

Indlæg ved DEG temadag "Vandrensning 2" 26. november 1998

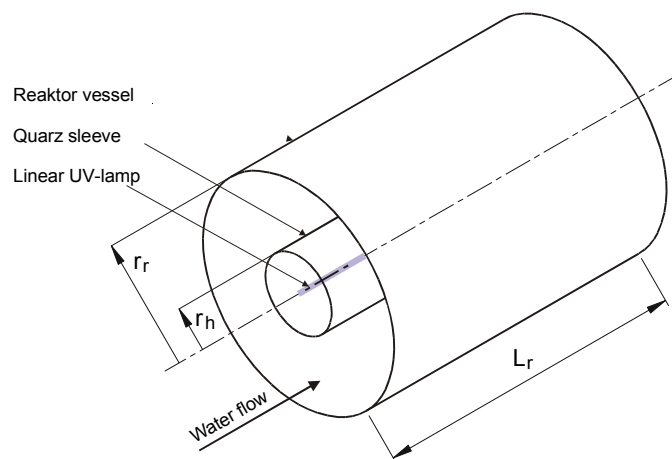
Desinfektion af recirkuleret gødningsvand med UV-lys Claus Christensen

Desinfektion af drikkevand med UV-lys er en anerkendt metode til at reducere kimtal uden brug af tilsætningsstoffer og uden at ændre vandets sammensætning i øvrigt. Hvis UV-apparatet udføres optimalt er det desuden en simpel og prisbillig metode, der kræver minimal vedligeholdelse.

Reaktorudformning

Den mest almindelige reaktor til UV-desinfektion er opbygget som vist på Figur 1:

- En UV-lampe, er placeret i et dyrør af kvarts, der tillader lampens kortbølgede UV-C stråling af passere.
- Dyrøret er placeret koncentrisk i et reaktorrør.
- Vandet, der skal behandles strømmer igennem reaktoren i det ringformede tværsnit mellem dyrør og reaktorvæg.



Figur 1: Simplificeret model af fotoreaktor

Forudsætningen for at desinfektionen bliver tilstrækkelig effektiv er, at alt vandet udsættes for den nødvendige rumbestråling. Størrelsen af den nødvendige rumbestråling omtales nærmere i afsnittet dimensionering. Rumbestrålingen H måles i J/m^2 og den beregnes af ligningen

