

**Politechnika Warszawska**

Wydział Transportu

---

**Zakład Systemów Informatycznych i Trakcyjnych w Transporcie**

**Diagnostyka oświetlenia pojazdu**

**Ćwiczenie**

**Pomiar rozkładu luminancji na powierzchni tablic  
rejestracyjnych**

Materiały do ćwiczeń laboratoryjnych znajdują się na stronie internetowej:  
<http://www.it.pw.edu.pl/~ptomczuk/Dydaktyka/labts/>

Warszawa 2009

Do użytku wewnętrznego

---

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wykonywanie pomiarów rozkładu luminancji oświetlanych powierzchni tablic rejestracyjnych.

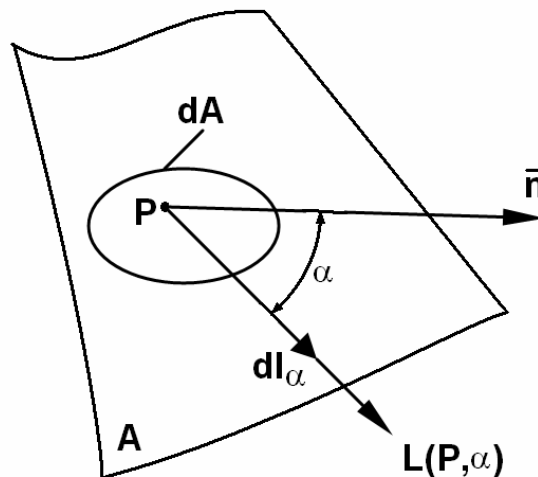
## 2. Wstęp teoretyczny - pojęcia podstawowe

**Światłość I [cd=lm/sr] (kandela)** (w danym kierunku) jest to iloraz strumienia świetlnego  $d\Phi$  wysyłanego przez punktowe źródło światła lub element powierzchni niepunktowego źródła, w nieskończenie małym kącie przestrzennym obejmującym dany kierunek, do kąta bryłowego  $d\omega$  tego stożka.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

**Luminancja L [cd/m<sup>2</sup>] (kandela na metr kwadrat)** (w danym punkcie powierzchni i w danym kierunku) jest to iloraz światłości w danym kierunku elementarnego pola  $dA$ , otaczającego dany punkt, do pozornej powierzchni pola  $dA$ , widzianego z danego kierunku.

$$L_\alpha = \frac{dI_\alpha}{dA \cos \alpha}$$



Dla wyznaczenia luminancji powierzchni A danego obiektu, w kierunku  $\alpha$  należy zmierzyć jego światłość  $I_\alpha$  w tym kierunku oraz określić wielkość pola rzutu  $A \cos \alpha$  powierzchni danego obiektu widocznej z kierunku  $\alpha$ , czyli określić tzw. powierzchnie pozorną danego obiektu dla kierunku  $\alpha$ .

Luminancja jest miarą wrażenia jaskrawości. Może określać zarówno źródło światła jak i oświetlane powierzchnie.

Przykładowe wartości luminancji wybranych obiektów:

- luminancja słońca  $L = 2250 \text{ Mcd/m}^2$ ,
- luminancja lampy wyładowczej D2R  $L = 50 \text{ Mcd/m}^2$ ,
- luminancja żarnika samochodowej żarówki halogenowej  $L = 20 \div 40 \text{ Mcd/m}^2$ ,
- luminancja nieba (bezchmurna pogoda)  $L = 5000 \text{ cd/m}^2$ ,
- luminancja białej kartki (poziom oświetlenia zapewniający możliwość czytania)  $L = 100 \text{ cd/m}^2$ ,
- luminancja jezdni oświetlonej latarniami  $L = 1 \div 2 \text{ cd/m}^2$ .

