



LUDOTERM

OZONUL

Istoricul ozonului

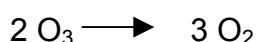
Descoperirea ozonului îi este atribuită lui Schönbein în jurul anului 1840 care și-a prezentat descoperirea la universitatea din Munchen și care a fost prima persoană care a studiat mecanismul ozonului și a materialelor organice.

Prima instalație în care s-a folosit ozonul a fost realizată în Olanda în anul 1893. În 1916 existau în Europa 49 de instalații cu ozon după care, urmare a descoperirii clorului ca dezinfectant, răspândirea acestui procedeu s-a încetinit. După al doilea război mondial, s-a reluat folosirea acestui procedeu de dezinfecție astfel încât în anul 1985 numărul de instalații au fost de peste 2000.

În zilele noastre clorul este preferat ozonului în dezinfecția apei. Totuși, în ultimii ani, folosirea ozonului a reînceput să crească mai ales ca urmare a descoperirii în 1973 a trihalometanului care este un subprodus de dezinfecție toxic rezultat în urma dezinfectării cu clor. Folosirea pe scara tot mai largă a ozonului a fost impulsionată și de dificultățile de eliminare a poluanților organici din apele de suprafață – acești compuși par a fi oxidați mai rapid de către ozon decât de clor sau de compușii acestuia.

Ce este ozonul?

Ozonul este o moleculă constituită din trei atomi de oxigen cu sarcină electrică negativă. Molecula de ozon este foarte instabilă și are o scurtă durată de viață revenind rapid la starea lui inițială după mecanismul de mai jos:



În fapt, molecula de ozon nu este decât o moleculă de oxigen care a primit în plus un atom de oxigen. Ozonul este produs în mod natural de anumite reacții chimice. Exemplul cel mai cunoscut este stratul de ozon care înconjoară Pământul în care ozonul este produs de către razele UV care provin de la soare. Ozonul mai este produs cu ocazia furtunilor de către fulgere. Mirosul specific de aer proaspăt de după furtuni este datorat formării ozonului.

Este mai puțin cunoscut faptul că ozonul poate fi produs pe cale artificială astfel încât el să poată fi folosit la tratarea apelor. Generatoarele de ozon pot produce ozonul cu ajutorul tensiunii electrice foarte mari sau cu ajutorul radiațiilor UV. Amândouă metodele duc la descompunerea moleculei de oxigen, se formează un radical al oxigenului care apoi se leagă de molecula de oxigen formând ozonul (O_3).

Ozonul este considerat ca fiind cel mai puternic oxidant cunoscut. Radicalul suplimentar de oxigen din molecula ozonului se leagă rapid de fiecare compus care vine în contact cu molecula de ozon. Aceasta se datorează instabilității moleculei de ozon care are tendința de a reveni la starea inițială (O_2). Astfel pot fi oxidate materialele organice, cele anorganice (oxidare) sau microorganisme cum ar fi virușii, bacteriile sau ciupercile (dezinfecție). În acest fel radicalul de oxigen este eliberat și în final rezultă numai oxigen pur și stabil.

Această metodă poate fi folosită la numeroase aplicații. Ozonul este folosit în mod deosebit la tratarea apelor uzate, la purificarea apelor potabile (pentru dezinfecție), iar industria textilă folosește ozonul pentru eliminarea culorilor.

Cel mai mare avantaj al ozonului îl constituie aspectul său pur. El oxidează numai substanțele și astfel formarea de [subproduse](#) se întâmplă foarte rar.

Ozonul este un gaz albăstriu care are punctul de fierbere la -112°C . La presiunea atmosferică ozonul se poate dizolva parțial în apă. La presiune și temperatură standard solubilitatea ozonului este de treisprezece ori mai mare decât a oxigenului. Potențialul de oxidare a ozonului este foarte mare. De fapt, ozonul este unul din cei mai puternici oxidanți disponibili în tratarea apei.

Amestecuri concentrate de ozon și oxigen cu un conținut de peste 20% ozon pot fi explozive în fluide sau gaze. În generatoarele de ozon comerciale nu se ating aceste concentrații deoarece sunt greu de realizat. Ozonul este instabil într-o soluție apoasă; durata lui de înjumătățire este de cca. 20 minute. În aer durata de înjumătățire este de 12 ore ceea ce explică stabilitatea superioară a ozonului în aer.

