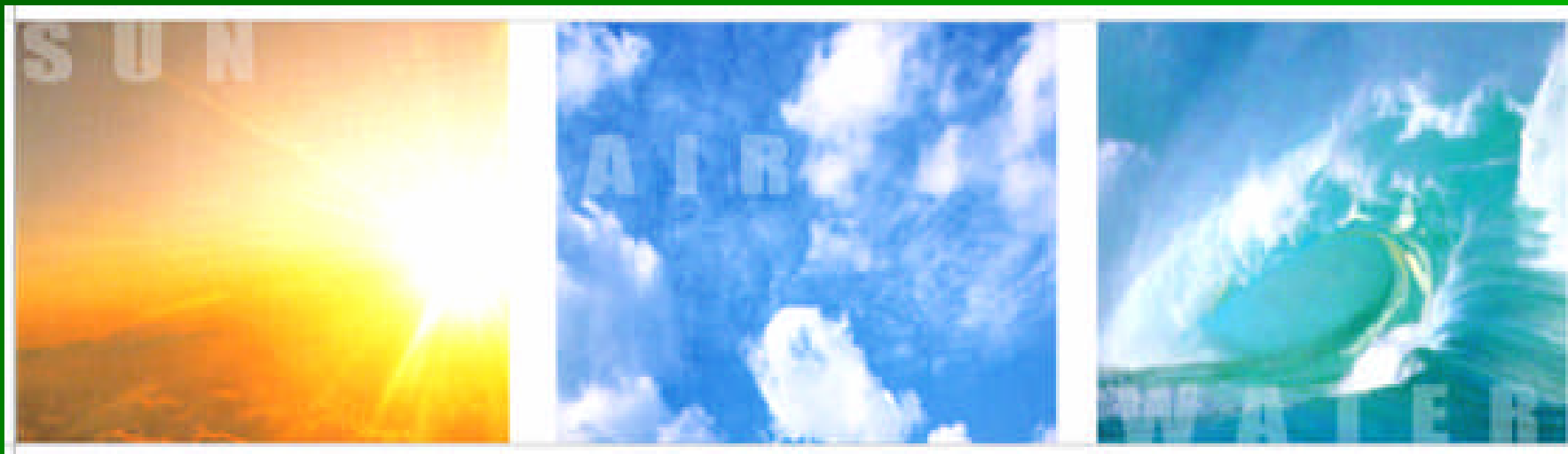




SAW d.o.o. Koper, Ferrarska 14, 6000 Koper



Ta CD je bil narejen s strani družbe SAW d.o.o. s ciljem, da podamo nekatere osnovne informacije o tehnologiji UV dezinfekcije pitnih in odpadnih vod in je zato v celoti tudi njena last.

Dovoljuje se njegovo ogledovanje, brez predhodnega soglasja družbe SAW d.o.o. Koper, pa se ne dovoljuje njegovo kopiranje (tako delno kakor v celoti), ali uporaba vsebovanih podatkov v druge namene.

Ker je področje UV dezinfekcije pri nas še dokaj nedorečeno upamo, da vam bodo dane informacije koristile pri definiranju in izbiri ustrezne opreme.

Za vse podrobnejše ali dodatne informacije smo vam na razpolago na :