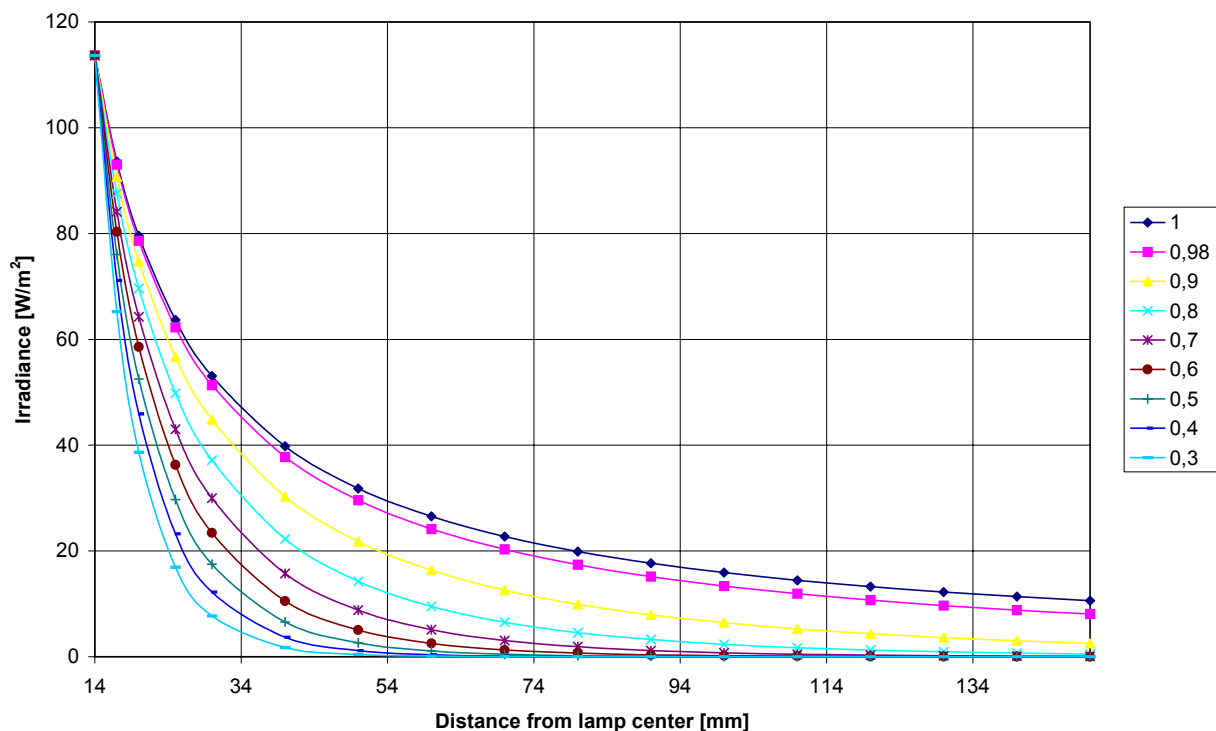
$$H = \int E \cdot dt$$

hvor E er rumbestrålingsstyrken målt i W/m^2 .

Rumbestrålingsstyrken afhænger af

- den samlede UV-effekt fra UV-lampen
- afstanden fra lampen
- transmittansen af vandet i reaktoren

På Figur 2 er E vist som funktion af afstanden fra lampen ved forskellige transmittanser. (Radius af dyrøret $r_h = 14$ mm)



Figur 2: Bestrålingsstyrke som funktion af reaktor radius og vand transmittans $\tau(10)$

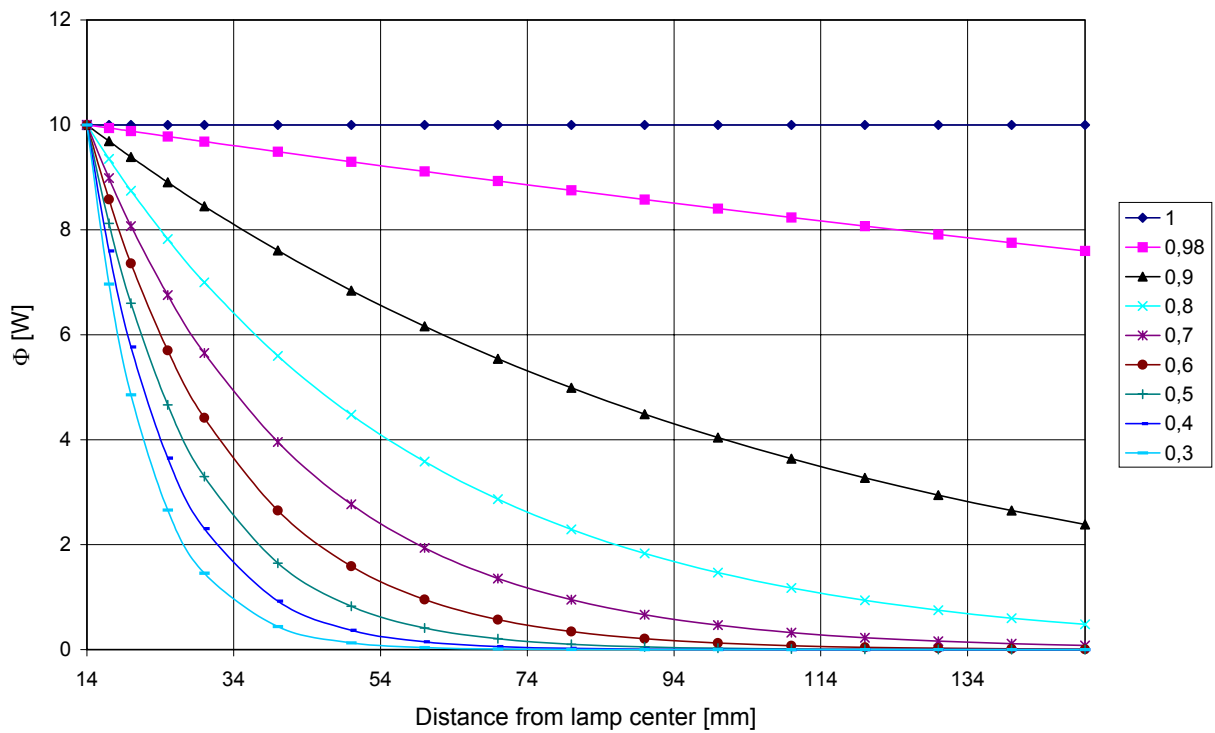
UV transmittansen $\tau(10)$ (målt i 10 mm kuvette) vil for drikkevand normalt være mellem 0,9 og 0,98. Transmittansen for recirkuleret procesvand med større indhold af opløste stoffer vil typisk være mindre. Vi har således målt transmittansværdier fra 0,45 til 0,55 i recirkuleret gødningsvand i to gartnerier efter filtrering med 100 μ disk filter.

