

線リアクターに通水される流量を把握しなければならない。その為、紫外線ユニットには独自の水道メーターを備え付けなければならない。それが不可能ならば、各紫外線ユニットへの通水流量の正確な記録及び管理を保証できる他の装置を設置するか、又は対策を実施しなければならない。

## 8.4 寸法設計された水質

紫外線消毒の効果は水質によって大きく変わる（第5章を参照）。紫外線リアクターで供給される紫外光の照度は水の紫外線透過率（浸透性）によって照射槽の中で低下する。それに従って、微生物が受ける紫外線照度は紫外線電球（光路）からの距離に加えて、水の粒子含有量（それが紫外光を拡散し得る）、紫外光を吸収できる天然有機物や鉄のような水の中の溶解性物質含有量によって変わる。

紫外線設備を備える前に、水質や水質の変動範囲の徹底的な調査を行うことが重要である。主なパラメーターは、紫外線透過率または紫外線吸収性、温度及び濁度/粒子含有量。天然有機物（NOM）には紫外光の高い吸光度をもたらす共役二重結合が含まれている。天然有機物に加えて、水には例えばオゾンと鉄のような高い紫外線吸光度を持つ他の物質や例えばカルシウム、鉄とアルミニウムなどのような付着物をもたらす物質が含まれる可能性がある。

鉄は高い紫外線吸光度と付着物ももたらすことがある為、紫外線消毒を受ける水中の一定又は不定期な鉄の高含有量には特に警戒する必要がある。このような理由の為に残凝集剤含有量を最小限に抑えるには凝集装置の最適な動作が重要である。

飲料水規定手引書に従って紫外線設備は、原水水質に合わせて必要な寸法に設計する必要がある。その上、気候変動と天然有機物含有量のあり得る増加傾向を考慮しなければならない。その為循環期間、豪雨/洪水、強風/不都合な風向き、河口の沈澱などにより水質の低下する極端な時期を把握できる十分な期間に渡り、原水水質を確認することが重要である。言うまでもなくサンプリング期間の正確な要件を示すことは難しいが、我々は紫外線設備の寸法設計のベースとして、少なくとも3年間の水質データ（の収集）を勧める。

紫外線設備の前処理プロセスの種類や、それらのプロセスの操作は当然紫外線設備中の水質やその変動範囲が決め手になる。

普段紫外線施設は、その時点での最低透過率の水質に合わせて寸法設計される。それと同時に、ユニットを最大給水量を満たすように設計すると、最低透過率の水質と最大給水量が同

時に発生しなければ、過剰な寸法設計の設備になる可能性がある。最大給水量は散水の多い夏期に発生するが、最低の水質は雨が多い秋期に発生する。

少なくとも 3 年間の経験や証拠に基づいて最低透過率の水質と最大給水量の発生に時間差があると判明した場合、寸法設計の際にそれを重視しなければならない。

このような状況はある程度複数のユニットを直列または並列に配置して使用することによって補うことができる。稼働するユニットの数は水質と水の需要によって決定する。

上記のような状況は事前に承認機関（ノルウェー食品安全機関）と議論し、明確化すべきである。

### 8.4.1 サンプルと分析

多くの場合、紫外線消毒を受ける水の紫外線透過率に関するデータは限られている。その為紫外線設備の設置を計画する浄水場は、設置前にできるだけ早く手元のサンプル水に体系的なサンプリングや分析を実施すべきである。

最低 1 年間、できればそれ以上の期間の分析データを用意すべきである。それは季節によって変動が大きい可能性があり、年によって水質が大幅に変化する可能性もあるからである。

紫外線設備の上流に前処理装置と、複数の並行する浄水経路/フィルタがある場合は、サンプリングはすべての浄水経路で行うべきである。

それは各フィルタ経路間の水質における、ありうる変動を職別するためである。それにより紫外線消毒を受ける水の水質や、それに伴う品質変動の最もあり得る代表的な状態を把握できるだろう。「

水質や紫外線透過率におけるいわゆる『最低の状況』を特定しようとするのが重要である。通常小規模な水源からの原水には、大規模な水源からの深層水よりも大きな季節変動がある。これは通常、水道水質におけるある程度の変動にも反映される。

表 8.1 はトロンハイムのヴィクエルヴダーレン水処理設備（VIVA）の水源であるヨンスヴァトネット湖から得た水質データの一例を示している。表は 2007 年 1 月と 2 月、VIVA にて原水及びろ過水で測った色度 $\kappa$ と紫外線透過率の結果を示す。

1 cm の光路での透過率は 79-82% である。ろ過水の透過率は原水の透過率よりわずかに高い。その原因は、アルカリ性フィルタが濁度及び色度を限界削減をもたらす為である。またそれはアルカリ性フィルタ中の pH 増加で発生する色度の増加を相殺する。

表 8.1 2007 年 1 月と 2 月、ヨンスヴァトネット湖（VIVA）にて原水及びアルカリ性フィルタでろ過された流出水のサンプル（5 本）の結果。色度は 410nm（ナノメートル）、紫外線透過率は 1cm 光路で測定された。

