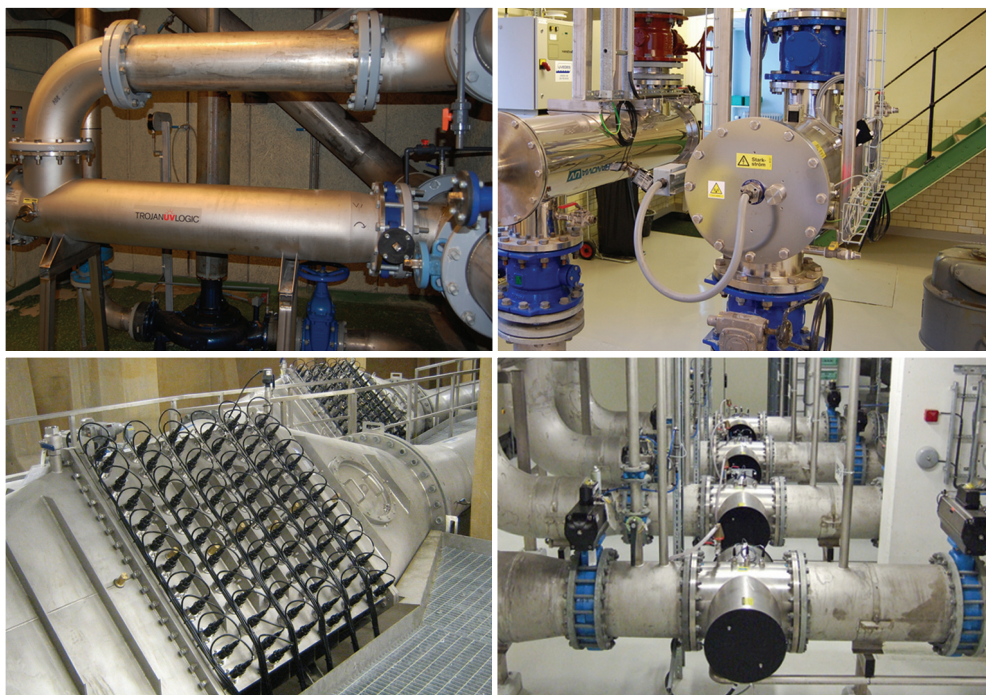


Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk



Förord

Den norska rapporten 164/2008 ”Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann” har tidigare skickats ut till Svenskt Vattens medlemmar. Det är en relativt tjock rapport som bland annat innehåller en del norska regler och föreskrifter som inte finns i Sverige. Vi ville därför göra en svensk förkortad version. Uppdraget gick till Ulf Eriksson, Stockholm Vatten, När nu ”översättningen” är klar har resultatet blivit ganska olikt originalet men innehållet bygger i huvudsak på den norska ”Veilederen”. Texten har dock modifierats och kortats. Den norska rapporten är betydligt mer detaljerad när det gäller teori och teknik och för den som vill fördjupa sig lite mer i vissa frågor finns den norska originalrapporten åtkomlig via Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se.

Svenskt Vatten vill tacka alla som bidragit med synpunkter. Om någon har frågor kring skriften eller vill diskutera annat som rör UV-desinfektion står författaren till förfogande, i mån av kunskap och tid, och besvarar mejl till: ulf.eriksson@stockholmvatten.se.

Stockholm i december 2009

Svenskt Vatten

Foton på omslaget angivna med början från vänster på övre raden:

Säffle vattenverk med UV-aggregat från Trojan, fotograf Håkan Danielsson, ProVab
Lindholmens vattenverk i Mariestad med UV-aggregat från Hanovia, fotograf Håkan Danielsson, ProVab

Lovö vattenverk, Stockholm Vatten, med UV-aggregat från Wedeco, fotograf Ulf Eriksson, Stockholm Vatten

Bergens vattenverk som har UV-aggregat från Berson, fotograf Arne Seim, Bergen Vann KF
(foto från framsida till Norsk Vann rapport 164/2008)

Innehåll

1	Inledning.....	3
2	Bakgrund.....	3
3	Teori.....	4
3.1	UV-ljus.....	4
3.2	UV-dos.....	5
3.3	Inaktivering av mikroorganismer.....	6
3.4	UV-transmittans/UV-absorbans.....	7
3.5	För- och nackdelar med UV.....	7
4	UV-anläggningen.....	8
4.1	Anläggningens delar.....	8
4.2	Lampor.....	9
4.3	Kvartsglasrör.....	10
4.4	Ballast.....	10
4.5	UV-sensor.....	10
4.6	Temperatursensor.....	11
4.7	Torkare.....	11
4.8	Styrsystem.....	11
4.9	Flödesmätare.....	12
4.10	UV-transmittansmätare.....	12
4.11	Skillnader mellan låg- och medeltrycksanläggningar.....	12
5	Certifiering och testning.....	13
5.1	Beräknad dos.....	13
5.2	Biodosimetrisk dos.....	14
5.3	Tysk och Österrisk standard.....	14
5.4	Amerikansk standard.....	15
5.5	Europastandarden SS-EN 14897.....	15
5.6	Norskt typgodkännande.....	15
5.7	Regler i Sverige.....	15
6	Dimensionering.....	16
6.1	Viktiga parametrar.....	16
6.2	Val av dos.....	17
6.3	Dimensionerande flöde.....	18
6.4	Dimensionerande vattenkvalitet.....	18
6.5	Lågtryck eller medeltryck.....	19
6.6	Placering.....	19
6.7	Antal aggregat/redundans.....	20
6.8	Styrning och reglering.....	20
7	Anskaffning.....	21
7.1	Upphandling.....	21
7.2	Specifikation av anläggningen.....	22
7.3	Krav på styrning och andra funktioner.....	23
7.4	Krav på garantier.....	23
7.5	Reservdelar.....	23
7.6	Krav på medverkan vid drifttagning och utbildning.....	24
7.7	Kontroll av funktion.....	24
8	Drift och Underhåll.....	24
8.1	Godkänt driftsområde / larm.....	24
8.2	Drifttagning och tillsyn.....	25
8.3	Försmutsning och rengöring.....	26
8.4	Byte av lampor.....	27
8.5	Kontroll och byte av UV-sensorer.....	28
8.6	Reservdelshållning.....	29
9	Källhänvisningar till figurer.....	29

1 Inledning

Norsk Vann startade 2007 ett projekt med syfte att öka kunskapen om UV-desinfektion och att bidra till säkrare dimensionering och drift av UV-anläggningar, Svensk Vatten var med som medfinansierare. Projektet mynnade ut i rapporten *Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann* som publicerades i oktober 2008. Christen Ræstad, egen firma, var projektledare och Bjørnar Eikebrokk, SINTEF, huvudförfattare. Bland andra som bidragit till rapporten kan nämnas Lars Hem, SINTEF, Karl Olav Gjerstad, IVAR, och Vidar Lund, Nasjonalt Folkehelseinstitutt.

Inför arbetet med en svensk version av rapporten genomförde Håkan Danielsson från ProVAb, på Svenskt Vattens uppdrag, en undersökning av svenska UV-installationer. Undersökningen genomfördes som en enkätundersökning omfattande ett stort antal frågor kring dimensionering, upphandling och drifterfarenheter. Undersökningen omfattade 15 vattenverk varav 10 besöktes. Författaren pratade dessutom med ett antal leverantörer.

Med utgångspunkt från den informationen som framkom och författarens egna erfarenheter under 12-års arbete med UV-desinfektion vid Lovö vattenverk (Stockholm Vatten VA AB) samt diskussion med Svenskt Vatten kom vi fram till att behovet för svensk del skiljde sig en del från det som den norska rapporten behandlade. Resultatet har blivit denna skrift som vi valt att kalla *”Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk”*. I denna version har också tagits hänsyn till de kommentarer och synpunkter som kommit in efter att en remissversion legat ute på Svenskt Vattens hemsida.

2 Bakgrund

UV-desinfektionens historia är äldre än vad de flesta tror. Redan 1877 förstod man sig på att det fanns en desinficerande verkan hos vissa delar av solljuset och 1906 kom den första installationen av UV-desinfektion för dricksvatten i full skala i Marseille. Även Rouen i norra Frankrike var tidigt ute. I USA installerades UV vid flera vattenverk under 20-talet. UV-desinfektionen övergavs nästan helt under 30-talet sannolikt på grund av en hel del brister i tekniken och på grund av att klor fick stort genomslag.

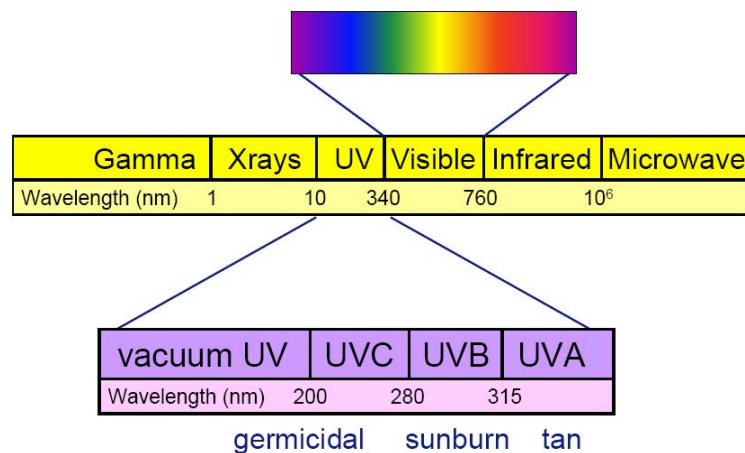
Under slutet av 50-talet började tekniken åter användas men det var först i början av 90-talet som det riktiga genombrottet kom. Delvis som ett resultat av att kloreringsbiprodukter och hälsoeffekter av klorering blev mer omdebatterade men kanske framförallt för att man upptäckte att UV var effektivt mot cryptosporidium och giardia. De båda mikroorganismerna är mycket resistenta mot klor och ett antal sjukdomsutbrott orsakade av dessa hade inträffat. Det mest uppmärksammade är cryptosporidiumutbrottet i Milwaukee 1993 då omkring 14 000 människor insjuknade och närmare 100 dog.

När det gäller användning av UV i Sverige har intresset ökat hela tiden sedan mitten av 90-talet. I Norge däremot har intresset närmast exploderat efter giardiautbrottet i Bergen 2004. De sista åren har också ett ökat intresset för de risker som kan uppstå vid klimatförändringar och extremväder bidragit till det ökade intresset i både Sverige och Norge.

3 Teori

3.1 UV-ljus

Det ljus som vi kan se utgör endast en liten del av det elektromagnetiska spektrat. Den synliga delen av spektrat sträcker sig från det röda ljuset med en våglängd av 760 nm som har de längsta våglängderna över regnbågens färger till det blå och det violetta ljuset som har den kortaste våglängden. När våglängden är ännu kortare, under 340 nm, talar man om det ultravioletta området.



