będą w mm, to i wyniki uzyskamy w mm.

Pewnych wyjaśnień wymagać może wielkość krążka rozproszenia - otóż teoretycznie, przy założeniu, że obrazem punktu na obiekcie musi być na kliszy punkt, wielkość głębi ostrości wynosi zawsze 0 - tylko dla jednej konkretnej odległości obrazem punktu będzie punkt (i to niezależnie od przysłony). Dla każdej innej odległości obrazem punktu będzie krążek o pewnej średnicy. Oczywiście w praktyce założenie takie jest nieprzydatne, chociażby ze względu na rozdzielczość filmu - nawet jeśli naświetlimy punkt o nieskończenie małym rozmiarze, to i tak plamka na filmie będzie miała pewne, skończone rozmiary. Zatem przyjmujemy, że za ostry będziemy uważali obraz dotąd, dopóki obrazem punktu będzie krążek o średnicy nie większej niż pewna wartość graniczna nazywana dopuszczalną średnicą krążka rozproszenia. Wielkość dopuszczalnej średnicy krążka rozproszenia zależy od formatu negatywu i przewidywanej wielkości odbitki. Można to sobie przeliczyć następująco: Jeżeli korzystamy z formatu negatywu 24*36mm i przewidujemy format odbitki np. 13*18cm i chcemy mieć odbitkę ostrą 'jak żyłeta' to rozmiar krążka rozproszenia na odbitce nie powinien być większy niż 0.1mm (bo taka jest najmniejsza wielkość szczegółów rozróżnialnych gołym okiem). Powiększenie pozytyw/negatyw

wynosi $18\text{cm}/36\text{mm}=180/36=5$, zatem dopuszczalna średnica krążka rozproszenia na negatywie wynosi $0.1\text{mm}/5=0.02\text{mm}$. Oczywiście musimy mieć negatyw, który będzie miał taką rozdzielczość, w przeciwnym wypadku ziarno spowoduje, że i tak ostrości odbitki nie będzie można docenić. W praktyce w podręcznikach spotyka się zalecenia stosowania max. średnicy krążka rozproszenia 0.03mm dla formatu $24*36\text{mm}$, 0.06mm dla $6*6\text{cm}$ i 0.075mm dla $6*9\text{cm}$. Uzasadnieniem dla takiego podejścia jest przyjęcie, że oko ludzkie odróżnia jako oddzielne obiekty, których kąt widzenia różni się o więcej niż ok. $1''$ (minuta kątowa), zaś odbitki ogląda się zazwyczaj z odległości równej ich przekątnej - zatem im większy format, tym większa odległość oglądania i wielkość krążka rozproszenia może być większa - osobiście uważam, że zamiast kierować się ślepo zaleceniami lepiej pomyśleć i samemu sobie przeliczyć. Znając średnicę krążka rozproszenia można policzyć tzw. odległość hiperfokalną (hyperfocal distance). Jest to odległość, przy nastawieniu której głębia ostrości rozciąga się do nieskończoności. Wyznaczamy ją w/g wzoru:

$$h=f*f/(F*c)$$

Znając odległość hiperfokalną hd oraz odległość na którą nastawiliśmy ostrość d możemy wyznaczyć minimalną i maksymalną odległość między którymi obraz będzie spełniał nasze kryterium ostrości:

$$y_{\min}=(h*y)/(h+(y-f))$$
$$y_{\max}=(h*y)/(h-(y-f))$$

Należy pamiętać o unikaniu pomieszania jednostek - jeśli dane wprowadzaliśmy w mm to i wynik otrzymamy w mm i możemy zamienić go na m dzieląc przez 1000. Jeśli y_{\max} wyjdzie ujemne, oznacza to, że dla wprowadzonych danych nasza głębia ostrości będzie się rozciągała 'za nieskończoność'. Oczywiście w przypadku makrofotografii taka sytuacja raczej nam nie grozi ;-)

Wyliczmy dla przykładu głębie ostrości, gdy posługujemy się obiektywem $f=50\text{mm}$, nastawiliśmy liczbę przysłony $F=16$ i chcemy tak dobrać dodatkowy wyciąg mieszka d , aby uzyskać skalę odwzorowania $S=2$. Z negatywu małoobrazkowego planujemy wykonać odbitkę $13*18\text{cm}$ i jak już wcześniej policzyliśmy dopuszczamy krążek rozproszenia 0.02mm .

$$d=Sf, \text{ zatem } d=2*50\text{mm}=100\text{mm}$$

Skala jest ilorazem odległości obrazowej i przedmiotowej $S=x/y$, odległość obrazowa jest sumą ogniskowej i dodatkowego wyciągu $x=f+d$, zatem:

$$y=x/S=(f+d)/S=150\text{mm}/2=75\text{mm}$$

Odległość hiperfokalna wyniesie:

$$h=f*f/(F*c)=50\text{mm}*50\text{mm}/(16*0.02\text{mm})=7812.5\text{mm} \text{ (czyli nieco ponad } 7.8\text{m).}$$