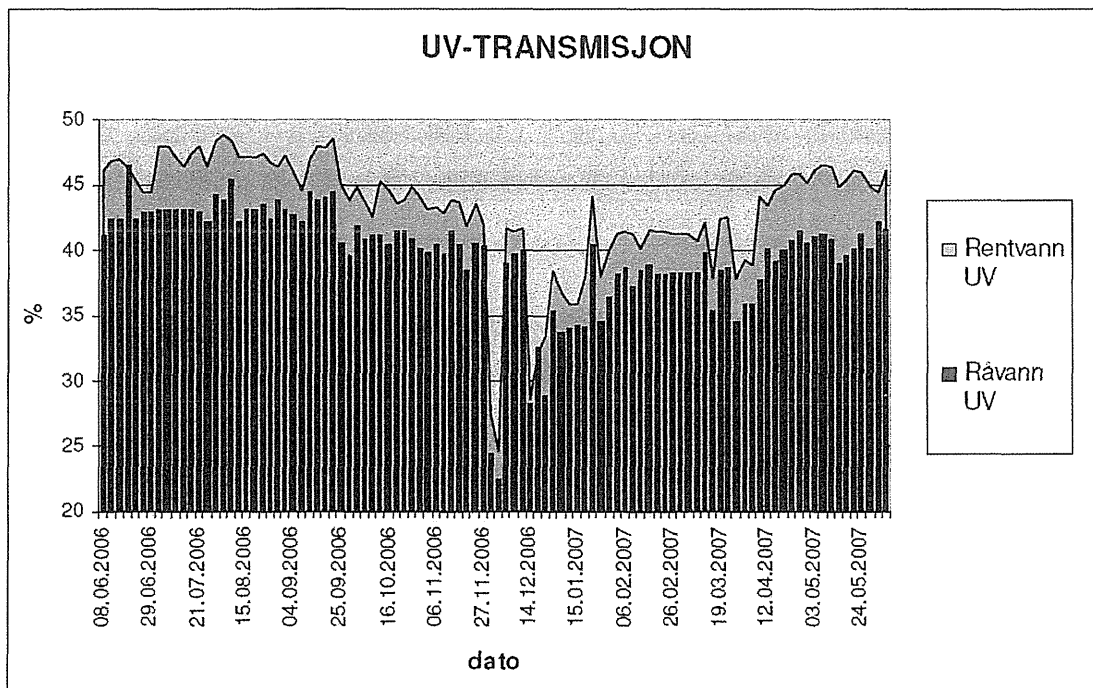
パラメーター	原水	ろ過水
色度,410nm (mg Pt/L)	14.3 ± 0.4	13.2 ± 1.3
紫外線透過率、 1cm (%)	80.4 ± 1.2	81.0 ± 0.9
濁度(NTU)	0.19 ± 0.03	0.11 ± 0.02

紫外線透過率の詳細記録が重要且つ必要になる一例は、図 8.2 で示されている。エイケレン湖からの原水を対象に予備検査をした時、紫外線透過率（5 cm）は 11 月末まで約 40% で安定していたが、その後数日の間に 25% 以下に減少した。

透過率が低下した数日間の後、再び 40% に上昇した。上記の事象と約 30% になった 12 月の短期間を除き、透過率は 35% 又はそれ以上だった。

小規模又は大規模の浄水場で通常使用する設計基準より少々長い、一年間の透過度の月間測定に基づいた寸法設計を使っていた場合、最低の透過率の期間が記録されていなかったのはかなりのリスクである。

図



- 上水紫外線
- 原水紫外線
- % 紫外線透過率
- 日付

図 8.2 エイドスフォス水処理設備への原水紫外線透過率 (タルオエ、2007年)

### 8.4.2 紫外線透過率測定における色度データの使用

多くの場合、浄水場は水の紫外線透過率に関して限られたデータしか持っていないが、色度に関しては良いデータベースを持っている為、紫外線透過率と色度の相関分析を行うことができる。

それによって、通常は十分に入手している色度のデータを使って、紫外線透過率を推定することができる。色度と紫外線透過率(と溶存有機炭素(DOC))との相関関係は、通常同一の水源では深いことに留意すべきである。

紫外線吸光度と色度との関係は複数の要因によって影響される為、一般的に上記のような他の水源からの相関データのいかにげんな使用には慎重にしなければならない。

それらの要因は例えば、天然有機物(溶存有機炭素)の構成、藻類由来の有機物の含有量、鉄とマンガンのような他の吸光物質の含有量等である。これらの状態は水源によって変わる。その為、設計基準に含めることが望ましい長期的な色度データが入っている現地の相関曲線を作成することが重要である。

紫外線吸光度 ( $\text{cm}^{-1}$ ) と色度の相関モデルの例を表 8.2 に示す(エイケブロック、1982年)。モデルはヨンスヴァトネト湖から取水している水道水とハイムダルミューラから取水した濃縮天然腐植水の種々の割合の水サンプルにおける紫外線吸光度(1cm 光路)と色度の関係を示す:

$$\text{紫外線吸光度 } (\text{cm}^{-1}) = 0.0292 + 0.0037 \text{ 色度} \quad (8.1)$$

(10~2mg の Pt / L の範囲内の色度について、) 表 8.2 は上記のモデルに基づき光路 1cm の際の、10~20mg の Pt / L の範囲内の色度について計算された紫外線透過率 (%) を示す。加えて表は式 (5.4) に従って計算された光路 5cm での紫外線透過率の値を示す。値は図 5.3 で紹介された、ノルウェーの地表水における色度と紫外線透過率(酸性時 5cm) の関係を示すノルウェー保健機関 (FHI) の値とほぼ同等である:

表 8.2 色度との相関から計算された紫外線透過率 (エイケブロックによる。1982年)

色度 (mgPt/L)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
紫外線透 過率 1cm (%)	85.9	85.1	84.4	83.7	83.0	82.3	81.6	80.9	80.2	79.5	78.8
紫外線透	46.7	44.7	42.9	41.1	39.4	37.7	36.1	34.6	33.2	31.8	30.5

過率											
5cm (%)											

