

Stratosfærisk ozon

En status.

Af Ole John Nielsen,
Kemisk Institut, Københavns Universitet

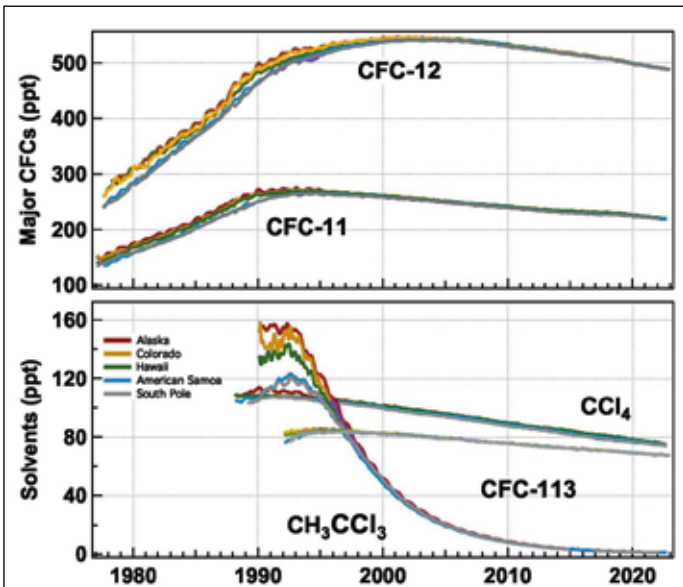
Stratosfærisk ozon har været vigtig for livets udvikling og består på jorden. Historien er lang, indviklet og succesfuld og er beskrevet andetsteds [1]. For mig begyndte historien i 1974, da jeg som førsteårsstuderende hørte K.A. Jensen forelæse om den nyligt opdedede katalytiske ozonnedbrydning ved hjælp af kloratomer [2]. Jeg har været så heldig at kunne beskæftige mig med ozonnedbrydende stoffer og tilgrænsende emner lige siden.

Begrænsning af brugen af halogenerede forbindelser

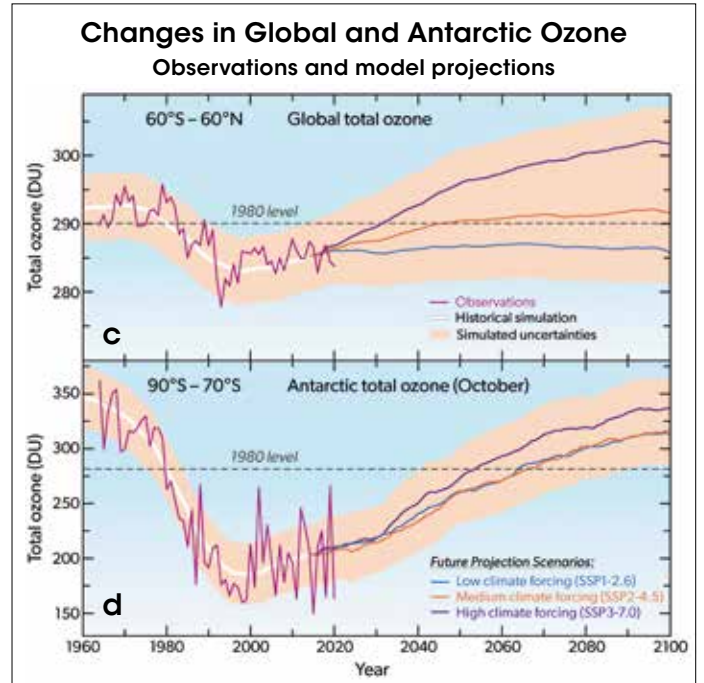
Opdagelsen af ozonhullet over Antarktis, som blev publiceret i 1985 [3], førte til vedtagelsen af Montreal-protokollen i 1987. De fem tilføjelser til Montreal-protokollen, senest Kigali-ændringen i 2016, har ført til en succesfuld udfasning af ozonnedbrydende stoffer. På figur 1 kan man se, hvorledes den globale koncentration af de vigtigste ozonnedbrydende stoffer har udviklet sig siden vedtagelsen af Montreal-protokollen. For CFC-11 og CFC-12 ser man en stigning i den atmosfæriske koncentration, indtil udfasningen begyndte, og derefter et langsomt henfald. På den nederste del af figur 1 kan man se, at en forbindelse med kortere atmosfærisk levetid (cirka 5 år) forsvinder hurtigere ud af atmosfæren.

Ozonrapporter

Det er vigtigt her at skelne mellem stratosfærisk ozon i almindelighed og ozonhullerne. Der er et forholdsvist permanent ozonhul over Antarktis, hvorimod der er et mere lejlighedsvist ozonhul over Arktis. Ligesom IPCC udgiver rapporter, der summerer status på klimaændringerne, har UNEP et ad hoc panel, som udgiver rapporten ”Scientific Assessment of ozone depletion”. Den er udkommet cirka hvert fjerde år siden 1989 (1994, 1998, 2002, 2006, 2010, 2014, 2018 og 2022).