Dolna i górna granica głębi ostrości wyniosą odpowiednio:

$$y_{\min}=(h*y)/(h+(y-f))=7812.5\text{mm}*75\text{mm}/(7812.5\text{mm}+25\text{mm})=74.76\text{mm}$$
$$y_{\max}=(h*y)/(h-(y-f))=7812.5\text{mm}*75\text{mm}/(7812.5\text{mm}-25\text{mm})=75.24\text{mm}$$

Szerokość głębi ostrości wyniesie:

$$y_{\max}-y_{\min}=75.24\text{mm}-74.76\text{mm}=0.48\text{mm}$$

W tym momencie chyba nikt z czytających nie ma już wątpliwości, że przy naprawdę dużych skalach odwzorowania znikoma głębia ostrości stanowi duże utrudnienie w pracy i stosowanie

dużych liczb przysłony jest bardzo uzasadnione. Warto przy tym zwrócić uwagę, że można wykazać, iż dla danych liczb przysłony, średnicy krążka rozproszenia i skali odwzorowania szerokość głębi ostrości pozostaje stała, tzn. zmiana ogniskowej obiektywu wpływa tylko na odległość przedmiotową i wyciąg, a nie na głębię ostrości.

W tej sytuacji wydawać by się mogło, że obiektywy do makro powinny umożliwiać ustawienie ogromnych liczb przysłony. Faktycznie, maksymalna liczba przysłony jest w nich zazwyczaj nieco wyższa niż w zwykłych obiektywach, ale na ogół nie większa niż 32 lub 45. Wynika to ze zjawiska dyfrakcji światła. Na podstawie tzw. kryterium Rayleigha można wykazać, że wskutek dyfrakcji (ugięcia) światła na krawędziach blaszek przysłony maksymalna możliwa zdolność rozdzielcza obiektywu R o przysłonie F dla światła o długości fali n wynosi:

$$R=0.823/(F*n)[\text{linii/mm}]$$

Jeśli przyjmiemy długość fali światła 555nm (mniej więcej środek widzialnego widma) to zdolność rozdzielcza wyniesie:

$$R=1482/F[\text{linii/mm}]$$

Zatem dla liczb przysłony otrzymujemy odpowiednio:

F8 - 185linii/mm
F11 - 135linii/mm
F16 - 93linie/mm
F22 - 67linii/mm
F32 - 46linii/mm
F45 - 33linie/mm

Oczywiście wyliczone wartości są maksymalnymi możliwymi wartościami teoretycznymi, w praktyce ze wzgl. na niedoskonałość korekcji optycznej obiektywu uzyskiwane rozdzielczości (szczególnie dla mniejszych liczb przysłony) są znacznie gorsze. Jak zatem widać, przy dużych liczbach przysłony prawa fizyki zaczynają w istotny sposób ograniczać zdolność rozdzielczą obiektywu. Jest to przyczyna, dla której wiele obiektywów dobrej klasy osiąga najlepszą ostrość rysowania dla przysłon ok. 8-11 i większe przemykanie przysłony przy reprodukcji nie ma sensu. Przy obiektach trójwymiarowych zwykle bardziej przysłonę przemykamy, gdyż zysk na głębi ostrości jest bardziej istotny niż spadek ostrości rysowania spowodowany dyfrakcją. W tym miejscu mała dygresja - spotkałem się z publikacjami testów obiektywów, gdzie pisało jak byk, że obiektyw utrzymuje zdolność rozdzielczą ponad 90linii/mm w całym zakresie przysłon od 4 do 22. Wyniki takie świadczą tylko o nierzetelności ich autorów - praw fizyki niestety oszukać się nie da!

9. Oświetlenie

W przypadku makrofotografii bardzo często problemem jest zbyt mała ilość światła - przysłona jest zazwyczaj silnie przymknięta ze względu na głębię ostrości a w przypadku dużych skal odwzorowania warunki na długość czasu ekspozycji ze względu na poruszenie zdjęcia są znacznie ostrzejsze niż przy małych skalach. W przypadku nieruchomych motywów możemy użyć statywu. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę z tego, że przy makro wymogi na stabilność statywu są bardzo ostre. Ponadto dość często motywy, które na pierwszy rzut oka wydają się być nieruchomymi w rzeczywistości jednak się poruszają. Dobrym przykładem jest tu pajęczyna - jeśli jej się dokładnie przyjrzeć, to nawet w pozornie nieruchomym powietrzu przez cały czas nieco się porusza.