La concentrații mari ozonul poate avea efecte negative asupra sănătății dacă se inhalează. Poate produce iritări ale mucoaselor și dureri de cap. Concentrații mai mari (peste 50 ppm) și o expunere mai îndelungată (peste 30 minute) pot duce la deces. Efectele pe termen lung la o expunere la ozon nu sunt cu adevărat cunoscute, dar se poate lua în considerație o scădere a capacității pulmonare și posibilitatea să producă afecțiuni pulmonare. Pentru a preveni aceste riscuri au fost stabilite concentrații maxime ale ozonului (valoarea MAC – Maximum Admitted Concentration) pentru zonele unde ozonul este folosit. Aceasta valoare indică concentrația maximă la care omul poate să fie expus pentru o anumită perioadă de timp. Pentru o săptămână normală de lucru cu cinci zile lucrătoare, opt ore pe zi, ozonul are o valoare MAC de 0,06 ppm. Pentru 15 minute valoarea MAC este de 0,3 ppm.

Ozonul are un miros specific ceea ce permite sesizarea prezentei acestuia și a faptului că valoarea MAC este depășită. Limita la care poate fi simțită prezenta ozonului este de 0,02 ppm.

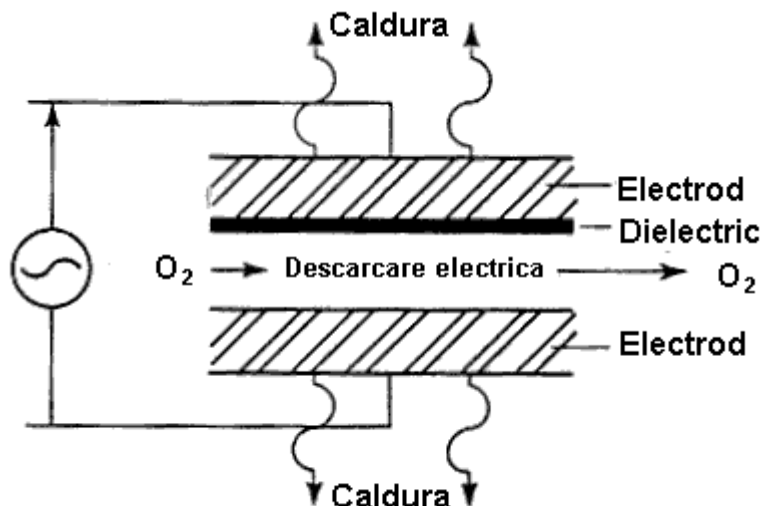
Producerea ozonului

Din cauza duratei de viață scurte, ozonul este totdeauna generat acolo unde este folosit cu ajutorul unui generator de ozon. Producerea ozonului se face prin două metode: cu radiație UV sau prin descărcare corona. Generarea ozonului prin descărcare corona este mai mult folosită în prezent și este mai avantajoasă: echipamentele de generare a ozonului au o viață mai lungă, iar costurile sunt mai mici. Radiația UV se poate folosi atunci când este nevoie de cantități mici de ozon, de exemplu în laboratoare.

O unitate de producere a ozonului prin metoda descărcării corona este compusă din următoarele elemente: o sursă de oxigen, filtre de praf, uscătoare de gaz, generatorul de ozon și unitatea de contact.

Elementul de descărcare corona este prezent în generatorul de ozon. Aici ozonul este produs ca urmare a unei descărcări electrice în mediu de oxigen. Această descărcare corona rupe molecula de oxigen și ca urmare se formează ozonul. Pentru a controla și a menține descărcarea electrică, este realizat un mediu dielectric din ceramică sau sticlă. Pentru a se evita încălzirea excesivă a electrozilor, aceștia sunt adesea răciți cu apă sau cu aer.

În figura de mai jos este prezentată schema unui generator de ozon cu descărcare corona.



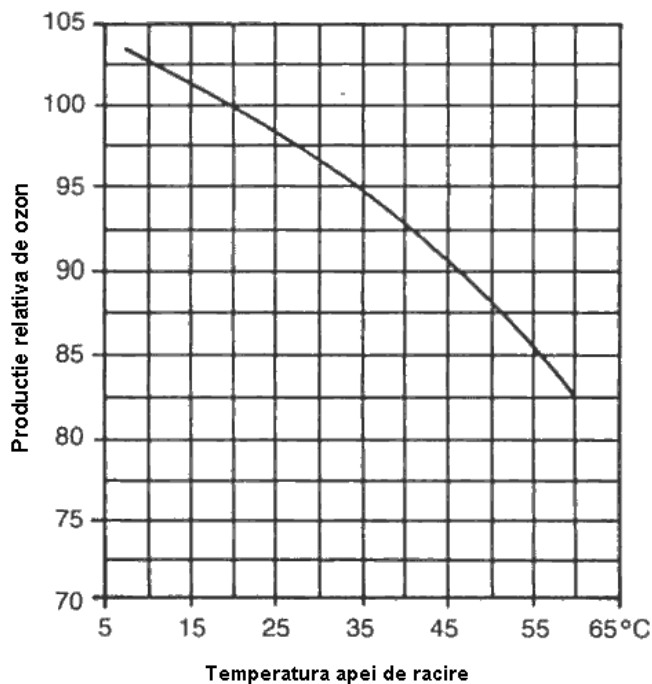
Pentru producerea ozonului se poate folosi aerul ambiant cu ajutorul unui compresor sau oxigen pur furnizat de un generator de oxigen sau, uneori, de către un tub de oxigen. Aerul se usucă, iar praful este eliminat prin filtrare.