Prawidłowe rozróżnienie obiektów uzależnione jest od bezwzględnego progu wrażenia świetlnego. Występuje on wówczas, gdy bodziec świetlny w postaci powierzchni lub punktu, ukazujący się w ciemnym polu widzenia wywołuje granicznie słabe wrażenie światła. Bezwzględny próg wrażenia świetlnego związany jest z rozmiarem kątowym obiektu i luminancją progową. Zależność tą określa prawo Pirona:

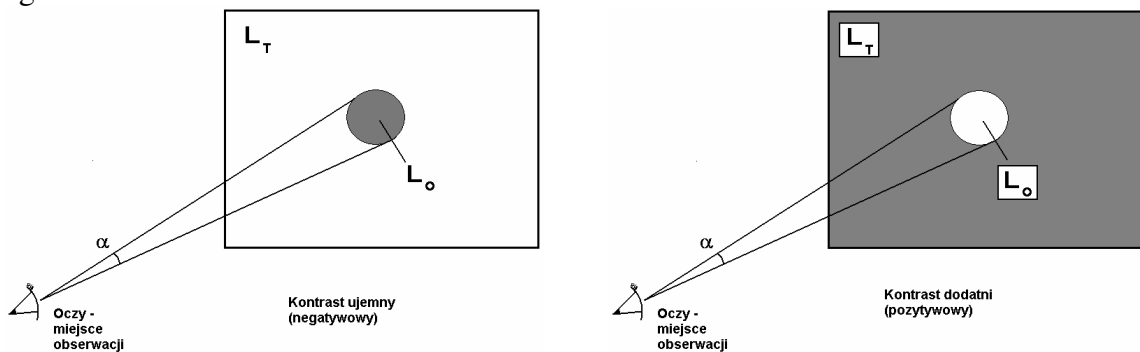
$$L_{pr} \cdot \omega^c = const.$$

gdzie :  $L_{pr}$  - luminancja progowa,

$\omega$  - rozmiar kątowy obiektu obserwacji,

$c$  - parametr zmieniający się w granicach  $\langle 0 \div 1 \rangle$  zależny od rozmiaru kątowego.

**Bezwzględny próg wrażenia świetlnego** określany wielkością  $\Delta L$  jest zależny od kontrastu, przy jakim prowadzona jest obserwacja. Zmiana kontrastu z negatywnego na pozytywny wiąże się ze zmianą poziomu czułości oka oraz typu komórek odpowiedzialnych za widzenie (kontrast pozytywny: jasny obiekt na ciemnym tle; kontrast negatywny: ciemny obiekt na jasnym tle). **Rozróżniamy kontrast ujemny i dodatni.** Gdy luminancja obiektu jest większa od luminancji tła, mamy do czynienia z kontrastem dodatnim, natomiast jeżeli jest odwrotnie - z kontrastem ujemnym. Na rysunku poniżej przedstawiono ilustrację tego zagadnienia.



Możliwość wzrokowego rozróżnienia obiektu jednobarwnego z tłem, zależy od luminancji tła  $L_T$ , luminancji obiektu  $L_O$  i rozmiaru kątowego obiektu  $\omega$ .

Często w miejsce tych wielkości jest rozpatrywany system równoważny określony poprzez:

- kontrast luminancji –  $K$ ,

- rozmiar kątowy –  $\omega$ .

**Kontrast luminancji** można opisać następującą zależnością:

$$K = \left| \frac{L_O - L_T}{L_T} \right|$$

gdzie:  $L_O$  – luminancja obiektu [ $cd/m^2$ ],  
 $L_T$  – luminancja tła [ $cd/m^2$ ].

Im większa wartość kontrastu obiektu z tłem (droga, otoczenie), tym bardziej widoczny jest obiekt drogowy na tym tle, oraz z tym mniejszym natężeniem uwagi kierowca rozpoznaje obiekty. Wartość progowa kontrastu jest równa 1.

### 3. System pomiarowy i obiekty badań

#### Kamera CCD

Kamera CCD jest wyspecjalizowanym mobilnym aparatem fotograficznym umożliwiającym pomiar i rejestrowanie obrazu luminancji oraz barwy dowolnego obiektu w rzeczywistych warunkach środowiskowych.

Urządzenie wykorzystuje technologię sensora CMOS Canon ASP-C, wykalibrowany w systemie RGB przetwornik umożliwiający pomiar luminancji oraz barwy i matrycę wyzorcowaną w wartości luminancji.