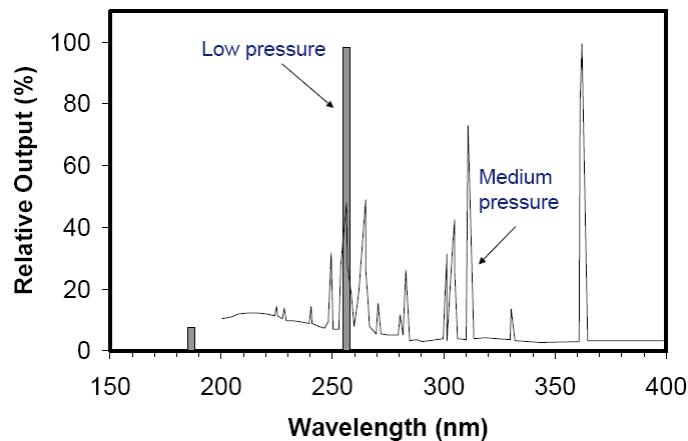
Figur 3.1 *En del av det elektromagnetiska spektrat med UV-ljus och synligt ljus. (Templeton 2008)*

Ultraviolet ljus eller UV-ljus är således ljus av en kortare våglängd än det synliga och därmed osynligt för ögat. Det blå ljus som man ofta kan se från en UV-lampa är inte UV-ljus utan kommer sig av att lampan också ger ifrån sig lite synligt ljus. UV-ljusspektrat delas i sin tur in i fyra delar där UV-A har längst våglängd och gränsar till det synliga violetta:

1. UV-A (315 – 340 nm)
2. UV-B (280 – 315 nm)
3. UV-C (150 – 280 nm)
4. Vakuum UV (10 – 150 nm)

Vakuum UV täcker ett stort område och gränsar nedåt till röntgenområdet. Namnet kommer sig av att det effektivt bromsas av luft och därför bara kan användas i vakuum. Gränsen mellan vakuum UV och UV-C är lite omtvistad men brukar anges till 150 eller 200 nm. Av intresse för UV-desinfektion är främst UV-C och i viss mån en del av UV-B området. Den långvågiga delen av UV-B och UV-A har mycket begränsad effekt men bidrar till att vi blir solbrända och finns i både solljus och solariernas UV-lampor.

De lampor som är aktuella för att generera UV-ljus för desinfektion är en form av lysrör av kvartsglas som innehåller en gasblandning med bl.a. kvicksilverånga. Genom att applicera en spänning mellan elektroder i rörets ändrar joniserar gasen och ljus sänds ut. Principen är densamma i ett vanligt lysrör men då används en pulverbeläggning på rörets insida som omvandlar ljuset till ett bredare spektrum i det synliga området. Dessutom består ett vanligt lysrör av standardglas som inte släpper igenom UV-ljus.



Figur 3.2 Avgivna våglängder (emissionsspektra) för lågtrycks- och medeltryckslampor. Våglängder under 240 nm filtreras oftast bort i lampglasets. (Templeton 2008)

Intensiteten och våglängden på det producerade UV-ljuset skiljer sig åt beroende på drifttemperatur och gstryck. Kommersiella UV-lampor finns av två typer dels lågtryckslampor som avger nästan allt sitt ljus vid en enda våglängd (254 nm) och dels medeltryckslampor som ger en högre intensitet och ett bredare spektrum.

3.2 UV-dos

Med begreppet UV-dos avses hur mycket UV-ljus en viss punkt (eller exempelvis en bakterie) i vattnet utsätts för när vattnet passerat genom ett UV-aggregat. Därmed är UV-dos den avgörande parametern för hur effektiv desinfektionen är. Begreppet UV-dos kan i viss mån jämföras med klordos vid klordesinfektion. Man bör dock tänka på att UV-dos inkluderar tiden medan man vid klordesinfektion, förutom klorkoncentrationen, även måste ta hänsyn till tiden som kloren verkar. UV-dos är således snarare jämförbart med det så kallade Ct-värdet vid klordesinfektion.

I princip är UV-dosen som en mikroorganism utsätts för lika med intensiteten av UV-ljuset gånger tiden den utsätts för detta. UV-dos anges i Europa vanligen i J/m^2 men även den mer amerikanska enheten mJ/cm^2 förekommer. $1 mJ/cm^2$ motsvarar $10 J/m^2$ d.v.s. $400 J/m^2 = 40 mJ/cm^2$. I vetenskapliga sammanhang används ibland ordet "fluence" i stället för dos.

3.3 Inaktivering av mikroorganismer

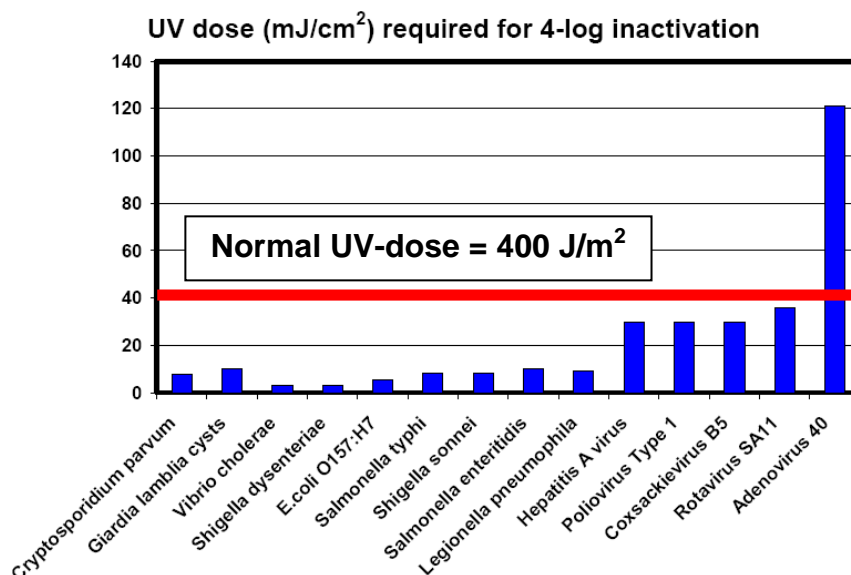
Avsikten med desinfektion är att oskadliggöra mikroorganismer så att de inte kan växa till eller orsaka infektion. Vid klorering eller ozondesinfektion sker detta genom att cellstruktur, cellmembran m.m. oxideras sönder och cellen dör. Vid desinfektion med UV-ljus är mekanismen annorlunda och sker i huvudsak genom att UV-ljuset tränger in i cellen och reagerar med proteiner i DNA-molekylen så att reproduktionen (kopieringen) av DNA spiralen inte fungerar. Därmed kan mikroorganismerna inte föröka sig. Till en mindre del kan UV-ljuset också inaktivera celler genom att reagera med andra proteiner och enzymer vilket förstör cellens ämnesomsättning.

Olika mikroorganismer är olika känsliga för UV-ljus. Bland de känsligare återfinns E-coli och de två klorresistenta protozoerna (parasiterna) giardia och cryptosporidium medan exempelvis norovirus är något mindre UV-känsligt. Motståndskraftigare mot UV är bl.a. flera sporbildande bakterier och mest motståndskraftigt är adenovirus som kräver mycket höga doser av UV-ljus för god inaktivering. Adenovirus bedöms emellertid ha mycket liten betydelse i dricksvattensammanhang.

Som ett mått på inaktiveringen av en viss mikroorganism använder man ofta begreppet ”log-reduktion” eller ”log-inaktivering”:

$$\text{Log-reduktion} = \log (N_0/N)$$

Där N_0 är halten av den aktuella mikroorganismen före desinfektion och N är halten efter. Detta innebär att en log reduktion av 1 betyder att 90 % av mikroorganismerna inaktiverats, 2 betyder 99 % och 3 motsvarar 99,9 % reduktion o.s.v.



Figur 3.3 UV-dos som krävs för 4 log reduktion av några mikroorganismer. OBS! skalan är angiven i mJ/cm^2 (d.v.s. värdet multipliceras med 10 för att få J/m^2). (Templeton 2008)

3.4 UV-transmittans/UV-absorbans

En mycket viktig parameter vid UV-desinfektion är vattnets ”genomskinlighet” för UV-ljus. Det anges endera som UV-transmittans (ofta även benämnd UV-transmission) eller UV-absorbans (älv. UV-absorption). UV-absorbans kan jämföras med färgtal som är ett motsvarande mått fast för ljus i det synliga området. Liksom färgtalet påverkas UV-absorbansen främst av mängden organiska ämnen, i första hand humus, i vattnet.

Både UV-transmittans och UV-absorbans mäts i en spektrofotometer genom att ljus med våglängden 254 nm får passera genom ett vattenprov i en kyvett med viss längd, oftast 1 cm. Även kyvettlängderna 4 och 5 cm är relativt vanliga och ger bättre upplösning i mätningen. UV-transmittansen anger hur stor del (i %) av det inkommande UV-ljuset som passerar genom kyvetten med vattenprovet. Absorbansen anger i stället hur mycket intensiteten reduceras på samma sträcka. Sambandet mellan transmittansen (UV-T) och absorbansen (UVabs) är:

$$\text{UVabs} = -\log(\text{UV-T}/100)$$

$$\text{UV-T} = 100 \times 10^{-\text{UVabs}}$$

Observera att det är viktigt att hålla reda på mätsträckan (kyvettlängden). UVabs har fördelen att vara proportionell mot mätsträckan d.v.s. UVabs vid 4 cm = 4 x UVabs vid 1 cm. UVabs kan alltid räknas om till en meters mätsträcka, man talar då om UV-absorptionskoefficient eller SAK (Spektral AbsorptionsKoefficient), ibland även kallat SSK.

UV-T är en relativt opraktisk enhet då den är svår att räkna om mellan olika mätsträckor och det förekommer att olika mätsträckor används, främst 1 cm, 4 cm och 5 cm. Den är emellertid så etablerad att det är svårt att undvika den vid kontakter med leverantörer och vid dimensionering av UV-aggregat.

För drift och uppföljning rekommenderas ändå att använda UV-abs, lämpligen som SAK dels för att laboratorier är mera vana att ange UV-abs, dels för att det är lätt att räkna om till annan mätsträcka. Dessutom går skalan för UV-abs åt samma håll som alla övriga mått på vattnets renhet, d.v.s. ju renare vatten desto lägre värde. För UV-T är det tvärt om och det är lätt att man tänker fel eller att missförstånd uppstår.

3.5 För- och nackdelar med UV

UV-ljus är en välkänd och av många förespråkad desinfektionsmetod med övervägande fördelar. Trots detta är det viktigt att alltid ha i åtanke att UV inte alltid är problemfritt och att det även finns ett antal nackdelar.