Mange stoffer absorberer UV-C lys kraftigt, selv om synligt lys passerer næsten uhindret. Det betyder, at man ikke kan skønne transmittansen for UV med øjet. Det er nødvendigt at benytte et spektrofotometer med UV-lys ved bølgelængden 254 nm.

Det fremgår af kurverne at bestrålingsstyrken falder kraftigt med afstanden, specielt når transmittanserne er lave.

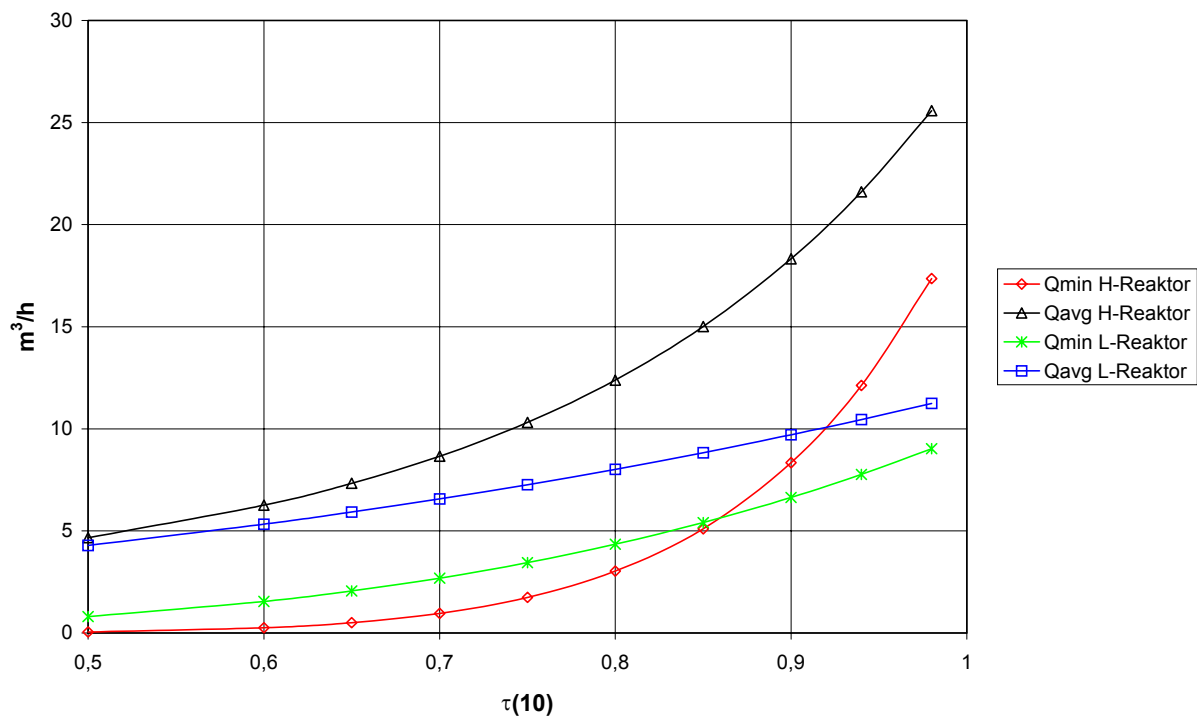
Det er imidlertid vigtigt at bemærke, at den samlede UV strålings effekt ikke falder nær så kraftigt. Figur 3 viser således, at effekten er helt uafhængig af afstanden ved transmittansen 1. Dette er naturligvis kun en teoretisk mulighed, men det ses, at ved $\tau(10)=0,9$ vil ca. 70 % af effekten være til stede ved reaktorradius 50 mm mod kun 40% ved reaktorradius 100 mm. Størsteparten af den strålingseffekt, der rammer reaktorvæggen vil gå tabt, højst 30% vil blive reflekteret. Derfor vil en reaktor med radius 100 mm udnytte UV effekten næsten dobbelt så godt som en reaktor med 50 mm radius, dersom vandet har transmittansen 0,9. Har vandet lavere transmittans vil det være tilstrækkeligt at benytte en reaktor med mindre radius.

