

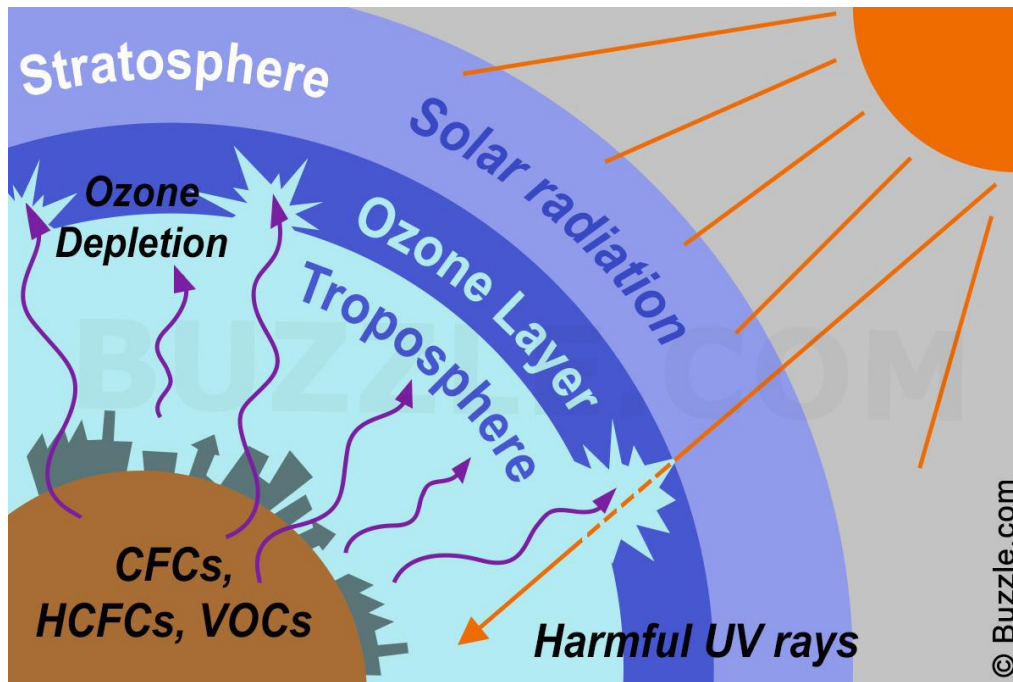
## Ozónová vrstva je neviditeľný štít chrániaci ľudstvo (2018)



### Úvod

Ozónová vrstva je oblasť s vysokou koncentráciou ozónu v stratosfére, ktorá sa nachádza 20 až 30 km nad zemským povrchom. Ozónová vrstva funguje ako neviditeľný štít a chráni nás pred škodlivým ultrafialovým (UV) žiarením zo slnka.

Ozón je plyn, ktorý pozostáva z troch atómov kyslíka a tvorí len nepatrnú zložku zemskej atmosféry. Keby sa jeho celkové množstvo premiestnilo k zemskému povrchu v podmienkach štandardnej atmosféry, vytvoril by tak vrstvu hrubú okolo 3 mm (300 Dobsonových jednotiek - DU). A práve takáto tenká vrstva účinne filtruje ultrafialové slnečné žiarenie a chráni živé organizmy pred jeho škodlivými účinkami. Úplne pohlcuje letálne UV-C žiarenie (vlnovej dĺžky 100 až 280 nanometrov) a výrazne obmedzuje UV-B žiarenie (s vlnovou dĺžkou 280 až 315 nanometrov), ktoré spôsobuje spálenie pokožky, podieľa sa na vzniku kožnej rakoviny, očného zákalu, zoslabuje imunitný systém, nepriaznivo pôsobí na živočíchy, rastliny a rôzne materiály.



Ozónová vrstva teda tvorí veľmi účinný ochranný filter tým, že úplne absorbuje UV-C a podstatne UV-B žiarenie. Keď molekuly absorbujú UV-B žiarenie, ozón sa rozkladá na molekuly kyslíka ( $O_2$ ) a atóm kyslíka ( $O$ ). Neskôr spolu opäť zreagujú a vytvoria molekulu ozónu ( $O_3$ ). Absorbovaním UV-B žiarenia ozón zabraňuje prenikaniu tohto žiarenia na zemský povrch.

