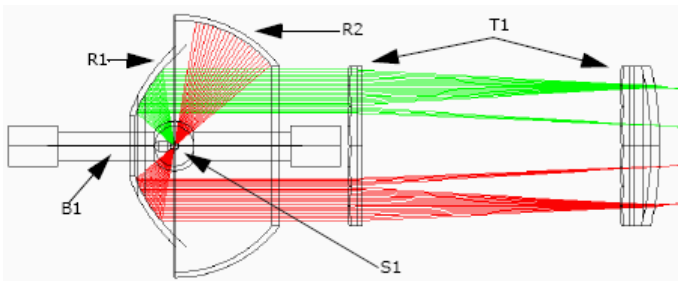


Ile trwa wyznaczenie biegu dla miliona promieni? Odpowiedź zależy od cech modelu oraz szybkości i wyposażenia Twojego komputera. Oczywiście nie możesz poprawiać wydajności Twojego komputera za każdym razem, gdy Twój model staje się coraz bardziej złożony. Aby uniknąć tego typu sytuacji, potrzebne jest jak najbardziej wydajny proces wyznaczania biegu promieni. Taki właśnie proces efektywny proces wyznaczania biegu promieni umożliwia *LightTools*. Z łatwością można go kontrolować w celu zbalansowania wymaganej dokładności z szybkością obliczeń wykonywanych podczas symulacji. Niniejszy artykuł stanowi przegląd ustawień *LightTools*, które umożliwią Ci znaczną oszczędność czasu symulacji.

Dyskusja przeprowadzona poniżej wyjaśnia w jaki sposób i kiedy należy używać w *LightTools* powyższych ustawień by poprawić wydajność ray-tracingu. Dla przykładu użyjemy układu projekcyjnego oraz podświetlającego. Układy te są pokazane na Rys.1. oraz Rys.2.

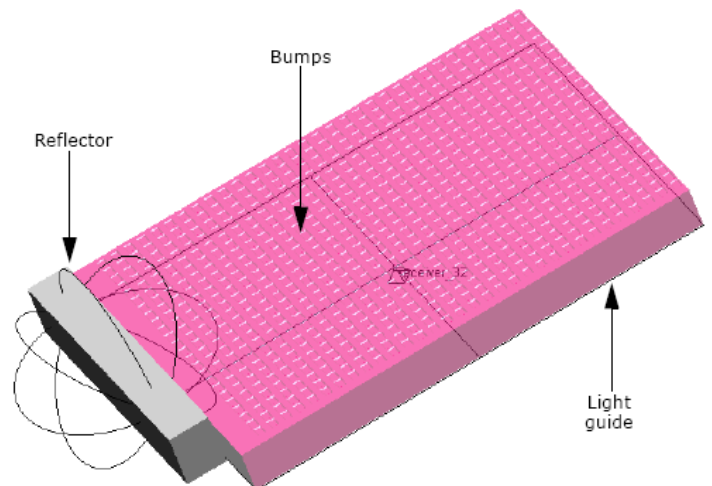


Rys.1. Układ projekcyjny.

R1 – tylne zwierciadło (paraboliczne – zaimportowane i aproksymowane funkcją spline)
R2 – przednie zwierciadło (sferyczne - zaimportowane)
T1 – podwójna macierz soczewek (zaimportowana)
B1 – geometria żarówki (zaimportowana)
S1 – cylindryczne źródło światła (włókno) zaprojektowane w *LightTools*.

Największy wpływ na szybkość procesu ray-tracingu mają:

- Przyspieszony Ray-Tracing (Accelerated Ray Tracing)
- Klasyfikacja Punktu Początkowego Źródła Światła (Source Start Point Acceleration)
- Naprawa Zaimportowanej Geometrii (Repairing Imported Geometry)
- Probabilistyczny Podział Promieni (Probabilistic Ray Splitting)



Rys.2. Układ podświetlający do ekranów ciekłokrystalicznych (Back Light Unit).