En anden vigtig parameter i beregning og dimensionering af en UV reaktor er strømningsmønsteret. Hvis man forestiller sig en UV-reaktor med "plug-flow" altså en strømning hvor den enkelte vanddel bevæger sig med gennemsnitshastighed langs en linie parallelt med reaktoraksen, da vil de vanddele, der bevæger sig langs væggen kun modtage en lille rumbestråling medens vandet, der løber tæt ved lampen, modtager en langt større rumbestråling.



Figur 3: UV-effekt som funktion af reaktor radius og vand transmittans $\tau(10)$

Det vil derfor være en fordel, dersom strømmingen i reaktoren ikke er "plug-flow" men forløber således, at hver enkelt vanddel bliver udsat for en gennemsnitlig rumbestråling, dvs. noget af tiden skal vandet være tæt på lampen, noget af tiden langt fra lampen.



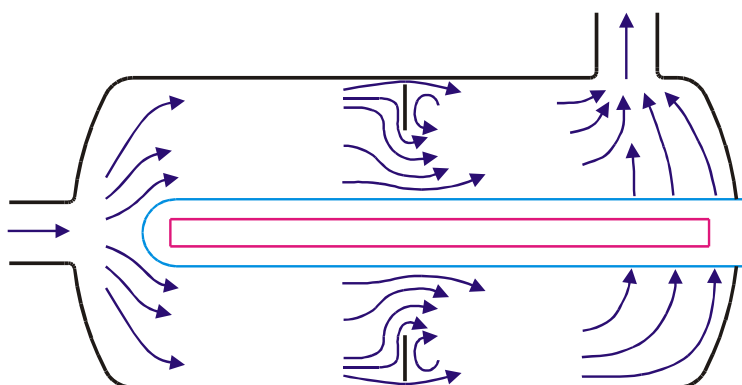
Figur 4: Sammenligning af kapaciteter efter minimums- og gennemsnitsberegning for 2 reaktortyper

Figur 4 viser kapaciteten som funktion af transmittansen dels beregnet efter minimumsmodellen, Q_{\min} ("plug-flow") dels beregnet efter gennemsnitsmodellen, Q_{avg} . Kapaciteten er vist for to forskellige reaktorradier, H-reaktor med radius 100 m, L-reaktor med radius 50 mm.

Det ses, at forskellen mellem de to beregninger er lille ved høj transmittans, men Q_{\min} falder hurtigt når transmittansen bliver mindre.