Fördelar:

1. UV-desinfektion (med tillräcklig dos) ger en effektiv inaktivering av bakterier, parasiter och de flesta virus
2. UV ger normalt inga allvarliga förändringar i vattenkvalitet eller bildning av desinfektionsbiprodukter
3. UV-desinfektion har relativt låga investerings- och driftkostnader jämfört med andra processer (möjligen med undantag av klorering)
4. En UV-anläggning är relativt okomplicerad att driva och kräver i princip endast mätning av två parametrar (intensitet och flöde)
5. En UV-anläggning är relativt kompakt och kan ofta enkelt byggas in i en befintlig anläggning
6. Driften av anläggningen kräver inga insatskemikalier, i vissa fall med undantag för små mängder tvättlösning

Nackdelar:

1. UV ger ingen resteffekt i ledningsnätet vilket i vissa fall leder till att UV bör kombineras med klor eller kloramin
2. Eftersom det inte är möjligt att mäta UV-dos direkt får man förlita sig till indirekta mätningar som intensitet, flöde och ev. UV-absorbans
3. Om man har ett vatten som ger problem med beläggningar på kvartsglas och sensorfönster kan driften bli relativt arbetskrävande
4. UV-lampor innehåller kvicksilver och kan därmed utgöra en arbetsmiljörisk om en lampa krossas och en risk för förorening av vattnet om även kvartsglaset skadas
5. Vid höga UV-doser och ett vatten med hög halt humus eller annat organiskt material finns risk för att UV-ljuset bryter ned ämnen så att lättnedbrytbara och/eller i vissa fall luktande ämnen skapas
6. UV-anläggningen och dess elektronik kan vara relativt känslig för korta strömdippar och strömspikar vilka kan ge driftproblem resp. skador på elektroniken

4 UV-anläggningen

4.1 Anläggningens delar

UV-anläggningen består av en UV-kammare, ibland kallad reaktor, som vattnet passerar genom. I kammaren är en eller flera lampor placerade. Lamporna är inte i direkt kontakt med vattnet utan sitter placerade i kvartsglasrör. En UV-sensor (eller flera) vid kammarväggen mäter ljusintensiteten. I vissa fall finns också en torkaranordning i kammaren som håller rent kvartsglasrören och mätfönstret på sensorn.

Till anläggningen hör även ett kontrollskåp med den elektronik som förser lampan med ström, elektronikenheten för kraftmatningen till lampan kallas ofta ballast eller ballastkort. Kontrollskåpet är vanligtvis också försett med en mindre PLC för styrning och övervakning av anläggningen och en display för visning av status och larm.

Förutom ovanstående delar som ingår i köpet av UV-aggregatet bör även avstängningsventiler före och efter UV-kammaren samt flödesmätare räknas in i anläggningen liksom provtagningsventiler före och efter anläggningen. En av avstängningsventilerna bör vara automatisk och förreglad från UV-anläggningens styrskåp så att flödet stoppas om UV-anläggningen stannar (alternativt kan eventuella pumpar vara förreglade). I vissa fall tillhör även en separat UV-transmittansmätare.

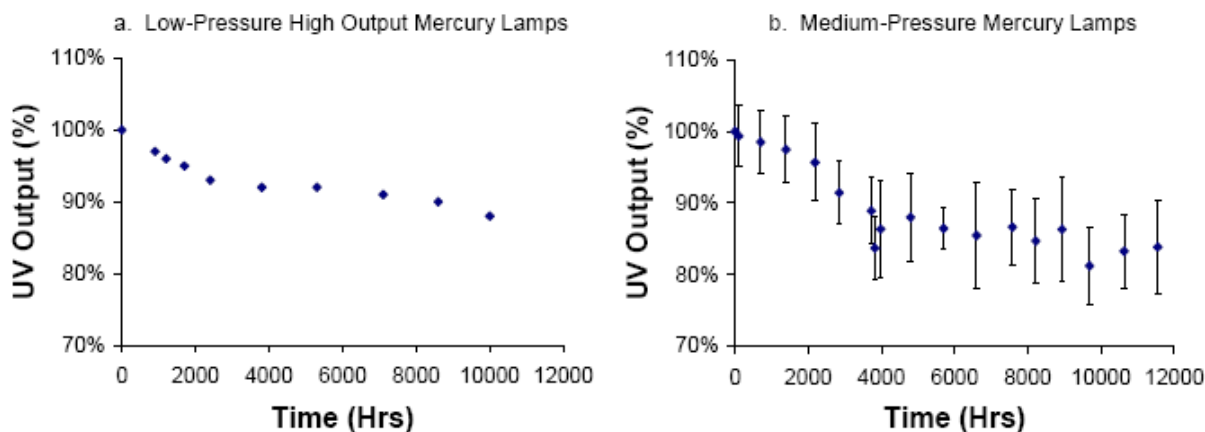
4.2 Lampor

UV-lampan är en typ av lysrörslampa som innehåller kvicksilverånga och en inertgas, vanligen argon. Eftersom vanligt glas inte är genomskinligt för UV-ljus tillverkas lampan av kvartsglas. På de flesta moderna lampor är kvartsglasets insida belagd med ett tunt lager av aluminiumoxid eller liknande som förhindrar kvicksilver från att diffundera in i kvartsen. UV-ljuset produceras genom att kvicksilveratomerna i gasen exciteras av elektroner när en spänning läggs på mellan elektroderna i lampans ändar. När kvicksilveratomerna sedan återgår till grundtillståndet sänder de ut ljus.

UV-lampor kan bl.a. beroende på gstrycket i lampan indelas i tre olika typer; lågtryckslampor (LP-lampor), lågtrycks högeffektslampor (LPHO- eller Low/High-lampor) och medeltryckslampor (MP-lampor). De båda typerna av lågtryckslampor avger nästan allt ljus (omkring 90 %) vid en enda våglängd, 254 nm, dessutom finns en mindre mängd ljus vid 185 nm. Medeltryckslampans ljus fördelas däremot över ett brett spektrum i huvudsak mellan 185 och 600 nm d.v.s. ända upp i det synliga området. Eftersom speciellt det kortvågiga UV-ljuset kan ge upphov till kemiska reaktioner i vattnets innehåll av både organiska och oorganiska ämnen används i regel en kvartskvalitet (s.k. dopad kvarts) som inte släpper igenom våglängder under 240 nm i lampor som är avsedda för desinfektion av vatten.

LPHO-lampor, som ibland kallas amalgamlampor eftersom de har kvicksilvret bundet i amalgam som kan ses som två metallfläckar i lampan, har tagit över en stor del av marknaden från vanliga LP-lampor och LP-lampor används i dag mest i de allra minsta UV-aggregaten. Skillnaden mellan LP- och LPHO-lampor är tämligen liten men LPHO-lampan kan tillverkas för lite högre effekter. Medeltryckslampor däremot kan tillverkas för betydligt högre effekter än lågtrycks och LPHO-lampor och man kan därmed med MP-lampor tillverka kompakta UV-aggregat med få lampor som ändå klarar höga vattenflöden. Trots detta har emellertid LPHO-lampor blivit allt vanligare även i större aggregat beroende på att dessa har en betydligt bättre verkningsgrad och därmed lägre energiförbrukning än MP-lampor.

När UV-lampor åldras försämras ljusintensiteten långsamt så att de vanligtvis har mellan 70 och 80 % av den ursprungliga intensiteten kvar vid slutet av den garanterade livslängden. Intensitetsförlusten är störst i början för att senare plana ut, se Figur 4.1. Förloppet är tämligen likartat för de olika typerna av lampor. Den normala livslängden är dock vanligtvis längre för lågtryckslampor än för medeltryckslampor.



Figur 4.1 *Exempel på åldringsförlopp för en LPHO-lampa och en medeltryckslampa (USEPA 2006).*

4.3 Kvarrtglasrör

UV-lamporna sitter instuckna i kvartsglasrör för att inte vara i direktkontakt med vattnet. Om vattnet har en tendens att skapa beläggningar kan kvartsglasen behöva rengöras med regelbundna intervall. Eftersom kvartsglasrören utsätts för ett intensivt UV-ljus sker en långsam åldring av dessa och de kan med tiden behöva bytas ut. Livslängden är ofta svår att bedöma men om kvartsen är av bra kvalitet skall "genomskinligheten" inte behöva påverkas nämnvärt på 10 år.

4.4 Ballast

För att driva UV-lampor behövs ett styrkort (ofta benämnt ballast) med i grunden samma funktion som reaktorn eller drosseln i en äldre lysrörsarmatur. I moderna UV-aggregat används i regel en ganska avancerad elektronik som både reglerar strömmen till lampan och kontrollerar att lampan fungerar som den skall. Vid avvikelser genereras ett larm för lampfel. Vissa typer av aggregat kan också vara försedda med variabla ballaster för effektreglering av lamporna för att möjliggöra reglering av UV-dosen. Detta är dock relativt ovanligt.

4.5 UV-sensor

Intensiteten av UV-ljus mäts i princip i alla UV-desinfektionsanläggningar för att övervaka att anläggningen fungerar. Detta är även ett krav enligt Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrift. Mätningen görs med en UV-sensor som endast mäter UV-ljus vid ett visst begränsat våglängdsintervall och mätvärdet anges vanligen uttryckt i W/m^2 (i många äldre aggregat endast som %). Eftersom sensorn mäter ljuset efter att det passerat genom kvartsglasröret, en viss sträcka genom vattnet och mätfönstret kan en ändring i intensiteten bero endera av förändring i utsänt ljus från lampan, beläggning på kvartsglasröret och sensorfönstret eller en förändring i vattenkvaliteten.

Den vanligaste typen av UV-sensor i dag är en s.k. normsensor som sitter utanför ett mätfönster i en särskild hållare så att den kan tas ur under drift. Normsensorerna är endera utformade enligt standard från ÖNORM (österrikisk) eller från DVGW (tysk). Utformningen och yttermåttarna är lika för båda standarderna men eftersom mätvinklarna skiljer åt är de två typerna inte utbytbara. Den stora fördelen med en normsensor är att man för kontroll enkelt kan ta ut sensorn och i stället mäta med en kontrollerad referenssensor.

Det finns dock en del aggregat som är försedda med andra typer av sensorer främst s.k. ”våt” sensor som sitter direkt mot vattnet. Fördelen med detta är att man slipper den risk för smuts eller kondens som kan uppstå på utsidan av sensorhållarens fönster på en normsensor. Nackdelarna är dock att sensorn inte kan kontrollmätas under drift och att man är helt hänvisad till tillverkaren/leverantören för kontroll då typen inte är standardiserad.

4.6 Temperatursensor

En del UV-anläggningar är försedda med en temperatursensor i UV-kammaren eftersom det finns en risk att temperaturen stiger om vattenflödet stannar av. Detta gäller främst anläggningar med medeltryckslampor eftersom dessa genererar avsevärt mer värme. Temperaturmätning är speciellt viktigt om man har flera parallella aggregat utan individuell flödesmätning eftersom man då kan missa att flöde saknas genom ett aggregat.

4.7 Torkare

För att hålla rent ytan på kvartsglasen är en del UV-aggregat försedda med torkare, oftast i form av en skrapring runt kvartsglasröret som drivs med en fram och återgående rörelse. Torkaren är oftast elektriskt eller pneumatiskt driven men enkla handdrivna förekommer också. Ibland, men inte alltid, är torkaren även försedd med blad som håller rent sensorfönster. Vanligtvis är torkare inte nödvändiga i dricksvattensammanhang och kan generera mer underhållsbehov än de sparar med minskat rengöringsbehov. Vid vissa svåra vatten kan de dock vara till stor nytta även om man skall vara medveten om att de inte helt kan ersätta manuell (kemisk) rengöring.

4.8 Styrsystem

Förutom de tidigare nämnda ballasterna som utgör en del av styrsystemet är de flesta UV-aggregaten försedda med en liten PLC som styr och kontrollerar anläggningen samt genererar larm vid fel. Styrskåpet bör även vara utrustat med en display för att visa registrerad intensitet från UV-sensorn, lampornas drifttimmar och eventuell larmtext. Larm och driftindikering skall naturligtvis vara vidarekopplade till överordnat styrsystem om detta finns. Det är att rekommendera att även intensitetssignalen registreras i det överordnade styrsystemet.