tel. (05) 63 14 100 ali 041 710 421, fax. (05) 63 92 130, saw @ siol.net

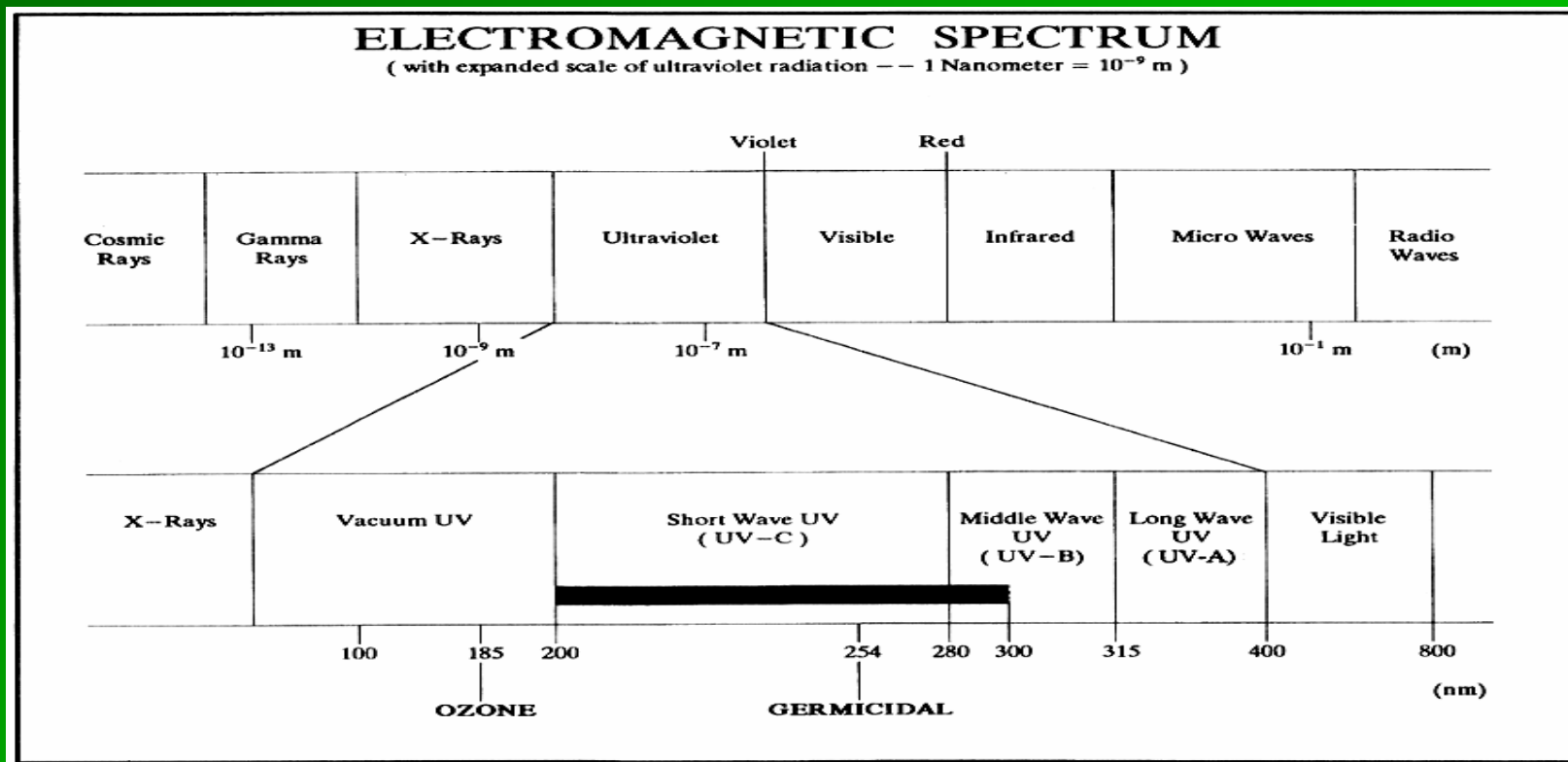
ULTRAVIOLETNO SEVANJE

- 1. UV sevanje*
- 2. Način delovanja*
- 3. UV doza*
- 4. Transmisijski faktor*
- 5. Foto reaktivacija*
- 6. UV svetilke*
- 7. Debakterizacijska komora*
- 8. Električna upravljalna omara*
- 9. Razni načini dezinfekcije*
- 10. Možnosti uporabe*



1. ULTRAVIOLETNO SEVANJE IN NJEGOV DEZINFEKCIJSKI UČINEK

ULTRAVIOLETNO SEVANJE JE ENERGIJSKI DEL ELEKTROMAGNETNEGA SPEKTRA IN SE NAHAJA MED X-ŽARKI IN VIDNO SVETLOBNIM SPEKTROM
NJEHOVA VALOVNA DOLŽINA JE MED 100 IN 400 nm
(1nanometer (nm) = 10^{-9} metra)



UV SPEKTER DELIMO NA ŠTIRI VALOVNE PODSPEKTRE

1. **VACUUM UV** z valovno dolžino med 100 in 200 nm – s svetilkami takih karakteristik proizvajamo manjše količine ozona.
2. **UV-A** ali dolgo-valovno ultravioletno sevanje v razponu med 315 in 400 nm – ta valovni razpon ima zanemarljivo nizek germicidni efekt .Svetilke s takimi karakteristikami se uporabljajo v solarijih.
3. **UV-B** ali srednje-valovno ultravioletno sevanje v razponu med 280 in 315 nm –sevanje do 300 nm ima manjši germicidni efekt in v kmbinaciji z daljšim kontaktnim časom lahko dosežemo željeni učinek . Svetilke s to valovno dolžino se uporabljajo v medicini.
4. **UV-C** ali nizko-valovno ultravioletno sevanje v razponu med 200 in 280 nm – svetilke s takimi karakteristikami imajo zelo visok germicidni efekt in jih bomo podrobneje spoznali kasneje.

2. NAČIN DELOVANJA

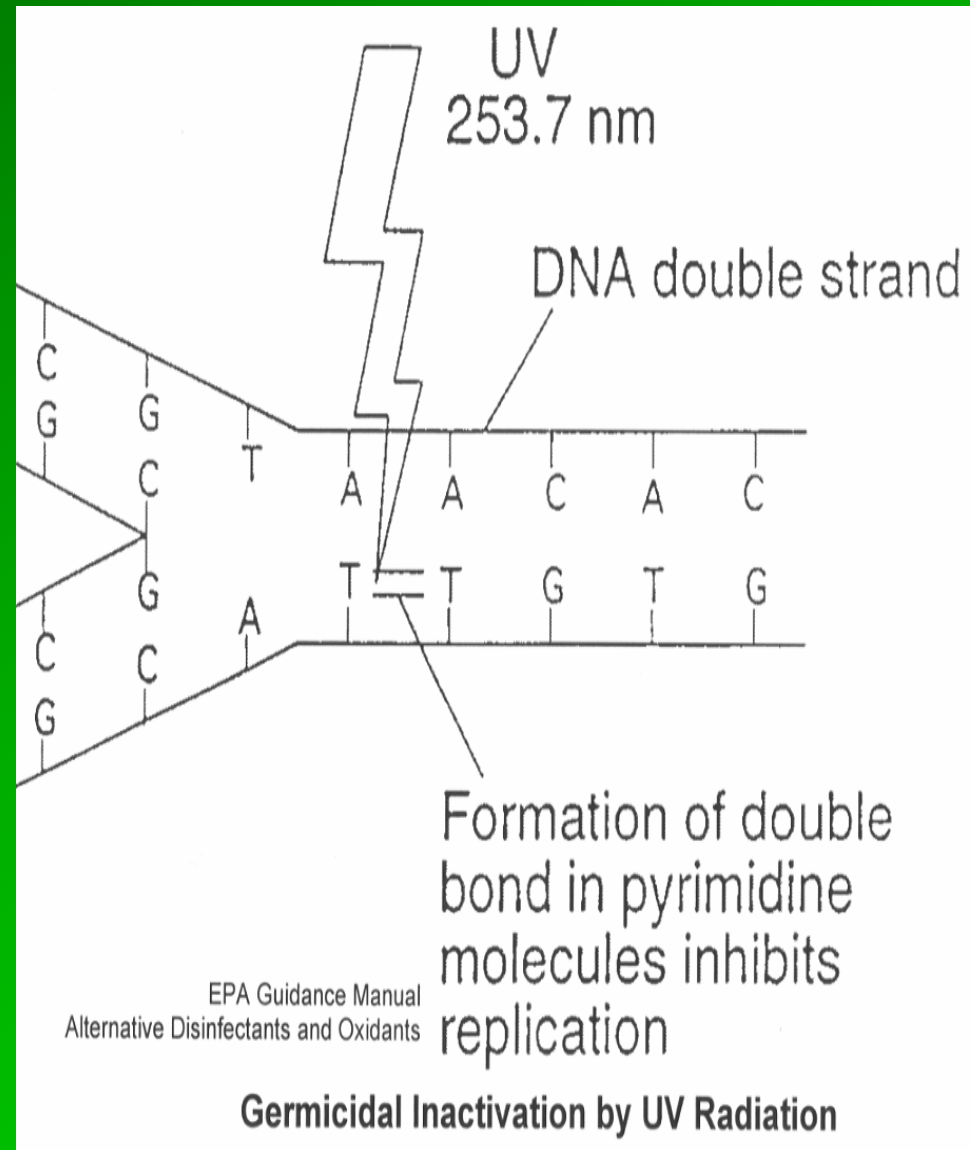
Germicidni efekt UV sevanja deluje na principu fotokemične poškodbe DNA in RNA mikroorganizma.