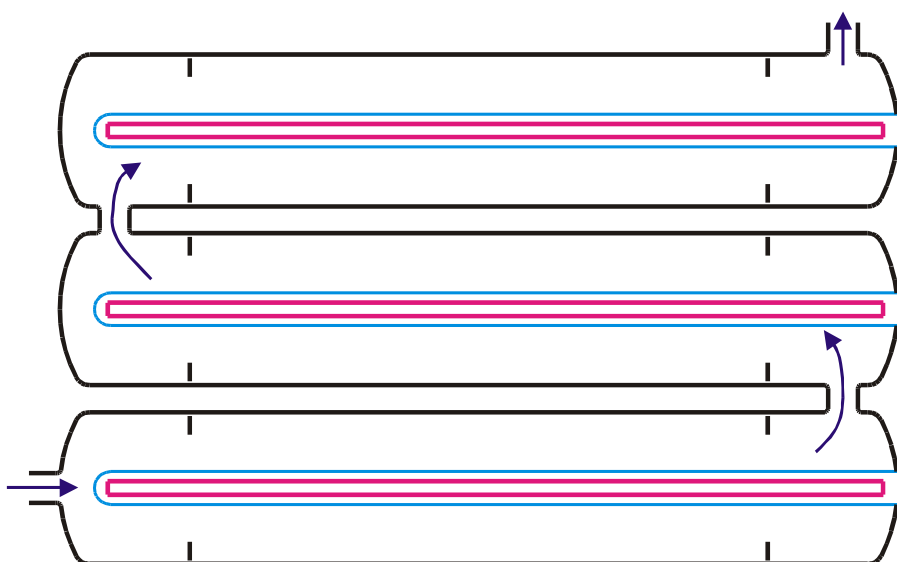
Kapaciteten efter gennemsnitsberegningen er udtryk for et teoretisk maksimum, som aldrig kan opnås, men dersom det er muligt at styre vandstrømningen således, at forholdene nærmer sig den optimale strømning vil en kraftig kapacitetsforøgelse være opnået.

Ved at indsætte en eller flere turbulensringe i reaktoren kan dette opnås til en vis grad. Figur 5 viser princippet i en kort UV-reaktor for drikkevand.



Figur 5: Kort UV-reaktor med én turbulator

En særlig god virkning opnås imidlertid, dersom flere reaktorer seriekobles. Eftersom UV-effekten fra lavtryks UV lamper er begrænset, vil det ofte være nødvendigt at bruge flere lamper for at opnå en ønsket kapacitet. Strømningen gennem flere reaktorer vil sikre en opblanding, således at vi kommer nærmere til den gennemsnitlige rumbestråling og dermed opnår en bedre udnyttelse af UV-lyset i hver enkelt reaktor.



Figur 6: Seriekoblede, lange UV-reaktorer (med turbulatorer)

De fleste UV apparater på markedet har flere lamper monteret i én reaktorbeholder, hvor strømningen tilstræbes at være "plug-flow". Sådanne reaktorer må derfor beregnes efter minimumsmodellen, og lamperne må placeres tæt på reaktorvæggen for at sikre tilstrækkelig bestrålingsstyrke i de svagest belyste steder. Reaktoren får derfor en dårlig udnyttelse af UV-lyset, specielt ved lave transmittanser. Et andet

problem er at dersom en af lamperne svigter, vil en tilsvarende del af vandet passere reaktoren ubehandlet. I et apparat med seriekoblede reaktorer vil svigt af en lampe blot resultere i en tilsvarende nedsættelse af rumbestrålingen, og det have mindre betydning specielt i apparater med mange reaktorer.