Optyka	Aparat cyfrowy CANON - EOS 350D Obiektyw Lens SIGMA 18-50mm F2.8 EX DC + osłona
Sensor	CMOS Canon ASP-C
Rozdzielczość pomiarowa	3456 (H) x 2304 (V)
Format pliku	12 Bit struktura RAW bez kompresji
Interface	USB 2.0
Rozdzielczość luminancji	1728 (H) x 1152 (V)
Dynamiczny pomiar luminancji	Pomiar pojedynczy: 1:4000 Pomiar high dynamic: 1:32000 (1/1250sec ≤ t <sub>i</sub> ≤ 8sec)
Wielkości mierzone	Luminancja cd/m <sup>2</sup> w zakresie 0,5 do 10 kcd/m <sup>2</sup> Barwa w systemie RGB
Wykalibrowanie pomiaru	Przystosowany od F4 do F11
Pamięć (przechowywanie wyników)	CF-Card 4 GB – wymienna
System operacyjny	Windows 2000/XP
Oprogramowanie	LMK 2000

Wygląd kamery CCD

Tabela. .... Podstawowe parametry kamery CCD – producent TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH

#### Goniometr – stół mocujący



Cechy Goniometru typu  $\alpha \beta$  (H V):

- zainstalowany laser wspomagający prawidłowe ustawienie płaszczyzny wyjścia w przecięciu dwóch osi V H,
- dwie szybkości ruchów w dwóch osiach V H sterowane programem z komputera PC, pulpitu i pilota - napęd silnikami krokowymi,
- zainstalowane niezależne 16 bitowe dekodery położenia kątowych,
- dokładność nastaw kąta w osiach V i H 0,1 stopnia,
- dokładność odczytu pozycji z dekodera położenia 0,005 stopnia,
- ruch obrotowy poziomy V 300 stopni,
- ruch obrotowy pionowy H 180 stopni,
- obciążenie stolika roboczego 20 kg,
- układ mikroprocesorowy sterujący nastawami i współpracujący z programem komputerowym,
- pamięć położenia po wyłączeniu zasilania.

Pulpit mocujący goniometru

## Obiekt badań



Tablice rejestracyjne pojazdów samochodowych

Badaniom poddawane są tablice rejestracyjne pojazdów wykonane zgodnie z:

Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa<sup>1)</sup>  
z dnia 20 kwietnia 2006 r.

zmieniające rozporządzenie w sprawie rejestracji i oznaczania pojazdów<sup>2)</sup> Dz. U. nr 70 poz. 489

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 lipca 2002 r. w sprawie rejestracji i oznaczania pojazdów (Dz. Ust. Nr 133, poz. 1123 z 2002 r. z późniejszymi zmianami) i z Polską Normą PN-S-73200.

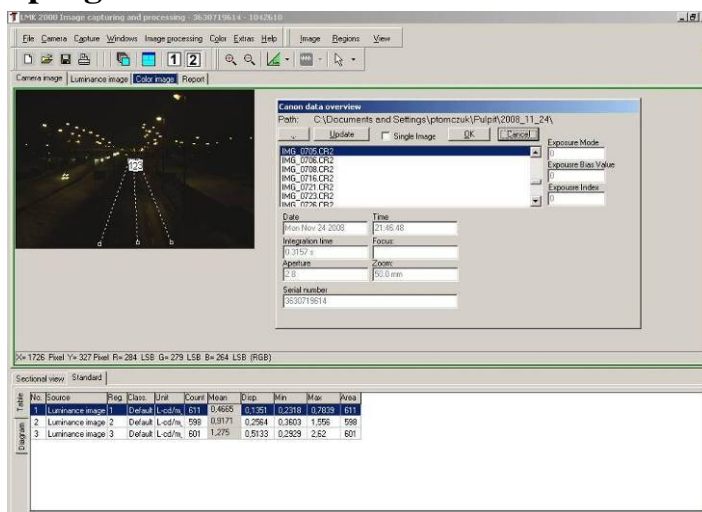
## Zasilacz stabilizowany



Zasilacz stabilizowany typu Z – 3020

Zasilacz stabilizowany typ Z-3020 jest źródłem napięcia stałego, regulowanego w zakresie od 0,1 do 30V przy prądzie obciążenia od 0 do 20A i wysokiej stabilizacji napięcia wyjściowego w funkcji zmian napięcia sieci i zmian temperatury otoczenia. Zasilacz wyposażony jest w układ zabezpieczenia przed przeciążeniem i zwarcim przy utrzymywaniu prądu zwarcia na poziomie bliskim 20A, co umożliwia zasilanie urządzeń z dużym prądem rozruchu.

