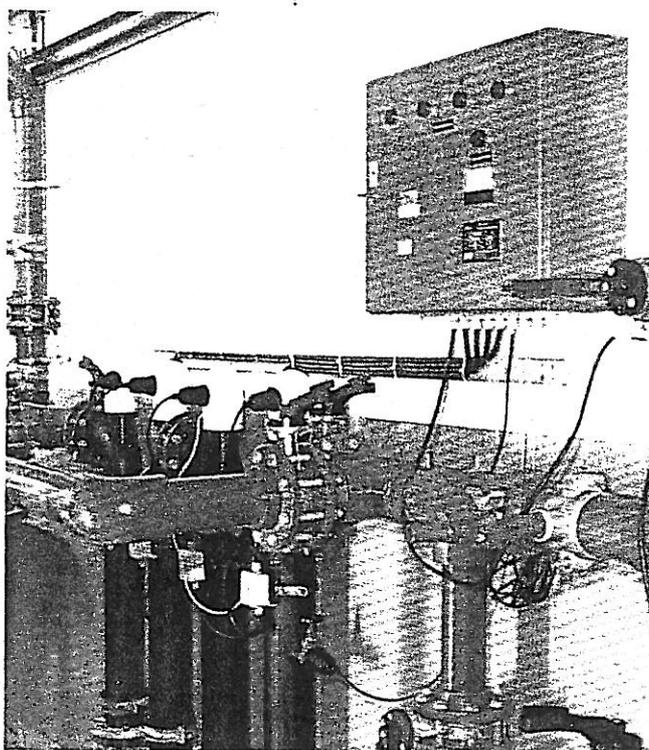


LE RADIAZIONI ULTRAVIOLETTE SONO MOLTO EFFICACI PER LA DEBATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE, SENZA ALTERARNE LE ALTRE CARATTERISTICHE. IL LORO IMPIEGO È ORMAI DIFFUSO PER APPLICAZIONI DI PICCOLA E GRANDE CAPACITÀ.

# LA DEPURAZIONE DELLE ACQUE

## con gli ultravioletti



sui costi di effettuazione di ognuno di essi. Va comunque segnalato che, in considerazione dei vantaggi che presenta, il trattamento con radiazioni ultraviolette tende ad essere sempre più largamente utilizzato.

### Presenza di microrganismi nell'acqua, processi di depurazione e campi di impiego

I microrganismi sono caratterizzati da dimensioni ridottissime e rappresentano forme primitive di vita. Comprendono, tra l'altro, batteri, alghe, muffe, funghi, virus; differiscono tra loro per forma, dimensioni, attività e flessibilità del metabolismo, distribuzione in ambiente.

L'entità della loro presenza definisce il grado di inquinamento biologico dell'acqua e può essere causa dell'insorgere di fenomeni patologici sia nell'uomo che negli animali.

Vari procedimenti - di tipo fisico, meccanico o chimico - possono essere seguiti per provvedere, pur con risultati alquanto diversi, alla disinfezione dell'acqua. Processi fisici sono quelli che utilizzano il calore (ebollizione) oppure i raggi ultravioletti; mezzi meccanici sono usati nei processi di filtrazione che im-

piegano filtri e bacini di chiarificazione; trattamenti chimici sfruttano l'azione ossidante del cloro, del biossido di cloro, dell'ossigeno e dell'ozono. Azione battericida possono svolgere sull'acqua anche alcuni metalli (specialmente argento e rame) per semplice contatto prolungato nel tempo (almeno 2 ore) oppure per passaggio dell'acqua tra elettrodi alimentati da corrente a bassissima tensione.

Il trattamento con radiazioni ultraviolette è relativamente semplice ed economico ed agisce istantaneamente e bene contro i microrganismi; non produce modificazione alcuna del sapore dell'acqua. Tuttavia da solo non ha effetto durevole ed il controllo del processo risulta alquanto difficile. È impiegato per purificare acque potabili, di piscine, di acquari, di raffreddamento o da utilizzare in industrie alimentari ed in laboratori.

