

HDROZONE™

HİDRONYUM TEMELLİ HİBRİT STERİLİZASYON

Fleksibl Endoskoplarda Hasarsız Sterilizasyon

Sınırlarının Bilimsel Tanımı

Hasan Tahsin ÖZBEK • Bülent DEVECİ • Yüksel ERGÜN

White Paper - **18.08.2025**

AMAÇ

Bu doküman, fleksibl endoskoplarn düşük sıcaklıkta sterilizasyonunda **mikrobiyal etkinlik ile malzeme bütünlüğü arasındaki sınırın bilimsel olarak tanımlanması ve HDROZONE™ (H₃O⁺ temelli hibrit sterilizasyon) yaklaşımının bu sınır içerisindeki konumunun ortaya konması amacıyla hazırlanmıştır.**



KEYLER

Endoskop, Sterilizasyon, Hidronyum, H₂O₂, Kontaminasyon, Biofilm, Risk, Validasyon

1. PROBLEM TANIMI

Fleksibl endoskop sterilizasyonunda temel problem şudur:

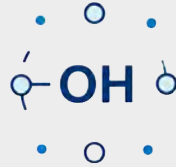
Zor lümenlerde sterilitte sağlamak için uygulanan yüksek kimyasal/reaktif yük, cihazın polimer, elastomer ve yapıştırıcı bileşenlerinde geri dönüşü olmayan hasara yol açmaktadır.

Bu problem üç kritik çelişki üretir:



Penetrasyon vs. Hasar

- Lümen içi sterilizasyon için agresif kimya gerekir.
- Aynı kimya dış gövdeyi bozar.



Radikal Etki vs. Malzeme Stabilitesi

- Yüksek reaktif türler (özellikle radikaller) mikrobiyal öldürmede etkilidir.
- Ancak polimer zincirlerini parçalar.



Düşük Sıcaklık vs. Kimyasal Yük

- Düşük sıcaklık malzeme için avantajdır.
- Ancak kimyasal yük arttıkça bu avantaj ortadan kalkar.

SONUÇ:

Bugünkü sterilizasyon yaklaşımlarının çoğu,



ya sterilitayı garanti eder ama cihaz ömrünü düşürür.

ya da cihazı korur ama lümen sterilitesinde risk oluşturur.

2. ENDOSKOP STERİLİZASYONUNDA “HASARSIZ” TANIMININ MÜHENDİSLİK ÇERÇEVESİ

Endoskop için hasarsızlık, aşağıdaki dört eksende eş zamanlı korunmalıdır:



Mekanik Bütünlük

- Dış kılıfta çatlak, sertleşme, tackiness, mikro-yırtık olmaması.



Fonksiyonel Bütünlük

- Bending, tork iletimi, kanal geçirgenliği, kaçak testi değişmemesi



Optik / Elektrik Bütünlük

- Görüntü, ışık iletimi, distal uç şeffaflığı, izolasyon bozulmaması



Kimyasal Güvenlik

- Kabul edilemez kalıntı ve bozunma ürünü bırakmaması

Bu yaklaşım:

- FDA sterilizasyon rehberleri
- AAMI TIR17 malzeme uyumluluğu yaklaşımı ile uyumludur.

3. ENDOSKOP YAPISINDA RİSK DAĞILIMI

► Kritik Hassas Bölgeler

- TPU / silikon / Pebax dış kılıf
- Epoksi ve yapıştırıcı bölgeler
- Distal uç conta bölgeleri
- Elastomerik strain-relief alanları

► Görece Dayanıklı Bölgeler

- Paslanmaz çelik spiral yapı
- PTFE / FEP / ETFE kanallar
- Optik cam yüzeyler

SONUÇ:

Sterilizasyon tek bir “cihaz” için değil, çoklu malzeme sistemi için optimize edilmelidir.