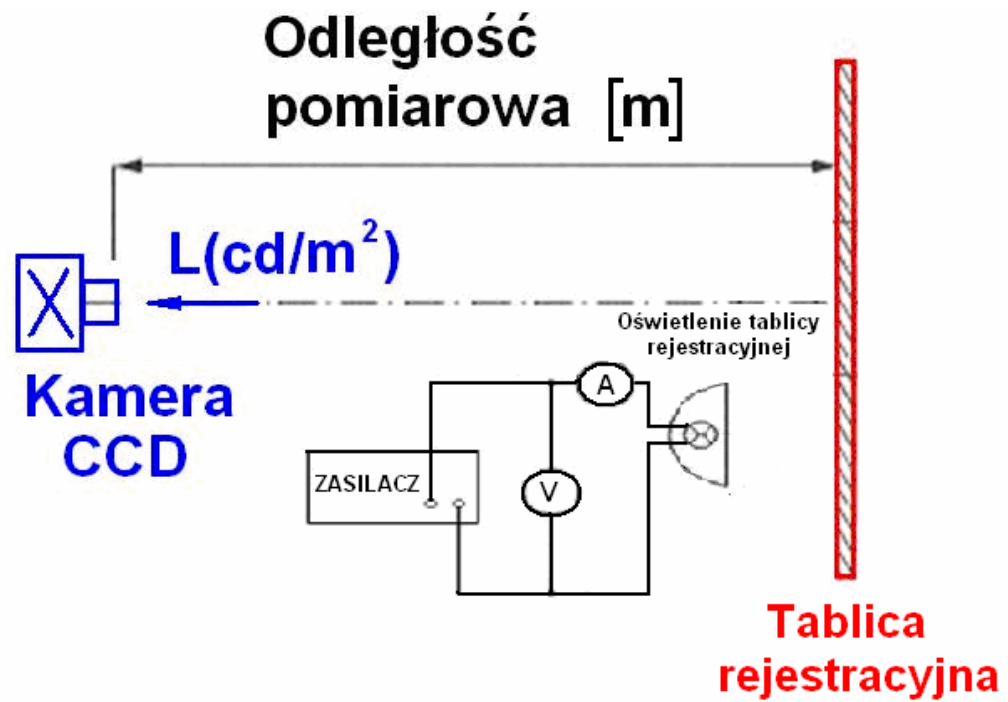
## Oprogramowanie LMK2000



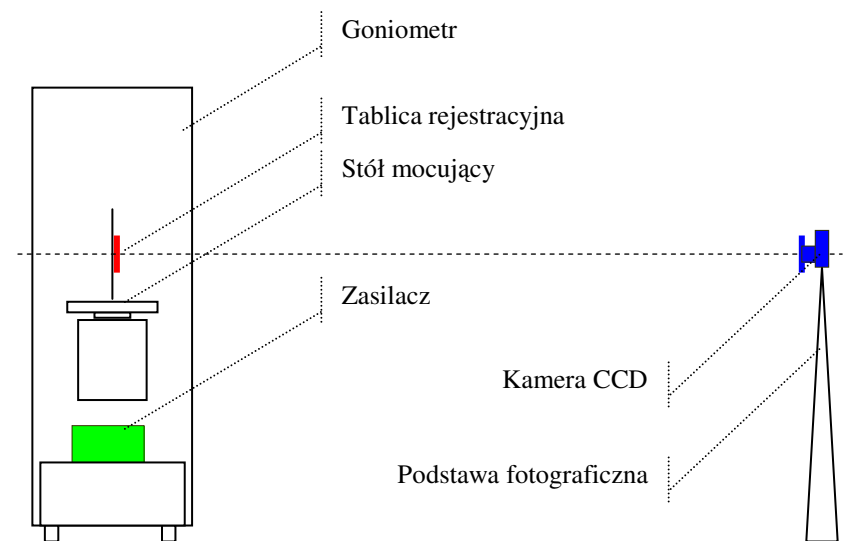
Przykładowy widok okna głównego programu pomiarowego LMK 2000

Oprogramowanie pomiarowe LMK 2000 umożliwia odczyt, rejestrację i prezentację wyników pomiaru luminancji i barwy.