### Le radiazioni ultraviolette e la loro azione sui microrganismi

I raggi ultravioletti sono radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda compresa tra 100 e 400 nm (nanometri); sono invisibili e collocate tra lo spettro della

Il trattamento con raggi ultravioletti è un processo di tipo fisico viene utilizzato per eliminare - o almeno ridurre - la presenza di germi patogeni (disinfezione) nelle acque. Non è in grado di correggere l'inquinamento di natura chimica che eventualmente accompagna, nell'acqua, quello batteriologico; pertanto spesso lo si trova associato a trattamenti di altro genere.

Tra i processi che consentono di ottenere una equivalente depurazione, la scelta si fa basandosi sul grado di inquinamento dell'acqua e

luce e le radiazioni X (fig. 1). Sono classificate in tre bande: UV-A (315-400 nm), con effetto abbronzante della pelle; UV-B (280-315 nm); UV-C (100-280 nm), con effetto germicida; nella zona tra 100 e 200 nm, danno luogo a formazione di ozono. Nel trattamento disinfectante dell'acqua si sfrutta la banda compresa tra 200 e 280 nm, tenendo presente che la massima potenzialità di azione si ha in corrispondenza della lunghezza d'onda di 254 nm.

Le radiazioni ultraviolette distruggono i microrganismi poiché causano cambiamenti fotochimici nelle componenti delle loro cellule; modificano infatti l'operazione di divisione delle cellule e quindi tolgono loro la capacità di crescere e di moltiplicarsi.

Valori percentuali dell'azione germicida alle varie lunghezze d'onda sono ricavabili dalla fig. 2 che mette in evidenza il rapido decrescere del potere germicida nel passaggio a lunghezze d'onda maggiori o minori di quelle di massima efficacia.

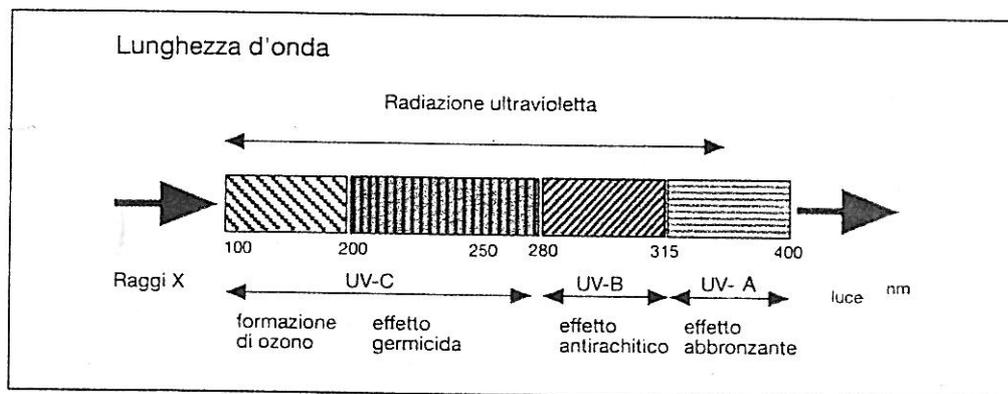


Fig. 1 Classificazione delle radiazioni ultraviolette.

Sperimentalmente sono state determinate le dosi minime ( $D$ , in  $J/m^2$ ) di radiazione UV a 254 nm occorrenti per distruggere il 90% di vari microrganismi; sono riportate nella tab. 1.

Una determinata dose di radiazione è ottenuta applicando una certa intensità di irradiazione ( $E$ , in  $W/m^2$ ) per un certo tempo di irradiazione ( $t$ , in s); la relazione teorica che lega le tre grandezze è  $D = (E \cdot t)$ .

### Lampade a radiazione UV

Come sorgenti artificiali di UV-C si impiegano lampade

a vapori di mercurio nelle quali si ha una scarica elettrica in un gas inerte leggermente carico di mercurio. Quelle a bassa pressione di vapore di mercurio sono disponibili nella gamma di potenza da 8 a 200 W e generano quasi esclusivamente radiazioni con lunghezza d'onda di 254 nm; hanno maggiore resa di quelle ad alta pressione utilizzate nel campo da 200 a 500 W. Tali lampade, che appartengono alla categoria delle lampade tubolari fluorescenti, hanno un rivestimento di vetro speciale che non lascia passare quasi del tutto le radiazioni che favoriscono la formazione di ozono. Sono utilizzate

Tab 1 - DOSE MINIMA APPROSSIMATIVA, IN  $J/m^2$ , DI RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA A 254 NM, RICHIESTA PER DISTRUGGERE IL 90% DI VARI MICRORGANISMI.