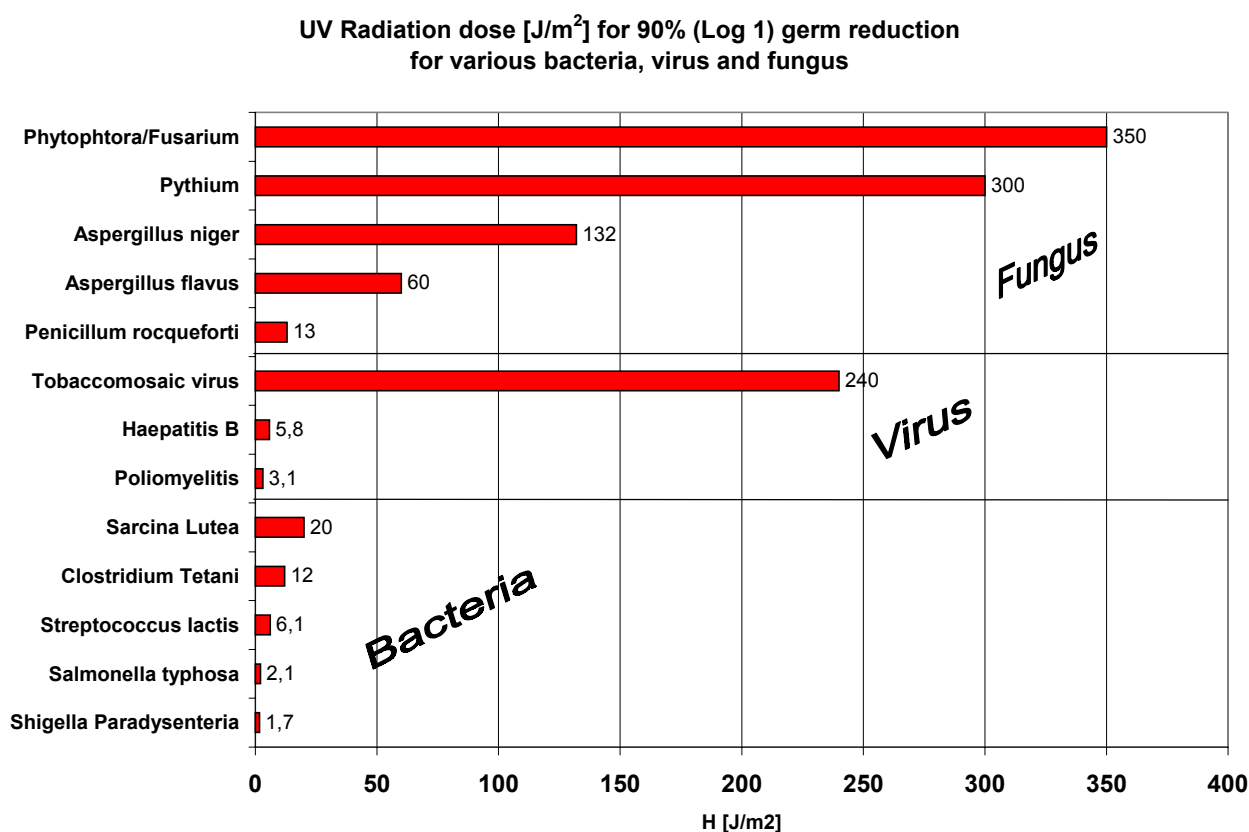
Dimensionering

Den nødvendige rumbestråling afhænger af hvilke mikroorganismer, der skal inaktiveres og af hvilken drabseffekt, der ønskes.

Drabseffekt angives ofte som ”log reduktion”. Hermed forstås 10-talslogaritmen til reduktionsfaktoren. Ved desinfektion af drikkevand kræves normalt en kimreduktion på ”log 4”, dvs. ud af 10000 mikroorganismer må kun 1 overleve behandlingen.

Den rumbestråling (målt i J/m^2), der er nødvendig for at opnå en given log-reduktion af forskellige type bakterier, virus og svampesporer varierer betydeligt. F.eks. kræver svampesporer meget højere rumbestråling end de fleste bakterier, men gartnerier er kravet til log reduktion mindre end ved desinfektion af drikkevand.

Figur 7 viser eksempler på krav til rumbestråling af et udvalg af bakterier, virus og svampesporer.