Pentru a se elimina ozonul rămas după utilizarea acestuia se folosesc distrugătoare de ozon. Mecanismul distrugătorului de ozon poate fi realizat după diferite principii. În general se folosește un catalizator care accelerează descompunerea ozonului în oxigen (de ex. oxid de magneziu).

Cei mai importanți factori care influențează generarea ozonului sunt: concentrația în oxigen din gazul care este introdus, umiditatea și puritatea gazului folosit, temperatura apei de răcire și parametri electrici. Pentru a se realiza un randament maxim în producerea ozonului și un consum minim de energie este necesar ca acești factori să fie optimi.

Generarea ozonului este însoțită de producere de căldură. În acest proces este foarte importantă răcirea generatorului. Reacția de producere a ozonului este reversibilă și descompunerea ozonului este cu atât mai intensă cu cât temperatura este mai ridicată.

În graficul de mai jos este prezentată relația dintre temperatura camerei de descărcare electrică (temperatura realizată prin răcire cu apă) și randamentul generării de ozon. Acest grafic arată că o creștere a temperaturii duce la o diminuare a producției de ozon. Pentru a limita descompunerea ozonului, temperatura în camera de descărcare nu trebuie să depășească 25°C. Condiția generală este că temperatura apei de răcire poate crește de la 5 la maxim 20°C. Este, de asemenea, important ca temperatura aerului folosit să nu fie prea ridicată.



Înainte de a se introduce aerul în generatorul de ozon acesta trebuie uscat. Aerul ambiant conține apă (este umed) care reacționează cu ozonul. Aceasta duce la creșterea consumului de energie necesară producerii ozonului. O altă problemă pe care o poate crea introducerea aerului umed este producerea unei reacții nedorite în camera de descărcare corona. O creștere a cantității de vapori de apă prezenți în aceasta cameră duce la formarea de oxid de azot în momentul descărcărilor electrice. Oxidul de azot poate forma acidul nitric care este corosiv. Pentru a se evita aceste reacții nedorite aerul introdus este trecut printr-o cameră de uscare. Generatoarele de ozon sunt echipate cu cel puțin două camere de uscare care sunt folosite alternativ. În timp ce o camera este folosită, cealaltă este regenerată.

Aerul folosit la generarea ozonului trebuie să fie curat. El conține impurități rezultate de la eșapamentul mașinilor sau poate conține impurități rezultate de la anumite scăpări ale sistemului de răcire. La o concentrația de 1% hidrocarburi în aerul introdus în generator producția de ozon se reduce până aproape de zero.

Ozonul este produs din oxigen. Randamentul unui generator de ozon este influențat de concentrația de oxigen din gazul introdus. Oxigenul poate fi introdus prin folosirea aerului (care conține 21% oxigen) sau prin folosirea de oxigen aproape pur (95%). Oxigenul pur poate fi produs cu ajutorul unui generator de oxigen. Prin folosirea oxigenului pur, la același consum energetic, producția de ozon al unui generator are un factor de creștere de 1,7 până la 2,5.

După ce ozonul a fost produs, acesta se descompune rapid fiindcă este un compus instabil și are o durată de viață mică. Timpul de înjumătățire a ozonului în apă este mult mai scurt decât în aer.

Ozonul dizolvat în apă se descompune parțial, în funcție de caracteristicile apei, în radicali OH reactivi. Astfel, la un de tratament al apei cu ozon se iau în considerare reacțiile a două elemente: ozonul și radicalul OH. Când radicalii OH sunt dominanți în soluție, procedeul se numește **oxidare avansată (AOP)**. Descompunerea ozonului în radicali OH duce la o scădere inițială rapidă a cantității de ozon urmată de o a doua fază în care ozonul

descrește mai lent. În funcție de calitatea apei, timpul de înjumătățire al ozonului poate fi de la câteva secunde la câteva ore. Factorii care influențează descompunerea ozonului din apă sunt: temperatura, pH-ul, concentrația de materiale dizolvate în apă și radiațiile UV.