Na Rys.1. zaznaczone na zielono promienie odbijają się od zwierciadła parabolicznego (R1) i rozchodzą w kierunku układu soczewek. Promienie zaznaczone na czerwono odbijają się od zwierciadła sferycznego (R2), wracają do S1 (źródła), następnie odbijają się od zwierciadła parabolicznego (R1) i rozchodzą się w kierunku układu soczewek. Na Rys.2. reflektor i light guide (specjalna warstwa służąca do rozprowadzenia światła po jak największej powierzchni BLU), zostały zaimportowane z systemu CAD, zawierającego 3846 powierzchni aproksymowanych funkcją spline. Większą część tych powierzchni tworzy nałożona na light guide tekstura. Cylindryczne źródło światła powstało w *LightTools*.

Poniższa tabela podsumowuje wpływ ustawień ray-tracingu

dla obu przedstawionych układów. Liczby w kolumnach „Z” i „Bez” oznaczają liczbę promieni przepuszczonych przez układ na sekundę. W przypadku opcji klasyfikacji punktu początkowego źródła światła (Source Start Point

Acceleration): „Z” oznacza ustawienia ray tracingu pół-automatyczne, natomiast „Bez” – automatyczne.

Przykłady poprawy szybkości obliczeń							
Ustawienie <i>LightTools</i>	Decydujące dla:	Układ projekcyjny			Układ podświetlający		
		Promieni na sekundę		Poprawa	Promieni na sekundę		Poprawa
		Bez	Z		Bez	Z	
Przyspieszony Ray-Tracing	1. Zaimportowana geometria 2. Powierzchnie aproksymowane funkcjami spline	357	5000	14.0	400	1667	4.17
Klasyfikacja Punktu Początkowego Źródła Światła	1. Zaimportowana geometria 2. Powierzchnie aproksymowane funkcjami spline	34	45	1.32	37	125	3.38
Naprawa Zaimportowanej Geometrii	1. Zaimportowana geometria 2. Źródła wtopione w ośrodek	16	34	2.13	30	37	1.23
Probabilistyczny Podział Promieni	1. Układy z powierzchniami oznaczonymi jako Split (np. falowody ze stratą Fresnela) 2. Powierzchnie rozpraszające, które i przepuszczają i odbijają	45	357	7.93	125	400	3.20
Całkowity współczynnik poprawy szybkości obliczeń		312			55.5		

Wyniki przedstawione w tej tabeli pokazują, że właściwe użycie ustawień ray-tracingu może znacznie przyspieszyć proces symulacji.

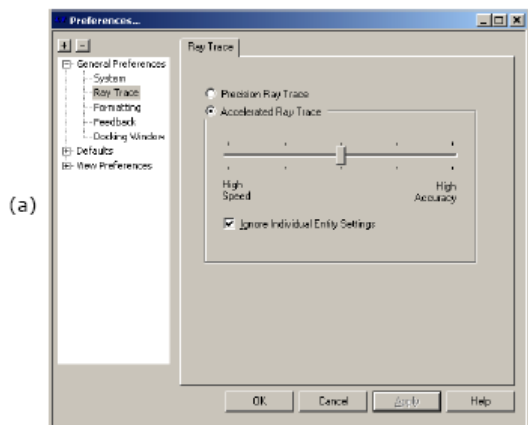
Przyspieszony ray-tracing (Accelerated Ray Tracing)

Przyspieszony ray-tracing jest ustawieniem, które może przynieść największe korzyści, gdy Twój model zawiera geometrię zaimportowaną z innego pakietu CAD lub gdy zawiera powierzchnie aproksymowane funkcjami spline. Tryb przyspieszonego ray-tracingu zawiera wiele usprawnień, jeśli chodzi o sam algorytm wyznaczania biegu promieni. Typowe wartości poprawy szybkości to 4-150 razy w zależności od indywidualnych cech modelu.

