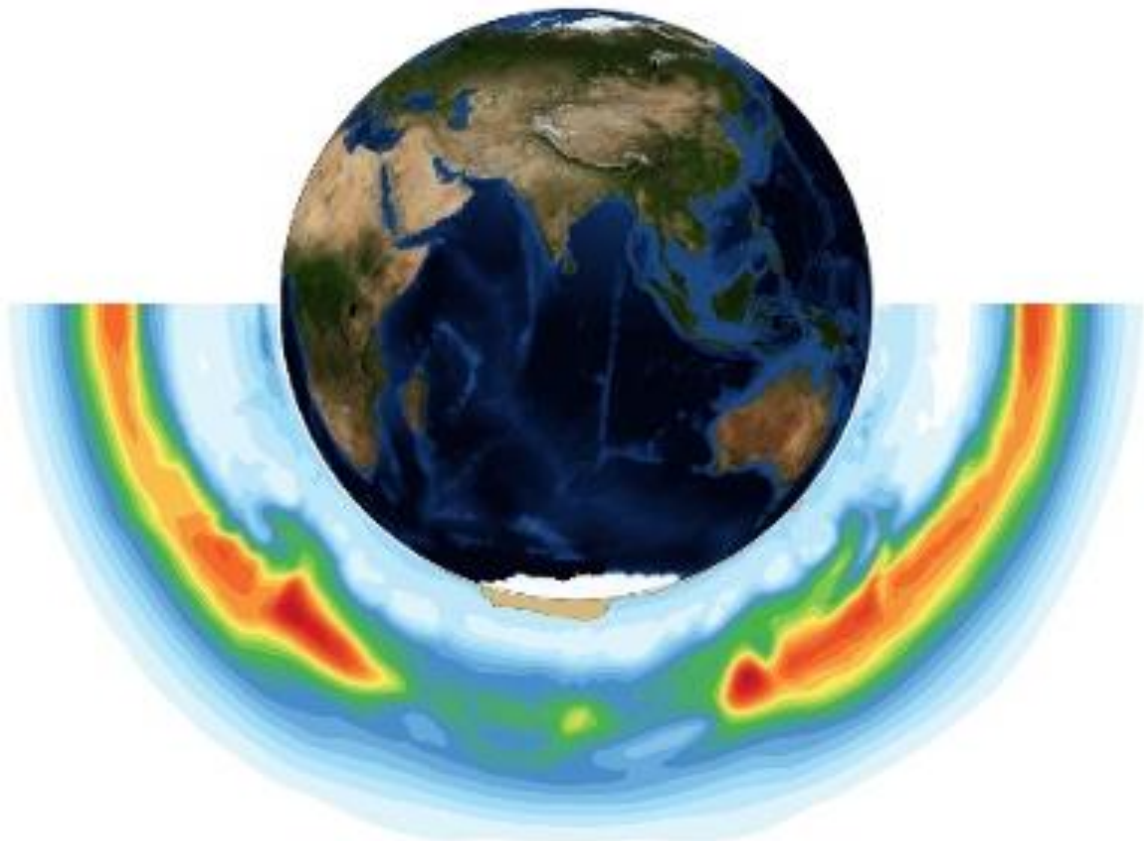




اداره کل هواشناسی استان اصفهان

اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی

# پایش حفره ازن در سال ۲۰۲۰



تهیه و تنظیم: اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی اداره کل هواشناسی اصفهان