トロンデラグ地域の他の水源でも、色度と紫外線透過率の測定に基づいて上記と同様の相関分析を行った(図 8.3)。この図では 2007 年 1 月/2 月のトロンハイム浄水場 (VIVA) の測定データは点として記入され、上記の相関図 (式 8.1) は独立した線として記入されている。

図は色度と紫外線透過率間には正の相関があると示す。その為水の紫外線透過率に関するデータを手に入れない場合、設計基準を裏付けるため通常は現地の色度データを使用できるはずである。

独自の透過率測定を実施することは合理的かつ必要だが、紫外線設備の寸法設計に関しては長期間の色度の連続測定が比較的良好な基準になる。

これは特に季節的変動が比較的少なく、水の藻類含有量が低く、近年色度の増加傾向 (天然有機物含有量) が見られなかった又はなかった場合、特に当てはまる。

### 8.4.3 原水水質における季節変動

紫外線設備の設計は流量-(給水量)及び原水の水質(紫外線透過率)の変動に関する季節及び年間のデータに基づいていなければならない。アメリカ合衆国では (アメリカ合衆国環境保護庁 USEPA, 2006 年) では紫外線設備が線量条件 (規格外) より逸脱できるのは、一か月間で最大継続して 5%の期間までであると条件付けられている。

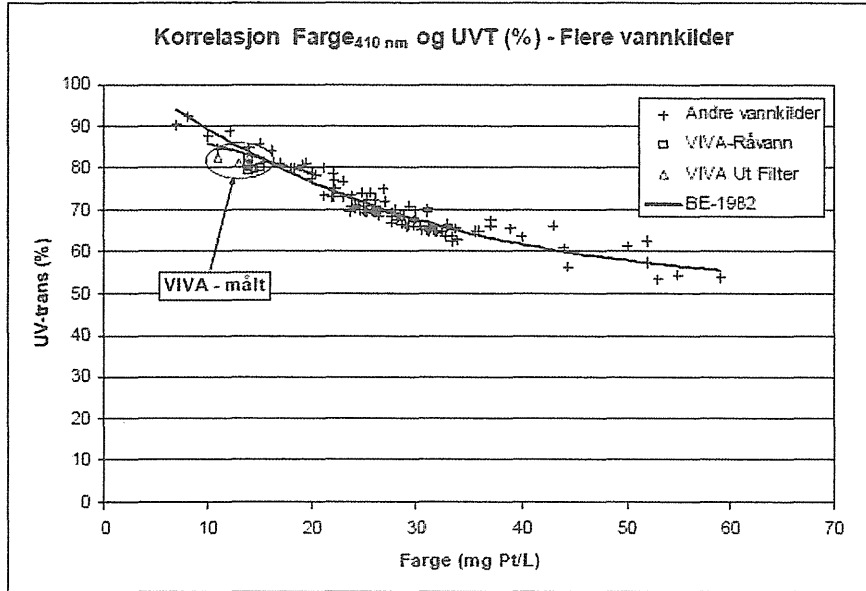
規格外は、仕様/線量条件に基づいて処理されない流量パーセントとして定義されている。

その原因は紫外線リアクターが認定範囲外 (つまり未知の分量で) で運転されているか、設備が 40mJ/cm<sup>2</sup> の条件より低い紫外線量を提供しているかである。それを基準に、5 パーセンタイル値の紫外線透過率が原水水質に関連する設計基準になり得る (ライト他、2006 年)。

紫外線透過率が最低の時期が、給水量が最大の時期 (夏によく発生する) と一致する場合、設計基準として紫外線透過率の 5 パーセンタイル値を使用する事は長期的には不十分な線量をもたらす可能性がある。その一方で原水水質が最低 (紫外線透過率が最小限) の時期が給水量の低い時期 (秋/冬) と一致する場合、この設計基準はあまりにも保守的であったり、或いは経費のかけ過ぎを招いたりする可能性もある。ノルウェーでは後者の事象

がよく発生する為、設計基準としては紫外線透過率には 10 パーセントタイル値の使用が求められるが、給水量及び原水水質に関する現地の変動範囲と、それぞれの極端値（即ち最大給水量と最小紫外線透過率）がいつ発生するのかを識別することが重要である。それが寸法設計された紫外線透過率の選択の際、適切な基準になる。

☒



色度 410nm と紫外線透過率 (%) の相関 — 複数の水源

+ 他の水源

□ ヴィクエルヴダーレン水処理設備

△ ヴィクエルヴダーレン水処理設備 排水フィルター

— 建設技術庁 1982 年

紫外線透過率 (%)

ヴィクエルヴダーレン水処理設備による測定

色度 (mg Pt/L)

図 8.3 トロンデラー地域にある水源における色度と紫外線透過率 (1cm) の相関。2007 年のヴィクエルヴダーレン水処理設備での原水とろ過水の分析データは、上記の相関モデルのデータとともに入力されている。