#### 4. Wykonanie pomiarów



Schemat układu pomiarowego dla oświetlenia zewnętrznego tablicy rejestracyjnej



Poglądowy schemat rozmieszczenia elementów systemu pomiaru luminancji



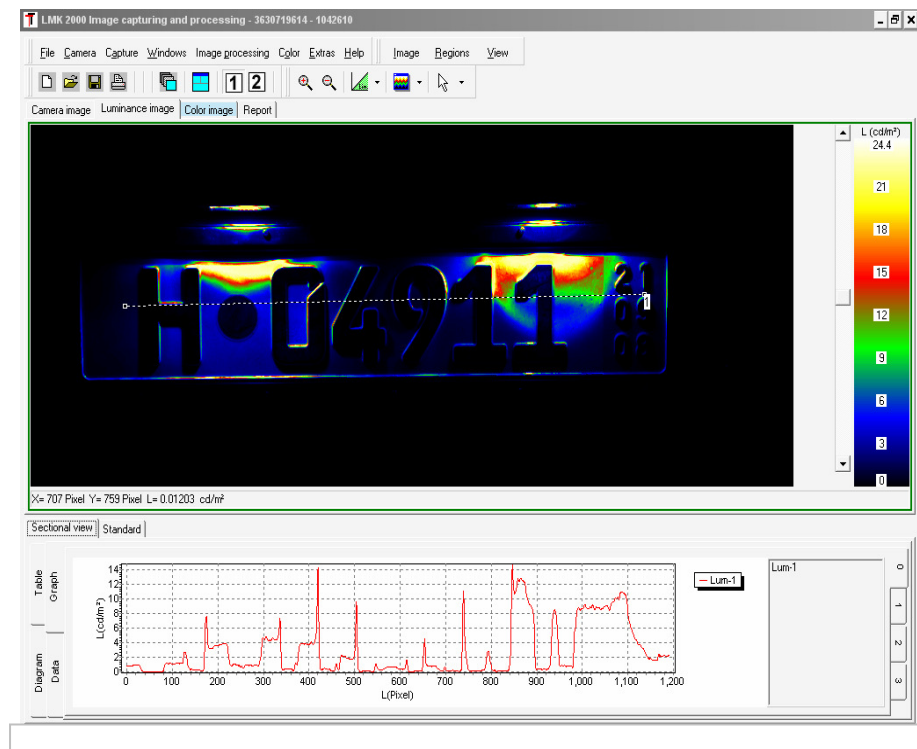
Widok stanowiska z zamontowaną tablicą rejestracyjną

Wykonanie pomiaru luminancji tablicy rejestracyjnej:

1. Zamocować na stole mocującym goniometru obiekt badań – tablicę rejestracyjną,
2. Połączyć przewody zasilania oświetlenia tablicy rejestracyjnej lub włączyć oświetlenie zewnętrzne - w zależności od wariantu pomiarowego
3. Zamocować na podstawie fotograficznej typu Tripod kamerę CCD,
4. Ustawić kamerę CCD w określonej przez prowadzącego odległości pomiarowej od badanego obiektu wybranym punkcie obserwacji,
5. Zalecane ustawienie w płaszczyźnie osi badanego obiektu,
6. Kamerę CCD pozostawić w ustalonym położeniu, aż do zakończenia całej serii pomiarowej,
7. Ustawić, zadaną przez osobę prowadzącą pomiar, wartość napięcia zasilania lamp oświetlających tablicę rejestracyjną,
8. Ustawić za pomocą pulpitu manualnego goniometru, zadaną przez osobę prowadzącą pomiar, wartość kąta obserwacji
9. Ustawić wymagane napięcie zasilania dla wybranego źródła światła i włączyć zasilanie, w celu wygrzania żarówek i ustabilizowania strumienia świetlnego,
10. Zanotować wartość prądu, napięcia zasilania i kąta obserwacji w protokole,
11. Wykonać pomiar luminancji obiektu za pomocą kamery CCD,
12. Zanotować numery zdjęć w protokole pomiarowym,
13. Wykonać serię pomiarów zgodnie z wytycznymi prowadzącego.

Procedurę należy powtórzyć przy przygotowaniu do badań kolejnej tablicy rejestracyjnej. Postępowanie według powyższego schematu gwarantuje uzyskanie poprawnych wyników badań.