نگارنده: سیمین باقری

دی ماه ۱۳۹۹

تشکیل سوراخ اُزن در اثر کاهش غلظت اُزن در استراتوسفر هر ساله در اثر فرآیندهای پیچیده هواشناسی و شیمیایی ایجاد می‌شود. حفره و سوراخ لایه اُزن تنها اصطلاحی بیش نیست و از آنجا که بیشترین تمرکز و غلظت اُزن در ارتفاعی بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر قرار دارد اصطلاحاً این محدوده به لایه اُزن معروف شده است و منظور از حفره و سوراخ لایه اُزن آن است که غلظت گاز اُزن در این محدوده نسبت به زمان‌های قبل با کاهش همراه بوده است. این حفره بر فراز قطب جنوب و در فصل بهار ظاهر می‌گردد. حفره اُزن از زمانی که مقدار غلظت اُزن به زیر ۲۲۰ دابسون کاهش پیدا می‌کند، پدیدار می‌گردد. میزان کاهش کلی غلظت اُزن در این منطقه بیش از ۴۰٪ بوده و از سال‌های ۱۹۷۰ تاکنون مشاهده گردیده است. عامل مخرب اُزن کلرین‌ها هستند که بخش عمده آن منشاء انسانی داشته و محصول تکنولوژی مدرن بوده و اتمسفر ظریف کره زمین را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. ترکیبات مصنوعی کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs) بطور وسیعی در زندگی روزانه برای مقاصد مختلف از جمله گازهای سردکننده در یخچال‌ها و دستگاه‌های تهویه مطبوع، مواد موجود در افشانه اسپری‌ها، حلال‌های پاک‌کننده و ابرهای پلاستیکی در محصولات متنوع استفاده می‌شود. موج وسیعی از این مواد از این طریق وارد جو شده و برای مدت طولانی در جو باقی می‌ماند. به همین دلیل در گستره جهانی، در سازمان ملل متحد، در معاهده‌ای بنام معاهده مونترال کشورها متعهد شدند که از تولید و فروش گازهای CFC خودداری کنند و همچنین به کشورهای فقیر این امکان را بدهند که بجای استفاده از گازهای CFC از گازهای خنک‌کننده دیگری استفاده کنند. با نزدیک شدن به فصل پاییز نیمکره شمالی؛ مقدار اُزن رو به کاهش می‌باشد که این روند کاهشی تا اواسط پاییز ادامه داشته و پس از آن مجدداً روند افزایشی خواهد داشت. در لوگوی گرامیداشت سی و پنجمین سالگرد پروتکل مونترال و روز جهانی اُزن که مصادف با ۱۶ سپتامبر ۲۰۲۰ بوده یکی از بزرگترین اهداف این پروتکل از بین بردن مقدار قابل توجهی از حفره اُزن تا سال ۲۰۶۰ اعلام گردیده است.



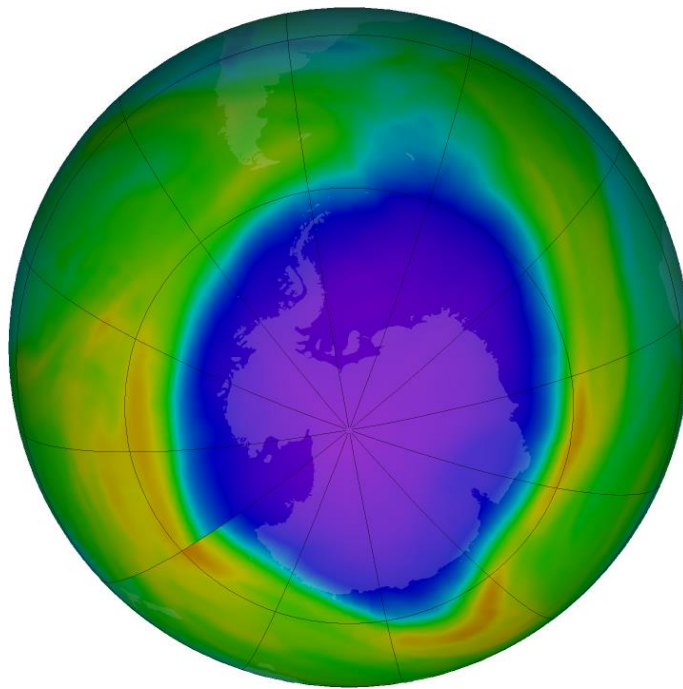
شکل ۱. لوگوی گرامیداشت روز جهانی حفاظت از لایه ازن در سال ۲۰۲۰