Komplikovaná stratosférická cirkulácia má za následok, že ozón je nad zemským povrchom rozmiestnený nerovnomerne a najmenej ho zostáva v stratosfére nad pásom okolo rovníka, kde je geograficky oblasť jeho najväčšej produkcie.

**Ozón  $O_3$  – je trojitá molekula kyslíka**



## Tvorba ozónu a jeho strata zo stratosféry

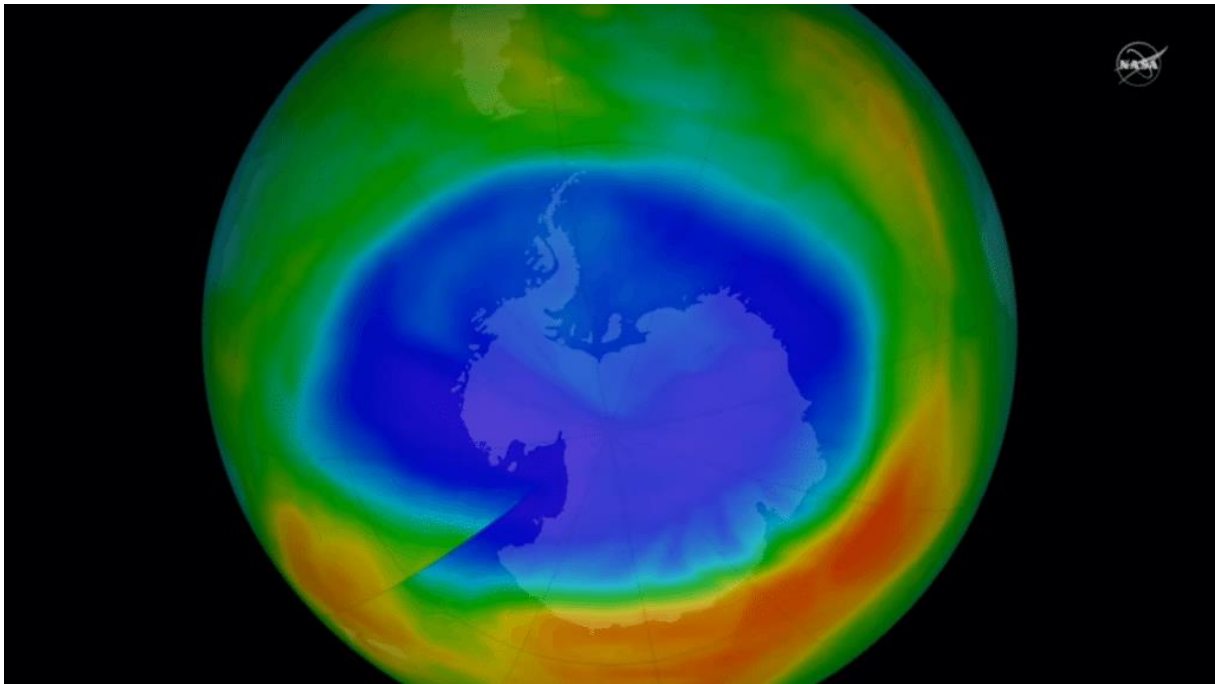
### ***Ozón sa neustále tvorí a stráca...***

Vo vysokých vrstvách atmosféry je ozón nestály a pôsobením slnečného žiarenia sa rozkladá na molekulu kyslíka  $O_2$  a atóm kyslíka. Tieto jednotlivé atómy potom reagujú s inými molekulami kyslíka, a vytvárajú tak ozón. Toto predstavuje veľmi zjednodušenú schému vzniku a rozkladu ozónu, nakoľko tento kolobeh je veľmi zložitý proces zahrňujúci nespočetné množstvo fotochemických reakcií.

V stratosfére sa nachádzajú aj ďalšie plyny okrem ozónu. Sú to plyny obsahujúce dusík a vodík, ktoré sa podieľajú na reakčných cykloch, ako aj na rozklade ozónu, a to spätne na kyslík.