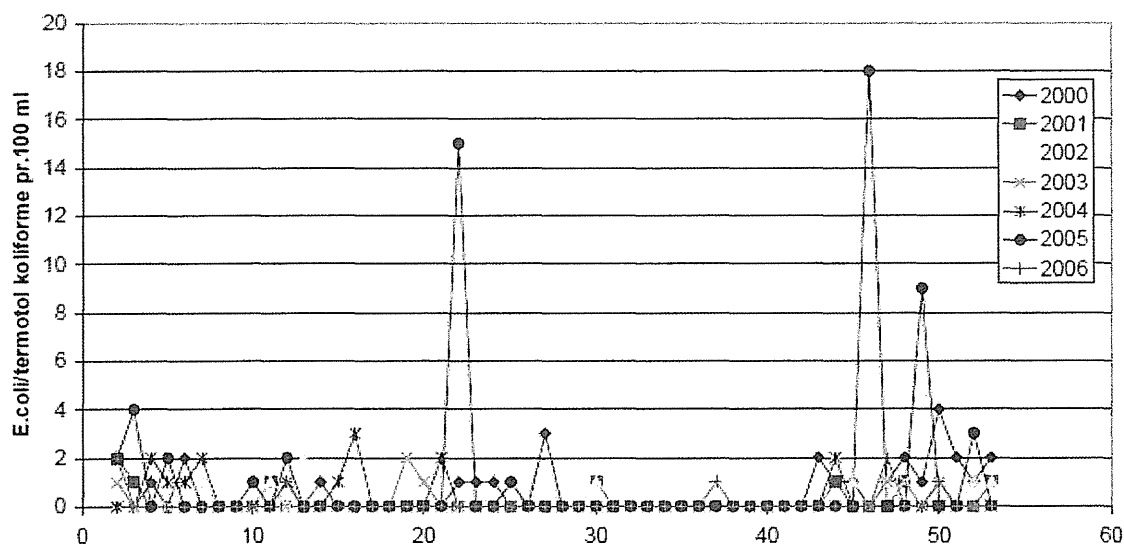
季節や気温、風及び降水量の関数として一連の水源の原水水質には大幅な変動がある。変動の最も一般的な原因の一つは、春と秋の原水の完全混合である。その為に地表水が取水に流入する。表上水が取水口に流入するもう一つの要因は強風である。それによって水の

一端で水温躍層が著しく沈下する。この現象は例えば北海で現実に問題になっている（モーセヴォル、2007年）。

表面流出の増加をもたらす激しい降雨期間は、原水水質に影響を与える可能性がある。2000年のやや高温で降雨量の多い秋がもたらした、ノルウェーの東部で2001年に記録された色度増加がその一例である。流出水に病原性微生物又は指標微生物が含まれる場合、取水口側の水質におけるこれらのパラメーターにも、変化をもたらす可能性がある。

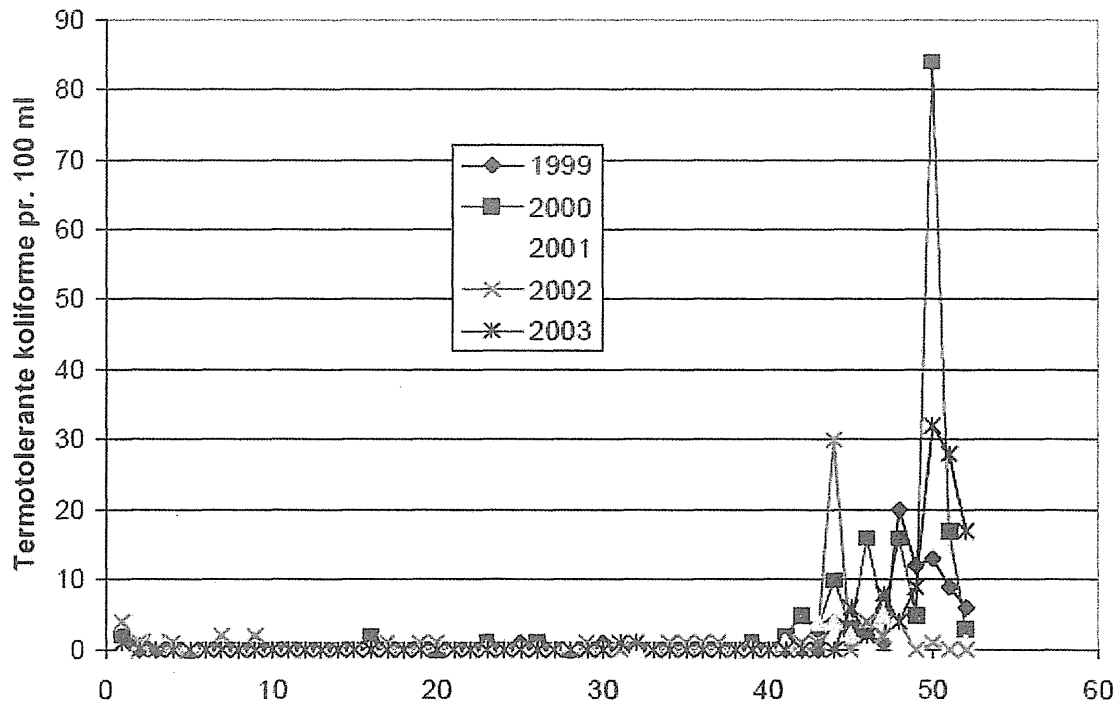
図 8.4 及び 8.5 は水源であるホルスフィヨルド及びマリダルスヴァトネト湖における大腸菌/耐熱性大腸菌群含有量の年間変動を示す。

ホルスフィヨルドの深さ 50 メートル地点からの原水は、2005 年三つの個別の値を除いて、大腸菌/耐熱性大腸菌群の含有量が 100 ミリリットル当たり 4 以下だった。7月中旬から10月中旬までの期間を除き、水中には大腸菌/耐熱性大腸菌群が存在すると予測できる。マリダルスヴァトネト湖では、1月上旬から10月中旬までは耐熱性大腸菌群が少ないが、11月と12月には耐熱性大腸菌群 100 ミリリットル当たり 85 までの高い濃度が発生することもある。