## بررسی وضعیت خفیه ازن در سال ۲۰۲۰

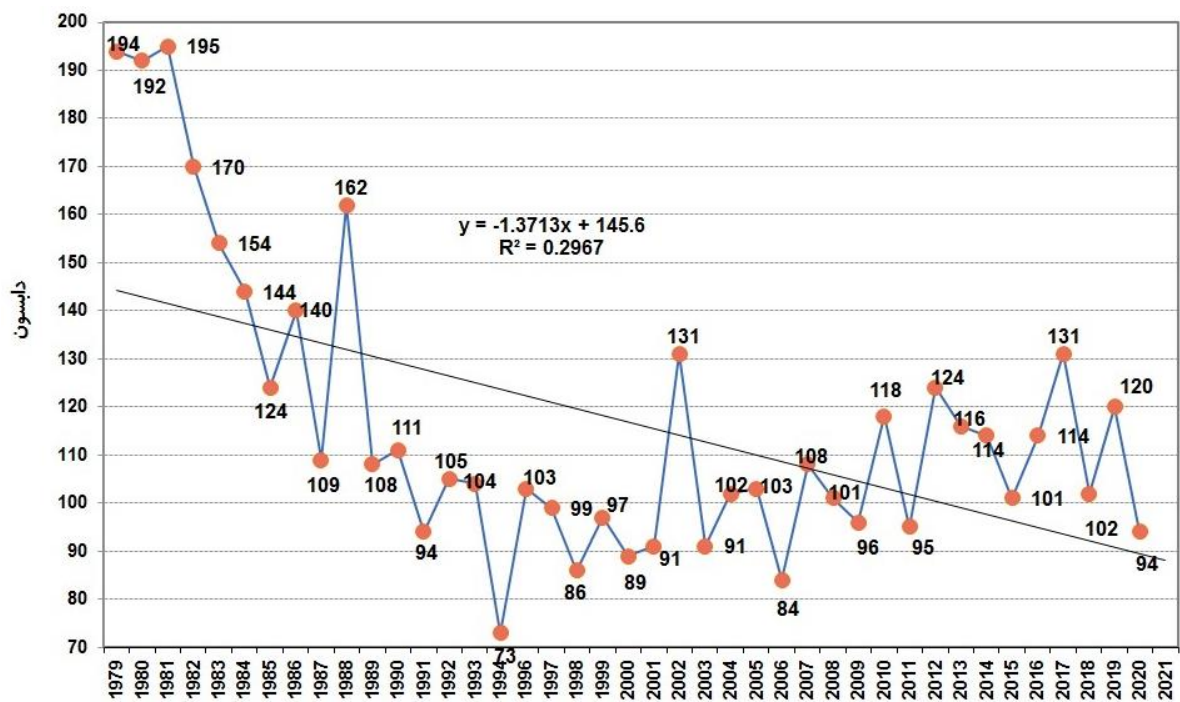
در طول فصل بهار نیمکره جنوبی (آگوست تا اکتبر) اندازه سوراخ ازن بر روی قطب جنوب افزایش می‌یابد و از اواسط سپتامبر تا اواسط اکتبر به حداکثر می‌رسد.

هنگامی که درجه حرارت در جو (استراتوسفر) شروع به افزایش می‌کند، کاهش ازن می‌شود و در پایان دسامبر سطح ازن به حالت عادی خود باز می‌گردد. از زمان ممنوعیت هالوکربن‌ها، لایه ازن به آرامی در حال بازیابی است.

در سال ۲۰۲۰ حداقل غلظت ازن در تاریخ ۱۶ اکتبر ۲۰۲۰ (۱۵ مهر ۱۳۹۹) اتفاق افتاد که به ۹۴ دابسون رسید که در مقایسه با سال ۲۰۱۹ که در ۲۷ مرداد ۱۳۹۸ حداقل غلظت ازن به ۱۲۰ دابسون رسید، متأسفانه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

