

Bezpieczna dezynfekcja i wszystko co powinniśmy wiedzieć na temat UV-C

mgr inż. Bogdan Ślęk - Przewodniczący Komitetu Rozwoju ZPSO „Pol-lighting”

Ostatnie miesiące uświadomiły nam wszystkim, że zagrożenia epidemiologiczne są realne również w XXI wieku. Zagrożenia te towarzyszyły ludzkości od zarania dziejów i są jednym z elementów ekosystemu, w którym żyjemy. Możemy się spodziewać, że im bardziej będziemy ingerować w ekosystem tym bardziej zagrożenia epidemiologiczne mogą być nieprzewidywalne.

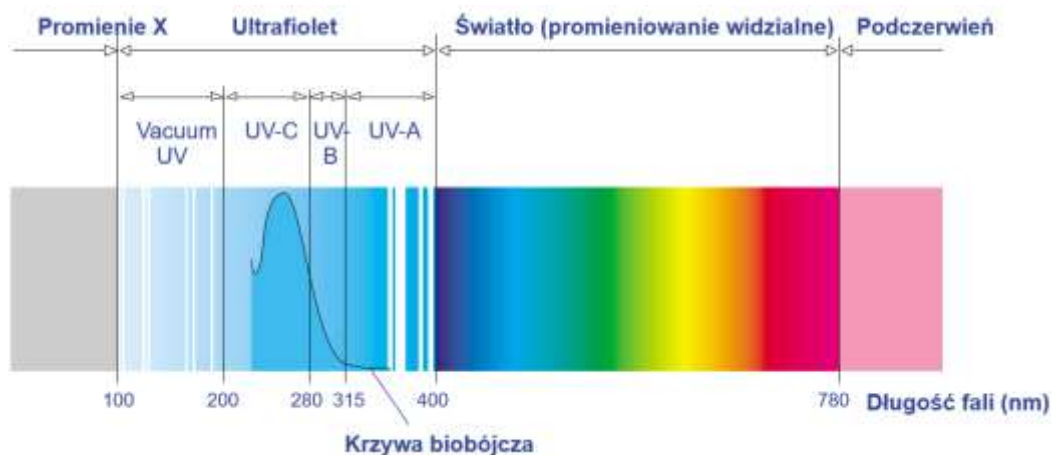
Ludzkość od wieków próbowała ograniczyć ryzyko związane z zakażeniami poprzez zmniejszanie ryzyka epidemiologicznego. Kilkadziesiąt lat temu wykorzystano technologiczne możliwości lamp rtęciowych i wyprodukowano pierwsze promienniki UV-C, które okazały się bardzo skutecznym orężem w walce z patogenami. Również teraz w dobie pandemii COVID-19 technologia UV-C to jedna z najskuteczniejszych metod dezynfekcji, która pozwala na ograniczenie ryzyka zakażenia.

Promieniowanie fal elektromagnetycznych

Promieniowanie kojarzy nam się ze Słońcem i promieniami słonecznymi. Tak jest w rzeczywistości, w przestrzeni kosmicznej można spotkać różnego rodzaju fale elektromagnetyczne. Wszystkie one docierają do atmosfery naszej planety, jednak nie wszystkie formy promieniowania docierają na Ziemię.

Atmosfera ziemską skutecznie filtruje promieniowanie, które mogłoby stanowić zagrożenie dla organizmów żywych. Każdy z nas widział w życiu tęczę, która doskonale obrazuje paletę kolorów, które wchodzi w skład światła. Dzięki światłu widzimy, to jest ta część promieniowania elektromagnetycznego, która nazywamy promieniowaniem widzialnym, a która jest odbierana przez siatkówkę oka ludzkiego.

Gdy w słoneczny dzień wychodzimy z domu, czujemy ciepło, którego nie widzimy. Jest to promieniowanie podczerwone pochodzące ze Słońca. Przez atmosferę przechodzi również część niewidzialnego dla naszego oka promieniowania ultrafioletowego (UV), którego spektrum obejmuje fale krótsze, niż dla promieniowania widzialnego. Na Ziemię dociera promieniowanie UV-A i niewielka część promieniowania UV-B. Dzięki temu promieniowaniu możemy się opalać. Jednak wiemy z doświadczenia, że zbyt długie przebywanie na słońcu nie jest bezpieczne, gdyż może spowodować oparzenie słoneczne.