100 ミリリットル当たりの大腸菌/耐熱性大腸菌群  
第 週

図 8.4 ホルスフィヨルドからのアスカー・ベールム浄水場の原水における大腸菌/耐熱性大腸菌群含有量の年間変動（ビャーケより、2007年）



100 ミリリットル当たりの耐熱性大腸菌群  
第 週

図 8.5 マリダルスヴァトネット湖から取水するオスロの原水の、耐熱性大腸菌群含有量の年間変動 (クリスティアンセンより、2000 年、2001 年、2002 年、2003 年、2004 年)

降水量や流出、干ばつ、温度、汚染等の様々な要因が微生物のいる水質に影響を与える。それは上図 8.5 で示されている。異常な降雨量と流出があった 2000 年の秋は、熱耐性大腸菌群含有量が相当上昇した最長期間も最高の単一値ももたらした。図 8.4 では、2000 年の秋の降雨量から同様の影響を読み取ることはできない。その原因は水理学的滞留時間がマリダルスヴァトネットよりもホルスフィヨルドの方が長い為かもしれない。

スヴァーテディクト湖では 2004 年の正月から 8 月下旬までの大腸菌含有量はゼロ又はゼロに近いが、秋の含有量は 100 ミリリットル当たりゼロから 60 以上の変動があり、ピークは 8 月下旬/9 月上旬だった (エイケブロックとその他 2006 年)。週毎に相当な変動があったが、そのことは原水水質の変動の現実の状況を把握する為に頻繁なサンプリング及び原水の分析が必要だと示している。

大腸菌/耐熱性大腸菌の含有量の変動パターンを見ると、同じ地理的領域内でも異なる水源間には有意差があることが示されている。変動は水源、取水状況又は流域に関わる一連



の状況による。それを背景にすると季節変動を考慮してもどの水源も（状況は）一つ一つ異なるとみなすべきであり、予想される微生物含有の水質の点で一般化するのは困難であると結論付けられる。

## 8.5 将来の水質

紫外線設備の設置を予定している将来の浄水場での水質を評価する際は、以下の二点を基準として見なす：

- a. 水処理のあり得るアップグレード
- b. 原水水質に対するあり得る気候変動の影響

更に例えば湖の（規模）調整、取水口の配置、他の水系からの導水といった水質に影響のある他の変化も配慮しなければならない。

### 8.5.1 アップグレードされた水処理

紫外線設備による処理の前段階の水処理は紫外線透過率に影響を及ぼし、それに伴い寸法設計や運転にも影響がある。二酸化炭素、カルキの投与やアルカリ性ろ過時の腐食防止と組み合わせるこのような水処理は、多くの場合以下のプロセスの一つから構成される。

1. 凝集及び沈澱／浮遊を含む通常のろ過
2. 凝集及び接触或いは直接ろ過
3. オゾン化及びバイオろ過
4. 膜ろ過

どんな水処理方法が使用されても、原水の処理には通常紫外線透過率の相当な増加が伴う。以下では様々な水処理によりどのような水質が得られるのか、更にそれが紫外線設備及び紫外線量にどのような影響があるのかを簡単に紹介する。例としてヴィクエルヴダーレン水処理設備（VIVA）、トロンハイムを取り上げる。

#### 凝集及びろ過（上記の方法 1 及び 2）

科学産業研究機関(SINTEF)は、一連の凝集及び接触ろ過を用いた実験をパイロット実験でも実際規模の実験でも行った。これらの実験で得られた結果及びヨンスヴァトネト湖原水の処理に対する大規模な実験を踏まえて、一つの例として表 8.3 で示された凝集及び接触ろ過プロセスの実施による水質改善を予測できるはずである。

### オゾン化及びバイオろ過

オゾン化及びバイオろ過による処理後の色度と紫外線透過率は、接触ろ過処理とほぼ同レベルになると予測できる。しかし、凝集剤が使用されないから、通常濁度が接触ろ水に比べてレベルがやや高い、おそらく原水と同じレベルだろう。さらに、オゾン化及びバイオろ過後の TOC レベルは通常 20-40%しか減少しない。それは接触ろ過よりかなり低い。

### ナノろ過

ナノろ過を行った後の水質は、凝集／ろ過の処理後に比べ、少なくとも同程度のレベル、または多くの場合それを超える。

表 8.3 ヴィクエルヴダーレン浄水場におけるアップグレードされた水処理（凝集及び接触ろ過）に伴う算定された水質改善

	原水	凝集及び接触ろ過
色度 (mg Pt/L)	14	<5
紫外線透過率、1 cm (%)	81	>90
紫外線透過率、5 cm (%)	35	>60
紫外線吸光度 (1/m)	10	<3
全有機体炭素 (mg/L)	2.7	<1.5
濁度 (NTU)	0.2	<0.1

### 前段階の水処理で運転が乱れる期間

多くの水処理プロセスでプロセスが適切に機能しない状況が起き得る。その場合、運転を調整するため対策を実施しなければならない。そのような状況では濁度及び／又は色度が上記と比較して増加し、紫外線透過率が減少する。

更に凝集／粒子分離及び膜ろ過に関しては、このような事象は衛生的バリアのあり得る故障の兆候である。そのような状況では紫外線消毒が効率的に機能することが重要である。そうでなければ直ちに緊急塩素消毒処理を運転させることが可能ならばそれを実施するか、水の生産を中止するか、衛生上の問題がある水を提供するしかない。このような状況で紫外線設備が十分に機能することを望むならば、紫外線設備を前段階の水処理が適切に機能した場合よりも低い水質に合わせて設計しなければならない。