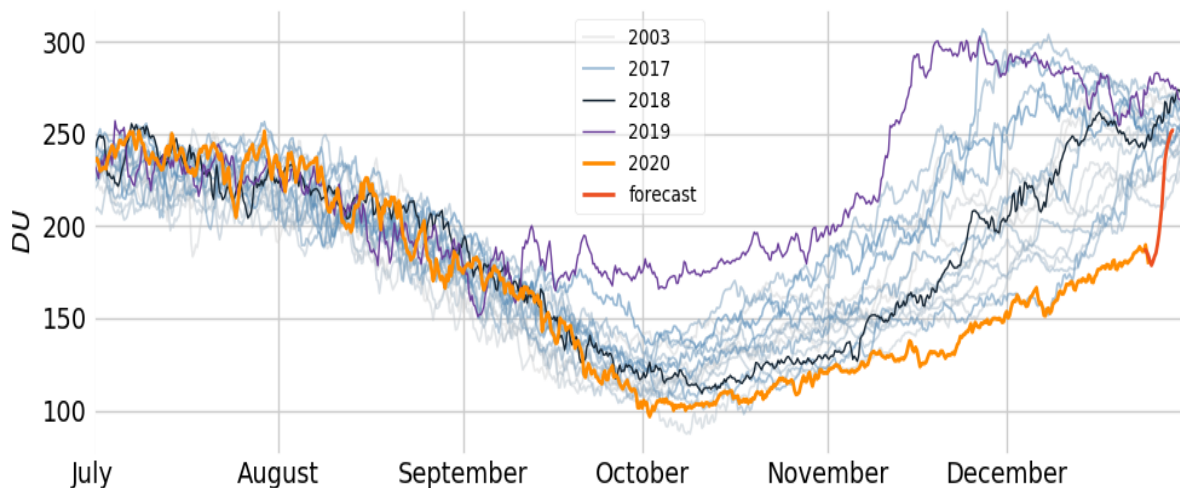


شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای حداقل غلظت ازن بر فراز منطقه جنوبگان در ۱۶ اکتبر ۲۰۲۰



شکل ۳. مقایسه مقادیر حداقل غلظت اُزن موجود در حفرة اُزن در منطقه جنوبگان از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۲۰

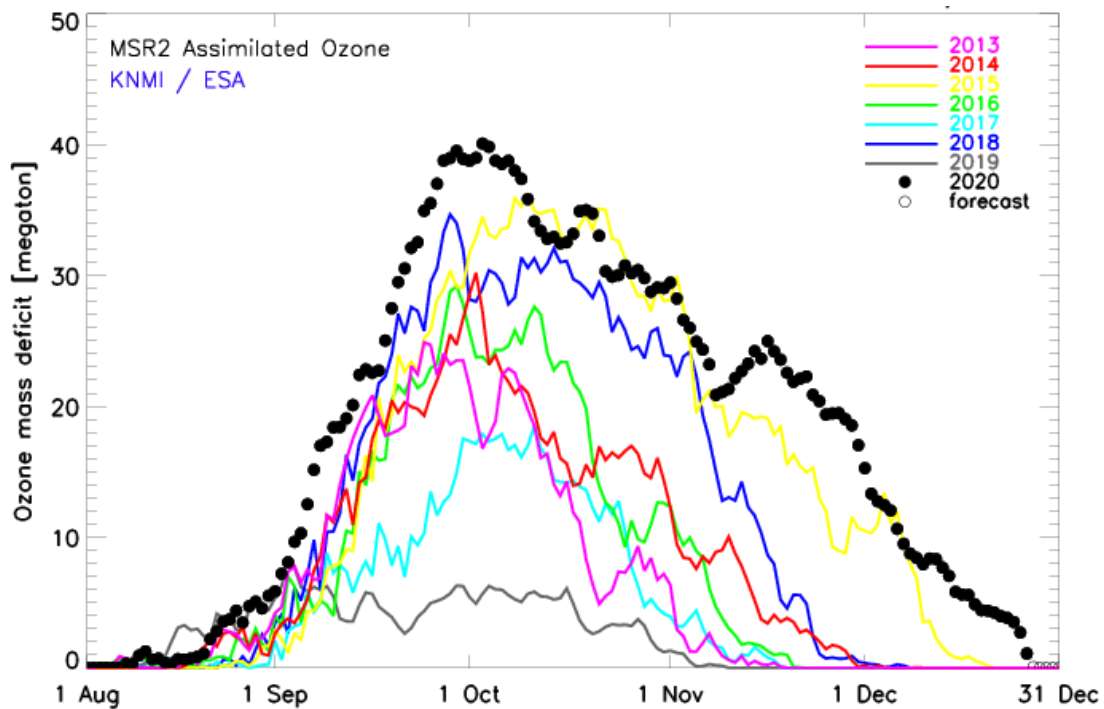
همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید روند اُزن کاهشی بوده یعنی در هر دهه مقدار غلظت اُزن ۱۴ دابسون کاهش داشته است. پایین‌ترین میزان اُزن در ماه‌های اکتبر و نوامبر (۱۰ مهر تا ۱۰ آذر) در قطب جنوب ثبت می‌شود که در اصطلاح حفرة اُزن یا سوراخ اُزن نامیده می‌شود. مقدار اُزن موجود در این ناحیه بین ۷۳ دابسون (در سال ۱۹۹۴ میلادی) و ۱۹۵ دابسون (در سال ۱۹۸۱ میلادی) در نوسان بوده است.