4. HDROZONE™ İÇİN ENDOSKOP HASAR MODELİ

HDROZONE hibrit kimyasal ortam üretir. Hasar şu toplam yükten doğar:

TOPLAM HASAR YÜKÜ ≈

Oksidatif Yük + İyonik Yük + Nem Etkisi + Sıcaklık Etkisi + Zaman/Çevrim Etkisi

Bu model 5 kontrol eksenine indirgenir:

1. VH_2O_2 Eşdeğer Dozu
2. O_3 Eşdeğer Dozu
3. Plazma / Radikal Fraksiyonu
4. Bağlı Nem / Su Aktivitesi
5. Çevrim Sayısı (Kümülatif Yaşlanma)

Kritik nokta:

Sterilizasyon tek çevrim değil, **kümülatif yaşlanma problemidir.**

5. HASARSIZ OPERASYON PENCERESİ

BÖLGE A — GÜVENLİ PENCERE

- Ağır Oksidan Baskın
 - Radikal Düşük
 - Düşük Sıcaklık
 - Kontrollü Nem
 - Düşük Kalıntı

SONUÇ:

- Mikrobiyal Öldürme
Mevcut
- Polimer Hasarı Minimal



HDROZONE Hedef Rejimi

BÖLGE B — ETKİN AMA STRESLİ

- Daha Agresif Kimya

RİSK:

- Sertleşme
- Renk Değişimi
- Conta Yorulması
- Yapıştırıcı Hasarı



**Sadece validasyonla
kabul edilebilir.**

BÖLGE C — HASAR BÖLGESİ

- Yüksek Radikal
Yoğunluğu
- Uzun Maruziyet
 - Yüksek Nem

SONUÇ:

- Polimer Şişmesi
 - Oksidasyon
 - Deformasyon



Kesinlikle kaçınılmalı

6. BİLİMSEL TASARIM KURALLARI

► Kural 1 — Radikal değil ağır oksidan baskınlığı

- yüksek radikal zincir kırılması

ÇÖZÜM:

- OH• düşük tutulmalı
- plazma yardımcı faz olmalı

► Kural 2 — Nem optimum olmalı

- düşük nem taşınım zayıf
- yüksek nem agresif kimya

HEDEF:

- “nem var ama ıslak yüzey yok”

► Kural 3 — Sıcaklık stabil olmalı

- düşük sıcaklık avantajdır
- ancak lokal sıcaklık pikleri risklidir

► Kural 4 — Lümen uğruna dış yüzey feda edilmemeli

Bu kritik:

Sterilizasyon optimizasyonu sadece SAL değildir.

Yeni metrik:

- Lümen sterilitesi / dış yüzey hasarı oranı

7. VALİDASYON EŞİK MİMARİSİ

Birincil Kriterler

- Leak Test Stabil
- Bending Değişimi Yok
- Kanal Akışı Değişmez
- Optik Kalite Korunur
- Yüzey Hasarı Yok

İkincil Kriterler

- Sertlik Değişimi Sınırlı
- Esneklik Korunur
- Yapıştırıcı Dayanımı Korunur
- Oksidasyon İndeksi Sınırlı
- ΔE Renk Değişimi Düşük
- Kalıntı Limit Altında

Red Kriterleri

- Distal Haze / Fogging
- Yapışkanlaşma
- Mikro Çatlak
- Bending Sapması
- Whitening / Crazeing
- Lümen Sürtünme Artışı

8. ENDOSKOPTA TEST VE DOĞRULAMA PLANI

► Faz 1 — Endoskopta Kullanılan Temel Malzemeler:

- TPU, Silikon, Pebax
- PTFE / FEP
- Epoksi
- Lens
- Elastomerler

TEST:

- 1x – 100x Çevrim
- Oksidatif Yük Varyasyonu
- Nem Varyasyonu “
- Plazma Açık/Kapalı

ÖLÇÜMLER:

- FTIR
- SEM
- Temas Açısı
- Sertlik
- Çekme
- Kütle Değişimi
- Renk



► Faz 2 — Alt sistem

- Insertion Tube
- Bending Section
- Kanal
- Distal Uç

► Faz 3 — Tam cihaz

- Leak Test
- Articulation
- Görüntü
- Akış Testi
- Rezidü
- BI/CI

9. BİLİMSEL SONUÇ

1. Hasarsız sınır = maksimum öldürme değildir
2. Hasarsız sınır = lümen steril + malzeme korunumu
3. HDROZONE avantajı:

Ağır oksidan baskın – düşük radikal rejimde, klasik plazma sistemlerine kıyasla daha yüksek malzeme uyumluluğu potansiyeli sunmasıdır.

Fleksibl endoskop sterilizasyonunun geleceği:

Daha agresif kimya değil, kontrollü kimya mühendisliğidir.

HDROZONE'nin yaklaşımı bu geçişin mühendislik temelini oluşturur.