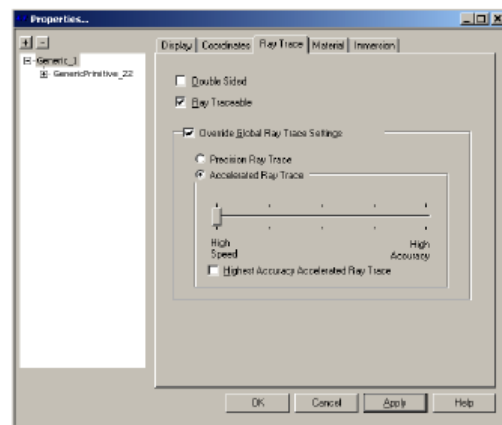
Jedyną wadą przyspieszonego ray-tracingu jest fakt, że może on powodować niewielki spadek dokładności symulacji spowodowanej aproksymacją powierzchni. By poradzić sobie z różnymi systemami, *LightTools* umożliwia kontrolę trybu ray-tracingu zarówno na poziomie modelu jako całości, jak i na poziomie pojedynczych elementów tego modelu. Pozwala to z jednej strony na bardzo precyzyjne wyznaczenie biegu promieni dla istotnych elementów

odwzorowujących, z drugiej na przyspieszony proces wyznaczania biegu promieni dla mniej istotnych elementów oświetlenia.

Kontrolę na poziomie modelu można zmienić w menu Widok (View) > Ustawienia (Preferences), wybierając Ustawienia Ogólne (General Preferences) > Bieg Promieni (Ray Trace). Domyślnym ustawieniem jest „Precyzyjny Bieg Promieni” („Precision Ray Trace”). Gdy zostanie wybrana opcja „Przyspieszony Bieg Promieni” („Accelerated Ray Trace”), można użyć suwaka by wybrać wymagany poziom szybkości/dokładności. Następnie można przypisać tryb ray-tracingu dla pojedynczych elementów projektowanego układu poprzez zaznaczenie danego elementu i otwarcie jego okna dialogowego Ustawienia (Properties). Następnie należy wybrać zakładkę Bieg Promieni (Ray Trace), zaznaczyć opcję „Ignoruj Globalne Ustawienia Biegu Promieni” („Override Global Ray Trace Settings”) a następnie ustawić wybrany tryb ray-tracingu dla tego elementu. Rys.3. ilustruje położenie tych ustawień w interfejsie użytkownika *LightTools*.



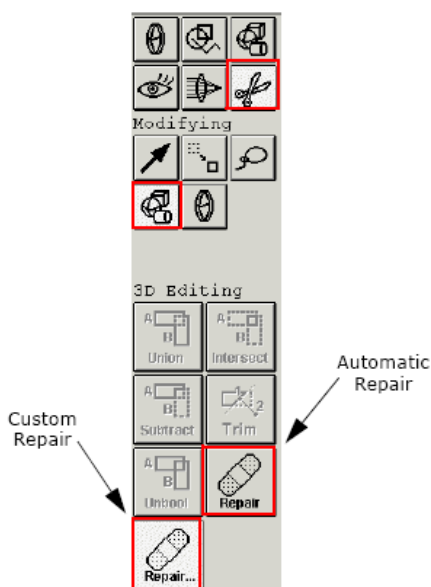
(a)



Rys.3. Ustawienia opcji przyspieszonego biegu promieni (Accelerated Ray Trace). Ustawienia globalne (a) mają wpływ na cały model. Ustawienia indywidualne (b) są używane przy pomijaniu ustawień globalnych dla konkretnego elementu projektowanego układu.

Naprawa zaimportowanej geometrii (Repairing Imported Geometry)

Opcja naprawy jest istotna dla modeli zawierających geometrię zaimportowaną z innego pakietu CAD lub gdy zawiera powierzchnie aproksymowane funkcjami spline. Podczas wymiany danych, większość systemów CAD podaje geometrię obiektów w postaci powierzchni aproksymowanych funkcjami spline, nawet gdy kształt powierzchni da się opisać za pomocą równań matematycznych. Komenda *Napraw (Repair)* analizuje powierzchnie i gdy to możliwe, konwertuje powierzchnie aproksymowane funkcjami spline do prostych powierzchni opisanych analitycznie (płaszczyzny, sfery, cylindry, powierzchnie toroidalne itp.). Ta konwersja może znacznie przyspieszyć proces symulacji.