شکل ۴. مقایسه مقادیر حداقل اُزن موجود در حفرة اُزن در نیمکره جنوبی در طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۳

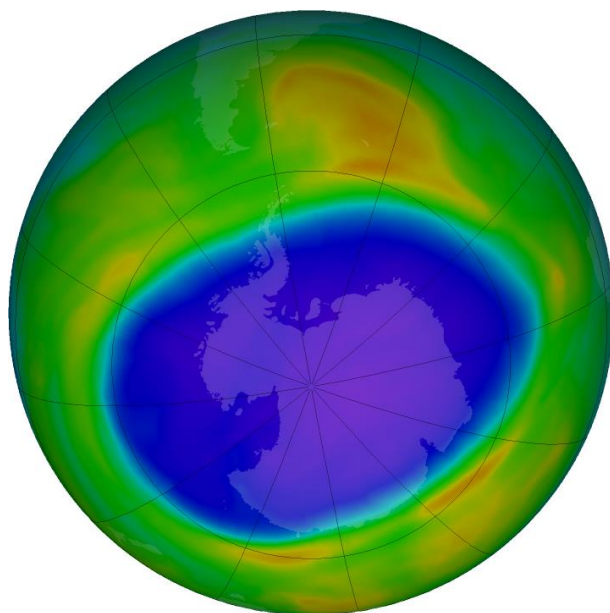
شکل بالا مقدار اُزن موجود در حفرة اُزن را در نیمکره جنوبی (برای عرض جغرافیایی پایین‌تر از ۳۰ درجه جنوبی) از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ میلادی یعنی از زمان تشکیل و پدیدار شدن حفرة اُزن تا زمان از بین رفتن آن را

نشان می‌دهد. در سال ۲۰۲۰ کمینه مقدار اُزن موجود در حفره به ۹۴ دابسون رسید در صورتیکه در سال ۲۰۱۹ به ۱۲۰ دابسون و در سال ۲۰۱۸ به ۱۰۲ دابسون و ... رسید.



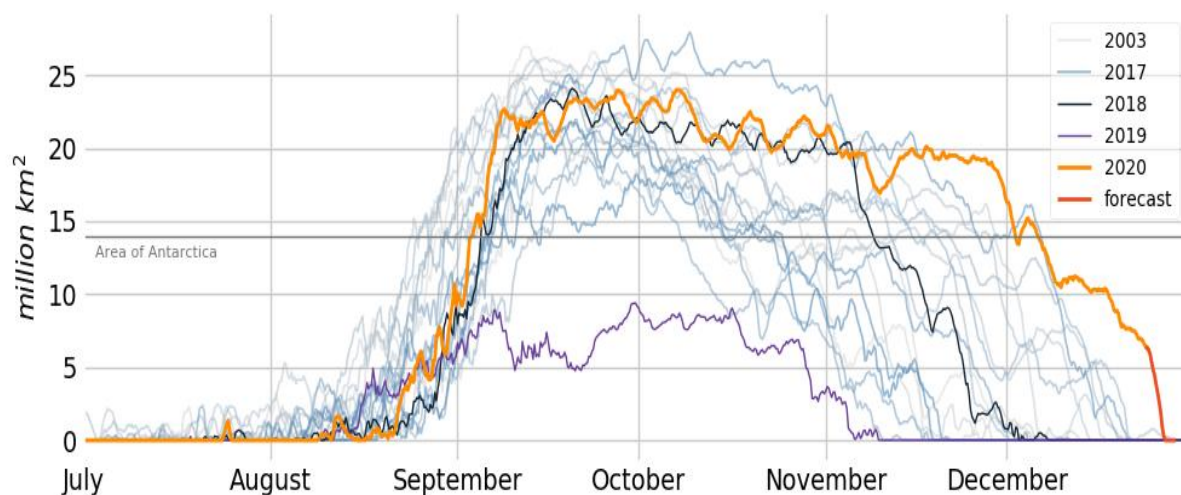
شکل ۵. مقایسه کسری مقادیر اُزن در داخل حفره در نیمکره جنوبی در طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۲۰