Aer		Apa (pH=7)	
Temperatura, °C	Timp de înjumătățire	Temperatura, °C	Timp de înjumătățire
-50	3 luni	15	30 min
-35	18 zile	20	20 min
-25	8 zile	25	15 min
20	3 zile	30	12 min
120	1,5 ore	35	8 min
250	1,5 sec.		

Așa cum am arătat mai sus ozonul se descompune parțial în radicali OH. Când pH-ul crește, crește și formarea de radicali OH. Într-o soluție cu pH-ul mare sunt mai mulți ioni de hidroxizi. Acești ioni de hidroxizi acționează ca inițiatori de descompunere a ozonului. Astfel, într-un mediu bazic descompunerea ozonului este mai rapidă decât într-un mediu acid.

Ozonul dizolvat poate reacționa cu o mare varietate de materiale cum ar fi compuși organici, virușii sau bacteriile. Astfel ozonul se descompune în alte materiale. În funcție de natura materialelor dizolvate în apa acestea pot accelera (reacție în lanț) sau încetini descompunerea ozonului. Substanțele care accelerează reacțiile se numesc substanțe **promotoare**, iar cele care încetinesc reacțiile ozonului se numesc **inhibitoare**.

Motivul pentru care inhibitorii reduc reacțiile ozonului este faptul că aceștia reacționează cu radicalii OH. Carbonații sunt inhibitori cu efect foarte puternic. Adăugarea de carbonați poate duce la creșterea duratei de înjumătățire a ozonului. Efectul asupra reacției este mai mare la concentrații mici. Când într-o soluție au loc în majoritate reacții indirecte (cu radicalii OH) cum ar fi într-o soluție cu o valoare mare a pH-ului, sau un procedeu AOP prezența inhibitorilor este nedorită. Inhibitorii reacționează foarte rapid cu radicalii OH și scad capacitatea de oxidare. Pentru aceste procedee se dorește o capacitate redusă de dezactivare.

Ionii de carbonați (CO_3^{2-}) sunt inhibitori mult mai puternici decât ionii de bicarbonați (HCO_3^{2-}).

Materialele organice naturale există în toate tipurile de ape naturale. Cantitatea de materiale organice din ape este cel mai adesea exprimat în **carbon organic dizolvat** (COD). Materialele organice sunt cele care dau culoare și miros apei. Ozonul se poate folosi pentru reducerea materialelor organice din ape. Concentrația de materiale organice în apele naturale poate varia de la 0,2 până la 10 mg/l.

Pentru a dezinfecța apele cu ozon, acesta trebuie dizolvat în apă. Ozonul este produs cu ajutorul generatoarelor de ozon. El poate fi dizolvat în apă prin diferite metode. Pentru a se realiza o bună dezinfecție este necesară o concentrație cât mai ridicată a ozonului în apă. Stabilirea solubilității ozonului în apă este mai dificilă la ozon decât la alte gaze pentru-că solubilitatea ozonului este influențată de mai mulți factori cum ar fi temperatura, pH-ul și materialele dizolvate pe care le conține apa. Influența acestor factori este cauza instabilității ozonului în apă. Creșterea solubilității ozonului în apă se poate realiza prin:

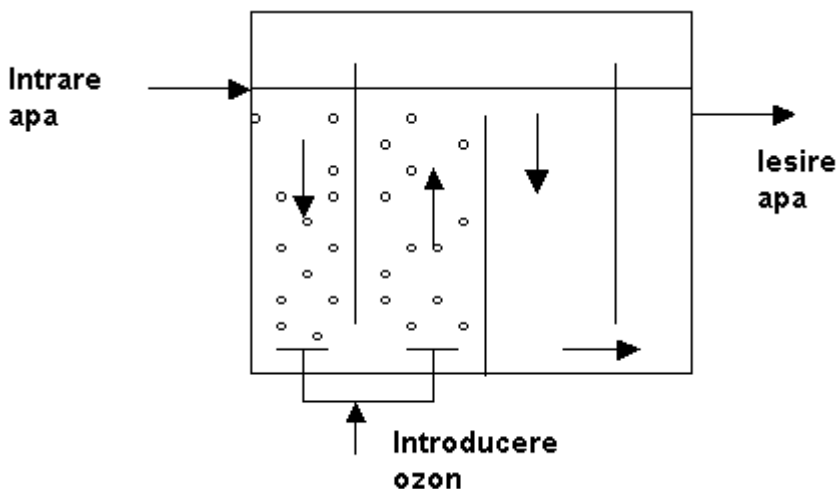
- creșterea concentrației ozonului în aer
- creșterea presiunii aerului
- scăderea temperaturii apei
- scăderea cantității de materiale dizolvate în apă
- scăderea pH-ului apei
- folosirea de radiații UV