Rovnováha medzi prírodnými procesmi tvorby a zániku ozónu udržiava konzistentnú koncentráciu ozónu v stratosfére. Vplyvom ľudskej činnosti je táto krehká rovnováha narušovaná....

## Ozónová diera a strata ozónu



O poškodení ozónovej vrstvy po prvýkrát informovali vedci v polovici sedemdesiatych rokov. Objavil sa výrazný neprirodzený pokles ozónu nad Antarktídou, ktorý sa neskôr začal označovať ako **ozónová diera**. Tento jav sa v tamojšom jarnom období s malými výnimkami opakuje už okolo 25 rokov a na prelome storočí dosiahol gigantické rozmery, takmer 2 - krát presahujúce rozlohu Antarktídy.

**Ako ozónovú diery označujeme rozsiahlu oblasť s poklesom ozónu pod 220 Dobsonových jednotiek.**

V posledných rokoch boli v centrálnej oblasti nad južným pólom namerané minimá okolo 100 Dobsonových jednotiek. Pri porovnávaní veľkosti ozónovej diery v jednotlivých rokoch hodnotíme

spravidla veľkosť zasiahnutej oblasti, dĺžku trvania, hĺbku poklesu a celkový deficit ozónu počas jej trvania. Je známe, že celkové množstvo ozónu s výnimkou tropického pásma pokleslo na celej zemeguli. Špecifické meteorologické podmienky počas polárnej noci nad Antarktídou (stabilný polárny stratosférický vír a nízke teploty) a prítomnosť látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu však vytvárajú počas jarných mesiacov predpoklad pre masívne spustenie deštruktívnych fotochemických reakcií. Aj pred objavením ozónovej diery rozdiely vo fyzikálnych vlastnostiach atmosféry nad Antarktídou a Arktídou boli príčinou, že v jarných mesiacoch bolo nad Antarktídou o 30 až 40 % ozónu menej ako v odpovedajúcich zemepisných šírkach na severnej pologuli. Dramatický pokles však nastal až keď sa do stratosféry dostali vo väčšom množstve látky poškodzujúce ozónovú vrstvu Zeme.

Atmosféru nad Antarktídou môžeme považovať za obrovské prírodné laboratórium, v ktorom očakávame i potvrdenie nezvratnosti procesu regenerácie ozónovej vrstvy Zeme.





## Takže čo spôsobuje rozrušovanie ozónovej vrstvy a "ozónovú dieru" nad Antarktiku?

Človek narušil ochranný ozónový obal v podstate nevedome. Prírodný proces deštrukcie ozónu v stratosfére sa výrazne urýchlil a dynamická rovnováha medzi rozkladom a vznikom ozónu sa narušila len niekoľko desaťročí potom ako sa začali v priemysle používať umelo syntetizované, ľahko produkovateľné chemické látky, ktoré sa vďaka svojej inertnosti v troposfére a širokému použitiu dlhé roky považovali za veľmi užitočné látky.

Tieto chemikálie sú všeobecne známe ako látky poškodzujúce ozónovú vrstvu (ODS- Ozone Depleting Substances). Najvýznamnejšie sú chlórfluóvané (plnohalogénované) uhľovodíky (CFC), ktoré sa najčastejšie používali v klimatizačných zariadeniach, chladničkách a aerosólových plechovkách. Ďalšie chemikálie, ako sú napríklad hydrochlórofluorokarbóny (neplnohalogenované chlórfluóvané uhľovodíky) (HCFC), halóny, metylbromid, tetrachlórmetán a ostatné zlúčeniny brómu, chlóru a fluóru. Radia sa k látkam, ktoré narušajú rovnováhu medzi prírodným rozkladom ozónu a jeho vznikom a tak spôsobujú, že jeho úbytok v stratosfére prevyšuje jeho tvorbu.

Väčšina našich počítačov, elektroniky bola čistená rozpúšťadlami, ktoré poškodzujú ozón. Palubné dosky na automobily, izolačné peny v našich domovoch a kancelárskych budovách a dokonca aj podrážky z obuvi boli vyrobené za využitia CFC alebo HCFC látok. Všetky typy sprejov, ako spreje na vlasy a inhalátory používané pacientmi s astmou, boli poháňané CFC. Takisto zelenina bola fumigovaná metylbromidom, aby sa zabili škodce. Látky poškodzujúce ozónovú vrstvu boli používané takmer v tisícoch výrobkoch. Dnes je ich použitie výrazne obmedzené .