I vissa fall, främst större anläggningar, förekommer det att styrsystemet även räknar ut och visar aktuell UV-dos utifrån mätningar av intensitet och flöde samt ev. UV-transmittansmätning. Detta är dock tyvärr relativt ovanligt. På en del äldre aggregat förekommer endast visning av intensitet i % eller bara en enkel lampindikering.

4.9 Flödesmätare

Det är i huvudsak två parametrar som mäts som är viktiga för att avgöra om UV-anläggningen drivs inom de parametrar den är dimensionerad för den ena är intensiteten som nämnts ovan den andra är flödet (för vissa anläggningar är även UV-transmissionen styrande). Därför skall en UV-anläggning alltid vara utrustad med flödesmätning och om den består av två (eller flera) parallella aggregat bör varje aggregat ha en egen flödesmätare.

4.10 UV-transmittansmätare

UV-transmittansmätare för on-line mätning av vattnets UV-T eller UV-abs används på vissa anläggningar. Funktionen är bl.a. att se att vattnets transmittans/absorbans inte blir sämre än vad UV-anläggningen är dimensionerad för. Även om det är relativt ovanligt kan UV-transmittansmätningen även vara styrande och därmed kopplad till kontrollskåpet för UV-anläggningen. Detta används mest på större anläggningar med mer avancerade styrsystem med effektregering och styrning av UV-dos mot ett visst börvärde.

En UV-transmittansmätare gör det exempelvis möjligt att enkelt se om en försämring av intensiteten beror på en förändring av vattnet eller om förklaringen skall sökas på annat håll (ex. beläggning på kvartsglasrören). Eftersom UV-absorbansen är ett relativt bra mått på vattnets innehåll av organiska ämnen (humus) är en sådan mätning även bra för styrning och övervakning av kemisk fällning. Oftast är dock mätarna relativt krävande när det gäller kontroll, rengöring och kalibrering.

4.11 Skillnader mellan låg- och medeltrycksanläggningar

En del av skillnaderna mellan medeltrycks- och lågtryckslampor (här och i fortsättningen används ordet lågtryckslampa för både konventionella lågtryckslampor och LPHO-lampor) har redan nämnts ovan i texten om lampor exempelvis att lågtryckslampan ger sitt UV-ljus vid en våglängd medan medeltryckslampan ger ett brett spektrum över ett större våglängdsområde.

Som också nämndes under rubriken **Lampor** kan medeltryckslampor tillverkas för långt högre effekter än vad som är möjligt för lågtryckslampor. För lite större aggregat, där antalet lampor blir stort om man använder lågtrycksteknik, ger detta i en del fall medeltryckstekniken en fördel eftersom man då kan bygga små kompakta aggregat med få lampor som kan vara lättare att infoga i ett befintligt vattenverk. Lågtryckslampor tillverkas normalt för effekter upp till 350 W medan medeltryckslampor finns för flera tiotals kW.

Energieffektiviteten (verkningsgraden) är betydligt högre för lågtryckslampor, vanligen omvandlas ungefär 35 % av elenergin till ljus i UV-C området, medan motsvarande värde för en medeltryckslampa är omkring 15 %. Det innebär att en medeltrycksanläggning vanligen drar mellan två och tre gånger mer elenergi än en lågtrycksanläggning med motsvarande prestanda. För lite större aggregat blir dock den totala lampkostnaden ofta lägre för medeltryckslampor vilket delvis kompenserar för den högre elkostnaden.

Medeltryckslampor blir betydligt varmare än de andra lamptyperna, drifttemperaturen i lampan kan vara upp mot 900°C (jämfört med max 100°C för en lågtryckslampa av LPHO-typ). Den höga temperaturen gör att risken för beläggningar genom utfällningar på kvartsglasrörets yta ökar något.

Lågtryckslampor har i regel något längre livslängd än medeltryckslampor. Den garanterade livslängden för lågtryckslampor uppgår vanligen till mellan 10 000 och 14 000 timmar mot mellan 6 000 och 10 000 för medeltryckslampor.

När en lågtryckslampa skall tändas tar det någon minut för uppvärmning innan tändning och sedan en tid innan lampan når full effekt, totalt tar det normalt 5 – 10 minuter innan vattenflödet kan släppas på genom aggregatet. För MP-lampor går det något fortare. Om en MP-lampa slocknat går den dock inte att tända igen omedelbart utan behöver kallna några minuter innan den åter kan tändas.

En fördel med medeltryckslampor som ofta framförs av tillverkare av sådana är att det breda ljusspektrat förutom skador på mikroorganismernas DNA även ger andra kemiska reaktioner och skador i organismen. Dessa andra skador leder till att organismen inte förmår att ”reparera” DNA-skador och därmed reaktiveras, något som annars kan vara möjligt under vissa förhållanden. Sådan reaktivering kräver emellertid att DNA-skadorna är lindriga och att organismen har tillgång till energi, helst i form av både ljus och näring. I dricksvatten efter desinfektion med normala doser är inget av dessa villkor uppfyllda och fenomenet har sannolikt ingen praktisk betydelse i dricksvattensammanhang även om det i vissa andra tillämpningar kan vara av betydelse.

5 Certifiering och testning

5.1 Beräknad dos

Det kan förefalla som att det är relativt enkelt att räkna ut vilken UV-dos som erhålles i ett UV-aggregat. Dosen är intensiteten gånger uppehållstiden. I verkligheten är det dock mycket svårt (för att inte säga omöjligt) att teoretiskt beräkna vilken dos ett UV-aggregat ger eftersom intensiteten är olika på olika ställen i aggregatet och vattenströmningen genom ett aggregat aldrig är perfekt likformig över hela volymen.

Genom komplicerade modellberäkningar kan man få en viss uppfattning om dosen men inte ens de mest avancerade beräkningsmodellerna ger ett entydigt och tillfredsställande resultat. Många tillverkare av UV-aggregat använder ändå sådana beräkningar och marknadsför ofta aggregat med en redovisad beräknad dos. Man bör vara skeptisk till sådana doser och vara medveten om att olika tillverkare kan använda så pass olika beräkningsmodeller att siffrorna inte är jämförbara. Exempel på beräknade doser som tidigare ofta användes är väggdos och medeldos.

5.2 Biodosimetrisk dos

Den metod som kan användas för att få ett entydigt mått på dos, som är jämförbart mellan olika tillverkare och typer av aggregat, är s.k. biodosimetrisk dos. För att mäta denna måste den aggregattyp det gäller testas i fullskala i en testanläggning. För testningen används en typ av mikroorganism (exempelvis, vid test enligt tysk och österrikisk standard, bakteriesporer från en bacillus-bakterie).

Testet går till så att vatten pumpas genom det UV-aggregat som skall testas med ett bestämt flöde och mikroorganismerna tillsätts till vattenströmmen före aggregatet. Genom att ta ut vattenprover före och efter aggregatet och mäta bakteriehalterna kan man bestämma hur stor inaktiveringen (log-reduktionen) är. Samtidigt mäter man också på samma mikroorganismer hur känsliga dessa är för UV-ljus genom att i labbet i en speciell apparat belysa mikroorganismerna med vissa bestämda doser av UV-ljus. Man får då från labbtestet en kalibreringskurva där man kan se vilken UV-dos som ger en viss log-reduktion av den aktuella mikroorganismen. Genom att använda denna kurva och avläsa vilken UV-dos som motsvarar den log-reduktion man fått vid fullskaletestet kan man säkert säga vilken dos som verkligen erhålles i UV-aggregatet vid den aktuella UV-transmissionen och det aktuella flödet.

Försöket upprepas sedan med olika flöden och olika UV-transmissioner för att man skall få en komplett bild över aggregatets prestanda. UV-transmissionen varieras genom att man tillsätter ett färgämne till vattnet som används i testet. Den dos som bestämts enligt detta förfarande kallas biodosimetrisk dos eller ibland RED eller REF (ReduktionsEkvivalent Dos resp. Fluence). Testet utföres vanligen vid någon av de auktoriserade anläggningarna som finns i Österrike, Tyskland och USA.

5.3 Tysk och Österrikisk standard

Det finns två dominerande standarder som specificerar utformning och testprocedurer för UV-aggregat i Europa, den Österrikiska ÖNORM M5873 och den tyska DVGW W294. Dessa standarder används som underlag för typgodkännande av UV-aggregat i de båda länderna. Standarderna innehåller bl.a. specifikationer för hur UV-aggregat skall vara utförda exempelvis finns regler för hur UV-sensorer skall vara utformade och placerade.

Standarderna anger att UV-aggregaten minst skall ge en dos av 400 J/m^2 och innehåller också regler för hur testning och bestämning av vid vilka flöden och UV-transmissioner denna dos erhålles. Dosbestämningen skall ske biodosimetriskt enligt det som beskrivits ovan under avsnittet **Biodosimetrisk dos** och som testorganism skall sporer av *Bacillus subtilis* användas.

I Tyskland och Österrike krävs i dricksvattenföreskrifterna att UV-aggregat skall vara testade och typgodkända (certifierade) enligt en av standarderna ovan av endera ÖVGW eller DVGW (österrikiska resp. tyska branschorganisationen för gas- och vattenverk). Testningen och typgodkännandet resulterar i att tillverkaren erhåller ett certifikat för den aktuella aggregattypen. Av certifikatet framgår i en tabell vad som är maximalt flöde genom aggregatet, vid olika UV-transmissioner eller visad intensitet, för att dosen 400 J/m^2 skall upprätthållas.

5.4 Amerikansk standard

USEPA, den amerikanska myndigheten för miljöfrågor, som även reglerar dricksvattenproduktion, har gett ut en omfattande skrift som kallas UVDGM (Ultra Violet Disinfection Guidance Manual). Denna innehåller regler och riktlinjer för typgodkännande av UV-aggregat i USA. Principen liknar mycket de tyska och österrikiska reglerna men är betydligt öppnare, exempelvis tillåts certifiering för olika doser inte enbart 400 J/m^2 och testning kan utföras på plats i det aktuella vattenverket. Olika testorganismer kan också användas. Den vanligaste testorganismen är i USA bakteriofagen MS-2.

5.5 Europastandarden SS-EN 14897

Detta är en standard som egentligen inte är avsedd för vattenverk utan avser mindre (lågtrycks) UV-anläggningar som installeras i byggnader på inkommande vatten från ledningsnätet. En typ av installation som i Sverige möjligen kan vara aktuell för hushåll eller mindre samfälligheter med enskilt vatten. Standarden skulle emellertid kunna användas även för mindre vattenverk. SS-EN 14897 är mycket lik de tidigare nämnda tyska och österrikiska standarderna exempelvis krävs biosimetrisk testning och en dos av 400 J/m^2 men standarden är samtidigt mer öppen exempelvis när det gäller sensortyp och testförfarande.

5.6 Norskt typgodkännande

Den norska dricksvattenföreskriften kräver att UV-anläggningen skall vara typgodkänd av FHI (Folkehelseinstituttet). Typgodkännandet omfattar ingen ny testning utan ges för biosimetriskt testade aggregat med en dos av minst 400 J/m^2 . Här godkänns tester enligt alla fyra tidigare nämnda standarder. För typgodkännande krävs även inlämnande av beskrivning och dokumentation.