KAYNAKÇA

Bu Daniela Trogolo, J. Samuel Arey, Peter R. Tentscher. Gas-Phase Ozone Reactions with a Structurally Diverse Set of Molecules: Barrier Heights and Reaction Energies Evaluated by Coupled Cluster and Density Functional Theory Calculations. *The Journal of Physical Chemistry A* 2019, 123 (2) , 517-536. DOI: 10.1021/acs.jpca.8b10323.

1. Alexandra Fischbacher, Katja Löppenberg, Clemens von Sonntag, and Torsten C. Schmidt . A New Reaction Pathway for Bromite to Bromate in the Ozonation of Bromide. *Environmental Science & Technology* 2015, 49 (19) , 11714-11720. DOI: 10.1021/acs.est.5b02634.
2. Yi Yang, Jin Jiang, Jinglin Lu, Jun Ma, and Yongze Liu . Production of Sulfate Radical and Hydroxyl Radical by Reaction of Ozone with Peroxymonosulfate: A Novel Advanced Oxidation Process. *Environmental Science & Technology* 2015, 49 (12) , 7330-7339. DOI: 10.1021/es506362e.
3. Janez Cerkovnik and Božo Plesničar . Recent Advances in the Chemistry of Hydrogen Trioxide (HOOH). *Chemical Reviews* 2013, 113 (10) , 7930-7951. DOI: 10.1021/cr300512s.
4. Alexandra Fischbacher, Justus von Sonntag, Clemens von Sonntag, and Torsten C. Schmidt . The •OH Radical Yield in the H₂O₂ + O₃ (Peroxone) Reaction. *Environmental Science & Technology* 2013, 47 (17) , 9959-9964. DOI: 10.1021/es402305r.
5. Carlos Barrera-Díaz, Lina. A. Bernal-Martínez, Reyna Natividad, and Juan M. Peralta-Hernández . Synergy of Electrochemical/O₃ Process with Aluminum Electrodes in Industrial Wastewater Treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 2012, 51 (27) , 9335-9342. DOI: 10.1021/ie3004144.
6. Sergej Naumov and Clemens von Sonntag . Standard Gibbs Free Energies of Reactions of Ozone with Free Radicals in Aqueous Solution: Quantum-Chemical Calculations. *Environmental Science & Technology* 2011, 45 (21) , 9195-9204. DOI: 10.1021/es2018658.
7. J. Pablo Pocostales, Myint M. Sein, Wolfgang Knolle, Clemens von Sonntag, and Torsten C. Schmidt. Degradation of Ozone-Refractory Organic Phosphates in Wastewater by Ozone and Ozone/Hydrogen Peroxide (Peroxone): The Role of Ozone Consumption by Dissolved Organic Matter. *Environmental Science & Technology* 2010, 44 (21) , 8248-8253. DOI: 10.1021/es1018288.
8. Helena Jablonowski, Joao Santos Sousa, Klaus-Dieter Weltmann, Kristian Wende, Stephan Reuter. Quantification of the ozone and singlet delta oxygen produced in gas and liquid phases by a non-thermal atmospheric plasma with relevance for medical treatment. *Scientific Reports* 2018, 8 (1) DOI: 10.1038/s41598-018-30483-w.
9. Yalei Ding, Jiejie Wang, Shanshan. u, Kun-Yi Andrew Lin, Shaoping Tong. Oxygen vacancy of CeO₂ improved efficiency of H₂O₂/O₃ for the degradation of acetic acid in acidic solutions. *Separation and Purification Technology* 2018, 207, 92-98. DOI: 10.1016/j.seppur.2018.06.027.

