

Fleksibl Endoskoplarda Hdrozone ile Hasarsız Sterilizasyon Sınırının ve Validasyon Protokolünün Tanımlanması ve Teknik Değerlendirmesi

Hasan Tahsin ÖZBEK • Bülent DEVECİ • Yüksel ERGÜN

White Paper - **16.10.2025**

KISA ÖZET

Fleksibl endoskoplara, elastomer, fluoropolimer, metal ve optik bileşenlerin birlikte bulunduğu çok katmanlı hibrit medikal cihazlardır. Bu yapı, sterilizasyon sürecinde hem mikrobiyal etkinliğin sağlanmasını hem de malzeme bütünlüğünün korunmasını aynı anda zorunlu kılar.

Bu çalışmada, Hdrozone sterilizasyon yaklaşımının fleksibl endoskoplarda uygulanabilirliği; malzeme uyumu, lümen penetrasyonu, fonksiyonel bütünlük ve kalıntı güvenliği açısından değerlendirilmiş, ayrıca hasarsız sterilizasyon penceresinin belirlenmesine yönelik validasyon yaklaşımı ortaya konmuştur.

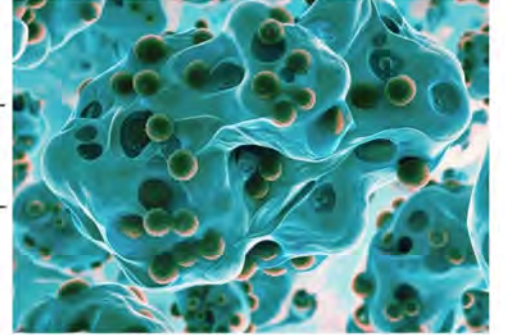
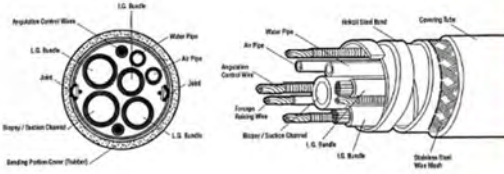
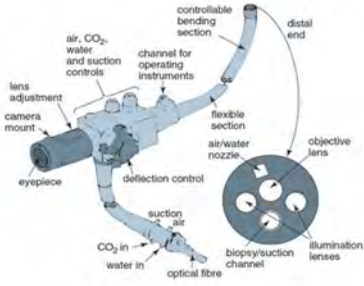


KEYLER

Sterilizasyon, Hdrozone, Lümen, Penetrasyon, Uyumluluk, Kalıntı, Oksidasyon, Endoskop

SORUN TANIMI

ENDOSCOPE CROSS SECTION



Fleksibl endoskop sterilizasyonunda temel problem, cihazın homojen bir yapıdan oluşmamasıdır.

Bir fleksibl endoskop:

- Dış kılıf polimerleri
- İç spiral metal yapı
- Bükülebilir distal uç
- Lümen iç kanalları
- Optik sistem
- Yapıştırıcı ve epoksi bağlantılar içeren çok katmanlı bir sistemdir.

Bu yapı nedeniyle sterilizasyon problemi:

- Yalnızca yüzey sterilizasyonu değildir
- Lümen iç yüzey erişimi gerektirir
- Biyofilm ve organik kalıntı içerir
- Farklı malzemelerin farklı kimyasal dayanımlarını içerir.

Bu nedenle sterilizasyon sürecinde aynı anda şu gereklilikler oluşur:

- Mikrobiyal etkinlik sağlanması
- Malzeme hasarının önlenmesi
- Fonksiyon kaybının olmaması
- Optik kalitenin korunması
- Kalıntı güvenliğinin sağlanması

TANIM VE TEKNİK ÇERÇEVE

Hidrozone sterilizasyon yaklaşımı, gaz fazlı oksidan sistemlerin kontrollü kullanımını ile düşük sıcaklıkta sterilizasyon sağlamayı hedefleyen bir yöntemdir.