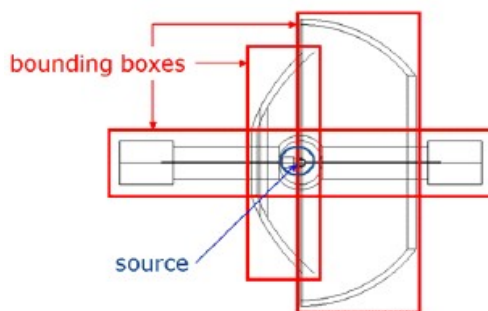


Rys.4. Przyciski naprawy importowanej geometrii.

Komenda „Napraw” („Repair”) znajduje się w menu wybieralnym Edycja (Edit) > Importowana Geometria (Imported Geometry) > Napraw Zaznaczoną Geometrię (Repair Selected Geometry). Komenda ta jest również dostępna z poziomu palety edycyjnej, pokazanej na Rys.4.

Klasyfikacja punktu początkowego źródła światła (Source Starting Point Classification)

Podczas symulacji oświetlenia, gdy jest wyznaczany bieg promieni mających swój początek w źródle światła, *LightTools* musi określić materiał, w którym jest umieszczony punkt początkowy. Ten proces klasyfikacji punktu początkowego może być bardzo czasochłonny dla obiektów zaimportowanych z innych pakietów CAD, powierzchni aproksymowanych funkcjami typu spline lub generalnie dla elementów bardzo skomplikowanych.

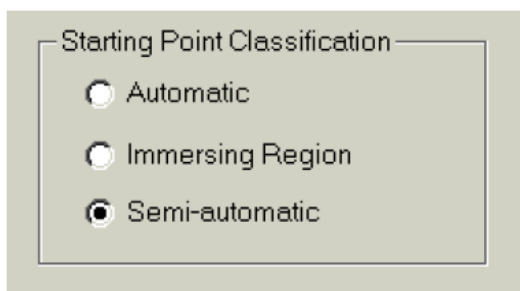


Rys.5. Źródło może znajdować się w obrębie wielu bloków ograniczających elementów tak, jak w tym przykładzie układu projekcyjnego.

LightTools szuka bloków ograniczających w projekcie i na ich podstawie określa materiał dla punktu początkowego promienia. Blok ograniczający jest zdefiniowany jako minimalna wirtualna powierzchnia, która otacza cały element. Pojedyncze źródło może otaczać wiele takich bloków, tak jak to pokazano na Rys.5. Aby określić materiał dla punktu początkowego promienia, *LightTools* musi

najpierw sprawdzić, czy ten punkt wypada w obrębie któregoś z bloków ograniczających w najbliższym sąsiedztwie. Jeśli tak, wówczas *LightTools* sprawdza, czy punkt początkowy znajduje się w obrębie elementu stałego, skojarzonego z którymś z bloków ograniczających.

Biorąc pod uwagę różnego typu sytuacje, *LightTools* umożliwia kontrolę nad tym, jak przebiega proces klasyfikacji punktu początkowego. Opcję klasyfikacji punktu początkowego dla źródła światła można znaleźć w zakładce „Emitancja” („Emittance”) w oknie dialogowym ustawień dla źródła (Rys.6.).



Rys.6. Opcje wyboru klasyfikacji punktu początkowego źródła światła.

Znaczenie każdej z opcji jest następujące:

- **Automatyczna (Automatic)** – *LightTools* przeprowadza rzetelne obliczenia dla wszystkich promieni w celu określenia ośrodka.

- **Obszar wtopienia (Immersing Region)** – dany ośrodek jest ustawiony jako ośrodek, w którym punkt początkowy promieni jest wtopiony (domyślnym ośrodkiem otaczającym każdy element w *LightTools* jest powietrze). Opcja ta nie wymaga dodatkowych obliczeń.