10. Donggwan Lee, Jae-Cheol Lee, Joo-Youn Nam, Hyun-Woo Kim. Degradation of sulfonamide antibiotics and their intermediates toxicity in an aeration-assisted non-thermal plasma while treating strong wastewater. *Chemosphere* 2018, 209, 901-907. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.125.
11. David B. Miklos, Christian Remy, Martin Jekel, Karl G. Linden, Jörg E. Drewes, Uwe Hübner. Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review. *Water Research* 2018, 139, 118-131. DOI: 10.1016/j.watres.2018.03.042.
12. Pierre-François Biard, Thom Thi Dang, Jenny Bocanegra, Annabelle Couvert. Intensification of the O₃/H₂O₂ advanced oxidation process using a continuous tubular reactor filled with static mixers: Proof of concept. *Chemical Engineering Journal* 2018, 344, 574-582. DOI: 10.1016/j.cej.2018.03.112.
13. Emmanuel Mousset, Nihal Oturan, Mehmet A. Oturan. An unprecedented route of OH radical reactivity evidenced by an electrocatalytical process: Ipso-substitution with perhalogenocarbon compounds. *Applied Catalysis B: Environmental* 2018, 226, 135-146. DOI: 10.1016/j.apcatb.2017.12.028.
14. J.F. Pérez, S. Sabatino, A. Galia, M.A. Rodrigo, J. Llanos, C. Sáez, O. Scialdone. Effect of air pressure on the electro-Fenton process at carbon felt electrodes. *Electrochimica Acta* 2018, 273, 447-453. DOI: 10.1016/j.electacta.2018.04.031.
15. Guilherme Garcia Bessegato, João Carlos de Souza, Juliano Carvalho Cardoso, Maria Valnice Boldrin Zanoni. Assessment of several advanced oxidation processes applied in the treatment of environmental concern constituents from a real hair dye wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2018, 6 (2) , 2794-2802. DOI: 10.1016/j.jece.2018.04.041.
16. A. Privat-Maldonado, Y. Gorbanev, D. O'Connell, R. Vann, V. Chechik, M. W. van der Woude. Nontarget Biomolecules Alter Macromolecular Changes Induced by Bactericidal Low-Temperature Plasma. *IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences* 2018, 2 (2) , 121-128. DOI: 10.1109/TRPMS.2017.2761405.
17. Mika Sillanpää, Mohamed Chaker Ncibi, Anu Matilainen. Advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter from drinking water sources: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management* 2018, 208, 56-76. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.12.009.
18. B.W. Darvell. *More Chemistry*. 2018,, 771-789. DOI: 10.1016/B978-0-08-101035-8.50030-4.
19. Erika Reisz, Clemens von Sonntag, Agnes Tekle-Röttering, Sergej Naumov, Winfried Schmidt, Torsten C. Schmidt. Reaction of 2-propanol with ozone in aqueous media. *Water Research* 2018, 128, 171-182. DOI: 10.1016/j.watres.2017.10.035.
20. João F. Gomes, Inês Leal, Katarzyna Bednarczyk, Marta Gmurek, Marek Stelmachowski, Magdalena Diak, M. Emília Quinta-Ferreira, Raquel Costa, Rosa M. Quinta-Ferreira, Rui C. Martins. Photocatalytic ozonation using doped TiO₂ catalysts for the removal of parabens in water. *Science of The Total Environment* 2017, 609, 329-340. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.180.