Bu yaklaşımın teknik hedefi:

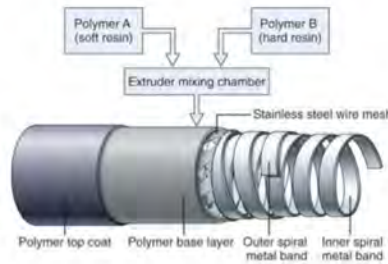
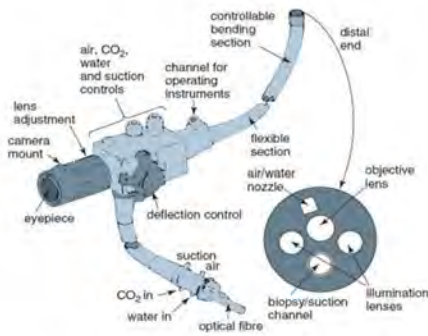
- Hedef mikrobiyal etkinliği sağlamak
- Malzeme, fonksiyon ve optik kaliteyi korumak
- Kalıntı açısından güvenli sınırlar içinde kalmak

Bu çerçevede amaç:

Fleksibl endoskopta hasarsız sterilizasyon proses penceresini tanımlamaktır.

Bu yaklaşım, yeniden kullanılabilir medikal cihazların yeniden işlenmesine yönelik validasyon gereklilikleri ile uyumludur.

ENDOSKOP YAPISI VE MALZEME ANALİZİ



Fleksibl endoskop aşağıdaki temel bileşenlerden oluşur:

- TPU / silikon / Pebax dış kılıf
- PTFE / FEP / ETFE lümen kanalları
- Paslanmaz çelik spiral yapı
- Nitinol destek elemanları
- Optik fiber veya lens sistemi
- Epoksi ve medikal yapıştırıcılar

Bu yapı içinde:

- PTFE ve metal bileşenler kimyasal olarak daha dayanıklıdır
- TPU, silikon ve epoksi bölgeler kimyasal olarak daha hassastır

Hipotez:

Hidrozone çevrimi;

- Ağır oksidan baskın
- Radikal kontrollü
- Düşük sıcaklık
- Kontrollü nem

rejiminde çalıştırıldığında, fleksibl endoskopta kabul edilebilir malzeme değişimi sınırları içinde kalarak hasarsız sterilizasyon penceresi oluşturabilir.

Bu ifade deneysel doğrulama gerektiren bir hipotezdir.

VALİDASYON YAKLAŞIMI VE NUMUNE PLANI

Validasyon yaklaşımı üç seviyeden oluşur:

- Kupon testleri
- Alt sistem testleri
- Tam cihaz testleri

Kupon Testleri

- TPU
- Silikon
- Pebax
- PTFE / FEP / ETFE
- Epoksi
- Lens yapıştırıcı
- Conta elastomerleri

Alt Sistem Testleri

- Insertion tube
- Bending section
 - Distal tip
- Working channel

Tam Cihaz Testleri

- Başlangıç referansı
- Nominal çevrim
- Worst - case çevrim
- Yaşlandırılmış çevrim

minimum n=10 kontrol ve farklı doz grupları uygulanır.

Çevrim Planı

- 1x
- 10x
- 25x
- 50x
- 100x

Test Grupları

- Kontrol
- Düşük oksidatif yük
 - Nominal proses
- Yüksek oksidatif yük
 - Nem etkisi
 - Zaman etkisi
- Çevrim tekrar etkisi
- Plazmasız kontrol

Ölçüm Metotları

Mekanik	Kimyasal	Fonksiyonel	Kalıntı	Mikrobiyal
<ul style="list-style-type: none">• Sertlik• Çekme• Bükülme• Torsiyon• Leak test	<ul style="list-style-type: none">• FTIR• Temas açısı• Kütle değişimi• Yüzey analizi	<ul style="list-style-type: none">• Kanal akışı• Optik kalite• Görüntü performansı	<ul style="list-style-type: none">• H₂O₂ / O₃ kalıntı• Off-gassing	<ul style="list-style-type: none">• BI / CI• Lümen içi test• Distal tip test

Kabul Kriterleri

- Leak test başarısız olmayacak
- Görünür hasar olmayacak
- Optik kalite korunacak
- Kanal akışı değişmeyecek
- Yapışma bozulmayacak
- Kalıntı limit altında olacak
- Mikrobiyal etkinlik sağlanacak