W warunkach studyjnych można sobie poradzić stosując doświetlanie światłem żarowym. Ja np. stosuję w tym celu reflektorki halogenowe używane do oświetlania kuchni. Zazwyczaj stosuje dwa po dwóch stronach motywu, aby cienie nie były za ostre. Ich temperaturę barwową koryguję przy pomocy niebieskiej folii używanej przez filmowców. Można to też zrobić przy

użyciu filtra zakładanego na obiektyw, ale korygowanie światła bezpośrednio na żarówkach jest lepsze - ze względu na duże wymagania co do intensywności światła motyw jest oświetlany z małej odległości i jest dość silnie nagrzewany światłem żarówek (zresztą obiektyw też - trzeba pamiętać, że przy dużych skalach odległość przedmiotowa to zaledwie kilka cm) a folia założona na żarówki pozwala to nagrzewanie nieco ograniczyć. Staram się oświetlać na tyle intensywnie, abym mógł ocenić głębię ostrości i rozkład światła przy przymkniętej do wartości roboczej przysłonie. W przypadku mieszkań M42 ma to tę dodatkową zaletę, że ustawiając ostrość przy przysłonie roboczej unikam niebezpieczeństwa jej przestawienia przy przymknięciu przysłony.

Światło ciągłe ma tę zaletę, że można dobrze ocenić rozkład światła w kadrze, ułatwia też ustawienie ostrości, ale nie zawsze można je stosować właśnie ze względu na nagrzewanie. W takich przypadkach jedynym wyjściem pozostaje użycie światła błyskowego. Najlepszym rozwiązaniem jest wg mnie lampa TTL sterowana kablem poza stopką aparatu. Umieszczamy ją obok obiektywu i kierujemy na motyw. Jeśli warunki pozwalają można po drugiej stronie motywu umieścić ekran rozpraszający dla rozjaśnienia cieni. Istnieją specjalne lampy pierścieniowe do makro, ale wg mnie dają one trochę nienaturalne oświetlenie - bardzo płaskie, bezcieniowe. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie lampy TTL zamocowanej w stopce aparatu. Nie potrzebujemy wtedy kabla sterującego, ale z reguły musimy użyć dodatkowego rozpraszacza do kierowania światła lampy na motyw - sama lampa z reguły będzie świeciła za wysoko. Poza tym przy umieszczeniu lampy na stopce może się okazać, że obiektyw będzie zaciemniał motyw. W pewnych sytuacjach bardzo wygodnym rozwiązaniem jest użycie wbudowanej lampy błyskowej. Stosowałem takie rozwiązanie zarówno z obiektywem 80-200f4.7-5.6 z soczewkami nasadkowymi +2 lub +3 dioptrie, jak też z Cosiną 100f3.5 macro z dedykowaną soczewką nasadkową. W obu przypadkach lampa mojego Pentaxa MZ-5n oświetla skutecznie motyw - przysłona 16 lub 22 i zdjęcia wychodzą bardzo ładnie.

W przypadku braku lampy TTL można albo użyć lampy manualnej i pracowicie wyliczać z liczby przewodniej odległość z jakiej należy oświetlić motyw lampą (trzeba w tym celu najpierw przeliczyć efektywną liczbę przysłony), uwzględniając przy tym fakt, że przy odległościach poniżej kilkudziesięciu cm nie możemy lampy traktować jak punktowe źródło światła i obliczenia na podstawie liczby przewodniej stają się niedokładne, albo spróbować użyć lampy z własną automatyką ekspozycji.

W tym drugim przypadku trzeba pamiętać o wycelowaniu lampy tak, aby jej czujnik ekspozycji był nakierowany na motyw. Trzeba też pamiętać, że automatyka zazwyczaj posiada pewien minimalny zasięg (wynikający z minimalnego czasu błysku możliwego do uzyskania ze względu na szybkość automatyki lampy) a ponadto z reguły jest przystosowana do pracy przy stosunkowo niedużej liczbie przysłony - mniejszej, niż stosowane przy makrofotografii. Oba te problemy można rozwiązać zakładając na obiektyw filtr szary. Filtr taki spowoduje, że automatyka lampy będzie chciała oświetlić motyw silniejszym światłem - odpowiednio do krotności filtra. Spowoduje to zmniejszenie zasięgu lampy (bo dla uzyskania silniejszego oświetlenia lampa musi wydłużyć czas błysku) przy czym oba zasięgi (minimalny i maksymalny) zmniejszają się proporcjonalnie do pierwiastka z krotności filtra (czyli np. filtr 4-krotny powoduje dwukrotny spadek zasięgów lampy). Przy okazji filtr powoduje konieczność przymknięcia przysłony w stosunku do normalnie zalecanej przez automatykę lampy o odpowiednią ilość działek (2x - o 1 działkę, 4x - o 2 działki, 8x - o 3 działki itd.) co jest korzystne z punktu widzenia głębi ostrości. Rozwiązanie takie jest mniej skuteczne i mniej wygodne niż lampa TTL, ale przy umiarkowanych skalach odwzorowania (motywy o średnicy kilku cm) dość dobrze się sprawdza. Przy mniejszych motywach motyw nawet z odległości rzędu 20cm nie wypełnia kąta widzenia czujnika lampy i automatyka zaczyna oszukiwać. Zbliżenie lampy bliżej do motywu nie poprawia w takim przypadku sytuacji, gdyż czujnik jest odsunięty od palnika lampy i przy zbyt małej odległości pole widzenia czujnika wychodzi poza strefę oświetloną błyskiem.