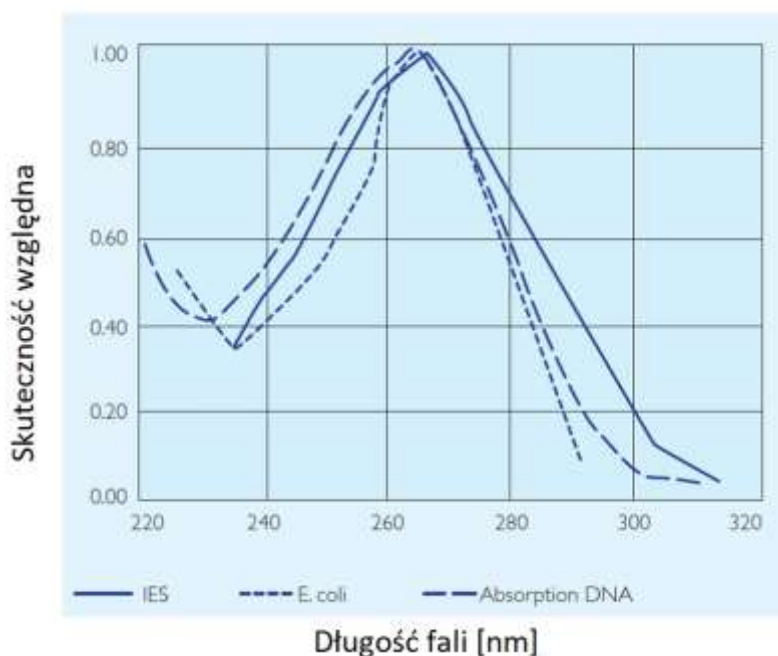
Rysunek 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego.

Badania naukowe pozwoliły nam poznać właściwości promieniowania, które dociera bezpośrednio do powierzchni Ziemi jak również tego, które zatrzymuje atmosfera. Dzięki rozwojowi techniki oświetleniowej możemy w sposób sztuczny wytwarzać światło jak również inne rodzaje promieniowania. Wytworzone w sposób sztuczny promieniowanie potrafimy wykorzystać do wielu użytecznych rozwiązań np. promieniowanie widzialne do oświetlenia dróg i pomieszczeń; promieniowanie rentgenowskie w diagnostyce medycznej; promieniowanie UV-A do utwardzania polimerów; promieniowanie UV-B do leczenia chorób skóry takich jak łuszczyca, czy bielactwo; zaś promieniowanie UV-C w dezynfekcji powietrza, powierzchni i wody.

Promieniowanie UV-C

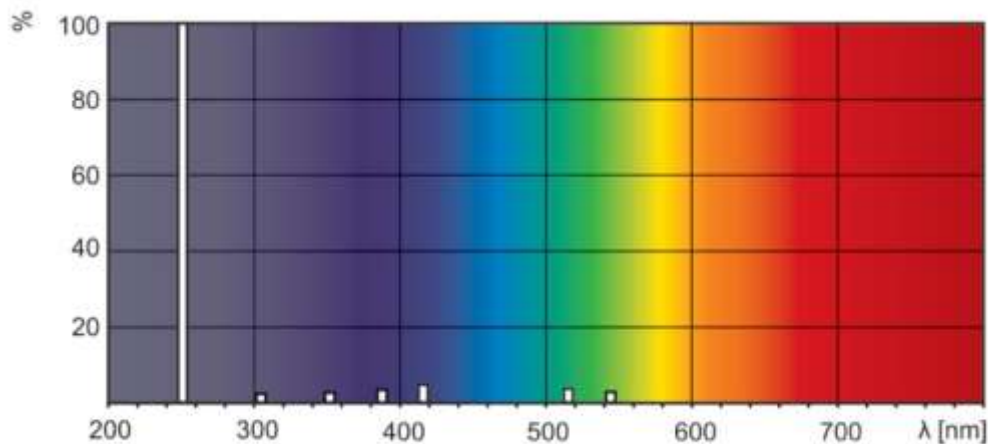
Na szczęście na Ziemię nie dociera promieniowanie UV-C, które w całości jest filtrowane przez atmosferę. To promieniowanie jest bardzo niebezpieczne dla wszelkich form życia. Dezaktywuje mikroorganizmy w tym wirusy i bakterie poprzez uszkodzenie ich DNA i RNA. Można przypuszczać, że gdyby atmosfera ziemską nie zatrzymywała promieniowania UV-C to na Ziemi życie istniałoby w szczątkowej formie na lądzie i rozwijałoby się głównie w głębinach morskich. Z tego samego powodu wykorzystywanie tego typu promieniowania wymaga zachowania szczególnych warunków bezpieczeństwa, aby nie narazić ludzi, zwierząt i roślin na bezpośrednią ekspozycję.