Förutom att UV-aggregatet skall vara typgodkänt av FHI skall vattenverket godkännas av norska Mattillsynet. Detta godkännande omfattar en granskning och värdering av UV-anläggningens dimensionering, utformning och placering.

5.7 Regler i Sverige

I Sverige finns inte så mycket reglering i detalj. Det man får hålla sig till är Dricksvattenföreskriften § 3 där det bl.a. står *”Beredningen skall vara försedd med tillräckligt antal säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening. I det fall desinfektion ingår skall kontroll ske av att desinfektionen är effektiv...”* och § 4 som bl.a. säger *”Vid vattenverk skall det finnas – utrustning som varnar när fel uppkommer vid pH-justering och desinfektion”*.

I vägledningen till föreskriften finns detta lite mer utvecklat. Där framgår att UV-ljus räknas som barriär och att ett minimikrav på inaktivering av mikroorganismer för att en process skall kunna räknas som barriär är 99 % reduktion (2 log). Det innebär att ett certifierat aggregat med en biosimetrisk dos om 400 J/m^2 mer än väl uppfyller kravet för en mikrobiologisk barriär. Även en biosimetrisk dos av 250 J/m^2 bör kunna anses uppfylla kravet.

Håller man sig till ett certifierat aggregat med biodosimetriskt testad dos har man också med automatik klarat kravet på kontroll av desinfektionens effektivitet (förutsatt att det drivs inom de ramar som anges i certifikatet). När det gäller aggregat med beräknade doser bör det enskilda vattenverket testa om ett nyinstallerat aggregat verkligen ger en fullgod desinfektion. Detta är fullt möjligt men inte helt enkelt att genomföra.

I vägledningen till dricksvattenföreskriften framgår även att UV-aggregat skall vara försedda med en sensor som mäter UV-intensiteten och som larmar om denna understiger ett visst värde. Dessutom skall larm finnas för indikering av lampfel på varje enskild lampa. Dessa funktioner är standard på i stort sett alla UV-aggregat. Vidare anger vägledningen att det för humusrika vatten bör finnas larm för hög dos för att undvika fotooxidation av organiska ämnen. Detta löses enklast genom att ha larm för lågt vattenflöde genom aggregatet.

6 Dimensionering

6.1 Viktiga parametrar

Vid dimensionering och val av UV-aggregat finns tre huvudparametrar som man måste ta hänsyn till:

1. Önskad dos
2. Flödet genom anläggningen
3. Vattnets UV-absorbans/UV-transmittans

Dessutom finns ett antal andra frågor att tänka igenom och ta hänsyn till vid dimensioneringen. Dessa är bl.a:

1. Typ av aggregat (låg- eller medeltryck)
2. Var i processen skall UV-anläggningen placeras?
3. Behövs med tanke på flexibilitet och säkerhet flera aggregat?
4. Hur skall styrning och reglering ske?
5. Vad händer vid strömavbrott/blink?

Det är viktigt att man tänker igenom alla dessa parametrar inför en upphandling och detta gäller även om det tilltänkta UV-aggregatet ingår som en del i en entreprenad eller liknande. UV-desinfektionen har en viktig roll för att erhålla ett säkert dricksvatten och är vattenverkets kanske viktigaste (eller t.o.m. enda) barriär mot mikrobiologisk smitta. Att överlåta hela dimensioneringen av denna till en entreprenör utan tydliga krav är att "köpa grisen i säcken".

6.2 Val av dos

Eftersom inga tydliga krav ställs i dricksvattenföreskriften överlåtes frågan om val av dos till det enskilda vattenverket. I de allra flesta fall är det bäst att hålla sig till 400 J/m^2 som är något av ett standardvärde i stora delar av Europa. Eftersom detta värde är vedertaget och allmänt accepterat behöver man då inte riskera att valet ifrågasätts. Det finns omfattande dokumentation om effektiviteten och i stort sett alla UV-aggregat har dimensioneringstabeller för denna dos.

Det kan emellertid finnas enskilda fall där det kan vara lämpligt att dimensionera annorlunda. Exempelvis om ett verk med omfattande rening, där kravet på antal barriärer mot mikrobiologisk förorening redan är uppfyllt, skall kompletteras med UV som ett extra steg kan man tänkas att med hänsyn till kostnader välja en lägre dos exempelvis 250 J/m^2 . Detta bör dock alltid vara väl genomtänkt och eventuella risker med olika typer av mikroorganismer ordentligt analyserade.

Förutom att välja dos måste man också ta ställning till hur denna dos skall vara beräknad/testad. Här finns det all anledning till att kräva att dosen skall vara biosimetriskt testad och aggregatet certifierat enligt ÖNORM, DVGW eller USEPA. Tillverkarna av UV-aggregat brukar gärna redovisa en teoretiskt beräknad dos för ett aggregat (vid en viss UV-transmission och ett visst flöde). Olika tillverkare kan emellertid använda helt olika beräkningsmodeller som ger olika resultat och man skall därför vara skeptisk till teoretiskt beräknad dos, framförallt om man jämför mellan olika tillverkare. För att kunna genomföra en rättvis upphandling och för att vara säker på vad man får är man därför hänvisad till att använda certifierad och biosimetriskt testad dos.

Eftersom certifiering enligt ÖNORM och DVGW endast görs till 400 J/m^2 är det svårt att kräva certifiering eller biosimetrisk dos om man av någon anledning vill välja en lägre dos. En lösning på detta kan vara att kräva att aggregatet skall vara biosimetriskt testat för 400 J/m^2 men räkna om det maxflöde som anges i dimensioneringstabellen i proportion till dosen som om förhållandet mellan dos och flöde vore linjärt (ex. ett aggregat certifierat för $100 \text{ m}^3/\text{h}$ vid 400 J/m^2 skulle vid dosen 250 J/m^2 klara $100 \times (400/250) = 160 \text{ m}^3/\text{h}$). Detta kallas ibland "skalad biosimetrisk dos". Förfarandet är användbart och ofta den enda praktiska lösningen även om det egentligen inte är formellt korrekt eftersom strömningsbilden i aggregatet kan förändras vid ökande flödes hastighet.

Om man väljer att dimensionera för en lägre dos än 400 J/m^2 kan det vara bra att planera för att det skall vara möjligt att i framtiden utöka anläggningen så att man kan klara dosen 400 J/m^2 om myndighetskrav på detta skulle komma i framtiden. Exempelvis kan det ske genom att reservera plats för att installera ytterligare ett aggregat

6.3 Dimensionerande flöde

Val av dimensionerande flöde är oftast det enklaste valet i dimensioneringen och rådet är att UV-anläggningen skall klara samma vattenmängd som vattenverket är dimensionerat för. Man bör dock tänka till lite om vattenverket normalt körs vid ett flöde långt under maxkapaciteten och maxkapaciteten mera ses som en reserv i extremfall. Då är det bättre att dimensionera efter den produktion som verkligen använts under de senaste åren för att undvika alltför kraftig överdimensionering. Ett sätt att resonera är att utgå från USEPAs regel om att minst 95 % av produktionen skall behandlas inom specifikationerna och välja dimensionerande flödet så att man inte överskrider detta mer än några % av tiden. I ett sådant fall kan det vara lämpligt att försäkra sig om att man även vid maxkapaciteten erhåller en dos som överstiger 250 J/m^2 beräknat enligt "skalad biosimetrisk dos" ovan.

6.4 Dimensionerande vattenkvalitet

Som sagts tidigare påverkas funktionen hos en UV-anläggning starkt av vattnets UV-absorbans (eller transmittans). Att välja vilken vattenkvalitet UV-anläggningen skall dimensioneras för är därför en mycket viktig fråga och kräver en del bakgrundsdata. Det är viktigt att man inte bara använder en mätning av UVabs eller UV-T utan att man också har kunskap om hur parametern varierar under året och mellan olika år.

Är man så lyckligt lottad så att man har tillgång till mätningar av UVabs under några år tillbaka har man ett bra utgångsläge, se bara till att mätningarna verkligen omfattar olika årstider. I annat fall får man skaffa sig en bild av läget på annat sätt. En viktig åtgärd kan vara att börja mäta UVabs så snart man börjar fundera på att skaffa en UV-anläggning, då har man i bästa fall fått ihop en del data innan specifikationen skall skrivas. Man har också stor nytta av historiska data på färgtal och TOC (eller COD) eftersom dessa parametrar ofta varierar på ungefär samma sätt som UV-absorbansen.

Det är vanligen organiskt material (humus) som helt dominerar påverkan på UV-absorbansen men det finns även en del andra ämnen som också kan ha en betydande påverkan. Bland dessa kan främst nämnas ozon, järn, permanganat och tiosulfat. Detta medför exempelvis att grundvattenverk med järnhaltigt vatten och ytvattenverk med järnfällning måste vara uppmärksamma på eventuella höga halter restjärn.

Utifrån dessa data får man göra en kvalificerad bedömning av vilken UVabs man har vid "worst case". Ett grundvattenverk har sannolikt inte så kraftiga och snabba variationer. Ett ytvattenverk med en å eller en liten sjö som vattentäkt kan däremot drabbas av både kraftiga och snabba förändringar och variationerna kan vara relativt stora både mellan olika årstider och mellan olika år.

En annan aspekt kan vara att en störning i fällningskemikaliedosering i ett ytvattenverk kan leda till plötsliga försämringar av UV-absorptionen i dricksvattnet. Att dimensionera UV-anläggningen efter råvattendata som ibland har föreslagits i sådana sammanhang är dock inte realistiskt med tanke på att det skulle leda till en mycket kraftig överdimensionering vid normaldrift men man bör ändå ha i åtanke att störningar i fällningskemikaliedosering förekommer och att en fällningsanläggning ofta ger något sämre vattenkvalitet vid belastning nära maxkapacitet.

Ytterligare en vattenkvalitetsfaktor att ta hänsyn till är att UV kan ge upphov till nitritbildning i det fall att man har ett vatten med höga nitrathalter. Detta är normalt inget större problem men om man har ett sådant vatten bör man vara extra noga med att se till så att mycket kraftig överdosering av UV undviks. Eftersom nitritbildningen orsakas av korta våglängder (under 240 nm) bör man också se till att använda lampor där dessa våglängder filtrerats bort. Detta är dock standard på i stort sett alla UV-lampor i dag.

6.5 Lågtryck eller medeltryck

En viktig fråga som man måste ställa sig innan eller när man skall skriva upphandlingsunderlaget är hur man skall ställa sig till valet mellan lågtrycks- eller medeltryckslampor. Det är en delikat fråga och här har naturligtvis de olika tillverkarna och försäljarna delade meningar beroende på vad de säljer. Observera att kunskapen när det gäller påverkan på organiska ämnen är ofullständig och nedanstående TOC-värden är grova uppskattningar då det inte finns några tydliga gränser.

Har man ett grundvatten med lågt innehåll av organiska ämnen ($\text{TOC} < 2 \text{ mg/l}$) spelar valet av låg- eller medeltryck ingen större roll ur teknisk synpunkt eller beträffande vattenkvalitetspåverkan. Är vattnet hårt och lätt ger beläggningar på varma ytor kan dock medeltryck ge mer problem med beläggningar på kvartsglasen, möjligen finns också en något större risk för nitritproblem om man har nitrat i vattnet.