Nukleična kislina mikroorganizmov ima največjo absorpcijo UV sevalne energije v valovnem razponu med 254 in 265 nm.

DNA in RNA vsebujeta genetsko informacijo potrebno za reprodukcijo. S poškodovanjem ene od teh dveh substanc lahko mikroorganizem učinkovito steriliziramo. Ta poškodba je pogosto rezultat dimerizacije molekul pirimidina.

Cytosine (nahaja se v DNA in RNA), thymine (samo v DNA) in uracil (samo v RNA) so trije primarni tipi molekul pirimidina.

Reprodukcija nukleične kisline se onemogoči, ko molekule pirimidina spojimo skupaj, to se zgodi ko z UV sevalno energijo dosežemo distorpcijo helikalne strukture DNA.



3. UV DOZA

Željena stopnja destrukcije ali inaktivacije mikroorganizmov z UV sevanjem je direktno povezana z UV dozo. Izračun UV doze je sledeč :

$$D = I \times t$$

D = UV doza (mWs/cm²)

I = intenziteta sevanja (mW/cm²)

t = kontaktni čas (s)

Poizkusi so pokazali, da se nam, če večje število različnih mikroorganizmov izpostavimo UV sevanju, s konstantno intenziteto sevanja, pri različnih kontaktnih časih različne vrste mikroorganizmov inaktivira. Rezultat intenzitete s kontaktnim časom je letalna doza določene vrste mikroorganizma in se smatra, da so le ti inaktivirani na stopnjo 90% ali 1 log. Stroka pravi, da če hočemo stopnjo inaktiviranosti povečati na 99% ali 2 log moramo podvojiti letalno dozo (3 log = letalna doza × 3 , 4 log = letalna doza × 4).



PREGLED LETALNIH* DOZ RAZLIČNIH MIKROORGANIZMOV

Ultraviolet Dosage Required For Destruction Of Various Organisms (μW-s/cm ²)				table A
Bacteria		Mold Spores		
<i>Bacillus anthracis</i>	8,700	<i>Aspergillus flavus</i>	99,000	
<i>S. enteritidis</i>	7,600	<i>Aspergillus glaucus</i>	88,000	
<i>B. Megatherium sp. (veg.)</i>	2,500	<i>Aspergillus niger</i>	330,000	
<i>B. Megatherium sp. (spores)</i>	5,200	<i>Mucor racemosus A</i>	35,200	
<i>B. paratyphosus</i>	6,100	<i>Mucor racemosus B</i>	35,200	
<i>B. subtilis</i>	11,000	<i>Oospora lactis</i>	11,000	
<i>B. subtilis spores</i>	22,000	<i>Penicillium digitatum</i>	88,000	
<i>Clostridium tetani</i>	22,000	<i>Penicillium expansum</i>	22,000	
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	6,500	<i>Penicillium roqueforti</i>	26,400	
<i>Eberthella typhosa</i>	4,100	<i>Rhizopus nigricans</i>	220,000	
<i>Escherichia coli</i>	6,600			
<i>Leptospira</i>	6,000			
<i>Micrococcus candidus</i>	12,300			
<i>Micrococcus sphaeroides</i>	15,400			
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	10,000			
<i>Neisseria catarrhalis</i>	8,500			
<i>Phytomonas tumefaciens</i>	8,500			
<i>Proteus vulgaris</i>	6,600			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10,500			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	6,600			
<i>S. typhimurium</i>	15,200			
<i>Salmonella</i>	10,000			
<i>Salmonella typhosa</i>	4,100			
<i>Sarcina lutea</i>	26,400			
<i>Serratia marcescens</i>	6,160			
<i>Dysentery bacilli</i>	4,200			
<i>Shigella dysenteriae</i>	4,200			
<i>Shigella paradysenteriae</i>	3,400			
<i>Spirillum rubrum</i>	6,160			
<i>Staphylococcus albus</i>	5,720			
<i>Staphylococcus aureus</i>	6,600			
<i>Streptococcus hemolyticus</i>	5,500			
<i>Streptococcus lactis</i>	8,800			
<i>Streptococcus viridans</i>	3,800			
<i>Vibrio cholerae</i>	6,500			
		Protozoa		
		<i>Chlorella vulgaris</i> (algae)	22,000	
		Nematode eggs	92,000	
		<i>Paramecium</i>	200,000	
		Virus		
		Bacteriophage (<i>E. coli</i>)	6,600	
		Influenza	6,600	
		Polio virus	6,000	
		Tobacco mosaic	440,000	
		Virus of Infectious Hepatitis	8,000	
		Yeast		
		Bakers' yeast	8,800	
		Brewers' yeast	6,600	
		Common yeast cake	13,200	
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13,200	
		<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	13,200	
		<i>Saccharomyces sp.</i>	17,600	

* Letalna doza

odmerek
snovi, ki pri
enkratnem
vnosu povzroči
smrt več kot
90 % teh
organizmov.

$$10 \text{ J/m}^2 = 1 \text{ mJ/cm}^2 = 1 \text{ mWs/cm}^2 = 1000 \text{ } \mu\text{Ws/cm}^2$$



V primeru določevanja letalne doze smo imeli opravka z znano vrsto mikroorganizma in to v idealnih pogojih. V praksi je to malo drugače. V vodi imamo različno število in različne vrste mikroorganizmov, opravka imamo tudi z motnostjo vode in z elementi kateri UV sevanje absorbirajo ali pa odbijajo. Za določiti stopnjo dezinfekcije bomo uporabili sledečo enačbo,

$$N = f \times D^n$$

N = število coliformnih /100mL

D = UV doza, (mWs/cm²)

n = empirični koeficient v povezavi z dozo

f = empirični faktor kvalitete vode (funkcija motnosti, absorbcije in odbojnosti) – transmisija

Za določitev transmissijskega faktorja vode uporabimo spektrophotometer katerega predhodno umerimo na valovno dolžino 254 nm in na višino merjenja 10mm. V primeru da tega nimamo se moramo držati priporočil stroke. V nadaljevanju je tabela - priporočilo **US Environmental Protection Agency** za pitno vodo.

Table 8-1. Water Quality and Associated UV Measurements

Source Water Quality	Absorbance (absorbance units/cm)	Percent Transmittance
Excellent	0.022	95%
Good	0.071	85
Fair	0.125	75

Source: DeMers and Renner, 1992.