UV-C to zakres najkrótszych fal promieniowania UV, który obejmuje długości od 100 nm do 280 nm. Szczególne właściwości biobójcze UV-C posiada w zakresie fal o długości 220-280 nm



Rysunek 2. Krzywa biobójcza dla promieniowania UV-C.

Wykres krzywej biobójczej, która obrazuje skuteczność destrukcji organizmów żywych w zależności od długości fali promieniowania UV-C. Widzimy, że największa skuteczność promieniowania UV-C występuje dla fali 265 nm. Jak pisałem wcześniej potrafimy wytworzyć promieniowanie UV-C w sposób sztuczny. Okazuje się, że przy wyładowaniu elektrycznym w parach rtęci powstaje promieniowanie ultrafioletowe o długości fali 253.7 nm, czyli bardzo blisko maksimum skuteczności biobójczej. To właśnie dzięki temu promienniki UV-C są bardzo efektywne w przemianie energii elektrycznej na użyteczne promieniowanie UV-C wykorzystywane w dezynfekcji.



Rysunek 3. Widmo promiennika UV-C Philips TUV T8.

Należy pamiętać, że do skutecznej dezaktywacji wirusów i bakterii potrzebna jest odpowiednio silna doza promieniowania UV-C oraz czas ekspozycji. Dlatego projektowanie instalacji do dezynfekcji UV-C należy powierzyć specjalistom, którzy dysponują odpowiednią wiedzą pozwalającą na dobór odpowiednich urządzeń oraz zaprojektują instalacje UV-C i zweryfikują poprzez obliczenia efektywność jej działania.

Dlaczego powinniśmy dezynfekować powietrze i powierzchnię?

Transmisja patogenów - tj. wirusów, czy bakterii - wywołujący chorobę u danego organizmu nastąpić może wskutek:

- a) Bezpośredniego kontaktu z zakażoną osobą,
- b) Poprzez transmisje aerozolu z patogenami znajdującymi się w powietrzu,
- c) Poprzez kontakt bezpośredni z powierzchnią, na której znajduje się patogen.

Dlatego po pierwsze powinniśmy zapobiegać, czyli nie dopuszczać do kontaktu z zakażoną osobą oraz ograniczyć ryzyko zakażenia w miejscach, w których mogły przebywać zakażone osoby poprzez środki ochrony osobistej oraz dezynfekcje powietrza i powierzchni, gdzie mogą znajdować się wirusy i bakterie. Dezynfekcja z wykorzystaniem promieniowania UV-C jest jedną z najbardziej skutecznych metod pozwalających na zmniejszenie ryzyka zakażenia.

Promienniki UV-C

Urządzenia jak również oprawy do dezynfekcji są wyposażone w promienniki UV-C. Jeżeli urządzenie do dezynfekcji będzie wykorzystywane w pomieszczeniach, w których na co dzień przebywają ludzie to należy bezwzględnie sprawdzić przed zakupem w jakiego typu promienniki jest wyposażone urządzenie. Należy unikać promienników UV-C emitujących promieniowanie powodujące dodatkowo wytwarzanie ozonu. Jest to bowiem gaz toksyczny, który powoduje u człowieka uszkodzenie błon biologicznych. Przy stężeniach 0.2 mg/m^3 pojawia się kaszel, drapanie w gardle, senność i bóle głowy a przy $9\text{--}20 \text{ mg/m}^3$ może wystąpić wzrost ciśnienia tętniczego, przyspieszenia tętna i obrzęk płuc. Norma PN-Z-04007-2:1994 NDS określa najwyższe dopuszczalne stężenie ozonu w miejscu pracy na $0,15 \text{ mg/m}^3$.

Stosowanie promienników wytwarzających ozon powoduje konieczność intensywnego przewietrzania pomieszczenia po dezynfekcji. Powinno się również monitorować poziom stężenia ozonu w pomieszczeniu. Dlatego, aby znacząco uprościć proces dezynfekcji oraz uniknąć przekroczenia dopuszczalnych poziomów stężenia ozonu należy wybierać urządzenia UV-C wyposażone w promienniki, które nie wytwarzają ozonu. Tego typu promienniki produkowane są ze specjalnego szkła, które filtrują tę część promieniowania, która wytwarza ozon i posiadają widmo promieniowania

jak na rysunku 3. Dokonując wyboru warto również sprawdzić trwałość użyteczną promienników, gdyż wraz z czasem użytkowania efektywna ilość UV-C maleje. Dłuższa trwałość użyteczna promiennika pozwoli na efektywniejszą dezynfekcję UV-C w czasie.