شکل ۵ نشان‌دهنده مقدار اُزن مورد نیاز جهت پر کردن حفره می‌باشد که بر حسب واحد مگاتن بیان می‌شود. همانگونه که در شکل ملاحظه می‌کنید در سال ۲۰۲۰ مقدار اُزن مورد نیاز، حدود ۴۰ مگاتن می‌باشد تا بتوانیم کمبود اُزن موجود در حفره را جبران نماییم که این مقدار نسبت به سال گذشته (۲۰۱۹) ۴ برابر افزایش پیدا کرده است.



شکل ۶. تصویر ماهواره‌ای بیشینه وسعت حفره اُزن بر فراز منطقه جنوبگان در ۸ سپتامبر ۲۰۱۹

حفره عظیم لایه اُزن هر سال بر فراز قطب جنوب ظاهر می‌شود که یک رخداد فصلی بوده و در فصل بهار نیمکره جنوبی به اوج خود رسیده و موجب می‌گردد از میزان ضخامت لایه اُزن کاسته شود. تاکنون حفره ایجاد شده در لایه اُزن در سال ۲۰۰۰ بزرگترین آن بوده که مساحتی حدود ۳۰ میلیون کیلومتر مربع را در بر گرفته که کمی بیش از ۲ برابر مساحت قاره قطب جنوب است. این مقایسه گستردگی حفره را بر فراز منطقه جنوبگان و همچنین کشورهای واقع در نیمکره جنوبی را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۲۰ بیشترین وسعت و گستردگی حفره اُزن به ۲۴/۸ میلیون کیلومترمربع در تاریخ ۲۰ سپتامبر (۳۰ شهریور ۱۳۹۹) رسید که نشان‌دهنده این است که وسعت حفره اُزن نسبت به سال ۲۰۱۹ (۱۶/۴ میلیون کیلومترمربع) بزرگتر شده است.