Med ett grundvatten med låga halter TOC blir valet således mer en ekonomisk fråga och man kan lämpligen låta upphandlingsunderlaget vara öppet för båda lamptyperna och göra en utvärderingsmodell som värderar den totala kostnaden bestående av investeringskostnaden och ett antal års driftkostnad.

Har man i stället ett ytvatten med högt innehåll av organiska ämnen ($\text{TOC} > 3 \text{ mg/l}$) finns vissa risker att de organiska ämnena påverkas av UV-ljuset vilket kan ge upphov till lättnedbrytbara ämnen (AOC) och/eller lukt och smak. Dessa risker är sannolikt större vid användning av medeltryck varför detta bör avrådas. Oavsett lamptyp bör man ändå i detta fall vara försiktig med kraftig överdosering av UV.

Mellan de två ytterligheterna finns ett område där det är svårt att ge generella råd utan man får värdera från fall till fall. En faktor är hur noggrann styrning man har. På små anläggningar utan avancerad styrning och med stora variationer i flöde kan doserna vid mycket låga vattenflöden bli väldigt höga och då kanske man skall undvika medeltryckssystem. I andra vattenverk där UV-aggregaten skall installeras i en befintlig anläggning kan utrymmesskäl göra att medeltrycksaggregat är att föredra då de oftast är kompaktare.

6.6 Placering

Normalt vill man placera UV-anläggningen så sent i beredning som möjligt, den vanligaste placeringen är före lågreservoaren. En placering efter reservoaren skulle eliminera risken för att en förorening kommer in via reservoaren men problemet med en sådan placering är risken för tryckslag som skulle kunna skada kvartsglasen och att glas (och även kvicksilver) från lampan då riskerar att komma ut i röret i stället för att sjunka till botten i reservoaren. Ofta är också flödesvariationerna och maxflödet större efter lågreservoaren än före. Införandet av UV-desinfektion före en lågreservoar bör emellertid alltid kombineras med en noggrann genomgång av reservoaren och eventuella risker för förorening.

En annan faktor som ofta talar för en placering före reservoaren är att UV-aggregatet med tanke på risken för beläggningar bör placeras före slutalkaliseringen eller pH-justeringen. Om UV-desinfektionen kombineras med annat desinfektionsmedel (hypoklorit eller kloramin), vilket är vanligt i ytvattensammanhang, bör denna dosering ske efter UV-aggregatet. Gärna så nära efter som möjligt. Det bör emellertid alltid finnas en provtagningsmöjlighet mellan UV och dosering av annat desinfektionsmedel.

Vanligtvis ansluts UV-anläggningen till en ledning för samlat filtrat före reservoaren men man kan också tänka sig att installera mindre UV-aggregat på utloppet från varje enskilt filter, det ger dock en sämre flexibilitet ur regleringspunkt. Exempel finns också på installation av UV i tryckstegringsstationer ute i rörnätet. Vid sådana installationer är det viktigt att beakta risken för tryckslag och skador på kvartsglasrören.

UV-desinfektionen är känslig för luftbubblor i vattnet varför man skall se till att det inte finns risk för att luft dras med i inkommande vatten och att det i UV-aggregatet eller i föregående rör inte uppstår undertryck eller trycksänkning som kan leda till att lösta gaser kan urskiljas som bubblor. Det är också viktigt att tillse att det är lätt att avlufta UV-aggregatet och anslutningsrören vid uppfyllning och att det finns lämpliga anslutningar för urtappning och uppfyllning med tvättlösning vid rengöring.

6.7 Antal aggregat/redundans

Det är ofta lämpligt att dela upp UV-anläggningen i flera separata aggregat, lämpligen som separata linjer (möjligen med undantag för de allra minsta vattenverken) för att få större säkerhet och för att underlätta underhåll. Om UV-anläggningen är uppdelad på flera separata aggregat är det naturligtvis också enklare att anpassa sig till stora variationer i flöde.

En lämplig uppdelning, för ett inte alltför litet verk, kan exempelvis vara tre aggregat där två aggregat normalt är i drift och ett i beredskap. Kringkostnaden med rör, ventiler och flödesmätare ökar naturligtvis med antalet aggregat. I vissa fall kan det dock löna sig prismässigt att installera flera mindre standardaggregat jämfört med ett stort. Det finns också installationer med två eller flera aggregat i serie på samma ledning vilket ger en betydligt billigare installation än parallella aggregat men också sämre flexibilitet.

Det kan vara lämpligt att planera för att anläggningen skall kunna utökas med ytterligare ett aggregat dels för en framtida ökad produktion men även för en eventuell försämrad vattenkvalitet eller andra problem med kapaciteten.

6.8 Styrning och reglering

De riktigt stora UV-anläggningarna förses ofta med avancerade styrsystem som bygger på att den aktuella dosen beräknas utifrån UV-transmission, UV-intensitet och flöde. Genom effektregering av lamporna och möjlighet att släcka och tända lampor kan dosen styras mot ett inställt börvärde (ex. 400 J/m²). Anläggningen förses med larm för låg dos.

För de mindre UV-anläggningarna beräknas oftast inte den aktuella dosen utan ett tillåtet driftområde, angivet som kombination av intensitet och flöde, har fastslagits vid certifieringen. Styrsystemets uppgift blir då endast att övervaka att det flöde som är tillåtet vid den aktuella UV-intensiteten inte överskrids.

Tänker man installera flera aggregat bör man också tänka igenom hur antalet aggregat i drift skall användas för reglering, d.v.s. om ytterligare aggregat skall starta automatiskt vid överskridande av visst flöde eller om stopp och start skall skötas manuellt. Här gäller det också att välja om man vill att en sådan styrning skall skötas av UV-anläggningens styrsystem (PLC). Oftast är det bäst att använda separata UV-aggregat och låta all sådan överordnad reglering skötas av vattenverkets eget styrsystem.

Aggregaten är ofta försedda med en förreglingssignal som bör användas exempelvis vid start för att blockera öppning av ventiler till aggregatet är uppvärmt och nått full effekt. Signalen används även till att nödstänga ventiler eller stoppa pumpar om UV-aggregatet av någon anledning stoppar. En sådan stopp funktion bör finnas för att undvika att icke desinficerat vatten distribueras, men förutsätter naturligtvis att tillräcklig reservoarvolym finns, så att personal kan komma på plats och åtgärda problemen innan konsumenter drabbas av leveransavbrott. Undantag kan också göras om vattnet kan anses säkert även utan UV exempelvis om verket har andra och tillräckliga barriärer.

Det är viktigt att i förväg tänka igenom hur UV-anläggningen skall fungera ihop med resten av vattenverket vid strömavbrott och framförallt vid korta spänningsdippar, som kanske stoppar viss utrustning men inte all. Det finns exempel på vattenverk som installerat avbrottsfri kraft (UPS-aggregat) för hela UV-anläggningen för att inte påverkas av korta avbrott och strömdippar. Detta är dock en väl dyr lösning.

7 Anskaffning

7.1 Upphandling

En väl genomförd upphandling med ett bra förfrågningsunderlag är grunden till att få en väl fungerande UV-anläggning. För att genomföra detta är det viktigt att noga ha tänkt igenom alla punkter som nämnts ovan samt också planerat för hur upphandlingen skall genomföras.

Det är relativt vanligt att UV-anläggningen kommer med som en komponent i en större entreprenad på en ombyggnad av vattenverket. Detta blir ofta ingen bra lösning och risken är stor att man inte får vad man förväntat sig. Det kan också bli trassligt med garantivillkor och med samarbetet med UV-leverantören då man under entreprenadens garantitid har en mellanhand (eller två). I värsta fall kan man ha fått en anläggning från en tillverkare som saknar representation i Sverige.

Det kan emellertid fungera bra med att UV-anläggningen inkluderas i en entreprenad men det är då mycket viktigt att man ställt lika noggranna krav på UV-anläggningen och på hur garantin skall fungera i samband med upphandlingen av entreprenaden som om man genomfört en egen upphandling av UV-anläggningen. I första hand uppmanas till att göra en egen separat upphandling av UV-anläggningen och sedan eventuellt tillhandahålla den till en entreprenör som är ansvarig för montaget. På så sätt får man en betydligt bättre kontroll över anläggningen och ett naturligt samarbete med UV-leverantören. Ett exempel på hur ett upphandlingsunderlag kan se ut finns med som bilaga 1.

Det är bra att under planerings och dimensioneringsarbetet ha kontakt med ett par leverantörer och lyssna på deras förslag och lösningar. De flesta leverantörer är i dag seriösa och relativt kunniga. Det är emellertid viktigt att ändå alltid vara kritisk och tänka på att de som försäljare alltid i viss mån är partiska. Dessutom skall man tänka på att försöka få så enkla och standardmässiga lösningar som möjligt så att man kan behålla en bra konkurrens i upphandlingen. Om man kommer med alltför specifika krav, som bara en leverantör klarar, riskerar man att drabbas av överklaganden och i värsta fall att man får göra om upphandlingen.

Det enklaste vid offentlig upphandling är naturligtvis att välja att utvärdera efter lägsta pris men betydligt bättre och rättvisare är att i stället använda någon form av livscykelkostnad som inkluderar både investerings och driftkostnader. Eventuellt kan också referenser inkluderas i utvärderingen. Ett exempel på utvärdering efter livscykelkostnad finns i bilaga 1. Som vid all upphandling där pris eller kostnad är avgörande gäller det att man ställt tillräckliga krav för att inte riskera att få något som är av dålig kvalitet men billigt.

7.2 Specifikation av anläggningen

I upphandlingsunderlaget är det viktigt att man specificerar grundkraven för dimensioneringen nämligen dimensionerande flöde och dimensionerande UV-abs (eller UV-T) för vattnet samt vilken dos som skall erhållas och om denna skall vara biosimetriskt uppmätt. Här skall också anges om anläggningen skall vara certifierad enligt ÖNORM, DVGW eller USEPA.

Bland andra krav som kan ställas finns:

- Max vattentryck där anläggningen skall installeras
- Max tillåtet tryckfall över anläggningen
- Vattentemperatur som anläggningen skall fungera i
- Material i aggregatet
- Krav på anslutningar
- Krav på lamporna (ex. andel ljus under 240 nm)
- Krav på sensorer
- Krav på referenser

För att se till att alla begärda uppgifter kommer in med anbudet kan det vara bra att bifoga en blankett som leverantören skall fylla i se exempel i bilaga 1. Om anläggningen skall vara certifierad bör man begära att kopia på certifikat inklusive kapacitetstabell och eventuella diagram skall bifogas anbudet.

Ett problem som kan drabba vissa vattenverk med humusrika vatten och därmed hög UVabs är att utbudet av anläggningar som är certifierade för så hög UVabs (låg UV-T) är tämligen begränsat (humusrika vatten är ovanliga i större delen av Europa). Om man konstaterat att så är fallet kan man i vissa undantagsfall i upphandlingsunderlaget tillåta att leverantören får extrapolera resultaten i testcertifikatet till aktuell UVabs. Det är viktigt att då specificera hur långt man får extrapolera (exempelvis högst fem procentenheter UV-T (1 cm)) och att kräva att extrapoleringen skall redovisas med exempelvis diagram samt granska dessa kritiskt när utvärderingen görs.