Batteri	Dose	Pseudomonas aeruginosa	55	Fermenti	Dose	Muffe	Dose
Bacillus anthracis	45	Pseudomonas fluorescens	35	Saccharomyces ellipsoideus	60	Aspergillus amstelodami	667
B. megatherium (veg.)	11	Salmonella enteritis	40	Saccharomyces cerevisiae	60	Aspergillus flavus	600
B. megatherium (spores)	27	S. Typhosa-typhoid fever	22	Torula sphaerica	23	Aspergillus glaucus	440
B paratyphosus	32	S. paratyphi-Enteric fever	32			Aspergillus niger	1320
B. subtilis	70	S. typhimurium	80	<b>Alghe</b>		Cladosporium herbarum	600
(spore)	120	Sarcina lutea	197	Diatomee		Mucor mucedo	650
Clostridium tetani	130	Serratia marcescens	24	Alghe verdi	3600-6000	Mucor racemosus	170
Clorynebact diphtheriae	34	Shigella dysenteriae				Oospora lactis	50
Eberthella typhosa	21	Dysentery form	22			Penicillium digitatum	440
Escherichia coli	30	Shigella flexneri		<b>Protozoi</b>		Penicillium expansum	130
Leptospira Spp.-infectious jaundice	32	Disentery form	17	Paramecium	640-1000	Penicillium chrysogenum	500
Micrococcus candidus	61	Shigella paradysenteriae	17			Penicillium roqueforti	130
Micrococcus piltonencis	81	Spirillum rubrum	44			Rhizopus nigricans	1110
Micrococcus sphaeroides	100	Staphylococcus albus	18			Scopulriopsis brevicaulis	800
Mycobacterium tuberculosis	62	Staphylococcus aureus	26				
Neisseria catarrhalis	44	Streptococcus hemolyticus	22				
Phytomonas tumefaciens	44	Streptococcus lactis	62				
Proteus vulgaris	26	Streptococcus viridans	20				
		Mycobacterium tuberculi	100				
		Vibrio comma-Cholera	34				

Fig. 2 Curva dell'attività germicida delle radiazioni ultraviolette in funzione della lunghezza d'onda.

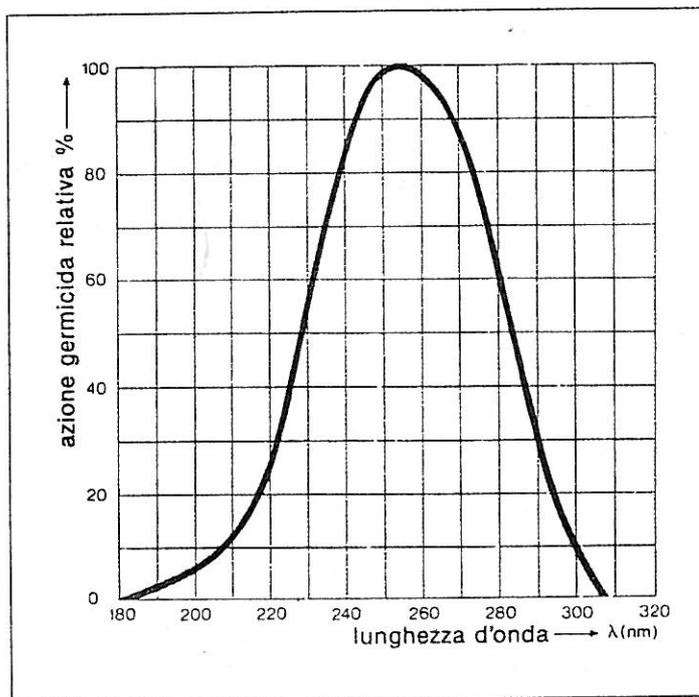
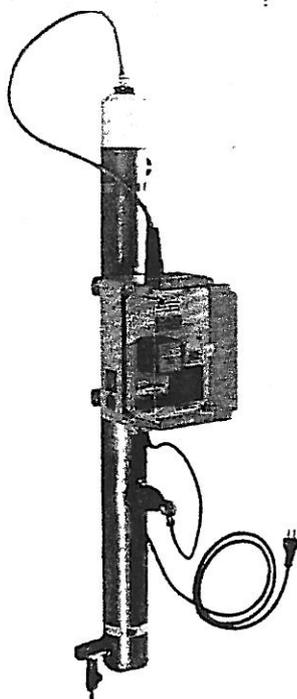