## Ako tieto chemické látky vyčerpávajú ozón?

Keď CFC molekula dosiahne stratosféru, absorbuje UV žiarenie, čo spôsobí jej rozklad a uvoľnia sa tak atómy chlóru. Jeden atóm chlóru môže zničiť až 100 000 molekúl ozónu. Príliš veľa z týchto chlórových a brómových reakcií narušuje jemnú chemickú rovnováhu, ktorá udržuje ozónovú vrstvu, čo spôsobuje stratu ozónu rýchlejšie, než sa opäť vytvorí.

### **Niektoré negatívne dôsledky:**

#### **Poškodenie ľudského zdravia**

Je všeobecne známe, že by sme sa mali obmedzovať vystaveniu slnku kvôli vážnym zdravotným problémom, ktoré vznikajú pri nadmernej expozícii UV-B žiarenia. Veľké poškodenie ozónu by dramaticky zvýšilo expozíciu UV-B a významne zvýšilo riziko veľkých zdravotných problémov vo svete.

#### **Ťažké poškodenie morského života**

Oceány sú najväčšie ekosystémy na svete. Obsahujú mikroorganizmy, zvieratá a rastliny, ktoré nám poskytujú polovicu kyslíka, ktorý dýchame, a veľa potravín, ktoré konzumujeme. Zdravý oceán je životne dôležitý pre naše prežitie. Slnéčné UV žiarenie preniká hlboko do našich oceánov. Zvýšená expozícia UV žiarenia poškodzuje riasy, kôrovce a rybie vajíčka, ktoré tvoria základ oceánskeho potravinového reťazca. Nárast ozónovej diery by tak spôsobil úbytok morského života, čím by bol ohrozený potravinový reťazec oceánu ako aj naše vlastné zásobovanie potravinami.

#### **Zníženie rastu rastlín a výnosy plodín**

Rastliny sú základom všetkých živých funkcií. Každá forma života, vrátane človeka, závisí od rastlín. Sú významným zdrojom plodín, ktoré poskytujú jedlo, kyslík, ktorý dýchame, drevo a palivo, vlákna na oblečenie a sú súčasťou mnohých liekov. Strata ozónu ovplyvňuje základné procesy rastu a vývoja rastlín a môže znížiť ich rast.

#### **Narušenie cyklu uhlíka, živín a iných prvkov v atmosfére**

Veľké zvýšenie UV-B môže zmeniť spôsob, akým sa oxid uhličitý vymieňa medzi atmosférou a biosférou. Oxid uhličitý je tiež uvoľňovaný do ovzdušia ľudskou činnosťou, čo spôsobuje globálne otepľovanie. Zvýšené UV žiarenie stimuluje rozpad rozpadajúcich sa listov a iných organických látok, čo znižuje schopnosť ekosystémov zachytávať oxid uhličitý. Pri rozsiahlom vyčerpaní ozónu by to bol ďalší príspevok k zmene klímy. Zmena UV-B tiež mení cyklus dusíka a iných živín v životnom prostredí, čo môže zhoršiť znečistenie ovzdušia.

#### **Poškodenie vonkajších materiálov**

Expozícia UV-B má vplyv aj na prírodné a syntetické materiály, vrátane dreva, plastov a gumených výrobkov. Tieto materiály, ktoré sa bežne používajú v budovách, poľnohospodárstve a komerčných produktoch, sú už navrhnuté tak, aby minimalizovali škody spôsobené UV žiarením.

Narušenie ozónovej vrstvy spôsobuje väčšie vystavenie slnečnému UV žiareniu, čím by zvýšilo poškodenie a oslabilo tak tieto materiály. To by viedlo k rýchlejšiemu zhoršeniu stavu a potrebe dodatočnej ochrany proti UV žiareniu, zvyšovaniu nákladov a zníženiu spoľahlivosti mnohých výrobkov.