7.3 Krav på styrning och andra funktioner

I upphandlingsunderlaget bör man specificera vilka funktioner som skall kunna fjärrstyras från överordnat styrsystem (ex. start och stopp av aggregat) samt vilka signaler som skall finnas till det överordnade styrsystemet. Vanligtvis vill man att UV-intensitet skall finnas som 4 – 20 mA signal och att det skall finnas potentialfria kontakter för driftindikering/förregling och för larm, exempelvis för lampfel. För större aggregat med dosberäkning skall även uträknad dos finnas som 4 – 20 mA signal.

På styrskåpet bör finnas display som kan visa exempelvis intensitet. Dessutom skall den kunna visa drifttid för lamporna.

7.4 Krav på garantier

Vilka krav på garantier man skall ställa beror bl.a. på hur stor anläggning det är fråga om och på vilka resurser och vilken kunskap man har för att följa upp eventuella villkor. Generellt kan man dock säga att det är viktigt att man tänkt igenom garantifrågan och att man senare följer upp funktionen noga. Det kan också vara viktigt att ställa krav på tillgänglighet och inställetid för service vid akuta driftproblem.

Tyvärr finns ganska många exempel på anläggningar som haft problem. Ofta är det dessutom inte helt lätt att omedelbart se vad som egentligen är problemet och vems ansvar det är. Exempelvis om inte intensitetsvärdet visar vad som krävs enligt certifikatet kan det bero på givaren, på vattenkvaliteten, på beläggningar, på lampan, på brister i dimensioneringen eller någon annan faktor. Något som ibland lett till garantifrågor är lampans åldrande vilket oftast visat sig först efter närmar ett års drift. Om lamporna därefter byts ut och det visar sig att de nya lamporna har samma problem har man lätt överskridit garantitiden innan detta upptäcks. Det är bl.a. därför viktigt att kräva en tillräckligt lång garantitid. Denna bör vara minst två år men man kan tänka sig att kräva ända upp till fem år.

Det kan vara lämpligt att också hålla inne minst 10 % av betalningen till funktionen testats ordentligt. Exempelvis att beloppet betalas efter fyra månaders felfri drift förutsatt att alla krav är uppfyllda. Vill man försäkra sig kan man även tänka sig att beloppet hålls kvar till lampornas garanterade livslängd gått ut men man skall då tänka på att sådana villkor kostar och garantin gäller naturligtvis ändå, även om man inte innehållit en del av betalningen.

En viktig detalj är att kräva att både prestanda och garantier skall gälla för det temperaturintervall som är aktuellt. Tester och garantier gäller nämligen som standard oftast bara ned till +5 °C något som svenska ytvattenverk underskrider en betydande del av året. Det har i enstaka fall funnits indikationer på att lågtryckslampor påverkats negativt med avseende på intensitet och livslängd vid riktigt låga vattentemperaturer (kring 1 °C).

7.5 Reservdelar

En viss mängd reservdelar bör ingå i leveransen. Dessa bör omfatta minst en uppsättning lampor, ballastkort eller motsvarande, ett kvartsglas med tätningar samt en lamphållare med kontakt och tätningar. Om aggregatet är försett med torkare kan en sats slitagedelar till denna inkluderas.

7.6 Krav på medverkan vid drifttagning och utbildning

Det är ofta lämpligt att leverantören är på plats och medverkar vid drifttagning av anläggningen. För att UV-anläggningen skall kunna fungera som det är avsett krävs dessutom utbildning av personalen som skall driva och underhålla den. Man bör vid upphandlingen kräva att leverantören håller en grundläggande utbildning för all personal som berörs. Utbildningen bör omfatta teori om UV samt både drift och underhåll av det aktuella aggregatet med genomgång av tillåtet driftområde, larm, rengöring, lampbyte, sensorkontroll, felsökning mm. Utbildningen kan lämpligen göras samtidigt med drifttagning av anläggningen.

7.7 Kontroll av funktion

Omedelbart efter driftstart och innan man betalar den sista delbetalningen skall man kontrollera funktionen så långt det är möjligt.

I kontrollen skall även ingå samtlig dokumentation inklusive manual (på svenska om man begärt detta) och ovan nämnda utbildning. När det gäller manualer är det viktigt att granska dessa kritiskt och reklamera dåliga eller svårbegripliga manualer. Tyvärr finns exempel på undermåliga översättningar.

8 Drift och Underhåll

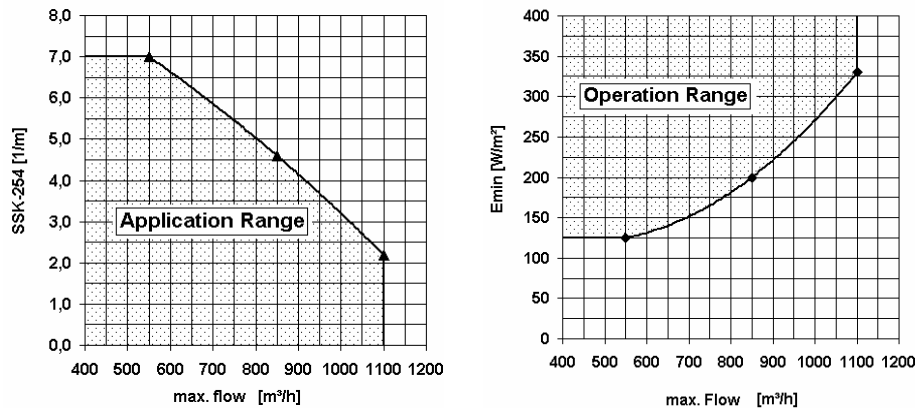
8.1 Godkänt driftsområde / larm

Den parameter som är styrande och som skall övervakas vid drift av en UV-anläggning är UV-dosen. Riktigt stora UV-anläggningar har vanligtvis visning av aktuell dos uträknad utifrån det förhållande mellan intensitet, flöde, UVabs och dos som fastställts vid testerna för certifieringen. Detta underlättar driftövervakningen avsevärt och det är lätt att sätta bra och enkla larmgränser. Man kan bara beklaga att någon sådan uträkning av dos sällan finns för mindre aggregat.

Driftövervakningen för de mindre aggregaten bygger i stället på att ett tillåtet område (kombination av intensitet och flöde) fastställts vid certifieringen. Vid drift innanför detta område vet man att dosen överstiger 400 J/m^2 . För att kunna få bra larmgränser i ett sådant fall vore idealet att UV-anläggningen kunde jämföra kombinationen av flöde och intensitet med det godkända driftområdet och larma vid avvikelser. Tyvärr är man vanligtvis hänvisad till ett larm för låg intensitet som är satt efter det dimensionerande flöde som angetts vid upphandlingen.

Speciellt om man har ett vatten som varierar en del i UVabs (vanligen ytvatten) kan det vara av intresse att använda hela driftområdet. Exempelvis skulle man, om man inte kör max flöde, kunna driva anläggningen med en intensitet som underskrider larmgränsen och ändå hålla sig till godkänt område, förutsatt att flödet inte är för stort. Omvänt kan man också driva anläggningen med ett högre flöde än dimensionerande om intensiteten är högre än nominellt exempelvis på grund av bra vattenkvalitet (låg UVabs). Ett alternativ för att kunna utnyttja detta är att programmera in en jämförelse av flöde och intensitet med det godkända

driftområdet i det överordnade styrsystemet i stället för att använda UV-anläggningens larm för högt flöde och låg intensitet. En förutsättning för att programmera detta är att man har tillgång till den tabell för förhållandet mellan intensitet och tillåtet flöde som fastställts vid certifieringen (eller motsvarande diagram).



Figur 8.1 *Exempel på diagram som erhålles vid certifiering av aggregat, i detta fall enligt DVGW. Det vänstra diagrammet visar vilket flöde som är tillåtet vid olika UVabs värden och används vid dimensionering och val av aggregat. Det högra diagrammet är det som används för driften och anger tillåtet flöde vid aktuell intensitet för att dosen 400 J/m^2 inte skall underskridas. (Hoyer 2002)*

De som har ett humusrikt vatten har också att ta hänsyn till vägledningen till dricksvattenföreskriften om att det bör finnas larm vid för hög dos. Eftersom dosen vanligen inte finns tillgänglig kan man i stället använda larm för lågt flöde eftersom det är vid sådana tillfällen som dosen kan bli hög. Det är svårt att ge några direktiv om hur lågt larmet skall sättas eftersom risken för oxidation av humusämnen beror av många parametrar. Har man ett mycket högt humusinhåll, och ett UV-aggregat utan dosstyrning eller effektregering, kan det finnas anledning att sätta larmgränsen så högt som halva dimensionerande flödet för UV-anläggningen. Observera att ett sådant larm inte skall förväxlas med det larm för lågt flöde som UV-tillverkaren satt, som vanligen baseras på risken för uppvärmning av UV-aggregatet.

Eftersom tydliga svenska regler saknas kan det vara svårt att ge några bestämda råd för vad som är acceptabla avvikelser och vad som bör rapporteras till tillsynsmyndighet. Som ett exempel kan nämnas att den amerikanska myndigheten USEPA kräver att alla avvikelser från godkänt driftområde skall rapporteras till tillsynsmyndigheten och minst 95 % av vattnet varje månad skall ha behandlats inom det driftområde som certifieringen av aggregatet kräver.

8.2 Drifttagning och tillsyn

Det är oftast lämpligt att den första uppstarten genomförs tillsammans med leverantören. Inför första uppfyllning med vatten bör alla anslutningar och infästningar kontrolleras. Kontrollera också att kvartsglas och lampor är rätt monterade. Vid fyllning gäller sedan att fylla långsamt med öppen avluftning och kontrollera tätheten. Försiktighet vid fyllning är viktigt även i fortsättningen, speciellt för aggregat som sitter på trycksidan av distributionspumparna och då kvartsglasen varit demonterade, det finns exempel på ett tillbud där trycket lades på innan

aggregatet var avluftat och kvartsglasen med lampor (som var felaktigt monterade) sköts iväg med stor kraft. Ett annat självklart men ofta förbisett råd är: Läs manualen först.

Efter start bör man gå igenom alla inställningar och kontrollera att larmgränser mm. är rätt inlagda och att det visade intensitetsvärdet stämmer med vad som angetts enligt certifieringen. Man bör också testa av vad som händer vid strömavbrott och kanske framförallt ett kort strömbortfall. Man bör också se till att analysen av UV-abs kommer med i det ordinarie provtagningsprogrammet så att man kan hålla koll på att värdet håller sig inom det område som aggregatet dimensionerats för.

Därefter skall driften av UV-anläggningen inte kräva så mycket tillsyn utöver de moment som beskrivs nedan, men man skall självklart titta till aggregatet med jämna mellanrum. UV-aggregat med torkare kräver viss tillsyn av denna och regelbundet (ex. i samband med lampbyte) måste aggregatet demonteras så skrapan och kvartsglaset kan inspekteras. I det fall UV-aggregatets styrskåp är försedda med kylfläkt med dammfilter måste detta kontrolleras och bytas/rengöras enligt rekommendation i manualen. Många styrskåp med PLC innehåller också ett back-up batteri som så småningom behöver kontrolleras och bytas.