Fig. 3 (in basso) Apparecchi debatterizzatori con camera di trattamento a lampada singola. (Katadyn)

Fig. 4 (a destra) Camera di irradiazione con installazione multipla di lampade UV. (Katadyn)



in accoppiamento con uno stabilizzatore ed uno starter e sviluppano il massimo di efficienza a temperatura ambiente di 20 °C. Le lampade, protette da un rivestimento di quarzo, sono inserite in una camera di irradiazione che viene fatta attraversare dall'acqua da depurare.

L'efficacia delle radiazioni germicide nel trattamento dei liquidi dipende dalla loro capacità di penetrazione ed è quindi influenzata dalla

trasparenza del liquido.

L'effettiva profondità di penetrazione per uccidere il 90% dei microrganismi può variare da 3 m per acqua distillata fino a 12 cm per normale acqua; diminuisce ancora quando si trattano liquidi torbidi o colorati. La lampada gradualmente tende ad esaurirsi riducendo l'intensità della radiazione emessa; dopo un certo tempo (circa 8000 ore di funzionamento) dev'essere sostituita.

### Campo di applicazione del trattamento UV dell'acqua

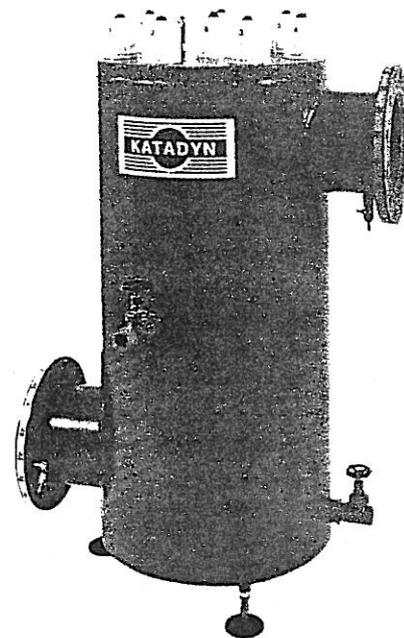
Tipiche applicazioni di irraggiamento UV dell'acqua si hanno nei trattamenti di:

- acqua potabile in acquedotti comunali e privati, in hotel, ristoranti, ospedali, scuole, centri sportivi, abitazioni private, ecc.;
- acqua potabile per navi, carrozze ferroviarie ristorante, ecc.;
- acqua per piscine;
- acqua utilizzata in fattorie, caseifici, allevamenti di bestiame, acquari, vivai ittici, ecc.;
- acqua minerale e da tavo-

la, acqua per processi dell'industria alimentare, elettronica, ecc.;

- acqua per laboratori dell'industria chimica, farmaceutica e cosmetica;
- acqua di raffreddamento e di lavaggio in impianti di condizionamento d'aria;
- acque di scarico.

Talvolta si fa ricorso ad irraggiamento UV combinato con trattamenti disinfettanti di altro tipo; per esempio con immissione finale di cloro per prolungare nel tempo la caratteristica di sterilità dell'acqua.



### Le apparecchiature di trattamento

Un apparecchio debatterizzatore a raggi UV è sostanzialmente costituito da due parti: camera di trattamento e centralina di controllo. La camera di trattamento può essere a lampada singola (per basse portate d'acqua) o a più lampade (per portate maggiori).

La centralina di controllo gestisce accensione, funzionamento e verifica del regolare funzionamento dell'impianto. Può essere integrata con la camera di trattamento in un corpo unico o separata