### **Riešenie na politickej úrovni**

V osemdesiatych rokoch minulého storočia sa svet rozhodol urobiť niečo so znižovaním a stratou ozónu. Vzhľadom na rastúce dôkazy o tom, že CFC poškodzujú ozónovú vrstvu a pochopenie mnohých následkov nekontrolovaného vyčerpania, vedci a politickí činitelia vyzvali krajiny, aby kontrolovali používanie CFC plynov. Tak bol na základe toho prijatý v roku 1985 **Viedenský dohovor o ochrane ozónovej vrstvy** po ktorom nasledoval **Montrealský protokol o látkach, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu v roku 1987**. Ide o prvé medzinárodné environmentálne zmluvy, ktoré sú prijaté 197 krajinami sveta.

### **Viedenský dohovor nadobudol platnosť v roku 1988.**

Krajiny, ktoré podpísali Viedenský dohovor - tzv. Strany - súhlasili s výskumom a monitorovaním účinkov ľudskej činnosti na ozónovú vrstvu, a zaviazali sa tak prijať konkrétne opatrenia proti činnostiam, ktoré budú mať nepriaznivý vplyv na ozónovú vrstvu. Konkrétne opatrenia sú zavedené pod režimom Montrealského protokolu.

**Montrealský protokol o látkach, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu**, je medzinárodnou zmluvou na ochranu ozónovej vrstvy Zeme. Zahŕňa mechanizmus, ktorý postupne vylučuje spotrebu a výrobu väčšiny chemických látok, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu. Medzinárodná dohoda bola podpísaná **16. septembra 1987** – kedy je tento deň celosvetovo označený za **Svetový deň ozónu**. Zmluva nadobudla platnosť v roku 1989. Protokol obsahuje súbor mechanizmov na postupné ukončenie všeobecne dohodnutých látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu. Protokol je unikátny v tom, že má flexibilitu reagovať na nové vedecké informácie. Od svojho vzniku bolo úspešne splnených niekoľko cieľov a naďalej zachováva ozónovú vrstvu. Tento vykonávací protokol bol následne na stretnutiach viackrát upravovaný a zmenený (Londýnsky dodatok, Kodanský dodatok, Montrealský dodatok a Pekinský dodatok).

Bez Montrealského protokolu by došlo k rozsiahlemu vyčerpaniu ozónovej vrstvy s veľkými dôsledkami. Vďaka tejto zmluve sme sa vyhli svetu, v ktorom by poškodenie ozónovej vrstvy viedlo k masívnemu nárastu UV žiarenia. Do polovice 21. storočia by sa v ozónovej vrstve atmosféry výrazne znížila koncentrácia ozónu vrátane trópopov. Gigantické ozónové diery by sa každý rok vyskytovali nielen nad Antarktídou a Arktídou ale aj nad trópmi.

### **16. september - Medzinárodný deň ochrany ozónovej vrstvy**

Generálne zhromaždenie OSN prijalo v decembri 1994 na svojom 49. zasadnutí rezolúciu 49/114 o vyhlásení 16. septembra za Medzinárodný deň ochrany ozónovej vrstvy. Tento deň pripomína podpísanie Montrealského protokolu o látkach poškodzujúcich ozónovú vrstvu

(16. september 1987), ktorý je vykonávacím protokolom Viedenského dohovoru o ochrane ozónovej vrstvy a obsahuje praktické regulačné opatrenia, týkajúce sa výroby a zaobchádzania s látkami poškodzujúcimi ozónovú vrstvu Zeme.



### Kigalský dodatok

Hoci bol Montrealský protokol navrhnutý tak, aby postupne zastavil výrobu a spotrebu látok poškodzujúcich ozón, niektoré náhrady týchto látok, známe ako hydrofluorokarbóny (HFC), sa postupom času ukázali ako silné skleníkové plyny. V skutočnosti sú niektoré HFC plyny viac ako tisíckrát silnejší potenciál globálneho otepľovania ako oxid uhličitý, a tak prispievajú k zmene klímy.

