

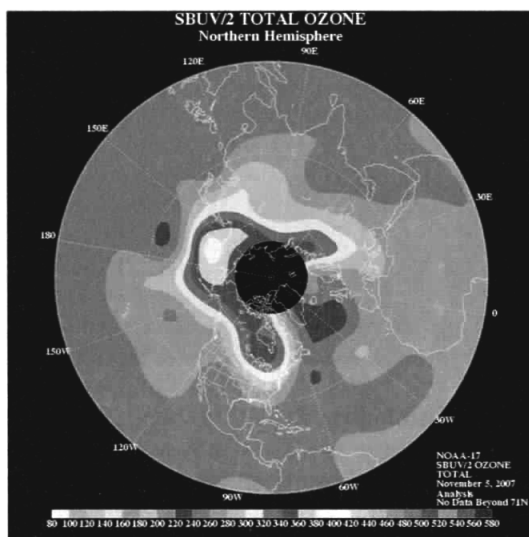
20 rokov od podpísania Montrealského protokolu

Montrealský protokol o látkach poškodzujúcich ozónovú vrstvu je vykonávacím protokolom Viedenskej konvencie o ochrane ozónovej vrstvy a obsahuje praktické regulačné opatrenia týkajúce sa výroby a zaobchádzania s látkami poškodzujúcimi ozónovú vrstvu Zeme. Tento rok si pripomíname 20. výročia jeho podpísania (16. september 1987). K pôvodným 24 signatárom sa postupne pripojilo 191 krajín. Opatrenia Montrealského protokolu sa už v krátkom čase ukázali ako nedostatočné a signatári prijali na konferenciách v Londýne (1990), Kodani (1992), Montreale (1997) a v Pekingu (1999) dodatky, ktoré rozšírili počet regulovaných látok a skrátili termíny zastavenia ich výroby. Aj posledný pekinský dodatok už ratifikovalo 130 krajín.

Vďaka Montrealskému protokolu sa podarilo zastaviť zvyšovanie koncentrácie látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu v zemskej atmosfére a priblížiť tak jej návrat do pôvodného stavu. Modelové výpočty i merania ukazujú, že proces zoslabovania ozónovej vrstvy by sa už nemal prehlbovať. Rekonštrukcia ozónovej vrstvy však bude trvať oveľa dlhšie ako jej poškodzovanie. Ide o zložitý mechanizmus, prepojený s klimatickou zmenou, preto ťažko stanoviť presné časové horizonty. V globálnom priemere je ozón stále asi 4 % pod úrovňou rokov 1964 – 1980. Pokračujúce plnenie Montrealského protokolu a jeho dodatkov by malo podľa chemicko-

klimatických modelov viesť k návratu ozónovej vrstvy na úroveň aká bola r. 1980 nad Antarktídou približne r. 2065 a nad Arktídou r. 2040. Mimo polárnych oblastí by tento stav mal nastať okolo r. 2050.

Agendu súvisiacu s Viedenskou konvenciou a vykonávacími protokolmi má na starosti Ozónový sekretariát Environmentálneho progra-



mu OSN (UNEP), ktorý sa podieľa aj na organizovaní mnohých ďalších medzinárodných akcií súvisiacich s problematikou ochrany ozónovej vrstvy Zeme.

V rámci aktivít na ochranu ozónovej vrstvy Zeme hrá významnú úlohu Svetová meteorologická organizácia (*World Meteorological Organization* – WMO), ktorá už okolo polstoročia zabezpečuje jej monitorovanie. Globálny ozónový pozorovací systém (*Global Ozone Observing*

System – GOOS) je v súčasnosti začlenený do širšieho systému WMO pre environmentálny monitoring a výskum, ktorý má názov Globálne sledovanie atmosféry (*Global Atmosphere Watch* – GAW). Svetová ozónometrická sieť má v súčasnosti takmer 200 pozemných staníc na meranie celkového atmosférického ozónu, okolo 30 staníc, ktoré robia meranie vertikálneho profilu atmosférického ozónu zo zemskeho povrchu a takmer 40 ozónových rádiosondážnych staníc. Tieto stanice poskytujú kľúčové údaje na detekciu a štúdium zmien v ozónovej vrstve a budú tiež bázou na zaznamenanie ozdravovania ozónovej vrstvy.

Významnou spoločnou aktivitou WMO a ďalších 4 organizácií (NOAA, EC, UNEP a NASA) je periodické vydávanie súbornej publikácie s názvom Vedecký odhad úbytku ozónu (*Scientific Assessment of Ozone Depletion*), ktorá je produktom koncentrovaneho úsilia stoviek vedcov podporovaných mnohými národnými a medzinárodnými organizáciami. Najnovšie vydanie prichádza práve v roku 20. výročia Montrealského protokolu.