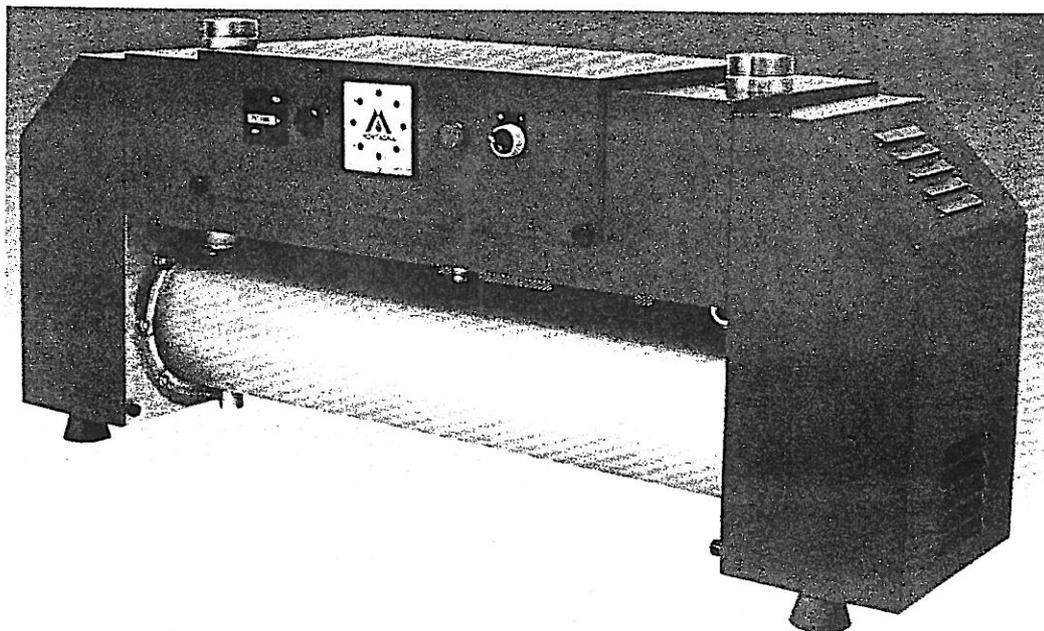


Fig. 5 Apparecchio di trattamento con più lampade operanti nella stessa camera di debatterizzazione; è inserito un deflettore che ha lo scopo di creare turbolenza all'acqua per assicurare la massima esposizione ai raggi UV. (Montagna)

da questa per semplificarne l'installazione e facilitarne la manutenzione.

Debatterizzatori UV di piccola potenza possono essere impiegati per trattare acqua non di acquedotto (di pozzo, di sorgente, di fiume; quindi non preventivamente trattata) o per il trattamento finale di acqua di acquedotto che potrebbe aver subito un inquinamento biologico.

Nei piccoli debatterizzatori UV la camera di trattamento contenente la lampada germicida può essere preceduta da un prefiltro normale (per trattenere particelle solide trasportate dall'acqua) o speciale (p. es. a carbone attivo per togliere all'acqua sapori o odori sgradevoli che essa possiede).

Contenitori di filtro e di lampada germicida sono realizzati in materiale compatibile con l'uso alimentare dell'acqua trattata.

Apparecchi adatti a portate maggiori (si arriva a capacità di trattamento di 1000 m<sup>3</sup>/h per camera) hanno struttura di volta in volta diversa in vista di soddisfare l'esigenza di operare con potenze di irraggiamento più o meno elevate e di assicurare durate di permanenza nella camera (e quindi tempi di irraggiamen-

to) sufficienti ad ottenere la desiderata riduzione della carica batterica.

Nelle camere di trattamento a lampada singola (fig. 3) fondamentalmente si ha una camera cilindrica che porta alle estremità gli attacchi di entrata e di uscita dell'acqua; in essa è sistemata, in posizione assiale, la lampada UV che un tubo di quarzo protegge dal contatto diretto con l'acqua.