Urządzenia/oprawy UV-C

Do dezynfekcji powierzchni i powietrza możemy wyróżnić trzy grupy urządzeń/opraw UV-C:

- a) Urządzenia/oprawy UV-C otwarte (rysunek 4),
- b) Urządzenia/oprawy UV-C częściowo otwarte (rysunek 5),
- c) Urządzenia/oprawy UV-C zamknięte (rysunek 6).

Urządzenia/oprawy UV-C otwarte

Tego typu sprzęt jest wykorzystywany do bezpośredniej dezynfekcji powietrza i powierzchni. Bezpośrednia ekspozycja na promieniowanie UV-C to najskuteczniejsza forma dezynfekcji. Jednakże ze względów bezpieczeństwa podczas pracy urządzenia do bezpośredniej dezynfekcji UV-C obowiązuje zakaz przebywania w pomieszczeniu ludzi, zwierząt. Należy również wynieść lub osłonić rośliny znajdujące się w pomieszczeniu. Dlatego zawsze należy bezwzględnie stosować się do informacji o bezpiecznym użytkowaniu, instalacji i konserwacji urządzenia, które powinna być załączona do każdego sprzedawanego produktu UV-C. Ze względów bezpieczeństwa prawidłowo wykonane instalacje bezpośredniej dezynfekcji UV-C posiadają zawsze zabezpieczenia chroniące przed ekspozycją na promieniowanie np. zabezpieczenia czasowe, zabezpieczenia przed nieautoryzowanym dostępem do pomieszczenia, czujniki ruchu, czujniki obecności.

Biobójcze działanie promienników UV-C jest tak duże, że przebywanie w odległości kilku metrów od promiennika i obserwacja urządzenia do bezpośredniej dezynfekcji powierzchni już po kilkunastu sekundach powoduje ryzyko uszkodzenia wzroku oraz groźne oparzenia skóry po kilku minutach ekspozycji. Jest to tym bardziej niebezpieczne, że po ekspozycji niepokojące objawy np. ból oczu, pojawiają się dopiero po kilku godzinach, kiedy jest już za późno.



Rysunek 4. Oprawa UV-C otwarta do bezpośredniej dezynfekcji.

Należy również pamiętać, że ekspozycja na bezpośrednie promieniowanie UV-C może powodować przyspieszone starzenie materiałów wrażliwych na ten zakres promieniowania m.in. tworzyw sztucznych. Z tego względu należy również chronić cenne dla nas przedmioty np. obrazy, czy pamiątkowe zdjęcia. Dlatego również urządzenia i oprawy

do dezynfekcji UV-C powinny być specjalnie zaprojektowane oraz wykonane z materiałów odpornych na UV-C lub odpowiednio chronione przed przyspieszonym starzeniem. Na rysunku 4 widać przykład ekranowania wrażliwych części oprawy przed promieniowaniem UV-C. Dzięki takiej konstrukcji sprzęt może być eksploatowany przez wiele lat.

Pamiętajmy, że inne metody takie jak np. dezynfekcja chemiczna, czy ozonowanie także wpływają na przyspieszone zużycie materiałów. Dla przykładu stosowanie dezynfekcji chemicznej może powodować uszkodzenie elektronicznych komponentów, dlatego przy dezynfekowaniu miejsc pracy przy produkcji urządzeń elektronicznych rekomendowaną metodą jest promieniowanie UV-C a nie środki chemiczne.

Rozwiązania bezpośredniej dezynfekcji UV-C rekomendowane są do miejsc, w których cyklicznie pojawia się dużo osób np. szatnie, toalety, miejsca świadczenia usług, miejsca pracy, hotele, sklepy, zakłady fryzjerskie, gabinety dentystyczne, gabinety lekarskie, apteki etc.

Urządzenia/oprawy UV-C częściowo otwarte

Tego typu urządzenia wykorzystują bezpośrednie promieniowanie UV-C oraz układy optyczne pozwalające na precyzyjne ukierunkowanie promieniowania. Przykładem takich opraw są urządzenia do dezynfekcji powietrza w górnej przestrzeni pomieszczeń tzw. Upper-Air Disinfection (rysunek 5). W takim urządzeniu strumień promieniowania UV-C jest kształtowany za pomocą odbłyśnika i dyfuzora optycznego w taki sposób, aby po instalacji sprzętu na ścianie lub suficie pomieszczenia wiązka promieniowania była skierowana równoległe do płaszczyzny sufitu (pozwala to uniknąć odbić na suficie). Prawidłowy montaż takiego urządzenia oraz precyzyjnie kontrolowany rozsył promieniowania pozwala ograniczyć maksymalne natężenie napromienienia do $0,2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ na poziomie, na którym znajdują się ludzie. Dzięki temu tego typu sprzęt można również użytkować w pomieszczeniach, w których pracują ludzie np. biura, banki, hotele, szkoły.