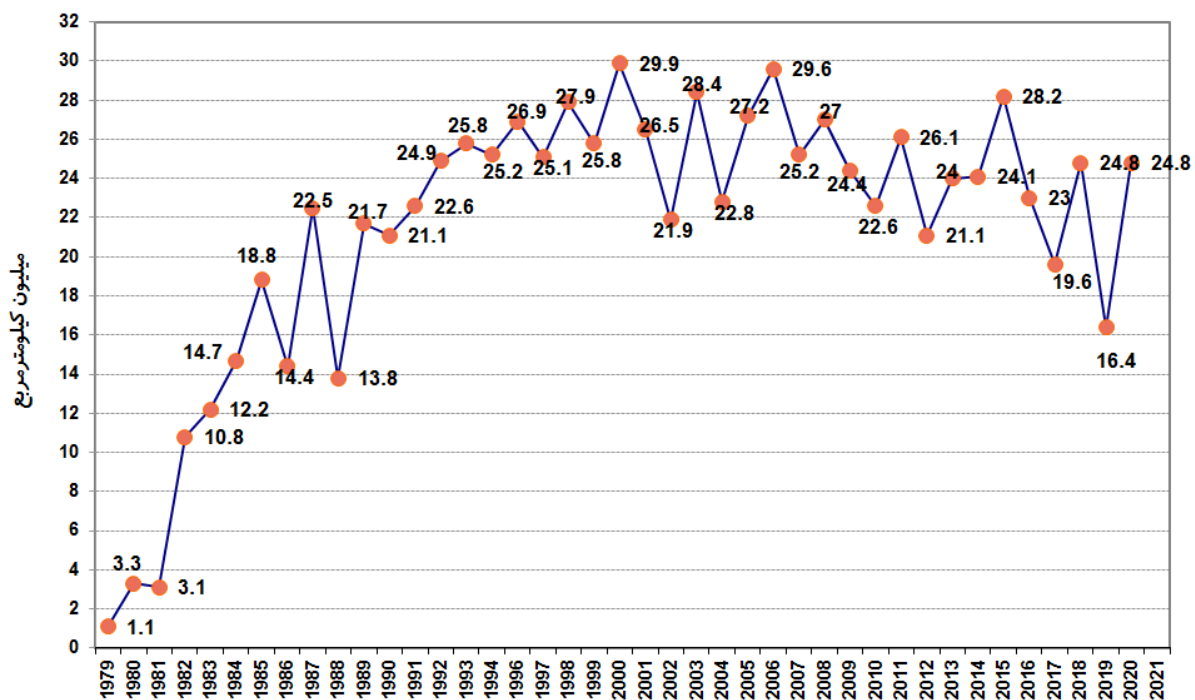


شکل ۷. مقایسه وسعت حفره اُزن در نیمکره جنوبی در طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۲۰

شکل ۷ وسعت حفره اُزن را در نیمکره جنوبی (برای عرض جغرافیایی پایین‌تر از ۳۰ درجه جنوبی) از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰ میلادی از زمان تشکیل تا پایان فعالیت حفره اُزن را نشان می‌دهد. حفره اُزن امسال از اواسط آگوست بر فراز منطقه جنوبگان پدیدار شد و تا آخر دسامبر یعنی حدود دوماه دیرتر از سال گذشته از بین رفت. از تولد تا مرگ حفره اُزن حدود ۴/۵ ماه طول کشید که نسبت به سال قبل (۲۰۱۹) عمر طولانی‌تری داشت.

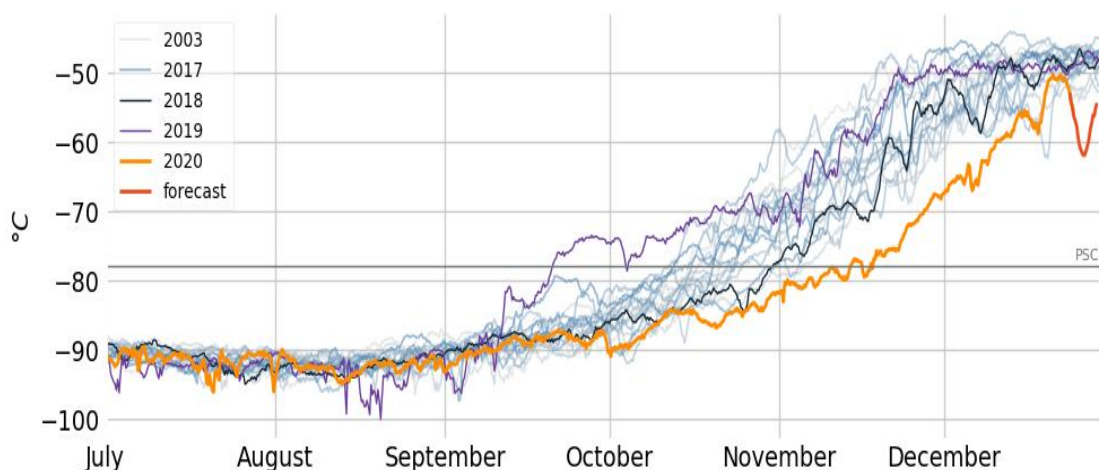
امسال حفره اُزن گستردگی بیشتری (۲۴/۸ میلیون کیلومترمربع) نسبت به سال‌های قبلی داشت. در حالیکه در سال ۲۰۱۹ به ۱۶/۴، در سال ۲۰۱۸ به ۲۴/۸، در سال ۲۰۱۷ به ۱۹/۶، در سال ۲۰۱۶ به ۲۳، در سال ۲۰۱۵ به ۲۸/۲ و در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۳ به ۲۴ میلیون کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۲ به ۲۱/۱ میلیون کیلومترمربع، در سال ۲۰۱۱ به ۲۶/۱ و در سال ۲۰۱۰ به ۲۲/۶ میلیون کیلومترمربع رسید.

همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می‌کنید اندازه حفره با شیب ۰/۳۵۷ روند افزایشی داشته یعنی در هر دهه وسعت حفره اُزن ۳/۶ میلیون کیلومترمربع بزرگتر شده است.

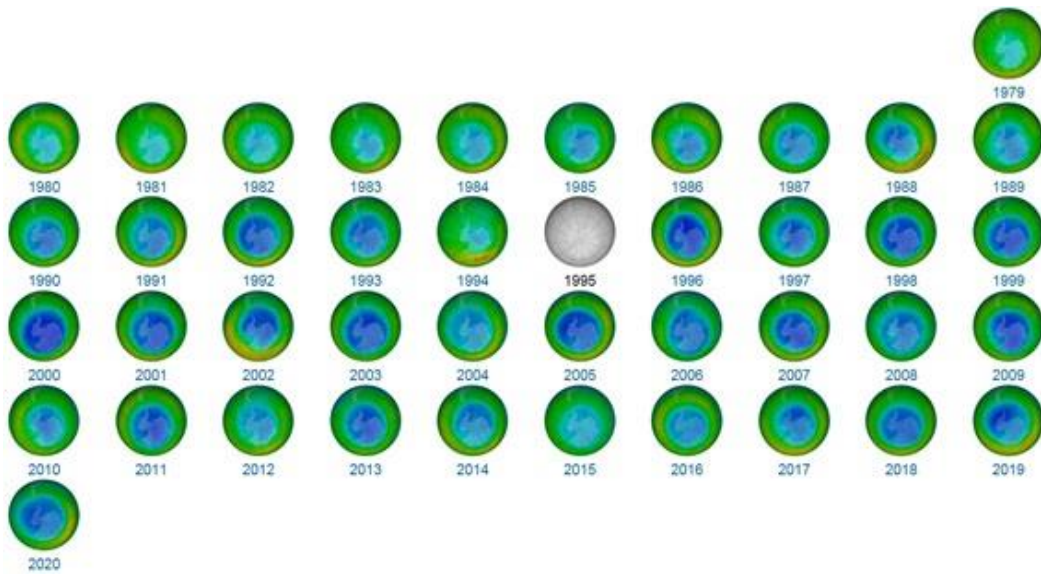


شکل ۸. مقایسه وسعت حفره اُزن در نیمکره جنوبی در طی سال‌های ۱۹۷۹-۲۰۲۰

کاهش اُزن ارتباط مستقیمی با درجه حرارت در استراتوسفر دارد. زیرا ابرهای استراتوسفر قطبی که نقش مهمی در تخریب شیمیایی اُزن دارند، فقط در دمای زیر ۷۸- درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند. این ابرهای استراتوسفری قطبی حاوی بلورهای یخی هستند که می‌توانند ترکیبات غیر واکنشی را به واکنش پذیر تبدیل کنند، سپس می‌توانند به محض دسترسی به نور خورشید برای شروع واکنش‌های شیمیایی، اُزن را به سرعت از بین ببرند. این وابستگی به ابرهای استراتوسفر قطبی و تابش خورشید دلیل اصلی مشاهده سوراخ اُزن تنها در اواخر زمستان و اوایل بهار است.



شکل ۹. مقایسه مقادیر حداقل دما در ۵۰ میلی باری جو در منطقه جنوبگان از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۰



شکل ۱۰. متوسط مقادیر غلظت ازن در ماه آگوست در سال‌های مختلف

**در نتیجه می‌توان گفت متأسفانه وضعیت حفره ازن در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۹ دارای غلظت کمتر و وسعت بیشتر و همچنین طول عمر بیشتری داشته است.**

منبع:

<http://www.temis.nl>

<https://www.esrl.noaa.gov>

<http://www.wmo.int>

<http://www.woudc.org>

<http://www.theozonhole.com>

<https://atmosphere.copernicus.eu>

<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>