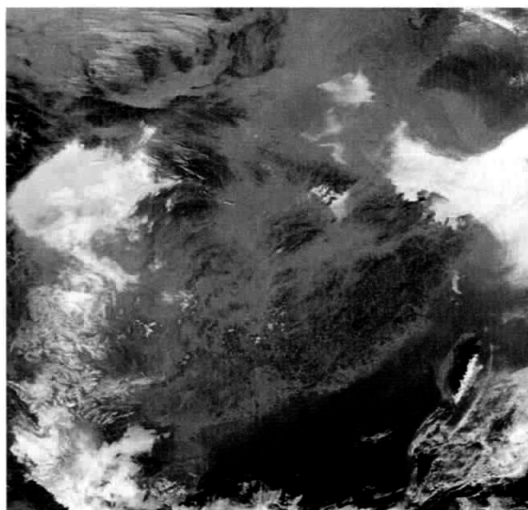
Hoci materiály tejto štúdie tiež poukazujú na pozitívny obrat v ozónovej vrstve v rôznych oblastiach Zeme v poslednom desaťročí a modely ukazujú i približnú dobu návratného procesu, aby sme mohli jednoznačne povedať, že už nastalo ozdravovanie ozónovej vrstvy Zeme, musíme jednoznačne identifikovať zdroje, ktoré vyvolali spomínané pozitívne zmeny. Nekompletné poznanie všetkých procesov a veľkosti solárneho cyklu môže viesť k predčasnemu priradeniu súčasných zmien k poklesu distribúcie halogénov do stratosféry. Z toho vyplýva, že nemožno poľaviť v aktivitách na ochranu ozónovej vrstvy,

rovnako v prijímaní a kontrole opatrení, ako ani v pravidelnom monitoringu. Treba si tiež uvedomiť, že látky poškodzujúce ozón, vyprodukované pred účinnosťou Montrealského protokolu, nie sú riadené Montrealským ani Kjótskym protokolom a sú stále prítomné v rôznych zásobníkoch. Predstavujú potenciálne nebezpečenstvo a odhad ich množstva nie je dostatočne presný.

Zopakujme si niektoré poznatky o atmosférickom ozóne. Tento plyn, ktorého molekula sa skladá z troch atómov kyslíka, tvorí len nepatrnú zložku zemskej atmosféry. Keby sa jeho celkové množstvo premiestnilo k zemskému povrchu, v podmienkach štandardnej atmosféry by vytvoril približne 3 mm vrstvu (300 Dobsonových jednotiek – DU). Aj takáto tenká vrstva však účinne filtruje ultrafialové slnečné žiarenie a chráni živé organizmy pred jeho škodlivými účinkami. Úplne pohlcuje letálne UV-C žiarenie (vlnové dĺžky 100 – 280 nanometrov) a výrazne obmedzuje UV-B žiarenie (vlnové dĺžky 280 – 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. Okolo 90 % ozónu sa nachádza vo výške 10 – 50 km, kde je aj oblasť jeho najväčšej tvorby. Výsledný stav je súčtom nespočetných fotochemických reakcií, pri ktorých sa spotrebuje ultrafialové slnečné žiarenie. V dôsledku komplikovanej stratosférickej cirkulácie je ozón nad zemským povrchom rozmiestnený nerovnomerne a najmenej ho zostáva v stratosfére nad pásom okolo rovníka, kde je geograficky oblasť jeho najväčšej produkcie. V našich zemepisných šírkach sa

vyznačuje veľkou ročnou i dennou variabilitou. Rozdiel medzi prirodzeným ročným maximom (390 DU koncom marca a začiatkom apríla) a minimom (290 DU koncom októbra a začiatkom novembra) je okolo 100 DU. V jednotlivých dňoch môže ozón ojedinele klesnúť na 200 DU alebo vystúpiť nad 500 DU.

Vzájomným premiešaním vzduchových vrstiev sa určité množstvo ozónu dostáva aj do nižších vrstiev atmosféry. Za vhodných podmienok ozón vo väčšom



množstve vzniká aj v prízemnej vrstve pri fotochemických reakciách látok, ktoré pochádzajú zo spaľovacích procesov alebo z iných zdrojov. Vyššie koncentrácie ozónu v najnižších hladinách sú však nežiaduce, pretože ide o jedovatý plyn so silnými oxidačnými účinkami.

Človek narušil ochranný ozónový obal Zeme v podstate nevedome. Najväčší podiel na rozklade ozónových molekúl, ktorý už nie je v rovnováhe s ich prirodzenou tvorbou, spôsobili freóny a halóny, ktoré sa začali vyrábať v tridsiatych rokoch minulého storočia a našli široké uplatnenie v rôznych odvetviach priemyslu. Tieto, v nižších

vrstvách ovzdušia stabilné látky, sa rozkladajú až v stratosfére pôsobením ultrafialového slnečného žiarenia, ktoré vďaka ozónovej vrstve k zemskému povrchu vôbec neprenikne. Uvoľnený chlór a bróm potom vstupujú do chemických reakcií, ktorých následkom je rýchly rozklad atmosférického ozónu. Človek si toto nebezpečenstvo uvedomil oneskorene napr. aj preto, lebo cesta freónov a halónov do vyšších vrstiev ovzdušia môže trvať až desiatky rokov.