紫外線設備の設計基準にどの程度のバッファーを入れるのかは、貯水容量、予備水道提供、瞬時の塩素消毒処理運転開始が可能かどうか等による。

### 8.5.2 気候変動による水質へのあり得る影響

数年内に気候変動が原水水質に大きな影響を及ぼすようになるであろう。天然有機物含有量の増加以外、降雨量の増加及び強烈な降雨期間によって自然及び人間が作った汚染源からのあり得る病原体が容易に原水源に入る可能性がある。従って感染の恐れが増加するであろう。

更に気温上昇や暖冬が冬洪水の頻度を高め、水源に質の低い（より範囲の狭い）温度成層化現象をもたらす可能性もある。気温上昇や流域からの栄養塩類供給により更に藻類が増加する可能性がある。これら全ての要因によって原水及び流域の衛生安全が低下する可能性もある。

このように気候変動は紫外線透過率の低下、原水における微生物の減少及び物質／化学上の質の低下をもたらすだろう。更に水質変動が激しくなる。それは紫外線設備の設計基準に影響がある。将来的にはバリアの強度や不活性度の条件が厳しくなる可能性もある。それによって現在の線量条件(40 mJ/cm<sup>2</sup>)と比較し、紫外線量に対する条件が厳しくなるだろう。

従って紫外線設備の計画段階で原水水質の予測変化の分析を行い、分析結果によっては、ある程度の予備容量を取り入れることが望ましいだろう。ヨンスヴァトネット湖は水質の面では 20-30 年間それほど変わっていない原水の一つである。一方オスロの水源ではおよそ 1990 年-2000 年の間、色度が 10-15 mg Pt/l より 25 - 30 mg Pt/l 以上のレベルまで増加した (クリスティアンセン, 2004 年)。ファーリス湖では 1979 年には色度 5 mg Pt/l 余りだったのが、1999 年には 20 mg Pt/l 以上に増加し (へム、2000 年)、2000-2001 年にはさらに増加した。

義務的な衛生的バリアのより大規模な対策を水処理に導入するような傾向が強まり、バリア効果的な前処理設備をもたずに原水紫外線消毒を行っている浄水場は減少することが予想される。

気候変動によるあり得る影響の対策として、運転が順調であれば凝集や膜ろ過等のような通常の水処理方法で病原性大腸菌や紫外線吸光物質の大半を取り除くことができる。色度及び紫外線透過率に関しては上記の方法により通常 85 - 90%以上減少する。有機物（全有機体炭素、溶存有機炭素）の減少は普段それよりはるかに低く、60-70%程度である。

上記を踏まえると、継続的な気候変動は配水管網により大きな細菌増殖の問題をもたらすリスクがある。それが消毒方法（複数）の選択に影響を与えることができる。更に原水水質の低下及び高い紫外線耐性を持つ『新しい』病原体への注目により、将来紫外線量に対する

要件は厳しくなるであろう。

紫外線設備の設計基準の一部として、そのような状況に対する評価を含めるべきである。

## 8.6 理想は原水水質に合わせた設計 — 現実には実現不可能？

上述のように飲料水規定手引書は、前段階の水処理が失敗しても消毒が十分に機能するように、各消毒段階を原水水質に基づいて設計すべきだと推奨している。例えばグロンマ川沿いの一連の浄水場に関してはこれはあまり現実的ではない。それは低質の消毒済み原水を配水管網に流すことが対象外である。

ノルウェーにある幾つかの地表水源の色度は比較的高い為、色度の除去が失敗した場合十分に機能する紫外線設備を見つけることは困難である。市場には約 30%未滿の紫外線透過率 (5 cm) で検証された紫外線リアクターは非常に少ない。そのような紫外線透過率の水には通常、飲料水規定手引書の限界値である 20 mg Pt/L の色度がある。

色度除去がうまく機能する限り、原水水質に合わると大抵は過剰な設計の紫外線設備ができあがる。高すぎる紫外線量を避けることを目的とすると、それは費用効率の低いソリューションと手間のかかる運転状況をもたらす可能性がある。それを回避するには電源制御及び紫外線ランプの切断が良い手段だが、多くの場合紫外線設備は色度の除去が機能するという条件下で設計される。

紫外線設備を原水用よりも高い紫外線透過率用で設計する場合、水処理設備は塩素消毒処理のバックアップシステムで補足できるようにすべきである。このような状況下ではバックアップとしての塩素と紫外線の組み合わせは、更なる大きな安全マージンをもたらす。塩素はある種の紫外線耐性ウイルスに対して効果的だからである。40 mJ/cm<sup>2</sup> のような高線量の紫外線設備を設計する背景の一部は、これらのウイルスである。この塩素容量はノルウェーの慣行に従って弱い塩素を用いるのか、より強い塩素を基準にするのかは案件毎に監督当局と共に明確化しなければならない。色度用の浄水段階のない水処理設備では、当然紫外線消毒は原水水質に基づいて寸法設計しなければならない。

## 8.7 電力供給の品質

多くの既存紫外線設備の経験は、電力供給者から供給される電圧や電力供給自体も望まれるほどは安定していない事を示す。紫外線ランプは、電源の障害や中断によってアーク放電を失う。短時間のフラッシュ電力と電圧降下でも紫外線ユニットの消灯を引き起し、再起動

する必要が生じる。再起動によって紫外線ユニットは通常運転ができるまでウォームアップしなければならない。頻繁な開始と停止は、ランプの寿命短縮及び衛生上不十分な水の生産及び供給のリスクをもたらす。

例えば持続時間 0.5～3 サイクル（10～50 ミリ秒）で公称電圧の 10～30%を超えた電圧降下が発生すると、紫外線ランプはアーク放電を失い、再起動しなければならない原因となり得る。紫外線ランプの停止をもたらす電力供給問題の主な原因は以下：