April 1999

8-3

EPA Guidance Manual
Alternative Disinfectants and Oxidants



4. TRANSMISIJSKI FAKTOR V ODVISNOSTI OD DOLŽINE MERJENJA IN ODGOVARJAJOČE SPEKTROPHOTOMETRIČNO MERJENJE ABSORBCIJE

%/T10mm	%/T50mm	%/T100mm	SAK254/T1cm
80	32,8	10,7	0,097
81	34,9	12,2	0,092
82	37,1	13,7	0,086
83	39,4	15,5	0,081
84	41,8	17,5	0,076
85	44,4	19,7	0,071
86	47,0	22,1	0,066
87	49,8	24,8	0,061
88	52,8	27,9	0,056
89	55,8	31,2	0,051
90	59,0	34,9	0,046
91	62,4	38,9	0,041
92	65,9	43,4	0,036
93	69,6	48,4	0,032
94	73,4	53,9	0,027
95	77,4	59,9	0,022
96	81,5	66,5	0,018
97	85,9	73,7	0,013
98	90,4	81,7	0,009
99	95,1	90,4	0,004

Vrednost 80/T10 pomeni, da je kvaliteta vode taka, da nam na razdalji merjenja 10mm prepusti 80% sevalne energije.

$$(80/T10 = 32,8/T50 = 10,7/T100 = 0,097/T10\text{-SAK254})$$



5. FOTO REAKTIVACIJA

Odpornost mikroorganizmov na UV sevanje zavisi od več faktorjev. V praksi igra najodločilnejšo vlogo fotoreaktivacija, ki jo povzroči dnevna svetloba, pri tem ne pomagajo nobeni poostreni higienski ukrepi. Pojav mikroorganizmov po inaktivaciji z nižjimi sevalnimi dozami je bil dokazan. Tako je ***Vibrio cholerae*** inaktiviran s 50 J/m^2 (na 4 decimalke), za preprečitev fotoreaktivacije pa rabi 210 J/m^2 . Za osnovo je bila vzeta inaktivacija ***Escherichia coli*** na 6 decimalk, za kar je potrebna doza 400 J/m^2 , pri kateri naj bi prišlo do reaktivacije klic na 4 decimalke.

Virusi ne vsebujejo obnovljivih encimov, zaradi česar ne kažejo fotoreaktivacije. Doza 400 J/m^2 povzroči pri **Roto** in **Polio** virusu inaktivacijo na 4 decimalke pri laboratorijskih pogojih, vključujoč napake pri sevanju. UV inaktivacija je pri virusih zelo učinkovita.

Protozoini paraziti kot ***Cryptosporidium oocyste*** in ***Giardia cyste*** niso dovolj uspešno inaktivirane, pri dozi 630 J/m^2 le na 1 decimalko (invitro test). Novejše invivo raziskave so pa pokazale inaktivacijo na 4 decimalke z dozo 270 J/m^2 . Treba je poudariti, da uspešna inaktivacija protozojnih parazitov ni dosežena tudi ne s Cl_2 , ClO_2 in O_3 pri dozah in kontaktnih časih, ki se uporabljajo za pitno vodo.

Večji del zgornjih odkritij je plod posebnega projekta v Nemčiji, ki je obdelal uporabo UV dezinfekcije pri površinskih vodah. Ta projekt je vodila Nemška zveza za pitno vodo po iniciativi prof. dr G.O.Sschenka, ki ga je podprlo tudi zvezno ministrstvo za znanost in raziskave. Projekt so izvajali Inštituti za higieno univerze iz Bonna, Berlina in Tubingena, Inštitut za medicinsko parazitologijo univerze iz Bonna in Max-Planckov inštitut radiacijske kemije iz Mulheima. Drugi del projekta je vključil nekatere proizvajalce UV naprav, članov nemškega Združenja proizvajalcev opreme za pline in vodo (FIGAWA), standardizacijskega inštituta DVGW. Vsесkozi pa je teklo sodelovanje z Inštitutom za higieno iz Dunaja in Inštitutom fizikalne medicine in veterinarske medicine iz Dunaja.

Po končanem projektu je DVGW Aprila 1996 izdal standard W 294, katerega je že prevzelo mnogo evropskih držav. Standard W 294 pravi, da je potrebno ob deklariranem izteku življenjske dobe svetilk, pri maksimalnem pretoku in pri najslabši kvaliteti vode (transmisija) zagotoviti da je UV doza še vedno najmanj 400 J/m^2 (foto reaktivacija).

Enake zahteve (kod DVGW W 294) postavlja tudi avstrijski standard za pitno vodo ONORM M 5873-1



6. UV - C SVETILKE

Narejene so iz 100% čistega kremenovega stekla (kakor tudi zaščitne cevi), napolnjene z inertnim plinom, običajno je to Argon in vsebujejo zelo majhno količino živega srebra. UV sevalna energija se sprošča ob prehodu elektronov preko živosrebrnih hlapov. Od navadnih neonskih svetilk se razlikujejo po steklu, slednje imajo navadno mehko steklo (s tem preprečimo prehod UV sevalne energije), ki je znotraj premazano s fosforjem z nalogo, da nam UV sevalno energijo pretvori v spekter vidne svetlobe. Vsled tega so za okolje (ob njihovi zamenjavi) manj obremenilne od neonskih.

UV-C svetilke delimo v tri grupe:

1. Nizkotlačne (klasične)
2. Nizkotlačne Amalgamske svetilke (različni proizvajalci jih personalizirajo z različnimi imeni, toda v osnovi so vse enake izvedbe)
3. Srednjetlačne (nekateri jih imenujejo jih tudi visokotlačne)