S poškodením ozónovej vrstvy sme sa prvýkrát stretli v polovici 70. rokov nad Antarktídou. Výrazný neprirodzený pokles ozónu, ktorý sa neskôr začal označovať ako ozónová diera, sa v tomto jarnom období s malými výnimkami opakuje už okolo 25 rokov a na prelome storočí dosiahol gigantické rozmery, takmer 2-krát presahujúce rozlohu Antarktídy.

Zopakujme si, že ako ozónovú diery označujeme rozsiahlu oblasť s poklesom ozónu pod 220 DU. V posledných rokoch boli v centrálnej oblasti nad južným pólom namerané minimá okolo 100 DU.

Pri porovnávaní veľkosti ozónovej diery v jednotlivých rokoch hodnotíme spravidla veľkosť zasiahnutej oblasti, dĺžku trvania, hĺbku poklesu a celkový deficit ozónu počas jej trvania. 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 na masívne spustenie deštruktívnych fotochemických reakcií.

pokračovanie na strane 222

20 rokov od podpísania Montrealského protokolu

pokračovanie zo strany 172

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 – 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.

Aj prvé roky nového storočia priniesli dôkaz, že ozónová diera ešte dlho nebude minulosťou, pretože koncentrácia látok poškodzujúcich ozónovú vrstvu Zeme je v stratosfére stále vysoká. Posledné obdobie sa vyznačuje striedaním

relatívne priaznivých rokov s rokmi, v ktorých zaznamenávame nové rekordy poklesov. Tieto anomálie naznačujú, že intenzita, s akou sa efekt ozónovej diery prejavuje v jednotlivých rokoch, závisí od konkrétneho vývoja meteorologických podmienok a procesov nad oblasťou južného pólu. Znamená to tiež, že na jednoznačné potvrdenie pozitívneho trendu budeme potrebovať dlhší štatistický súbor, inými slovami – ešte musíme niekoľko rokov, možno desiatok rokov, počkať.

Súčastou Globálneho ozónového pozorovacieho systému a Globálneho sledovania atmosféry je od r. 1993 aj jediná stanica na meranie celkového atmosférického ozónu v Slovenskej republike, ktorá sa nachádza v Gánovciach pri Poprade. Pracovisko aerológie a merania ozónu patrí Slovenskému hydrometeorologickému ústavu a je organizačne začlenené do Odboru dištančných meraní.

Merania sa robia pomocou Brewerovho ozónového spektrofotometra, ktorý patrí k najrozšírenejším prístrojom svojho druhu na svete. Okrem celkového ozónu sa týmto prístrojom pravidelne meria aj intenzita slnečného ultrafialového žiarenia v biologicky aktívnej oblasti spektra. Výsledky sa pravidelne odosielať do Svetového centra ozónových a ultrafialových dát v Kanade (*World Ozone and UV Radiation Data Centre – WOUDC*) a do ozónových mapových centier WMO v Grécku a Kanade. Informácia o stave ozónovej vrstvy a intenzite škodlivého slnečného ultrafialového žiarenia sa denne poskytuje obyvateľstvu prostredníctvom masmédií. Od apríla 2000 SHMÚ (www.shmu.sk) uverejňuje ozónové spravodajstvo, ktorého súčasťou v mesiacoch marec až september je predpoveď slnečného UV indexu pre územie Slovenska.

Na obrázku sú mesačné priemery celkového atmosférického ozónu namerané na stanici SHMÚ Poprad-Gánovce v období 1995 – 2006. Graf demonštruje výsledky najnovších štúdií, podľa ktorých pokles celkového atmosférického ozónu nad strednými zemepisnými šírkami severnej pologule, ktorý bol až 4 % za dekádu, od polovice 90. rokov minulého storočia nepokračuje.

Slovenská republika ako nástupnícka krajina pristúpila k Viedenskej dohode a Montrealskému protokolu. Aj posledný Pekinský dodatok ratifikovala hneď r. 2002, keď vstúpil do platnosti. Ochrana ozónovej vrstvy je právne vyjadrená v zákone č. 408/2000 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 76/1998 z. z. o ochrane zónovej vrstvy Zeme a o doplnení zákona č. 455/1991 Z. z. o živnostenskom podnikaní. V súčasnosti sa na Slovensku látky poškodzujúce ozónovú vrstvu regulované Montrealským protokolom nevyrábajú.

Miroslav Chmelík

Celkový atmosférický ozón – mesačné priemery Gánovce 1995 – 2006