21. Pierre-François Biard, Thom Thi Dang, Annabelle Couvert. Determination by reactive absorption of the rate constant of the ozone reaction with the hydroperoxide anion. *Chemical Engineering Research and Design* 2017, 127, 62-71. DOI: 10.1016/j.cherd.2017.09.004.
22. Ozge Turkay, Sibel Barışçı, Mika Sillanpää. E-peroxone process for the treatment of laundry wastewater: A case study. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2017, 5 (5) , 4282-4290. DOI: 10.1016/j.jece.2017.08.012.
23. Minhwan Kwon, Homin Kye, Youmi Jung, Yejoon Yoon, Joon-Wun Kang. Performance characterization and kinetic modeling of ozonation using a new method: R OH,O₃ concept. *Water Research* 2017, 122, 172-182. DOI: 10.1016/j.watres.2017.05.062.
24. Ligy Philip, Bhallamudi Murty, Channarong Puchongkawarin, Miao Guo, Nilay Shah, David Stuckey, Benoit Chachuat, Yannic Vaupel, Sarojini Tiwari, Chitta Behera, Babji Srinivasan, Chedly Tizaoui, Olajumoke Odejimi, Ayman Abdelaziz. 3 *Wastewater Treatment*. 2017,, 115-180. DOI: 10.1201/9781315153209-4.
25. Songjie Wu, Qian Zhang, Ruonan Ma, Shuang Yu, Kaile Wang, Jue Zhang, Jing Fang. Reactive radical-driven bacterial inactivation by hydrogen-peroxide-enhanced plasma-activated-water. *The European Physical Journal Special Topics* 2017, 226 (13) , 2887-2899. DOI: 10.1140/epjst/e2016-60330-y.
26. Julia Patzsch, Jonathan Z. Bloh. Improved photocatalytic ozone abatement over transition metal-grafted titanium dioxide. *Catalysis Today* 2017, DOI: 10.1016/j.cattod.2017.07.010.
27. Xinyang Li, Shaobin Sun., u Zhang, Guicheng Liu, Clark Renjun Zheng, Jianzhong Zheng, Dayi Zhang, Hong Yao. Combined electro-catazone/electro-peroxone process for rapid and effective Rhodamine B degradation. *Separation and Purification Technology* 2017, 178, 189-192. DOI: 10.1016/j.seppur.2016.12.052.
28. Jingxin Yang, Ji Li, Wenyi Dong, Jun Ma, Jiayin Li. Influence of nitrite on the degradation of atrazine by ozonation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 2017, 92 (2) , 442-450. DOI: 10.1002/jctb.5031.
29. George Wafula Wanjala, Arnold Onyango, Calvin Onyango, Moses Makayoto. . *African Journal of Biochemistry Research* 2017,, 79. DOI: 10.5897/AJBR2017.0967.
30. Glen Andrew de Vera, Wolfgang Gernjak, Howard Weinberg, Maria José Farré, Jurg Keller, Urs von Gunten. Kinetics and mechanisms of nitrate and ammonium formation during ozonation of dissolved organic nitrogen. *Water Research* 2017, 108, 451-461. DOI: 10.1016/j.watres.2016.10.021.
31. M. E. Zappi, R. Hernandez, D. Gang, R. Bajpai, C. H. Kuo, D. O. Hill. Treatment of groundwater contaminated with high levels of explosives using advanced oxidation processes. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2016, 13 (12) , 2767-2778. DOI: 10.1007/s13762-016-1109-x.
32. Juhong Zhan, Yujue Wang, Huijiao Wang, Wenhua Shen., uejun Pan, Jinlin Wang, Gang Yu. Electro-peroxone regeneration of phenol-saturated activated carbon fiber: The effects of irreversible adsorption and operational parameters. *Carbon* 2016, 109, 321-330. DOI: 10.1016/j.carbon.2016.08.034.

33. Jingxin Yang, Ji Li, Wenyi Dong, Jun Ma, Jie Cao, Tingting Li, Jiayin Li, Jia Gu, Pingxin Liu. Study on enhanced degradation of atrazine by ozonation in the presence of hydroxylamine. *Journal of Hazardous Materials* 2016, 316, 110-121. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.04.078.
34. Xin Cheng, Hongguang Guo, Hongwei Liu, Yang Liu, Ying Yang, Yongli Zhang. Performance and Mechanism on Degradation of Estriol Using O₃ /PS Process. *Ozone: Science & Engineering* 2016, 38 (5) , 358-366. DOI: 10.1080/01919512.2016.1170589.
35. László Wojnárovits, Erzsébet Takács. Radiation Induced Degradation of Organic Pollutants in Waters and Wastewaters. *Topics in Current Chemistry* 2016, 374 (4) DOI: 10.1007/s41061-016-0050-2.
36. Jaedon Shin, Zahra Ramadhany Hidayat, Yunho Lee. Influence of Seasonal Variation of Water Temperature and Dissolved Organic Matter on Ozone and OH Radical Reaction Kinetics During Ozonation of a Lake Water. *Ozone: Science & Engineering* 2016, 38, 100-114. DOI: 10.1080/01919512.2015.1079120.
37. Yury Gorbanev, Deborah O'Connell, Victor Chechik. Non-Thermal Plasma in Contact with Water: The Origin of Species. *Chemistry - A European Journal* 2016, 22 (10) , 3496-3505. DOI: 10.1002/chem.201503771.
38. Arnold N. Onyango. Alternatives to the 'water oxidation pathway' of biological ozone formation. *Journal of Chemical Biology* 2016, 9, 1-8. DOI: 10.1007/s12154-015-0140-6.
39. Fei Qi, Wei Chu, Bingbing. u. Comparison of phenacetin degradation in aqueous solutions by catalytic ozonation with CuFe₂O₄ and its precursor: Surface properties, intermediates and reaction mechanisms. *Chemical Engineering Journal* 2016, 284, 28-36. DOI: 10.1016/j.cej.2015.07.095.
40. Erika Reisz, Sergej Naumov, Winfried Schmidt, Clemens von Sonntag. Reaction of Ozone with Ag(I)—Mechanistic Considerations. *Ozone: Science & Engineering* 2015, 37, 393-404. DOI: 10.1080/01919512.2015.1041583.
41. Huijiao Wang, Shi Yuan, Juhong Zhan, Yujue Wang, Gang Yu, Shubo Deng, Jun Huang, Bin Wang. Mechanisms of enhanced total organic carbon elimination from oxalic acid solutions by electro-peroxone process. *Water Research* 2015, 80, 20-29. DOI: 10.1016/j.watres.2015.05.024.
42. Jesús Ferre-Aracil, Salvador C. Cardona, Javier Navarro-Laboulais. Kinetic Study of Ozone Decay in Homogeneous Phosphate-Buffered Medium. *Ozone: Science & Engineering* 2015, 37, 330-342. DOI: 10.1080/01919512.2014.998756.
43. Fei Qi, Bingbing. u, Wei Chu. Heterogeneous catalytic ozonation of phenacetin in water using magnetic spinel ferrite as catalyst: Comparison of surface property and efficiency. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 2015, 396, 164-173. DOI: 10.1016/j.molcata.2014.10.001.
44. Erika Reisz, Alexandra Fischbacher, Sergej Naumov, Clemens von Sonntag, Torsten C. Schmidt. Hydride Transfer: A Dominating Reaction of Ozone with Tertiary Butanol and Formate Ion in Aqueous Solution. *Ozone: Science & Engineering* 2014, 36, 532-539. DOI: 10.1080/01919512.2014.891436.
45. Sergey L. Khursan. Peroxide intermediates of oxidation processes: Organic trioxides. 2014,,, 1-72. DOI: 10.1002/9780470682531.pat0874.