PRIMERJAVA MED RAZLIČNIMI GRUPAMI UV SVETILK

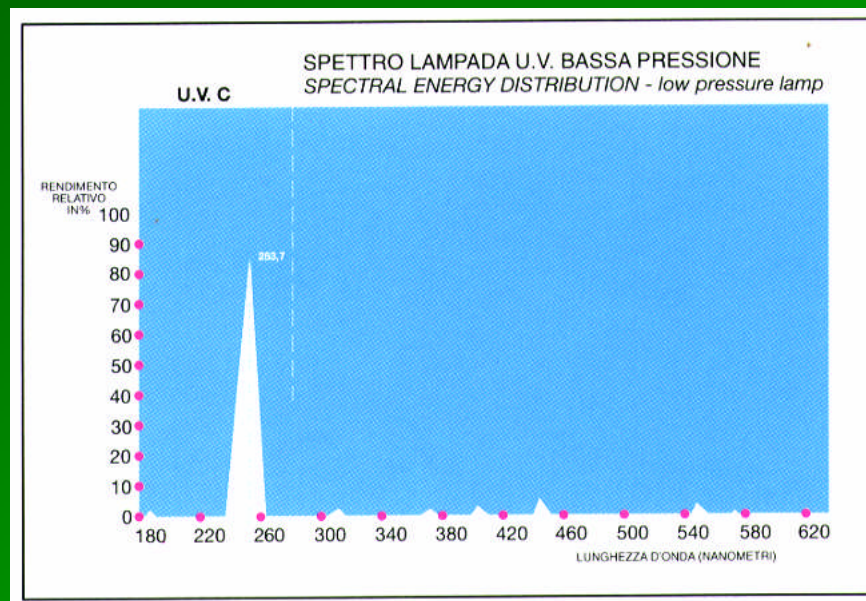
1. Nizkotlačne delimo v dve podgrupi nizko in visoko intenzitetne. Razlika med njimi je v moči. Prve so moči do 80W, druge pa so med 80 in 170W. Tako ene kod druge nam dajo do 41% realnih UV-C valov, pri valovni dolžini 253,7nm, tlak inertnega plina je v obeh modelih cca 2mbar. Delovna temperatura nizko intenzitetnih je cca 60°C in so primerne za tekočine z vstopno tem. do 30°C. Delovna temperatura visoko intenzitetnih je cca 80°C in so primerne za tekočine z vstopno temperaturo do 40°C. Omenjeni vrsti imata to dobro lastnost, da nista izpostavljeni pregrevanju v primeru, da preko komore ni pretoka medija kateri jih hladi. UV naprave z niskotlačnimi svetilkami so v začetni investiciji dražje, ker je za enako dozo potrebno vgraditi večje število svetilk. Razlika v ceni se kmalu povrne. Pri modelih z večjim številom svetilk dobimo dajše kontaktne čase in bolj enakomerno razporeditev UV-C valov po celotni komori, tako lahko dosežemo enako dozo z manjšo porabo el. energije. Svetilke so sorazmerno dolge saj dosegaajo tudi do 2000mm dolžine. Zaradi nizkih delovnih temperatur je tudi izločanje in deponiranje vodnega kamna na zaščitne kvarčne cevi manjše.

2. Nizkotlačne Amalgamske svetilke so podobne predhodnim z razliko, da je živo srebro nanešeno na amalgamski ploščici. Moč teh svetilk je med 100 in 500W, dajo nam do 42% realnih UV-C valov, pri valovni dolžini 253,7nm, tlak inertnega plina je cca 3mbar. Dolžina je podobna niskotlačnim. Delovna temperatura je 100-110°C. Slaba lastnost teh svetilk je, da ne smejo ostati brez minimalnega pretoka niti pol ure. Takoj ko se pregrejejo preko 130°C jim drastično pade % realnih UV-C valov in jih lahko zavržemo. Zaradi visoke delovne temperature je tudi izločanje vodnega kamna večje in je potrebno pogostejše čiščenje kvarčnih cevi. Dobra lastnost Amalgamskih svetilk je, da vstopna temperatura medija lahko doseže do 70°C.

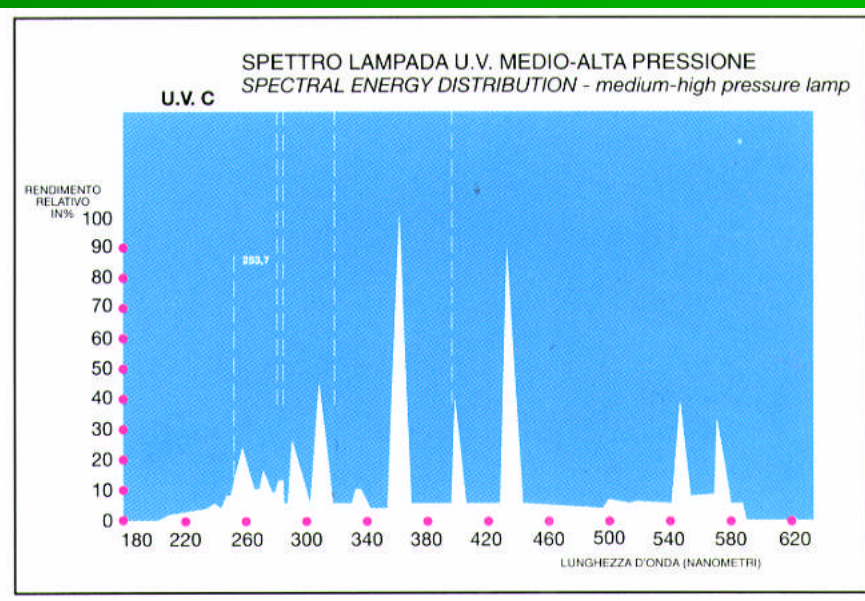
3. Srednje ali visoko tlačne UV svetilke, so moči med 400W in 37KW. Imajo sorazmerno nizek procent realnih UV-C valov <20%, valovni spekter pa se nahaja v razponu med 180 in 1370nm, tlak inertnega plina je v razponu med 2-3,5bar odvisno od moči. Njihova delovna temperatura je >600°C in imajo visoko tendenco pregrevanja s končnim rezultatom poka ali eksplozije svetilke. Zaradi visokih delovnih temperatur in pospešenega izločanja vodnega kamna imajo ti modeli vedno avtomatično čiščenje kvarčnih cevi in zahtevajo kontinuiran pretok vode za hlajenje. Dolžina teh svetilk je do cca. 500mm, kar pomeni, da je pri teh svetilkah zelo nizek kontaktni čas in moramo dozo dosegati s povečanjem moči, kar ima za posledico visoko porabo el. energije in na dolgi rok postanejo precej dražji. Zaradi kratkih svetilk je skoraj nemogoče vgraditi turbolatorje pretoka. Temperatura vstopnega medija lahko doseže do 90°C.