Trecerea unui material dintr-o fază în altă fază este denumită **transfer de masă**. Transferul ozonului gazos în apa lichidă se realizează prin următoarele etape: difuzia ozonului prin traversarea fazelor gaz/lichid, dizolvarea în lichid și difuzia acestuia în lichid. Acest transfer depinde de:

- proprietățile fizice ale gazului și ale lichidului
- diferența de concentrații de la suprafața de transfer
- turbulența lichidului

Ozonul poate fi injectat în apă prin mai multe metode dar cele mai folosite sunt metoda difuziei sau metoda venturi.

Difuzia ozonului se face sub presiune și constă în realizarea unei coloane de bule de ozon în masa de apă. Avantajul sistemului constă în faptul că are un randament ridicat, sunt construcții simple și sunt practice în tratarea volumelor mari de apă (de exemplu la tratarea apelor potabile). Dezavantajele acestui sistem sunt: echipamente de mari dimensiuni, eficacitatea depinde de mărimea coloanei de contact dintre apă și ozon și de dimensiunea bulelor de ozon. Pe de altă parte difuzoarele de bule se pot obtura ducând la scăderea eficacității tratamentului. În figura de mai jos este prezentat un sistem de difuziune a ozonului în contracurent și co-curent.



În cazul unui sistem venturi ozonul este dizolvat în apă prin presiune. Un asemenea sistem are mai multe avantaje: un randament ridicat, instalații compacte, nu are piese în mișcare.

Procedeu de tratament cu ozon se bazează pe mecanismul reacțiilor directe și indirecte. Aceasta se datorează descompunerii ozonului în apă în radicali OH. Acești radicali au o durată de viață foarte scurtă și au o putere de oxidare mai mare decât ozonul. Când numărul de radicali OH din apă crește, tratamentul este denumit **Procedeu Avansat de Oxidare**. Acest procedeu realizează oxidarea materialelor solide dizolvate cu ajutorul ozonului (prin acțiune directă) și cu cel al radicalilor OH (acțiune indirectă). Tipul de reacție

care predomină depinde de mai mulți factori cum ar fi temperatura, pH-ul sau compoziția chimică a apei.

Pentru cei mai mulți dintre compușii anorganici prezenți în apa potabilă viteza de reacție este relativ mare. Mecanismul de reacție pentru oxidarea compușilor anorganici este determinat de transferul atomului de oxigen suplimentar al ozonului în compușii anorganici. Procedeu de Oxidare Avansată (AOP) este un tip de oxidare chimică care prezintă un interes tot mai mare în ultimul timp. Avantajul acestui procedeu este că nu se formează urme de nămol sau concentrați. Substanțele nocive sunt descompuse în substanțe mai puțin nocive sau chiar complet mineralizate. Oxidarea este realizată în foarte mare măsură de către radicalii OH care sunt foarte reactivi. Pentru realizarea compușilor OH se folosesc substanțe promotoare cum ar fi peroxidul de hidrogen (H_2O_2) sau radiațiile UV.

Oxidare directă sau indirectă (POA)?

Oxidarea indirectă poate fi o soluție a problemei pe care o ridică folosirea ozonului și anume faptul că ozonul nu oxidează toți compușii suficient de rapid. Procedeu de oxidare indirectă se poate aplica relativ simplu în cadrul tratamentului convențional cu ozon. Acesta se poate realiza prin creșterea valorii Ph-ului sau prin adăugare de peroxid de hidrogen. Adăugarea de peroxid de hidrogen este metoda cea mai economică.

Compușii care rezistă la ozon sunt de exemplu pesticidele, compușii aromatici sau solvenții clorați.

În general, oxidarea indirectă se poate folosi la un mare număr de poluanți organici în timp ce oxidarea directă poate fi folosită la un mare număr de produse anorganice.