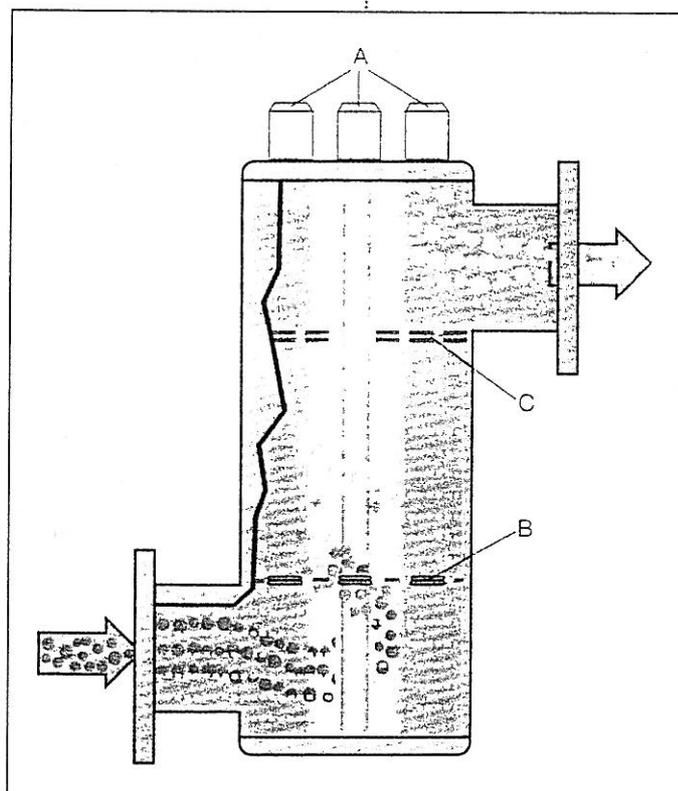
Il percorso obbligato per l'acqua, nell'intercapedine tra involucro esterno e lampada, assicura uniformità di trattamento per tutta la sua massa; la parte elettrica può essere incorporata in quella idraulica oppure staccata da essa.

Per capacità di trattamento notevoli uno stesso apparecchio viene dotato di più lampade UV (da 3 a 12) che, in relazione al flusso d'acqua che di volta in volta si ha, possono funzionare contemporaneamente o con l'esclusione di una o più di esse. Tali lampade possono essere sistemate tutte nella stessa camera (fig. 4 e fig. 5); oppure l'apparecchio può essere costituito da un certo numero di camere di minor diametro (ciascuna con la sua lampada) disposte in se-

rie ed attraversate dall'acqua sottoposta a trattamento.

In una camera a lampade multiple sono adottati particolari accorgimenti per garantire l'uniformità di trattamento dell'acqua che potrebbe essere turbata dal fatto che una parte di questa segue percorsi più brevi e che meno risentono dell'azione radiante delle lampade. Si ricorre a dispositivi che guidano il flusso liquido

Fig. 6 Spaccato di un debatterizzatore UV a camera tripla. (Katadyn)



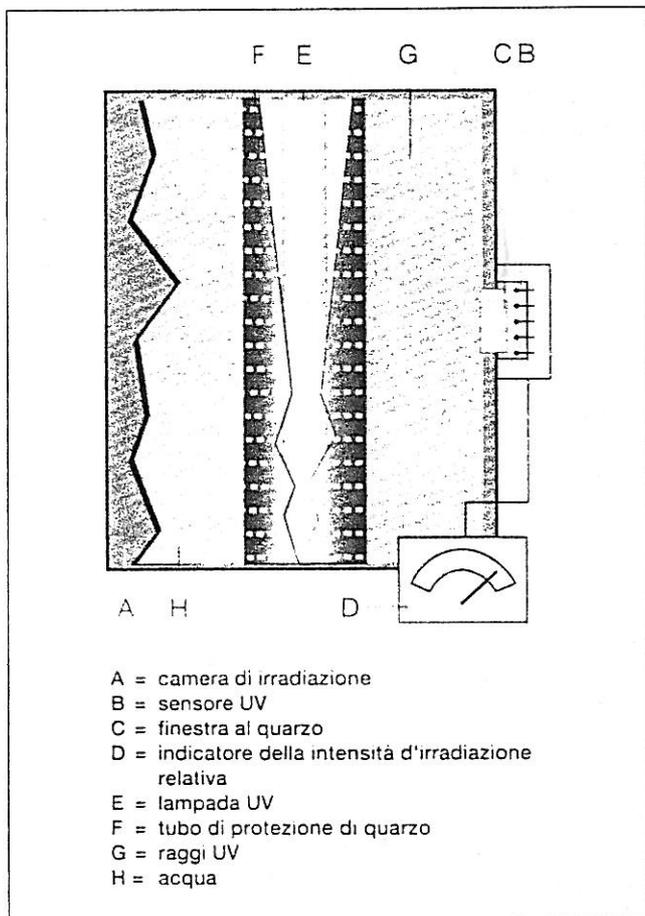


Fig. 7 (in alto) Spaccato di una camera di irradiazione a singola lampada UV.