## 5. Obróbka wyników pomiarowych uzyskanych z kamery CCD



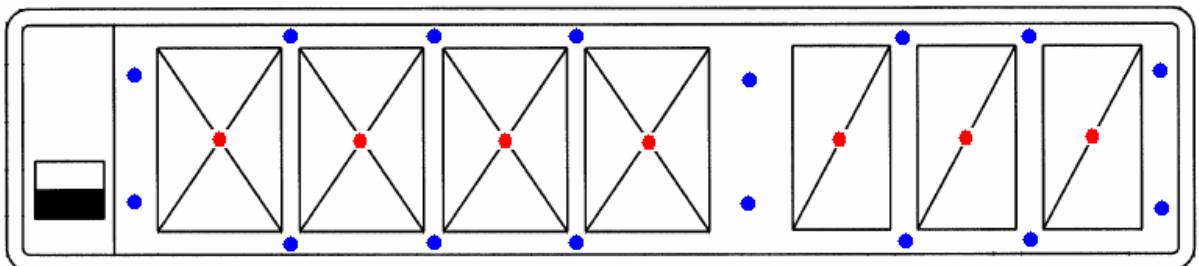
Rys. ... Przykładowy widok rozkładu luminancji w programie LMK 2000

W celu uzyskania wyników w postaci wartości luminancji badanych obiektów należy posłużyć się oprogramowaniem LMK 2000. Opis programu znajduje się w pliku „Handbook Software LMK2000.pdf”.

Przykładowa obróbka danych pomiarowych przeprowadzona zostanie w laboratorium po zakończeniu cyklu pomiarowego.

Wyniki otrzymane na drodze przeprowadzonej analizy obrazów należy zamieścić w sprawozdaniu.

Punkty pomiarowe luminancji na powierzchni tablicy rejestracyjnej:



- LUMINANCJA TŁA
- LUMINANCJA OBIEKTU

## 6. Opracowanie sprawozdania.

Sprawozdanie z przeprowadzonego ćwiczenia powinno zawierać:

- cel ćwiczenia,
- schemat blokowy układu pomiarowego,
- wyniki pomiarów, zdjęcia, wykresy, wartości tabelaryczne, rozkłady statystyczne,
- obliczenia luminancji obiektu i tła, kontrastu,
- ocenę otrzymanych wyników pomiarów,
- wnioski i spostrzeżenia.



<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b>					<b>WYDZIAŁ TRANSPORTU</b>					<b>ZAKŁAD ZSiITwT</b>				
<b>LABORATORIUM WYBRANYCH PROBLEMÓW TECHNIKI ŚWIETLNEJ W TRANSPORCIE</b>														
<b>Temat ćwiczenia: Pomiar rozkładu luminancji na powierzchni tablic rejestracyjnych</b>														
<b>Imię i Nazwisko:</b>							<b>Liczba punktów</b>				<b>Ćwiczenie nr: ....</b>			
							<b>w</b>	<b>s</b>	<b>z</b>	<b>Σ</b>				
1.												<b>Grupa:</b>	<b>Zespół:</b>	
2.												<b>Data: __ - __ - ____ r.</b>		
3.												<b>godz. __ - __</b>		
4.												<b>Podpis prowadzącego:</b>		
5.														
6.														

Obiekt .....

Kąt obserwacji .....

Lp.	Napięcie zasilania lampy U [V]	Prąd zasilania lampy I [A]	Natężenie oświetlenia na powierzchni tablicy [lx]	Numer zdjęcia z kamery CCD
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Obiekt .....

Kąt obserwacji .....

Lp.	Napięcie zasilania lampy U [V]	Prąd zasilania lampy I [A]	Natężenie oświetlenia na powierzchni tablicy [lx]	Numer zdjęcia z kamery CCD
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Obiekt .....

Kąt obserwacji .....

Lp.	Napięcie zasilania lampy U [V]	Prąd zasilania lampy I [A]	Natężenie oświetlenia na powierzchni tablicy [lx]	Numer zdjęcia z kamery CCD
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Obiekt .....

Kąt obserwacji .....

Lp.	Napięcie zasilania lampy U [V]	Prąd zasilania lampy I [A]	Natężenie oświetlenia na powierzchni tablicy [lx]	Numer zdjęcia z kamery CCD
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Obiekt .....

Kąt obserwacji .....

Lp.	Napięcie zasilania lampy U [V]	Prąd zasilania lampy I [A]	Natężenie oświetlenia na powierzchni tablicy [lx]	Numer zdjęcia z kamery CCD
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				