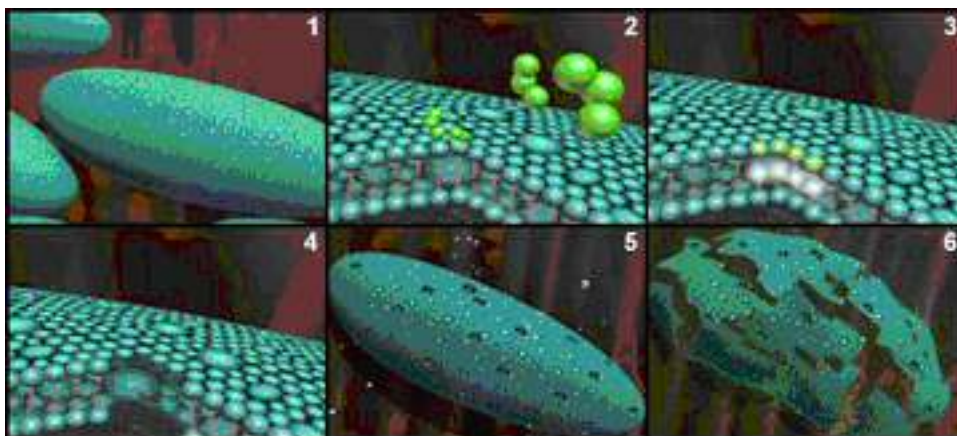
Dezinfecția cu ozon

Apa poate conține microorganisme și materiale poluante. Multe dintre aceste impurități pot fi dăunătoare pentru oameni ele putând fi cauza unor iritații, eczeme sau îmbolnăviri. Acesta este motivul pentru care apa trebuie dezinfectată.

Dezinfecție înseamnă purificarea apei până ce aceasta nu mai produce efectele negative arătate mai sus.

Datorită potențialului său ridicat de oxidare, ozonul oxidează compușii pereților celulelor bacteriene și astfel pătrunde în interiorul celulelor. După ce a pătruns în interiorul celulelor el oxidează toate elementele esențiale ale acesteia (enzime, proteine, ADN).

Acest mecanism este diferit de cel al halogenilor (cum ar fi clorul) care sunt folosiți în general. Clorul penetrează peretele celulelor prin difuziune. În interiorul celulelor clorul distruge mai multe enzime.



În imaginea de mai sus sunt prezentate etapele dezinfecției cu ozon:

1. Celula bacteriană
2. Imagine mărită cu molecula de ozon pe peretele celulei bacteriene
3. Ozonul pătrunde prin peretele celulei și produce o coroziune
4. Imagine mărită cu efectul ozonului asupra peretelui celulei
5. Celula bacteriană după ce a fost în contact cu mai multe molecule de ozon
6. Distrugerea celulei

Ozonul este folosit la:

- tratarea apelor din piscine
- tratarea apei potabile
- tratarea apelor din turnurile de răcire
- tratarea apei folosită în spălătorii industriale (spitale, hoteluri, etc.)

Folosirea ozonului la tratarea apei potabile

Datorita capacității foarte bune de dezinfecție a ozonului acesta este folosit din ce în ce mai mult în tratarea apei potabile. El poate fi folosit pentru diferite obiective în sistemele de tratament cum ar fi pre-oxidarea, o oxidare intermediară sau pentru dezinfecție finală. În general este recomandată folosirea ozonului pentru pre-oxidare, înaintea unui filtru cu nisip sau a unui filtru cu carbon activ. Acest mod de folosire are următoarele avantaje:

- elimină materialele organice și anorganice
- elimină poluanții cum ar fi pesticidele
- îmbunătățește procedeul de floculare/coagulare și decantare
- reduce sub-produsele de dezinfecție
- elimină gustul și mirosul apei

Eliminarea materialelor organice și anorganice

Toate sursele de apă conțin materiale organice naturale. Concentrația acestora (în general măsurată în carbon organic dizolvat, DOC) poate varia între 0,2 și peste 10 mg/l. Materialele organice creează probleme directe (gustul și mirosul apei) sau indirecte prin formarea de sub-produse organice de dezinfecție creând condiții favorabile dezvoltării de bacterii în sistemul de distribuție a apei. De aceea eliminarea acestor materiale organice este o prioritate în tratamentul modern al apei.

Ozonul, ca oricare alt oxidant, realizează rar o mineralizare completă a materialelor organice naturale. Folosirea ozonului ca pre-oxidant duce la transformarea materialelor organice în carbon organic dizolvat biodegradabil care poate fi eliminat cu ajutorul unui filtru. Acest proces este și mai eficient în cazul în care este folosit și un coagulant. Concentrația optimă pentru eliminarea materialelor organice cu ajutorul ozonului este de 1 mgO₃/mg DOC.

Materialele anorganice prin tratarea cu ozon formează compuși insolubili care pot fi eliminați cu ușurință prin tratamente de purificare ulterioare.

Eliminarea pesticidelor

Pesticidele poluează atât apele de suprafață cât și cele freatică. Normele UE limitează concentrația acestor poluanți la 1 μg/l pentru fiecare compus.