- **Półautomatyczna (Semi-Automatic)** – Jest to opcja domyślna. *LightTools* wybiera do 10 losowych punktów, by określić ośrodek punktu początkowego. Jeśli wszystkie wybrane promienie mają swój początek w obrębie tego samego ośrodka, *LightTools* przyjmuje, że wszystkie promienie mają swój początek w jednym i tym samym ośrodku. Natomiast jeśli któryś z promieni ma swój początek w innym ośrodku, wówczas *LightTools* przechodzi do trybu automatycznego.

Tryb półautomatyczny jest wystarczający dla znakomitej większości układów optycznych. Opcja obszar wtopienia (Immersing Region) jest preferowana, gdy źródło jest wtopione w pojedynczy ośrodek lub gdy znajduje się w powietrzu. Tryb automatyczny stosuje się w przypadkach, gdy różne części źródła są umieszczone w różnych ośrodkach.

Probabilistyczny podział promieni (Probabilistic Ray Split)

Wiele układów optycznych zawiera powierzchnie, na których część padających promieni ulega odbiciu, a pozostała część przechodzi przez tę powierzchnię i ulega

załamaniu. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku powierzchni nie pokrytych powłokami, dla których jest ustawiona strata Fresnela (Fresnel Loss), a tryb biegu promieni (Ray Trace Mode) jest ustawiony jako „Podziel” („Split”). Tego typu powierzchnią jest też powierzchnia rozpraszająca, dla której kierunek propagacji promienia (Ray Propagation Direction) jest określony zarówno jako odbity, jak i przepuszczony. Pojedynczy promień padający na tego rodzaju powierzchnię daje w rezultacie dwa promienie rozchodzące się w różnych kierunkach i zazwyczaj niosące różną energię. Jeśli wiązka na swojej drodze napotka wiele takich powierzchni, wówczas liczba promieni rośnie w sposób wykładniczy, co zdecydowanie wydłuża czas symulacji.

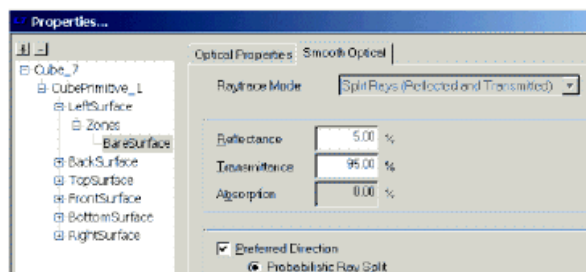
Opcja probabilistycznego podziału promieni wpływa na wydajność ray-tracingu dzięki temu, że śledzony jest jedynie jeden z promieni (załamany lub odbity) będących wynikiem podziału na powierzchni łamiącej. *LightTools* określa prawdopodobieństwo odbicia i przejścia promieni przez powierzchnię podziału. Dla przykładu: rozważmy powierzchnię o współczynniku odbicia R oraz współczynniku transmisji T . Prawdopodobieństwa, że promień ulegnie odbiciu lub że przejdzie przez powierzchnię można wyznaczyć z następujących wzorów:

$$\text{prawdopodobieństwo}_{\text{ odbicia}} = \frac{R}{R + T}$$

$$\text{prawdopodobieństwo}_{\text{ przejścia}} = \frac{T}{R + T}$$

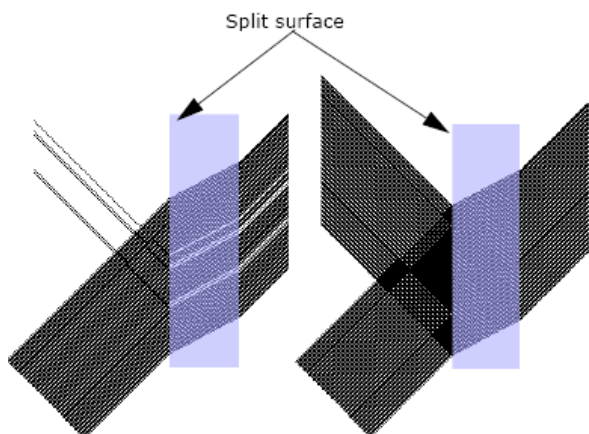
W podobny sposób jest wyznaczane prawdopodobieństwo dla strat Fresnela (Fresnel Loss) oraz powłok definiowanych przez użytkownika. Jednak należy podkreślić, że tego typu podejście sprawdza się, gdy wyznaczamy bieg dużej ilości promieni. Dla małej ich liczby układ będzie nieoszacowany, co będzie się wiązało z tym, że ogromna większość promieni będzie biegła w najbardziej prawdopodobnym kierunku. Właśnie ze względu na niedoszacowanie spowodowane małą ilością promieni, probabilistyczny podział promieni nie nadaje się do analizy promieni błądzących losowo.