8.3 Försmutsning och rengöring

Att förutsäga hur stort rengöringsbehovet blir för en UV-installation är svårt och skillnaderna kan vara mycket stora från anläggningar som inte behövt rengöras på 10 år till extremfall som kräver rengöring varje vecka. Det kan även finnas något enstaka fall där beläggningen blir så svår att den trots rengöringar så småningom leder till att kvartsglaset måste bytas i förtid.

Det som oftast orsakar problem är hårda vatten och järninnehållande vatten. Ett kalkfällande vatten (positivt Langliers index) innebär naturligtvis en risk för kalkbeläggningar men kalk kan även i andra fall orsaka problem p.g.a. att kvartsglasets yta är varmare än omgivande vatten vilket gynnar kalkutfällning. Kalk kan också falla ut tillsammans med järn eller organiska föreningar. Har man ett järninnehållande råvatten eller fällning med järnkemikalier är det viktigt att vara noga med att försöka reducera halten restjärn så långt det är möjligt bl.a. genom att optimera fällning och filtreringssteg. Mangan och en del andra metaller kan också vara problematiska. Humus tycks däremot sällan orsaka problem annat än då det fälls ut tillsammans med kalk eller järn. Aluminium orsakar inte heller problem i någon större utsträckning.

Det finns i huvudsak tre metoder för rengöring:

1. *Demontering av kvartsglas och rengöring för hand;* ger effektivast rengöring och är ofta en bra metod för mindre aggregat med en eller högst två lampor, innebär dock en viss risk att skada kvartsglasets yta, dessutom måste också sensorn/sensorhållaren demonteras och rengöras separat.
2. *Fyllning av aggregatet med tvättlösning;* enkel rengöring som tar sensorfönstret samtidigt, det kan dock vara bra att vid något tillfälle (ex. var tionde rengöring) demontera glaset och rengöra för hand samt att samtidigt kontrollera renheten och att det inte finns smuts eller kondens på insidan av glaset.
3. *Rengöring med cirkulerande tvättlösning som sprejas in i UV-aggregatet med speciella munstycken;* används endast på riktigt stora aggregat där volymen är för stor för att fylla hela aggregatet.

Vid alla typerna av rengöring är det viktigt att arbetsplatsen är väl förberedd för arbetet så att fyllning, tömning och hantering av tvättlösningar fungerar smidigt och framförallt säkert ur arbetsmiljösynpunkt. För fyllning av aggregatet med tvättlösning kan leverantörerna ofta erbjuda färdiga rengöringsenheter med tank, pump och anslutningsslangar. Handskar och skyddsglasögon/visir skall alltid användas och ögondusch skall finnas.

Som tvättlösning är en citronsyralösning med 10 – 20 % koncentration vanligast. Fosforsyra förekommer också och i enstaka fall saltsyra. Kommersiella sura rengöringsmedel med tensider och ev. komplexbindare kan också fungera bra. I speciella fall kan man tvingas experimentera med andra medel, det finns t.ex. vissa laboratediskmedel som kan fungera bra främst vid rengöring för hand. Tvättlösningen sparas lämpligen efter användning och kan användas flera gånger innan den måste bytas ut.

Om man bara har ett UV-aggregat och vill undvika längre stopp för rengöring kan det vara en idé att ha dubbla uppsättningar kvartsglas och placera det glas som byts ut i tvättlösning till nästa byte. Har man flera aggregat och ett som står som stand-by kan det vara lämpligt att tappa ur detta när det står still eftersom det finns viss risk för att man annars får en viss tillväxt (biofilm) på kvartsglasen. Detta gäller främst om man inte har något nämnvärt rengöringsbehov av andra orsaker. Om aggregaten ändå rengörs några gånger per år spelar denna lilla beläggning ingen större roll.

Det finns enstaka fall där man fått tillväxt av alger vid inloppet till UV-aggregat. Eftersom synligt ljus som gynnar tillväxten når längre än UV-ljuset i vatten kan det bli en zon vid och strax före inloppet till UV-aggregatet där ljusförhållandena är gynnsamma för grönalger. Om aggregatet sedan står stilla en längre stund med vatten i finns risken att algerna dör och bryts ned vilket leder till dåligt illaluktande vatten i aggregatet.

8.4 Byte av lampor

Allteftersom lamporna åldras tappar de i intensitet och måste så småningom bytas för att aggregatet skall kunna ge den erforderliga intensiteten/UV-dosen. I princip kan lamporna drivas till de inte längre klarar att ge tillräcklig intensitet. Man bör ändå rekommendera att alltid byta lamporna efter den garanterade livslängden som leverantören angett eftersom det från uppmätt intensitet kan vara svårt att avgöra lampans status och då kan få problem om

UV-absorbansen i vattnet försämras. Risken för att lampan plötsligt slocknar ökar också betydligt efter den garanterade livslängden. I stort sett alla nyare UV-aggregat är försedda med drifttidsräknare för detta ändamål och det är viktigt att inte glömma att nollställa denna efter ett lampbyte. De som har aggregat i kontinuerlig drift kan naturligtvis gå efter kalender-tid i stället.

Det händer ibland, dock mycket sällan, att lampor plötsligt slocknar och måste bytas före den garanterade livslängden. Erfarenhetsmässigt drabbar det en eller ett par % av alla UV-lampor. Har man ett aggregat med flera lampor men endast en UV-sensor och drabbas av att lampan närmast sensorn slocknar och måste bytas. Då är det viktigt att flytta en av de andra gamla lamporna till denna position. Den nya lampan får i stället sättas in där den flyttade lampan suttit. Den nya lampan lyser starkare och skulle lura sensorn att överskatta UV-dosen om den sattes närmast sensorn.

Det har också inträffat att lampor tappat i intensitet snabbare än vad som angetts och att UV-aggregatet därför redan efter omkring halva garanterade livslängden inte klarar att upprätt-

hålla den erforderliga intensiteten/UV-dosen. Det första man skall misstänka om intensiteten sjunker i förtid är dock beläggning på kvartsglasets och sensorfönstret eller dålig vattenkvalitet. Om man efter rengöring och kontroll av vattnets UV-abs inte fått en förklaring återstår endast att byta och reklamera lampan. Oftast har sådana problem med lampor kommit i samband med att en ny typ av lampa (eller ballast) introducerats på marknaden utan tillräckligt omfattande tester men det kan också bero på att man fått ett ”måndagsexemplar” även om detta är mycket ovanligt.

Lampbytet utföres som angivits i aggregatets manual. Det är här viktigt att vara noggrann och försiktig då både UV-lampan i sig och dess kontaktstift i regel är relativt sköra, tag inte i lampan så att det kan bli fingeravtryck (använd gärna handskar). Man skall också tänka på att lamporna innehåller kvicksilver. Därför bör man i förväg ha tänkt på hur man skall hantera en krossad lampa. Självklart skall man också se till att strömmen till UV-aggregatet är ordentligt bruten och att lamporna har kallnat lite innan man påbörjar bytet. På grund av kvicksilverinnehållet måste de utbyttas om hand på rätt sätt. Ett alternativ kan vara att skicka tillbaka den gamla lampan till leverantören. Ett annat är att kontrollera om den entreprenör som kommunen anlitar för ”normala” lysrör kan ta hand om UV-lampor.

8.5 Kontroll och byte av UV-sensorer

UV-sensorn är en av de viktigaste komponenterna på UV-anläggningen och det är nödvändigt att denna visar rätt värde. I annat fall riskerar man att UV-dosen blir för låg och därmed att desinfektionen blir otillräcklig. För att försäkra sig om sensorns funktion måste den kontrolleras regelbundet. Hur ofta detta bör göras är omdebatterat. Exempelvis anser Amerikanska myndigheter (USEPA) att detta bör göras månadsvis. Rekommendationen blir nog ändå att kontrollera sensorn årligen. Normalt är de UV-sensorer som förekommer av god kvalitet och livslängden är ofta mer än 10 år även om så långa livslängder inte alls garanteras.

Om man har en normsensor enligt ÖNORM eller DVGW vilket är vanligt på nyare aggregat görs en kontroll under drift genom att den ordinarie sensorns mätvärde läses av. Därefter tas sensorn ut ur hållaren och en referenssensor kopplat till ett handhållet instrument sätts in i dess ställe, mätvärdena jämförs sedan. Innan den ordinarie sensorn tas ut bör man undersöka om det finns några förreglingar som stoppar UV-aggregatet eller flödet om sensorn tas ut. De flesta leverantörer av UV-anläggningar bör ha tillgång till ett referensinstrument och kunna utföra kontrollen.

Vad som är godtagbar avvikelse varierar. Enligt tysk standard får sensorn högst visa 5 % för högt värde. Enligt USEPA är avvikelser upp till 20 % acceptabla. I brist på svenska regler bör man minst hålla sig till den amerikanska regeln och om avvikelsen är större än 20 % bör sensorn bytas ut. Vid kontrollen bör den som utför den kunna uppvisa papper på att referenssensorn och dess instrument i sin tur är kontrollerade och kalibrerade under det senaste året. Den som har en annan typ av sensor än normsensor är hänvisad till leverantören för att få anvisningar för hur kontrollmätningen skall utföras.

8.6 Reservdelshållning

Ett minimikrav på reservdelshållning bör vara att lampa och ballast samt helst också kvartsglas skall finnas i reserv, dessutom kan det vara bra att ha en uppsättning o-ringar till lampa, kvartsglas och sensor. Andra reservdelar som kan övervägas är kylfläkt och luftfilter till ballast/styrskåp, UV-sensor, lampkontakt och delar till ev. automatiska torkare.

En fråga som börjat dyka upp på senare tid är användning av reservlampor av annat fabrikat (piratlampor) eftersom flera tillverkare av UV-lampor börjat sälja lampor även till UV-aggregat av andra fabrikat. Detta kan naturligtvis innebära en för kunden positiv press på priserna men man måste vara medveten om att man kan ställa till med problem när det gäller garantier. Även om aggregatets garanti gått ut sedan länge kan man exempelvis behöva byta en ballast och om det då sitter en främmande lampa i aggregatet kommer leverantören inte att lämna någon garanti på den nya ballasten, man riskerar också att hamna i andra situationer där leverantörerna skyller på varandra. En annan aspekt som ofta framförs av ”original-leverantören” är att certifieringen upphör att gälla när andra delar används. Detta är riktigt, men kanske av mindre betydelse i Sverige där inget certifikat krävs. Slutsatsen blir att man skall vara försiktig med att använda piratdelar och verkligen tänka igenom om det är värt riskerna.

9 Källhänvisningar till figurer

- Figur 3.1 Templeton, M. (2008): UV Disinfection of Drinking Water: Opportunities,
Figur 3.2 Limitations and the UK Context. Proc. UV-workshop, Imperial College,
Figur 3.3 London, 15. Sep
- Figur 4.1 USEPA, Office of Water (2006): Ultraviolet disinfection guidance manual for
the final long term 2 enhanced surface water treatment rule. EPA 815-R-06-007.
<http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/compliance.html>
- Figur 8.1 Hoyer, O. (2002): Full-scale validation testing of large UV reactors – the
German DVGW Standard W 294. Proc. 2002 AWWA Ann. Conf., New
Orleans.

ulf.eriksson@stockholmvatten.se