Mai multe studii arată că ozonul poate fi eficient în oxidarea pesticidelor. Tratamentul cu ozon urmat de o filtrare cu carbon a dus la o degradare în proporție de 80% a peste

jumătate din pesticidele conținute în apă. În cazul pesticidelor rezistente se recomandă o dozare mai mare a ozonului sau folosirea acestuia în combinație cu peroxidul de hidrogen.

Reducerea sub-produselor de dezinfecție

Sub-produsele de dezinfecție se formează în urma reacției dintre un dezinfectant și materialele organice. Clorul formează trihalometanul, iar ozonul poate de asemenea să formeze sub-produse organice cum ar fi aldehidele și cetonele. În general, sub-produsele de dezinfecție care se formează în urma tratamentului cu de pre-oxidare cu ozon nu contravin cu normele care reglementează caracteristicile apei potabile.

Pentru a reduce cantitatea de sub-produse de dezinfecție este important să se reducă potențialul de a se forma aceste sub-produse. Una din posibilitățile de a se reduce potențialul de formare a sub-produselor de dezinfecție este eliminarea a unei cât mai mari părți a materialelor organice naturale prin tratamentul de pre-oxidare cu ozon urmat de filtrare. Acest tratament poate reduce potențialul de formare a sub-produselor de dezinfecție (trihalometanul, hidrat cloral, acizii halo acetici) în proporție de 70 – 80% atunci când se folosește clorul ca dezinfectant final.

Eliminarea gustului și a mirosurilor

Gustul și mirosul apei poate avea mai multe cauze. Ele pot fi cauzate de anumiți compuși conținuți de apa brută dar, totodată, pot apare și ca rezultat al tratamentului aplicat apei. Acești compuși pot apare ca urmare a descompunerii materialelor din apă dar, în mod normal, sunt rezultatul activității organismelor vii prezente în apă. Anumiți compuși anorganici cum ar fi fierul, cuprul sau zincul pot, de asemenea, genera un gust specific. O altă cauză poate fi oxidarea chimică (tratamentul cu clor) care poate duce la un gust și miros neplăcut.

Compușii care provoacă gustul și mirosul sunt de cele mai multe ori foarte rezistenți. De aceea eliminarea lor necesită procedee foarte intense. Ozonul este foarte eficace în oxidarea acestor compuși. Ca și în cazul eliminării pesticidelor, tratamentul cu ozon combinat cu peroxid de hidrogen este mai eficace decât folosirea ozonului singur. Geosminul și 2-metilisoborneol sunt exemple de compuși rezistenți care sunt adesea prezenți în apă. Ei sunt produși de o algă și dau un gust și un miros slab apei. Ozonul are un efect puternic asupra acestor compuși.

În general, metoda cea mai eficace de eliminare a gustului și mirosului apei este tratamentul de pre-oxidare combinat cu filtrare cu nisip și carbon activ (eliminare în proporție de cca. 82%).

Tratarea cu ozon a apei din turnurile de răcire

Apele din turnurile de răcire au nevoie de un tratament intens. Prin tratarea acestor ape se controlează trei factori mai importanți:

- corозиunea țevilor și a schimbătorului de căldură
- colmatarea țevilor și, în mod deosebit, a schimbătorului de căldură ca urmare a depunerilor
- dezvoltarea microorganismelor (bacterii, alge)

Acești trei factori nu pot fi tratați separat. De exemplu, o valoare scăzută a pH-ului reduce colmatarea țevilor dar mărește corodarea metalului. Prin tratarea cu ozon toți acești factori pot fi controlați fără adăugarea de produse chimice.

Tratamentul convențional constă în adăugarea de biocid chimic, de inhibitori de coroziune și inhibitori de colmatare.

Colmatarea

Colmatarea cu calciu și magneziu constă în depuneri în sistemul de răcire și formarea unui strat care împiedică schimbul de căldură în schimbător. Acest fenomen are o influență negativă asupra transportului de căldură. Ca urmare, crește consumul de apă prin evaporare și concentrația de săruri din apă. La o anumită concentrație a sărurilor, acestea precipită. Acest fenomen limitează numărul de cicluri de folosire a apei. Pentru evitarea atingerii acestei concentrații la care sărurile precipită se procedează la împrăștierea apei din sistem.

Prin acumularea de microorganisme cum ar fi algele, în sistem pot apare și depuneri sub forma de biofilm. Biofilmul favorizează depunerile de săruri ceea ce duce la accelerarea colmatării sistemului.

Tratamentul cu ozon limitează colmatarea. Ozonul este un dezinfectant care duce la descompunerea biofilmului, împiedicând astfel depunerea ionilor de săruri și astfel reduce colmatarea.