- ・ 配線と接地の故障
- ・ 中央及び/または地域の電力網での外部故障（衝突/変電所の障害、落雷、洪水のような気象関連故障、動物/齧歯類による故障など）
- ・ 外部設備及び設備部品における修正
- ・ 地元の設備における同じ電気回路に対する重い電気負荷の開始/停止
- ・ 緊急電源ユニットや代替電源の一時的使用

通常低圧ランプは電力供給を中断してから再起動し、15 秒以内に正常運転することができるだろう。しかし低圧高出力ランプ及び中圧ランプは、電源供給の中断後 1～10 分の再起動時間が必要である。

一部のメーカーが低圧高出力ランプ（LPHO）は低水温(< 10 °C)ではより長い起動時間が必要だと述べる一方、他のメーカーは水銀が低水温で冷やされ凝縮が加速されるので、中圧ランプ（MP）の起動時間が短縮されると報告している。これは新しいアーク放電を作るのに必要な工程である。

その為水処理設備までと紫外線設備が設置される施設内部までの外部の電力供給の品質及び安定性を確認することが重要である。地元の電力会社は、通常そのような情報を提供できる。そうでない場合は、独自の調査を実施することが推奨される。調査のための測定器具は、（電力会社又はノルウェー科学産業研究機関のエネルギー研究部等から）購入またはレンタルすることができる。電圧降下や電力中断がランプの寿命及び水処理と水生産の中断の観点から許容できる範囲以上に頻繁に起こる場合、緩和対策を実施しなければならない。これは、メインヒューズの後のサージプロテクター一体型、単一電気回路のサージプロテクター単極型、サージプロテクター単極型前の電力絶縁変圧器の設置等といった対策である。このような比較的シンプルで、しかも安価な対策が短時間の強度の高電圧（high voltage intensity）から電子部品の破壊を防止する。他の有効な対策は短時間の電圧降下又は電力中断による紫外線設備への影響を避ける為の無停電電源装置（UPS、通常はバッテリーバックアップ）や長時間の電力中断に対応する為の非常用電源ユニットである。

ノルウェー都市部での浄水場への電力供給の質の状況として、ここではベルゲンでの浄水場への電力供給を例に挙げる。ベルゲンの供給者であるベルゲン半島電力公社（BKK）は中央部及び地方電力網の電圧質をよく把握しているが、通常ローカル電力網は把握していない。ベルゲン半島電力公社は全電力網自体のデータしか持っていない、各水処理場のような個別の供給スポットのデータがない。その為、各水処理場間に電圧の質の差がある。表 8.4 は近年、中央電力網（ストットネット）及び地方電力網（BKK）で発生した電圧ディップを示す（ドラーゲセット、ベルゲン半島電力公社 2007 年）。

ここでは電圧ディップは短時間の電圧不足とし、以下のように定義される：「電圧の実効値における 90%未滿までの急な減少だが、予定電圧レベルの 1%以上。時間は 10 ミリ秒から 60 秒まで」

電圧ディップの数（中央電力網、地方電力網、ローカル電力網）に関するノルウェーの平均は年間 12-16 である（ノルウェー科学産業研究機関のエネルギー研究部、2007 年）。即ち、ベルゲンに関するデータは平均より高い。

ローカル電力網の状況により何件の電圧ディップが表 8.4 の値に追加されるかは不明である。更に紫外線ユニットに関しては、短時間 (< 3 分) 及び長時間 (> 3 分) の電力供給中断が設備の可能な稼働時間における重要な要因である。

表 8.4 ベルゲン半島電力公社の中央及び地域電力網における電圧ディップ（ドラーゲセット、2007 年）

年	電圧ディップの数 (件) (中央電力網と地方電力網。ローカル電力網無し)
2000 年	27
2001 年	18
2002 年	22
2003 年	13
2004 年	17
2005 年	18
2006 年	20

紫外線消毒の場合、各施設に流れる電圧の品質に関する記録証明書が重要である。このような測定は現地の電力供給者又は外部のコンサルタントが行い、代表的なデータを得られる

ように、ある程度の期間（何が月～半年）実施すべきである。電圧品質を測定する器具は比較的安く購入できる（1万5000ノルウェークローネ）。そのため、代替的には自治体及び浄水場所有者は各自の測定器具（場合によっては設置のアシスタント）を購入し、独自にこのような測定及びデータ分析を行う。

ノルウェー科学産業研究機関のエネルギー研究部によると、電力供給の品質は一般的に都市部より田舎の村の方が低い傾向がある。したがって、記録証明書／測定及び予備電力供給/無停電電源装置のニーズは田舎の村でもっとも大きいかもしれない。

電力供給品質の記録証明書から重要な情報が得られ、それが具体的且つ特定の対策の基準になるとしても、我々は次の予備対策を勧める：1) サージプロテクター一体型 2) サージプロテクター単極型 3) 無停電電源装置 4) 非常用電力供給。

## まとめのキーワード

### ● 設計処理流量

- ◇ 流量における最小値低と最大値及び平均値を特定しなければならない。その値は将来の水需要に合わせて調整しなければならない。最大値は当紫外線リアクターで検証された範囲以内にななければならない。最小値はあり得る MP ユニットの過熱を避けるため、十分に高くしなければならない。