Rysunek 5. Oprawa UV-C częściowo otwarta do dezynfekcji powietrza.

Zasada działania urządzenie polega na utworzeniu strefy odkażania powietrza powyżej przestrzeni, w której przybywają ludzie. Jednak z uwagi na fakt, że w strefie dezynfekcji mogą znaleźć się ludzie np. w ramach prac porządkowych lub konserwacyjnych (np. układ wentylacji lub klimatyzacji), należy również zadbać o ich bezpieczeństwo. W takim przypadku zabezpieczeniem mogą być wyłączniki, które przerwą pracę urządzeń, gdy w strefie ich działania pojawi się człowiek i zabezpieczenie w formie wizualnego oznakowania, które pozwoli odróżnić pomieszczenie, w którym zainstalowane są urządzenia.

Urządzenia/oprawy UV-C zamknięte

Konstrukcja tego typu urządzeń powinna całkowicie uniemożliwiać emisję promieniowania UV-C poza wnętrze urządzenia podczas jego pracy. Urządzenia tego typu są wykorzystywane do dezynfekcji przedmiotów np. komory dezynfekcyjne lub dezynfekcji powietrza np. urządzenia przepływowe, w których zasysane powietrze przepuszczone jest przez komorę UV-C urządzenia w celu dezynfekcji a następnie wypuszczane jest z powrotem do pomieszczenia.

Przykładem zamkniętego urządzenia UV-C są komory do dezynfekcji UV-C wykorzystywane do dezynfekcji przedmiotów. Rysunek 6 przedstawia komory do dezynfekcji przedmiotów. Pomimo braku bezpośredniego zagrożenia przy pracy tego typu sprzętu; urządzenie, które może zostać otwarte przez dowolną osobę bez użycia narzędzi i które naraziłoby tę osobę na promieniowanie UV-C, musi być bezwzględnie wyposażone w automatyczny wyłącznik odcinający.



Rysunek 6. Komora do dezynfekcji przedmiotów.

Urządzenia tego typu są wykorzystywane do codziennej dezynfekcji przedmiotów. Mogą to być zarówno przedmioty osobistego użytku, takie jak telefony komórkowe, portfele, torebki, ale również przesyłki listowe, czy paczki, urządzenia współdzielone oraz narzędzia pracy. Z tego względu mogą znaleźć zastosowanie w wielu miejscach takich jak biura, sklepy czy zakłady pracy w pomieszczeniach takich jak recepcje, centra dystrybucji, pomieszczenia pocztowe, warsztaty.

Podsumowanie

Skuteczność technologii UV-C w redukcji zagrożeń epidemiologicznych wynika z faktu biobójczego działania promieniowania UV-C, które z tego względu jest również niebezpieczne dla człowieka. Będąc świadomi tego zagrożenia powinniśmy w sposób rygorystyczny podchodzić do kwestii związanych z bezpieczeństwem i profesjonalizmem obsługi.

Przy wyborze urządzeń do dezynfekcji UV-C należy zwrócić szczególną uwagę na zakres emitowanego promieniowania. Wiemy już, że największa skuteczność promieniowania UV-C występuje dla fali 265 nm. Aktualnie najbliższe tej wartości są promienniki emitujące UV-C o długości fali 253.7 nm. Mając na względzie fakt, że dezynfekcje będziemy stosować w zamkniętych pomieszczeniach należy unikać urządzeń, w których znajdują się promienniki UV-C wytwarzające ozon (szczególnie emitujących 185 nm), który jest gazem trującym dla człowieka.

Aby zapewnić skuteczność i bezpieczeństwo dezynfekcji instalacja UV-C powinna zostać zaprojektowana przez profesjonalistów, którzy dobiorą właściwe urządzenia, ich moc i rozmieszczenie oraz zadbają o zastosowanie właściwych zabezpieczeń (np. zabezpieczeń czasowych, czujników ruchu, czujników obecności) do danego pomieszczenia. Pamiętajmy również, że najlepszym zabezpieczeniem jest prawidłowo wykonana instalacja przez przeszkolonego instalatora. Obowiązkowym elementem uruchomienia instalacji powinno być również przeszkolenie użytkowników ze szczególnym naciskiem na kwestie związane z bezpiecznym użytkowaniem UV-C.

Opracowano w oparciu o materiały firmy Signify Poland Sp. z o.o.