RAZMERJA MOČI PO VALOVNEM SPEKTRU ZA NIZKO TLAČNE in SREDNJE TLAČNE SVETILKE



Nizkotlačne svetilke

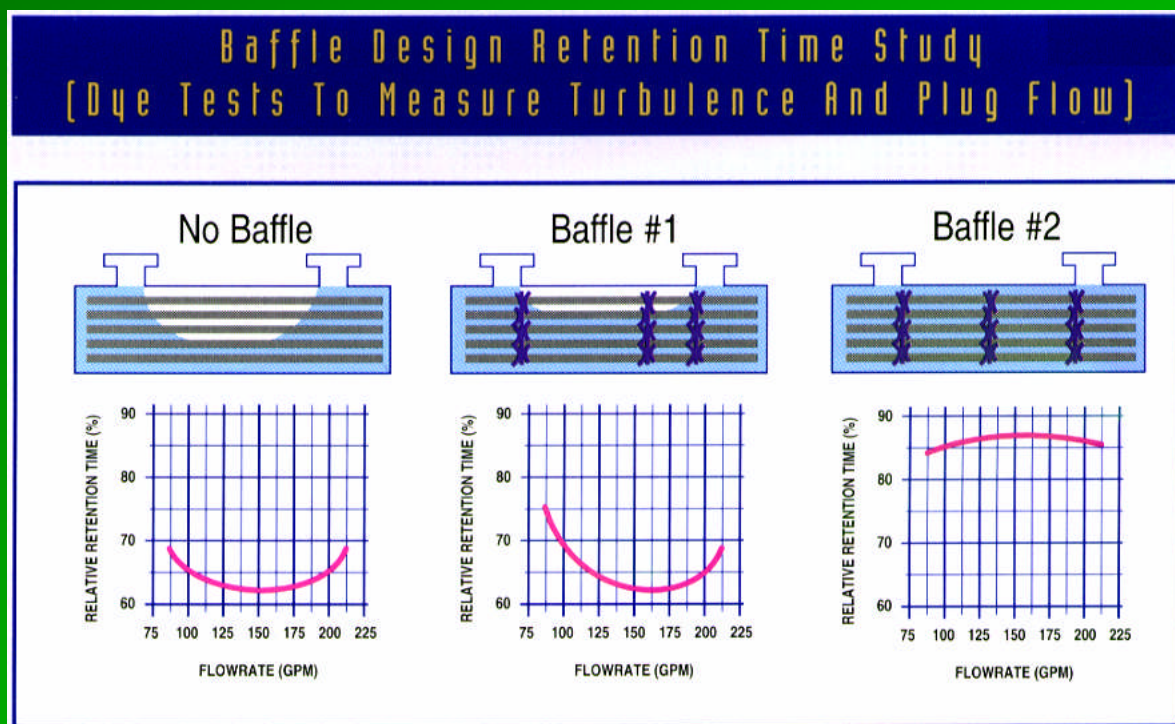


Srednjetlačne svetilke

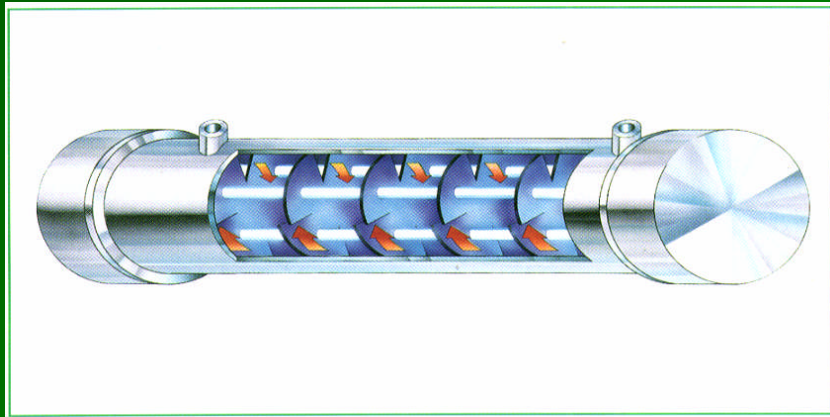


7. DEBAKTERIZACIJSKA KOMORA

Za zagotovitev uspešne radiacije je potrebno UV sevanje prilagoditi pretoku. Še posebej je treba zagotoviti, da je vsa tekočina enakomerno obsevana in enako dolgo. Zato vgradimo v komoro, vzdolž žarnic hidrodinamične turbulatorje in zadrževalce pretoka, ki nam preprečijo kratkostični tok vode. Prav tako je potrebno paziti na geometrično razporeditev svetilk, in njihovo medsebojno oddaljenost glede na namembnost komore, ter s tem zagotoviti čimbolj enakomerno razporejeno sevalno intenziteto vzdolž in povprek komore.

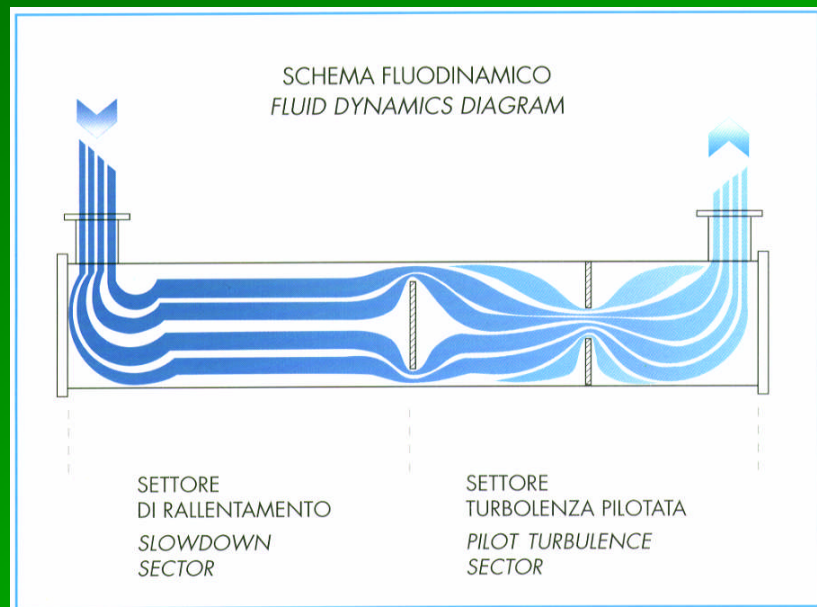
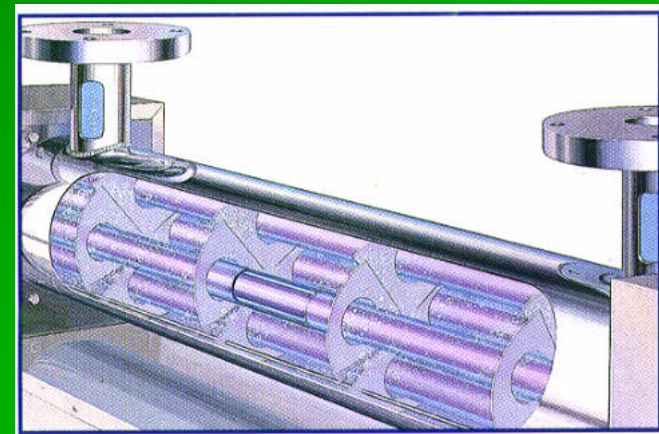