Hasarsızlık Karar Sistemi

- Geçer
- Koşullu geçer
- Geçmez

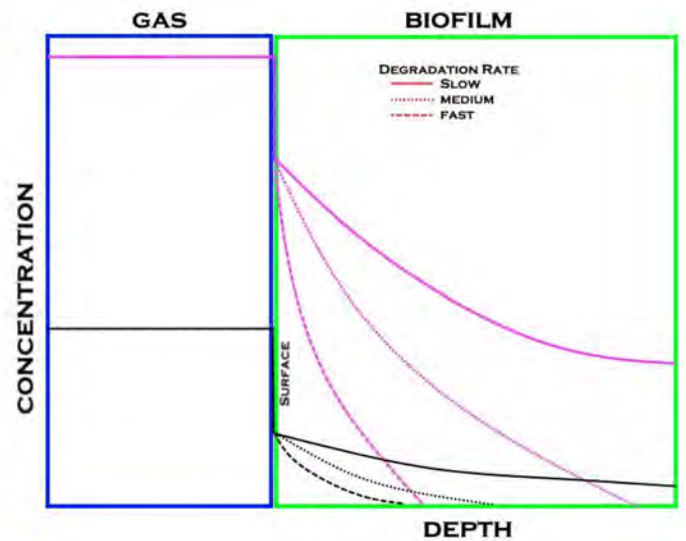
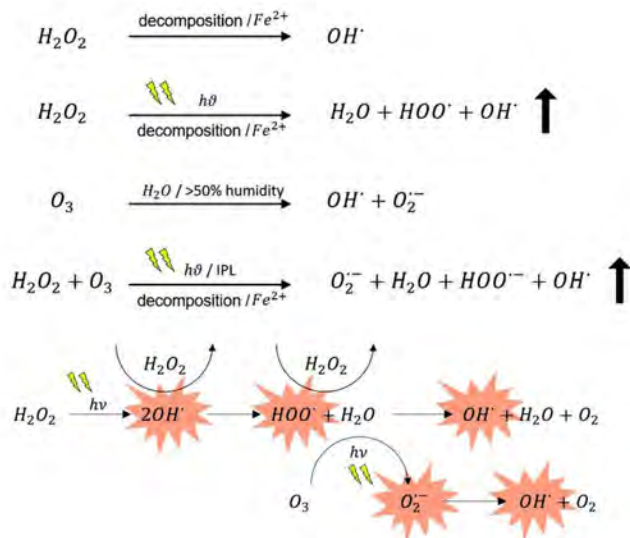
Damage Index

DI = 0.25 Mekanik + 0.20 Optik + 0.20 Kimyasal + 0.20 Fonksiyon + 0.15 Kalıntı

Worst-Case Tanımı

- En uzun lümen
- En dar kanal
- En hassas polimer
- En yüksek nem
- En yüksek çevrim

H₂O₂ VE HDROZONE KARŞILAŞTIRMASI



► H₂O₂ sterilizasyonu:

- Yüzeyde güçlü oksidatif etki
- Kondensasyon bazlı mekanizma
- Lümen penetrasyonu sınırlı olabilir

► Hidrozone sterilizasyonu:

- Gaz faz dağılımı
- Reaktif üretim yaklaşımı
- Lümen iç yüzeyde etkinlik potansiyeli

► Malzeme açısından:

- H₂O₂: Epoksi ve elastomerlerde daha yüksek stres
- Hidrozone: Kontrollü kimyasal etki

TEKNİK SONUÇ DEĞERLENDİRMESİ

- PTFE, FEP, ETFE: Uyumlu
- Metal yapı: Uyumlu
- Optik cam: Uyumlu
- TPU: Kritik
- Silikon: Kritik
- Epoksi: Kritik
- Distal tip: Kritik

Sterilizasyon başarısı:

Lümen iç yüzey performansı ile belirlenir.

SONUÇ

Fleksibl endoskop sterilizasyonu, malzeme çeşitliliği ve lümen geometrisi nedeniyle en zor sterilizasyon problemlerinden biridir.

► **Hdrozone yaklaşımı:**

- Düşük sıcaklıkta çalışması
- Gaz fazlı olması
- Lümen penetrasyon potansiyeli

nedeniyle teknik olarak uygulanabilir bir sterilizasyon yaklaşımıdır.

► **H₂O₂ sistemlerine göre:**

- Yüzeyde benzer etkinlik
- Lümeninde daha yüksek potansiyel sunar.

► **Nihai uygunluk:**

- Malzeme uyumluluk testleri
- Çevrimsel yaşlandırma
- Lümen penetrasyon doğrulaması
- Mikrobiyal etkinlik testleri ile belirlenir.

RESMİ SONUÇ CÜMLESİ

Bu çalışma, Hdrozone sterilizasyon çevriminin fleksibl endoskoplarda mikrobiyal etkinliği sağlarken malzeme, fonksiyon, optik bütünlük ve kalıntı güvenliği açısından kabul edilebilir sınırlar içinde kalabileceğini değerlendirmek ve hasarsız sterilizasyon proses penceresinin tanımlanmasına yönelik teknik çerçeveyi ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

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, inglin 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 Pocosales, 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 Electrogenerated 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