Po niekoľkých rokoch úsilia sa Strany **15. októbra 2016 v Kigali** dohodli na zmene protokolu s cieľom zahrnúť kontrolný mechanizmus na zníženie HFC plynov a prijali "tzv. Kigalský dodatok". Kigalský dodatok bol prijatý pod vedením Slovenska ako predsedníckej krajiny v Rade Európy.

Slovenská republika ratifikovala Kigalský dodatok v septembri 2017. Po uložení ratifikačných listín a nadobudnutí platnosti dodatku sa Slovenská republika stala jeho zmluvnou stranou a bude plniť záväzky, ktoré z neho vyplývajú.

Montrealský protokol úspešne pokračuje v regulácii látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu, ale zároveň prispieva aj k boju proti globálnemu otepľovaniu prostredníctvom Kigalského dodatku, ktorý nadobudne platnosť **1. januára 2019**.



Krajiny, ktoré ratifikovali dodatok Kigali, sa zaviazali znížiť produkciu a spotrebu HFC o viac ako 80% v priebehu nasledujúcich 30 rokov a nahradiť ich alternatívami, ktoré sú priaznivé pre planétu. HFC plyny sa stali časom často používanými náhradami za látky, ktoré poškodzujú ozónovú vrstvu.

Zodpovednosť za ochranu ozónovej vrstvy a podnebia však nespočíva iba na vládach. Jednotlivci môžu robiť svoju časť pomocou svojich chladničiek, klimatizácií a iných zariadení zodpovedne. Správnym používaním, údržbou a likvidáciou týchto zariadení sa môže minimalizovať spotreba energie a emisie a



ušetriť tak náklady.



## Ozónová vrstva v súčasnosti




Okolo 99% látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu, ktoré sú zaradené pod Montrealský protokol, sú už postupne vyradené z trhu. Vedci a výskumníci po celom svete neustále sledujú pokrok ozónovej vrstvy vrátane iných látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu, ktoré nie sú kontrolované podľa Montrealského protokolu. Tieto látky majú nízke koncentrácie v atmosfére a nepredstavujú tak bezprostrednú hrozbu pre ozónovú vrstvu.

Montrealský protokol je považovaný za obrovský ekologický úspech. Aj keď škody na ozónovej vrstve, spôsobené ľudskou činnosťou, ešte neboli úplne odstránené, môžeme povedať, že aj vďaka tejto zmluve a spoločnému úsiliu národov po celom svete existujú vedecké a relevantné dôkazy o tom, že sa ozónová vrstva postupne zaceľuje pričom sa očakáva, že sa zaceľí v polovici tohto storočia.

Na Slovensku sa látky poškodzujúce ozónovú vrstvu nevyrábajú, celá spotreba sa dováža. Používajú sa povolené HCFC látky aj to len na servis a údržbu zariadení, niektoré typy látok na laboratórne a analytické použitie v súlade so všeobecnou výnimkou a povolené je použitie halónov na tzv. kritické použitie – armáda, letectvo, petrochemický priemysel a iné, kde neboli vyvinuté adekvátne náhrady. Slovenská republika patrí k štátom s nízkou spotrebou látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu Zeme.

## Budúcnosť je v našich rukách



Dosiahol sa veľký pokrok, ale je potrebné naďalej spoločne pokračovať na ochrane ozónovej vrstvy. Zatiaľ čo vedci a výskumníci hľadajú nové riešenia a vytvárajú výrobky šetrné k životnému prostrediu, existujú veci, ktorými môžeme všetci prispieť, ako napríklad nákup výrobkov označených ako "ozone friendly" alebo "HCFC free".

**Zacelenie ozónovej vrstvy je hlavným úspechom, ale zároveň poukazuje aj na niečo dôležité. Odkaz je jednoznačný: ak sa celosvetové spoločenstvo zide, aby spolupracovalo na spoločnom ciele, je možné vyriešiť aj zdanlivo nemožné problémy.**

I keď návrat ozónovej vrstvy do pôvodného stavu potrvá ešte niekoľko desaťročí, môžeme povedať, že spojeným úsilím vedcov, politikov a širokej verejnosti boli prijaté a plnia sa účinné opatrenia na záchranu ozónovej vrstvy Zeme.