Fig. 8 (a destra) Impianto di debatterizzazione UV per un acquedotto nel quale, secondo il consumo di acqua, possono essere usate fino a tre pompe per sollevare l'acqua dal sottosuolo. Ogni unità ha la capacità di trattamento di 72 m<sup>3</sup>/h. (Katadyn)

e creano una certa turbolenza all'interno della camera. La fig. 6 mostra lo spaccato di un debatterizzatore a camera tripla con sistemazione assiale delle lampade; all'interno dispositivi di guida idrodinamici conferiscono una certa turbolenza all'acqua per favorire il massimo utilizzo della radiazione e per l'autopulizia dei tubi di quarzo.

Deflettori impediscono all'acqua di prendere scorciatoie obbligando tutte le particelle a rimanere nella zona di irradiazione per il tempo occorrente per la disinfezione.

Per grosse portate d'acqua alcune apparecchiature sono costituite da batterie di lampade UV sistemate in posizione verticale oppure orizzontale; tali batterie possono essere inserite in un canale aperto percorso dall'acqua oppure in una tubazione di grande diametro facendo sì che l'asse delle lampade ri-

sulti perpendicolare alla direzione del flusso dell'acqua. Interessante è la dotazione dei dispositivi che provvedono alla regolazione ed alla condotta del processo di disinfezione.

La presenza di un microprocessore, che consente l'automatica effettuazione di controlli programmabili, è utile quando si devono trattare grosse portate d'acqua, molto variabili nel flusso e nella qualità.

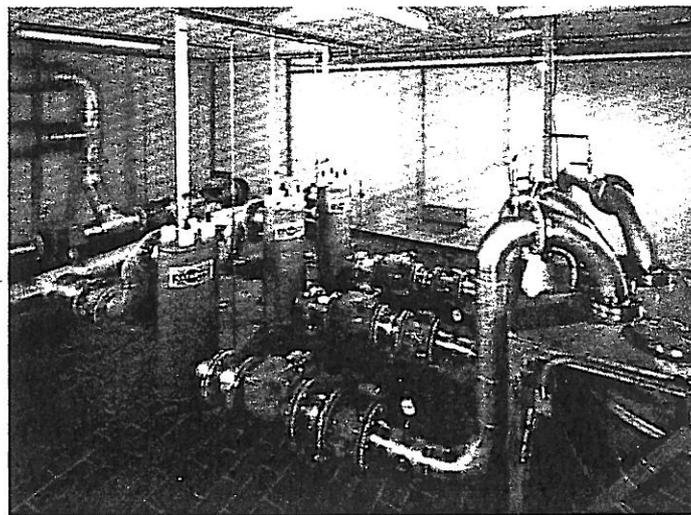
In assenza di microprocessore generalmente si installa un misuratore dell'intensità di irradiazione (sensore); esso controlla l'intensità delle lampade UV, la permeabilità dell'acqua alle radiazioni e gli eventuali depositi sui tubi di quarzo.

Con un allarme, segnala l'inammissibile funzionamento con valori di intensità scesi al di sotto del livello minimo programmato o altre irregolarità di funzionamento. Talvolta vengono impie-

gi ultravioletti che è disponibile nel punto più distante dalla lampada ed avverte dell'eventuale insufficienza di radiazione che può dipendere da motivi vari (esaurimento nel tempo della lampada, modificata permeabilità dell'acqua ai raggi UV, depositi di sporco sul tubo di quarzo, stabilità della corrente elettrica).

Un rivelatore (detettore) della presenza e della temperatura dell'acqua segnala l'anormale aumento della temperatura di questa per accumulo del calore irraggiato dalla lampada; evidenzia un arresto del flusso dell'acqua e provvede all'automatico disinserimento del funzionamento della lampada.

Un meccanismo di pulizia (raschiatore) provvede periodicamente, senza interrompere il flusso d'acqua, a rimuovere, con azionamento manuale comandato dall'esterno oppure motorizza-



gate lampade UV ad alta intensità che possono lavorare a diverse potenze consentendo, attraverso la regolazione del dosaggio di radiazione, di ridurre considerevolmente i costi di gestione. La fig. 7 mostra lo spaccato di una camera di irradiazione a singola lampada.

Un sensore UV legge continuamente l'intensità dei rag-

to, i depositi lasciati dall'acqua sulla superficie interna della camera e sulla superficie esterna del tubo di quarzo che protegge la lampada. Infine, nella fig. 8 è visibile un impianto di debatterizzazione dell'acqua a radiazioni ultraviolette per un acquedotto.