46. S. Reed Plimpton, Mark Gołkowski, Deborah G. Mitchell, Chad Austin, Sandra S. Eaton, Gareth R. Eaton, Czesław Gołkowski, Martin Voskuil. Remote delivery of hydroxyl radicals via secondary chemistry of a nonthermal plasma effluent. *Biotechnology and Bioengineering* 2013, 110 (10.1002/bit.v110.7) , 1936-1944. DOI: 10.1002/bit.24853.
47. Zdenko Machala, Barbora Tarabova, Karol Hensel, Eva Spetlikova, Libusa Sikurova, Petr Lukes. Formation of ROS and RNS in Water Electro-Sprayed through Transient Spark Discharge in Air and their Bactericidal Effects. *Plasma Processes and Polymers* 2013, 10 (10.1002/ppap.v10.7) , 649-659. DOI: 10.1002/ppap.201200113.
48. Josep M. Anglada, Miquel Torrent-Sucarrat, Manuel F. Ruiz-Lopez, Marilia Martins-Costa. Is the HO₄⁻ Anion a Key Species in the Aqueous-Phase Decomposition of Ozone?. *Chemistry - A European Journal* 2012, 18 (10.1002/chem.v18.42) , 13435-13445. DOI: 10.1002/chem.201201991.
49. Marek Golkowski, Czesław Golkowski, Jori Leszczynski, S. Reed Plimpton, Piotr Maslowski, Aleksandra Foltynowicz, Jun Ye, Bruce McCollister. Hydrogen-Peroxide-Enhanced Nonthermal Plasma Effluent for Biomedical Applications. *IEEE Transactions on Plasma Science* 2012, 40, 1984-1991. DOI: 10.1109/TPS.2012.2200910.
50. D. Gardoni, A. Vailati, R. Canziani. Decay of Ozone in Water: A Review. *Ozone: Science & Engineering* 2012, 34, 233-242. DOI: 10.1080/01919512.2012.686354.
51. Sergej Naumov, Clemens von Sonntag. The reaction of •OH with O₂, the decay of O₃^{•-} and the pKa of HO₃^{•-} - interrelated questions in aqueous free-radical chemistry. *Journal of Physical Organic Chemistry* 2011, 24 (10.1002/poc.v24.7) , 600-602. DOI: 10.1002/poc.1812.
52. Rossano Amadelli, Luca Samiolo, Achille De Battisti, Alexander B. Velichenko. Electro-oxidation of Some Phenolic Compounds by Electrogenenerated O₃ and by Direct Electrolysis at PbO₂ Anodes. *Journal of The Electrochemical Society* 2011, 158, P87. DOI: 10.1149/1.3589913.
53. Pentax, White Paper
54. ASP, White Paper
55. Olympus, White Paper