RAZVOJ DEBAKTERIZACIJSKE KOMORE z nizko tlačnimi žarnicami



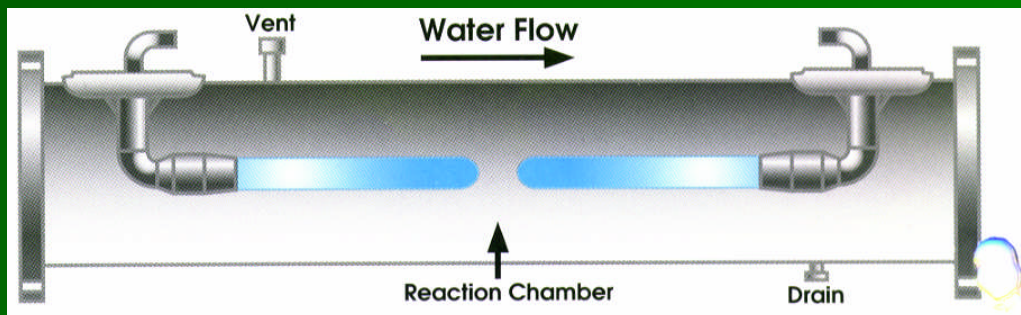
Hidrodinamični turbolatorji po celi dolžini UV komore - povzročajo nastanek senčnih predelov.

Z zmanjševanjem hidrodinamičnih turbolatorjev, so skušali zmanjšati površino senčnih predelov.



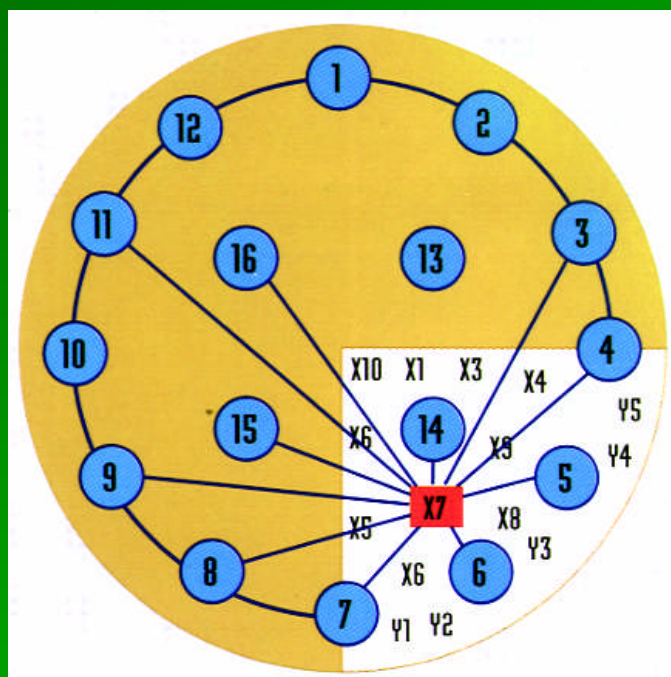
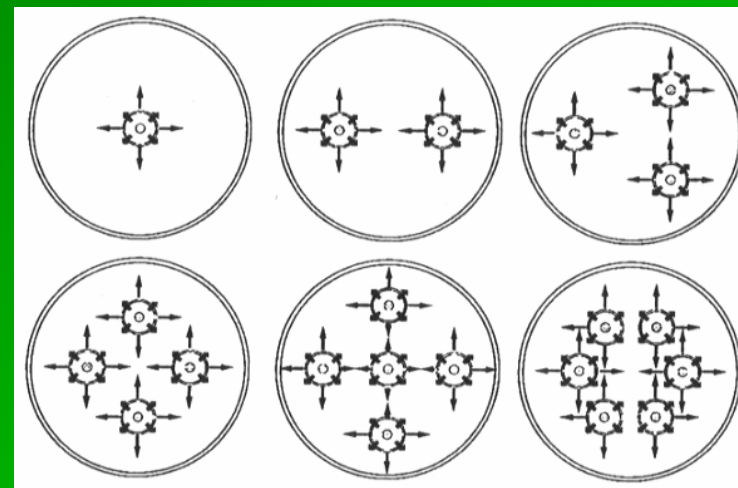
Z vgradnjo ravnih radialnih hidrodinamičnih turbolatorjev, smo dosegli maksimalni izkoristek.





Komora s srednje tlačnimi žarnicami
(kratka dolžina žarnic onemogoča
vgradnjo retenzorjev in turbulatorjev)

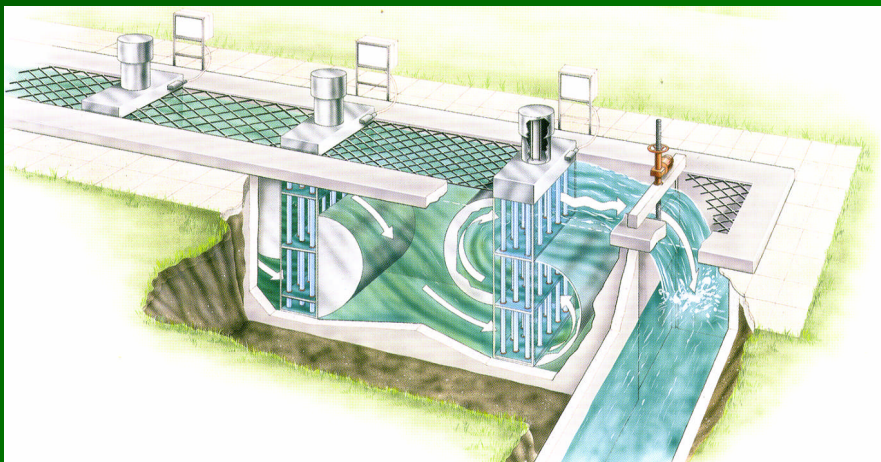
Razpored različnega števila
nizko tlačnih žarnic v komori