Oto przykład ilustrujący probabilistyczny podział promieni. Weźmy płaską powierzchnię, której właściwości optyczne zostały podane na Rys.7.



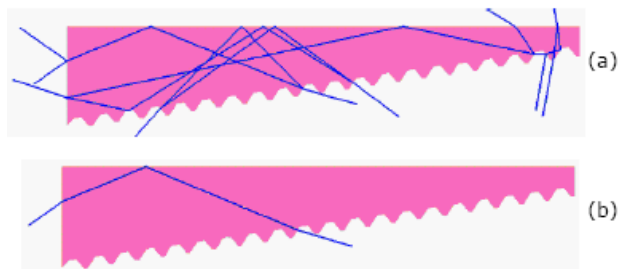
Rys.7. Ustawienia podziału promieni z uwzględnieniem probabilistycznego podziału promieni.

W przypadku podejścia probabilistycznego, gdy na powierzchnię pada 100 promieni, średnio 95 z nich zostaje przepuszczonych przez tę powierzchnię, a 5 ulega odbiciu. Przy wyłączonym probabilistycznym podziale promieni (opcja Preferred Direction – preferowany kierunek - odznaczona), 100 promieni padających na powierzchnię daje w efekcie 100 promieni odbitych i 100 promieni przepuszczonych. Oba przypadki zostały zilustrowane na Rys.8. Co interesujące – dla obu przypadków natężenie światła w wiązce odbitej (lub przechodzącej) jest takie samo.



Rys.8. Bieg promieni przez powierzchnię podziału (a) z oraz (b) bez probabilistycznego podziału promieni.

Dla wielu złożonych układów optycznych prosty (nie probabilistyczny) podział promieni może powodować znaczny wzrost liczby promieni. Rys.9a. pokazuje bieg promieni w przypadku, gdy wszystkie powierzchnie mają ustawioną opcję prostego podziału promieni. Do układu wchodzi pojedynczy promień, który dzieli się na dwa – odbity i przechodzący, w każdym przypadku, gdy pada na powierzchnię rozgraniczającą dwa ośrodki. Dzięki opcji probabilistycznego podziału promieni (Rys. 9b) unikamy tego typu mnożenia promieni; jeden promień wchodzi do układu i jeden z niego wychodzi.



Rys.9. Przykład układu z (a) prostym podziałem promieni (b) probabilistycznym podziałem promieni. W obu przypadkach do układu wchodzi pojedynczy promień.

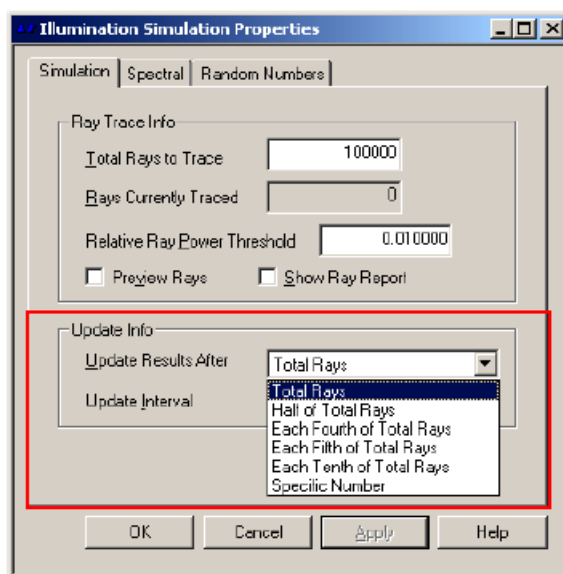
Inne ustawienia mające wpływ na wydajność ray-tracingu