Coroziunea

Toate materialele au o durată de viață limitată. Durata de viață depinde de natura materialului și de condițiile de folosire a acestuia. Prima metodă de a preveni coroziunea este alegerea unui material cât mai rezistent și realizarea unui echipament cât mai robust. După punerea în funcțiune a instalației, coroziunea poate fi redusă prin modificarea calității apei. În practică aceasta se realizează prin controlul pH-ului și prin controlul concentrației de materiale solide dizolvate în apă. Dacă aceste măsuri nu dau rezultate satisfăcătoare se mai poate interveni prin adăugarea unui inhibitor de coroziune. Inșă, adăugarea unui asemenea inhibitor presupune costuri destul de importante care constau în costul inhibitorului și costul supravegherii pe care o solicită pentru a garanta efectul dorit.

O altă metodă de a reduce coroziunea este tratamentul cu ozon. Coroziunea este produsă în mare măsură de microorganisme care favorizează crearea condițiilor de producere a coroziunii. Ozonul limitează dezvoltarea microorganismelor. Ozonul mai duce la formarea unei anumite curent electric care se formează în apă. Acest curent permite formarea pe metale a unui film pasiv care împiedică coroziunea. Acest film se formează la un anumit debit al apei și numai pe anumite materiale cum ar fi oțelul inoxidabil și aluminiul. Diverse experiențe au demonstrat că prin tratarea apei din turnurile de răcire cu ozon coroziunea s-a redus cu cca. 50%.

Cantitatea de ozon care trebuie adăugată apei este relativ mică, cca. 0,3 gr/m³. O cantitate mai mare poate duce la corodarea anumitor metale.

Dezvoltarea microorganismelor

Dezvoltarea microorganismelor în apă nu poate fi împiedicată. Apa vine permanent în contact cu aerul care conține bacterii și care pătrund în apă. Ozonul este un dezinfectant mai puternic decât alte substanțe chimice și este cel mai eficace în distrugerea bacteriei legionellei.

Folosirea ozonului în tratarea apei din turnurile de răcire este o metoda convenabilă pentru controlul calității apei. Are următoarele avantaje:

- se realizează economii de substanțe anticoroziune și anticolmatare

- consum mai redus de apă
- consum redus de acid
- reducerea costurilor cu transportul, stocarea și manipularea biocidelor
- economie de energie prin îmbunătățirea capacității de schimb de căldură a schimbătorului

Folosirea ozonului cu rezultate bune se poate realiza dacă se ține seama de următorii factori:

- Calitatea apei folosite: o apă cu duritate ridicată sau cu o concentrație ridicată de materiale organice dizolvate este mai puțin corespunzătoare pentru a fi tratată cu ozon
- Timpul cât ozonul rămâne în sistem: durata de înjumătățire a ozonului este de până la 10 minute în apa turnurilor de răcire și de aceea trebuie asigurată o concentrație inițială suficientă pentru a se obține o concentrație reziduală semnificativă.
- Temperatura apei: La temperaturi mai ridicate durata de înjumătățire a ozonului și solubilitatea acestuia în apă scad. Pentru un tratament eficace trebuie ca apa din sistem să nu depășească 45°C.
- Materialele folosite la realizarea turnului de răcire trebuie să fie rezistente la ozon.

Folosirea ozonului în spălătorii

În mod normal în spălătorii apa este folosită la temperatura de 60 - 70°C. Folosirea ozonului poate reduce această temperatură până la 30 - 35°C. Aceasta se datorează faptului că ozonul duce la producerea de oxigen care are ca efect creșterea potențialului detergentilor.

Folosirea ozonului în spălătorii are următoarele avantaje:

- realizarea de economii ca urmare a reducerii consumului de apă caldă
- folosirea apei la temperaturi mai joase reduce uzura obiectelor spălate
- ozonul este dezinfectant și reduce consumul de clor care deteriorează obiectele spălate
- menține nivelul pH-ului la valori neutre – nu mai este necesară folosirea de substanțe chimice pentru corectarea pH-ului
- reduce cantitatea de apă folosită pentru clătire
- reduce timpul de uscare fiindcă deschide fibrele hainelor ceea ce permite o mai rapidă eliminare a apei
- crește durata de viață a echipamentelor folosite ca urmare a reducerii temperaturii apei și a substanțelor chimice
- contribuie la protejarea mediului prin faptul că apele evacuate conțin mai puține substanțe poluante
- îmbunătățește mediul de lucru al personalului din spălătorii prin reducerea temperaturii și a consumului de substanțe chimice