Prikaz modela izračuna sevalne doze v
posamezni točki UV komore pri nizko
tlačnih žarnicah



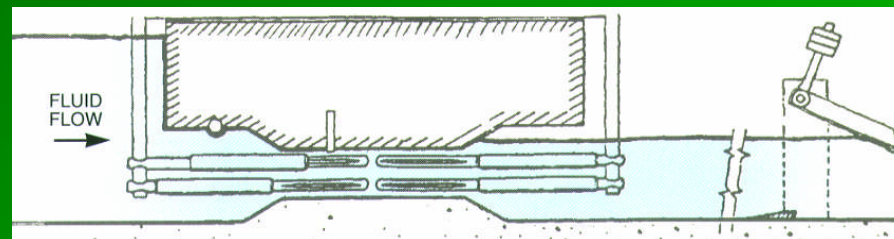
Debakterizacijske komore za odpadne vode



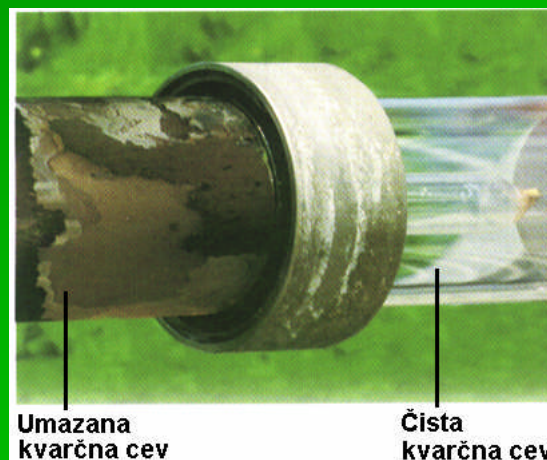
Kanalska debakterizacijska komora z nizko tlačnimi žarnicami klasičnimi ali amalgamskimi (atmosferski tlak)



Tlačna debakterizacijska komora z nizko tlačnimi žarnicami klasičnimi ali amalgamskimi (nadtlak)



Kanalska debakterizacijska komora s srednje tlačnimi ali visoko tlačnimi žarnicami (atmosferski tlak)



Uporaba **avtomatičnega** čiščenja kvarčnih cevi, je pri odpadnih vodah praktično obvezna



Poleg omenjenih karakteristik, moramo pri izbiri komore biti pozorni še na sledeče.

Način čiščenja kvarčnih zaščitnih cevi:

a. **Avtomatično čiščenje.** S pnevmatskim ali elektromotorjem, ki nam premika strgalne čistilne elemente. V poštev pride pri odpadnih vodah in pri srednje tlačnih svetilkah zaradi visokih delovnih temperatur in posledično temu povečanem odlaganju vodnega kamna.

b. **Polavtomatično čiščenje.** Premik strgalnih čistilnih elementov opravimo ročno. Uporablja se pri nizko tlačnih svetilkah in kjer medij ne pogojuje vsako dnevno čiščenje, pitna voda.

c. **Kemično čiščenje.** Z obtočnim kroženjem kemičnega sredstva raztopimo topljive obloge. Problematične so lepljive obloge. Po čiščenju moramo poskrbeti za nevtralizacijo kemičnega sredstva in dobro izpiranje komore.

d. **Ročno čiščenje.** Potrebno je izvleči svetilke nato še kvarčne cevi slednje ostrgati in zbrisati nakar ponovno sestaviti. Tukaj velja omeniti krhkost kvarčnih cevi in veliko možnost loma.

Sitem čiščenja a. in b. se lahko izvedeta med obratovanjem, medtem ko sistema c. in d. zahtevata izklop iz obratovanja in za čas čiščenja nadomestno dezinfekcijo.

Stroka priporoča tudi vgradnjo UV-metera, vzorčne pipice, odzračevalnih in izpustnih ventilov ter opazovalnega okenca, kateri mora zadržati UV sevanje.



8. ELEKTRIČNA UPRAVLJALNA OMARA

Pri izbiri se moramo zavedati, da bo njena lokacija v večini primerov v bližini zbirnih rezervoarjev in s tem izpostavljena visoki relativni vlažnosti, zato moramo stremeti k čim večji, s standardom predpisani zaščiti. V upravljalni omari se nahajajo : glavno stikalo, števec obratovalnih ur, UV meter, signalizacija delovanja posamezne svetilke, pokazatelji vrhnjih temperatur omare in komore, pokazatelj frekvence čiščenja kvarčnih cevi, hladilni ventilator in najbolj pomembni del transformatorji. Preko transformatorjev uravnavamo napajanje UV svetilk, samo dobra sinhronizacija med njima nam zagotavlja maksimalni izkoristek. Pri upravljalnih omarah je dobro razmišljati o opciji vodenja alarmnega signala na daljavo, saj so ponavadi te naprave oddaljene od mesta upravljanja.

9. RAZLIČNI NAČINI DEZINFEKCIJE

	UV sevanje	Klorinacija *	Ozonacija
Način delovanja	fizično	kemično	kemično
Začetna investicija	nizka	srednja	visoka
Obratovalni stroški	nizki	srednji	visoki
Vzdrževalni stroški	nizki	srednji	visoki
Pogostost vzdrževanja	občasno	pogosto	Zelo pogosto
Dezinfekcijski učinek	odličen	Zelo dober	dober
Potrebni kontaktni čas	1 do 5 sek	15 do 45 min	5 do 10 min
Nevarnost za osebe	minimalno	srednje	visoko
Toksične kemikalije	ne	da	da
Menja kem. strukturo vode	ne menja	menja	menja
Učinkovitost pri var. pretoku	odlična	zelo slaba	slaba

*vključujoč dekloriranje z aktivno ogljikovimi filtri.

10. MOŽNOSTI UPORABE UV DEZINFEKCIJE

Pitne vode
Odpadne vode
Bazenske vode
Procesne vode
Namakalne vode
Mineralne vode
Termalne vode
Hladilne vode
Vse kvalitete vod v farmaciji
Morska voda
Sirupi
Sladkorno goščo
Emulzijska olja
In vse ostale tekočine, ki jih lahko obsevamo.

UV dezinfekcija se tudi uporablja za dezinfekcijo zraka in površin.