Figur 7: Nødvendig rumbestråling til 90% (Log 1) reduktion af kimtal for forskellige bakterier, virus og svampe

For at få praktiske målinger af opnåelige log-reduktioner installerede Dansk Process Energi et af vores apparater i et blomstergartneri (se Figur 8).

Vandets UV-transmittans er målt til 0,55.

Apparatet bliver belastet med et vandflow svarende til det nominelle flow ved rumbestråling 400 J/m^2 , altså den rumbestråling, der bruges ved drikkevandsdesinfektion.



Figur 8: Testinstallation af AQS-UV LM3/200 SW

Vi har fået lavet målinger af zoosporer af Pythium og af Phytophthora hos DEG i Tilst. Undersøgelsesrapporten er som følger:

Før filter: Der blev konstateret forekomst af zoosporer af Pythium sp., niveau V. *Det har ikke været muligt at tælle kolonier, da antallet af zoosporer af Pythium sp. er så højt.*

Der blev konstateret forekomst af zoosporer af Phytophthora

Der blev ikke konstateret forekomst af Trichoderma sp.

Efter filter: Der blev konstateret forekomst af zoosporer af Pythium sp., niveau I (10 kolonier).

Der blev ikke konstateret forekomst af zoosporer af Phytophthora

Der blev ikke konstateret forekomst af Trichoderma sp.

De talte kolonier er pr. liter vand.

Niveau V betyder at der er mere end 200 zoosporer pr. liter vand. Vi har således opnået en reduktion fra mindst 200 til 10, dvs. bedre end log 1. Dette er i overensstemmelse med det forventede resultat.