Oprócz ustawień opisanych w poprzednich paragrafach istnieją również inne, które również mogą w pewnym

stopniu wpływać na wydajność ray-tracingu:

- Okres aktualizacji symulacji (Simulation Update Interval)

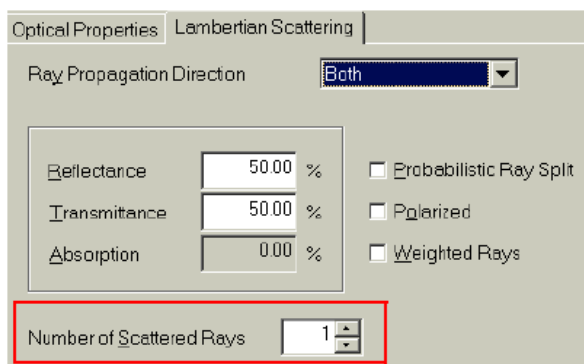
Okres aktualizacji określa ilość promieni, po których następuje aktualizacja wyników symulacji i ich wizualizacja. Dostęp do tej opcji jest następujący: menu **Ray Trace > Simulation Input > Update Controls**. Po określonej liczbie promieni wszystkie okna: widoki, wykresy, tabele, okna dialogowe są aktualizowane. Okres aktualizacji symulacji może mieć znaczny wpływ na czas symulacji w przypadku dużych wykresów przedstawiających wyniki z odbiornika (sieć powyżej 100x100 komórek) lub wykresów CIE zdefiniowanych w badanym modelu. Dlatego też największa efektywność jest w przypadku, gdy pole „Zaktualizuj wyniki po” („Update Results After”) jest ustawione jako „wszystkich promieniach” („Total Rays”) – Rys.10.



Rys.10. Pole wyboru opcji dla okresu aktualizacji symulacji.

- Liczba Promieni Rozproszonych (Number of Scattered Rays)

Opcja „liczba promieni rozproszonych” („Number of Scattered Rays”), którą prezentuje Rys.11., jest bardzo istotna w przypadku modeli zawierających powierzchnie rozpraszające. Dla celów symulacji wartość tego pola powinna być zawsze ustawiona na „1”, aby *LightTools* generował tylko jeden promień rozproszony dla każdego z promieni padających. Gdy liczba promieni rozproszonych jest większa niż 1, *LightTools* generuje odpowiednią liczbę promieni dla **każdego** promienia padającego. Ta opcja jest przydatna w przypadku, gdy jakość odwzorowania badanego modelu jest szacowana za pomocą Promieni Niesekwencyjnych (NSRays), co umożliwi zdecydowanie wyraźniejsze zobrazowanie rozkładu rozproszenia.



Rys.11. Opcja „liczba promieni rozproszonych” dla rozproszenia Lambertowskiego.

Podsumowanie

LightTools uwzględnia wiele opcji, które mają wpływ na czas symulacji oświetlenia. Przyspieszony ray-tracing, właściwa klasyfikacja punktu początkowego źródła, naprawa zaimportowanej geometrii, zachowany schemat „1 promień wchodzi/1 promień wychodzi” dzięki probabilistycznemu podziałowi promieni, mogą w bardzo znaczny sposób zwiększyć liczbę promieni prześlędzonych w ciągu sekundy. Rozsądne użycie tych opcji pozwala otrzymać wyniki o pożądanej dokładności w sposób zdecydowanie bardziej efektywny.

O P T I C A L

R E S E A R C H

A S S O C I A T E S

3280 East Foothill Boulevard, Pasadena, California 91107
Phone: (626) 795-9101, FAX: (626) 795-0184
E-mail: service@opticalres.com, Web Site: <http://www.opticalres.com>

Wyłączny dystrybutor na Polskę:



„LEDIKO Walendowski i Wilanowski” Sp.J.

ul. Klecińska 125,

54-413 Wrocław

Tel.: 071 798 57 85 Fax: 071 798 57 85

<http://www.lediko.com>, e-mail: optyka@lediko.com