### ● 水質

- ◇ 温度、pH、濁度、紫外線吸光度／紫外線透過率、カルシウム、硬度、アルミニウム、鉄、マンガン及び藻類の含有量のデータを過去3年間分取得しなければならない。
- ◇ データベースが不十分である場合、過去の色度のデータを入手できる前提で色度と紫外線透過率の現地相関を作成することができる。
- ◇ データベースが不十分である場合、季節変動や最高及び最低値を把握するため、サンプリングプログラムを実施すべきである。
- ◇ 降雨量の増加、激しい降雨期間による⇒天然有機物の増加とそれに伴う紫外線透過率の減少、増加した藻類量、病原微生物の増加が発生するので、気候変化により起こり得る影響を評価し、それを考慮しなければならない。
- ◇ 最大処理流量と最低の紫外線透過率が重なる時間帯がある場合、それを設計時にある程度考慮することができる。

- ◇ 色度が 15・20 mg Pt/l 以上ある場合、原水水質に基づいて紫外線施設を設計することはあまり現実的ではない。

- 電力供給の品質

- ◇ フラッシュ電力の頻度、電圧変動などに関するデータ（1～3年間）を現地の電力供給者から入手しなければならない。
- ◇ 重い電荷の問題を避けるため、内部（現地）の電力網には十分な容量があることを確認しなければならない。
- ◇ 必要に応じて独自の測定を実施しなければならない。
- ◇ 予備対策が重要である：1) サージプロテクター一体型 2) サージプロテクター単極型 3) 無停電電源装置 4) 十分な容量のある非常用電力供給。



浄水場における紫外線使用に関するガイドライン 付録1.1

Xy 自治体

XXXX-XX-XX

XX浄水場の紫外線消毒設備を考慮に係る

入札関係書類

# 1. 目次

1. 目次.....	2
2. 概要.....	3
2.1 始めに.....	3
2.2 依頼者.....	3
2.3 輸送先の住所.....	3
2.4 調達期間中の依頼者の代表者.....	3
2.5 調達期間後の技術問い合わせに関する依頼者の担当者.....	3
3. 輸送の範囲.....	4
4. 条件.....	4
5. 入札条件.....	5
5.1 紫外線設備の条件.....	5
5.2 電気及び制御システムの条件.....	5
5.3 輸送及び文書の条件.....	6
5.4 その他の条件.....	6
5.5 入札条件.....	7
6. 保証と罰則.....	8
7. 入札の評価.....	8
8. 管理規定.....	9
8.1 配達条件.....	9
8.2 支払い条件.....	9
8.3 調達規則.....	9
8.4 調達の手続き.....	9
8.5 入札時期の締切.....	10
8.6 入札の制限期間.....	10
8.7 宛て先について.....	10
8.8 入札審理結果の通知.....	10
8.9 無効.....	10
8.10 争議.....	10

付録A

付録B

## 2. 概要

### 2.1 始めに

Xx浄水場はXy自治体が所有するものであり、都市部に飲料水を提供する浄水場である。通常浄水場は、年間6 Mm<sup>3</sup>の水を生産する。通常の生産は約680m<sup>3</sup>/時、最高生産は約1000m<sup>3</sup>/時である。浄水場はXy湖から原水を確保し、浄水処理はポリ塩化アルミニウムを用いた凝集沈澱、急速ろ過、及び消毒処理により構成されている。

水は腐植質が比較的豊富である。腐植質は沈殿し難く色度は低いが、紫外線吸収性は比較的高い。通常の紫外線吸収性（分光吸収係数）は約6.9m<sup>-1</sup>である。（しかしユニットは、7.7 m<sup>-1</sup> = 83.7 % T10用の寸法で製作しなければならない。）浄水場に関するさらなる水質データは付録Bを参照。

一台当たり400 m<sup>3</sup>/時の最大容量がある最終消毒用紫外線ユニット3台に対して入札を募集する。

### 2.2 依頼者

Xy自治体

水道局

111 11 Xy

### 2.3 輸送先の住所

Xy自治体

Xx浄水場

ダールスヴェーゲン

111 12 Xx

### 2.4 調達期間中の依頼者の代表者

スヴェン・スヴェンソン（※仮名）

Xy自治体

調達部

111 11 Xy

電話番号: 01-111 11 00

[sven.svensson@xykommun.se](mailto:sven.svensson@xykommun.se)

## 2.5 調達期間後の技術問い合わせに関する依頼者の担当者

エーリク・エーリクソン (※仮名)

Xy自治体

水道局

111 11 Xy

電話番号: 01-111 11 11

[erik.eriksson@xykommun.se](mailto:erik.eriksson@xykommun.se)

## 3. 輸送の範囲

輸送物には以下が含まれている：

- 紫外線ユニットとそれに伴う必要な制御装置及び電気装置や中間配線用ケーブルからなる紫外線設備一式が3台
- 仕様書に則った予備部品
- 浄水場までの設備の輸送
- 設備初動時の立ち合い
- 操作及び管理スタッフの研修
- 図面、電気回路図及び取扱説明書を含む文書

依頼者は紫外線ユニット及びコントロールパネルの取り付けを担当する。その上依頼者は電力供給のケーブルやコントロールパネルの信号ケーブルを取り出し、これらのケーブルを接続する。

供給者が全ての保証が有効であることを確認する前提で、依頼者はコントロールパネルと紫外線ユニット間の配線ケーブルの接続及び紫外線ランプと石英ガラスの組み立て作業を遂行できる。そうでなければ、供給者がこれらの作業を担当する。

## 4. 条件

これらの設備は浄水場全体の点検と連携した上で、既存の建物の増築部分に設置しなければならない。その位置は急速ろ過装置より後で、最終アルカリ剤注入設備又は浄水池 (low reservoir) より前でなければならない。紫外線ユニットは依頼者が指定した建設業者がその他の配管パイプと連結して設置する。