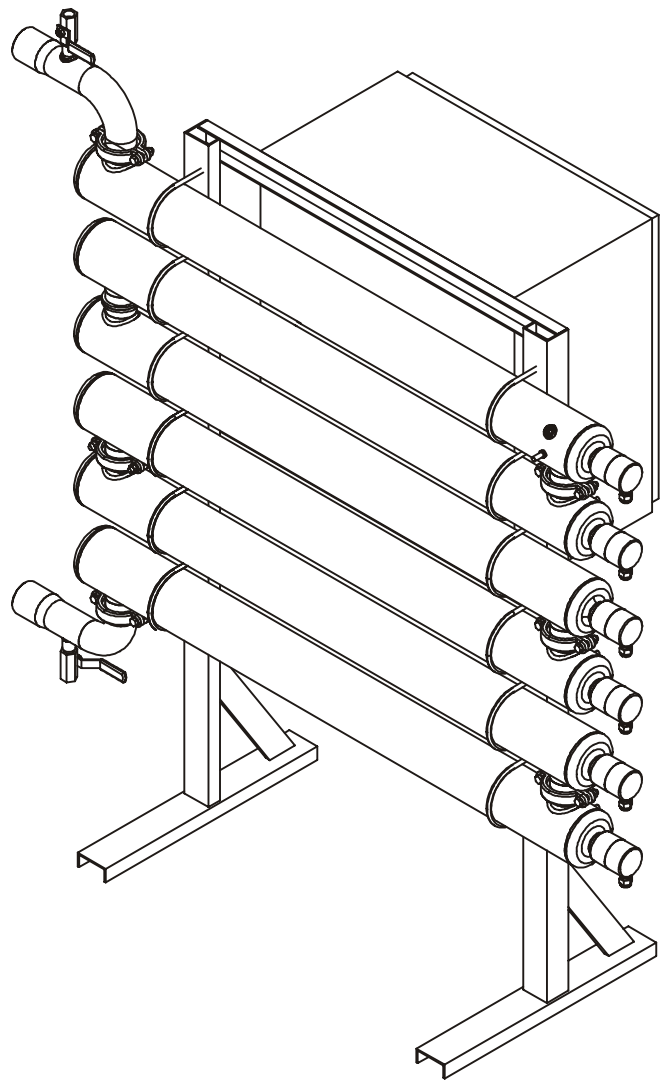
Valg af UV apparat

Til desinfektion af recirkuleret vand i gartnerier tilbyder Aqua System desinficerings apparater med seriekoblede UV-reaktorer type AQS-UV LMn/200 SB, hvor n angiver antallet af reaktorer. For at kunne fastlægge antallet af reaktorer skal UV transmittansen af vandet måles og kapaciteten og den ønskede Log-reduktion angives. Normalt vil vi anbefale Log 2 men hvis svampetrykket er lavt, er Log 1 reduktion muligvis tilstrækkeligt. Den fleksible opbygning af vores apparater giver mulighed for at udvide antallet af reaktorer i tilfælde af, at kravene til flow eller Log reduktion skulle blive øget. Apparaterne fås også til vægmontage, udførelse W.

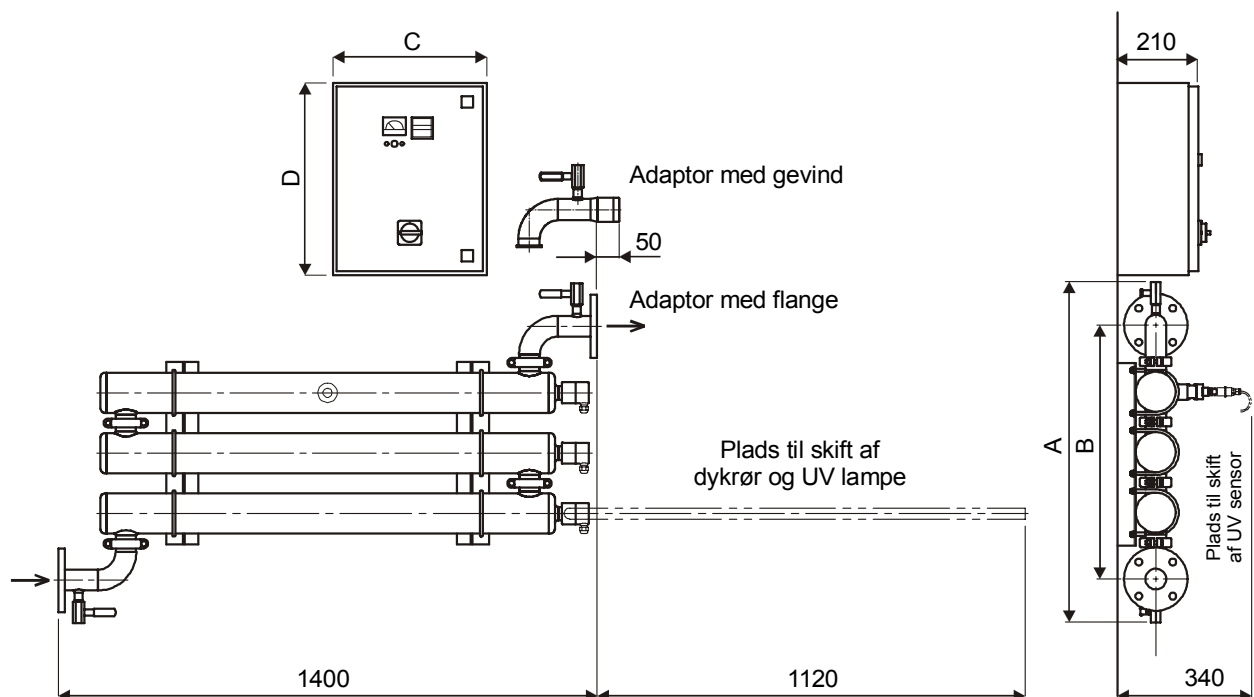
Vi mener, at vi hermed kan tilbyde en god løsning på gartneriernes problemer med svampe i recirkuleret vand.

Vores apparater forhandles i Danmark af

Dansk Process Energi
Odensevej 38, Vernerige
5690 Tommerup
Tel 70 22 80 90
Fax 64 75 28 71



Figur 9: AQS-UV LM6/200 SB, 25 m³/h, 400 J/m², $\tau(10)=0,55$



Figur 10: Måltegning af AQS-UV LM3/200 SW