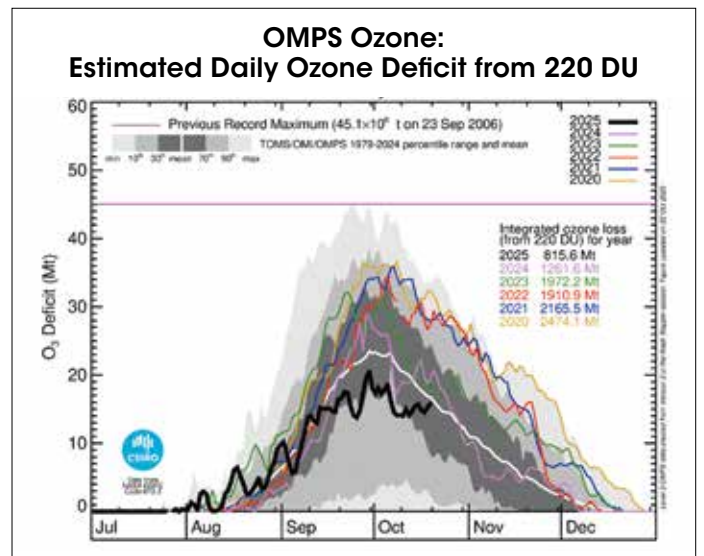
Figur 1. Koncentrationen af nogle ozonnedbrydende forbindelser som funktion af tiden. Kilde: NOAA.



Figur 2. Ozon målt i Dobson-enheder (DU) for globalt stratosfærisk ozon (c) og over Antarktis i oktober (d). Kilde: Scientific Assessment of Ozone Depletion 2022.

Hvad har det betydet for stratosfærisk ozon og det antarktiske ozonhul?

I ”Scientific Assessment of ozone depletion 2022” finder man figur 2. I det øverste panel (c) ses den lille kurve med støj på. Det er den observerede gennemsnitlige tykkelse af ozonlaget målt i dobson-enheder (DU). Det ses, at tykkelsen af ozonlaget aftager fra omkring 1980 og ser ud til at stige svagt fra år 2000 til 2020. Det bratte fald i 1991 skyldes partiklerne fra Pinatubo vulkanudbruddet.



Figur 3. Manglende ozon i millioner tons (Mt) fra satellitdata i forhold til 220 Dobson-enheder. Kilde: CSIRO.

Fakta

IPCC: Intergovernmental Panel of Climate Change
 UNEP: United Nation Environmental Program
 ppt: Parts per trillion
 DU: Dobson unit. Én DU svarer til et ozonlag på 0,01 mm ved et tryk på 1 atmosfære og ved 0°C. Det vil sige, at hvis man i 1980 pressede hele ozonlaget sammen ved jordens overflade, ville det være 2,9 mm tykt.
 CFC: Chlorofluorocarbons (ofte kaldet freon på dansk)

have et hul. Her ses det mere tydeligt, at den mængde ozon, ”der mangler”, bliver mindre og mindre år for år.

Konklusion

Målingerne viser tydeligt, at det går den rigtige vej, både for stratosfærisk ozon i almindelighed og det antarktiske ozonhul i særdeleshed. Montreal-protokollen med justeringer har været en kæmpe succes. Et stop for brug af CFC’er og andre ozonnedbrydende stoffer har ikke blot sat gang i genopretningen af det stratosfæriske ozonlag, men også gavnet klimaet, da de nye erstatningsstoffer har langt lavere klimaeffekt end CFC’erne.

E-mail:

Ole John Nielsen: ojn@chem.ku.dk

Referencer

1. Ole John Nielsen og Merete Bilde: ”Reflection on two Ambio papers by Paul Crutzen on ozone in the upper atmosphere”. *Ambio* 50, 47, (2021).
2. Molina MJ, Rowland FS. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalyzed destruct of ozone. *Nature* 249, 810-812, (1974).
3. Farman JC, Gardiner BG, Shanklin JD. “Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction”. *Nature* 315, 207-210, (1985).

Det antarktiske ozonhuls udvikling

På figur 2 panel d kan man se udviklingen i det antarktiske ozonhul. Den lilla kurve med støj på er målinger, og de andre er forskellige modelfremskrivninger. Det kan være svært at se, at hullet ”er blevet mindre” de seneste 15 år på grund af den store variation fra år til år. Men på figur 3, side 5, ser vi en anden måde at afbilde ozonhullet de seneste seks år. Man beregner den mængde ozon, der mangler i forhold til ikke at

Cheminova 1938-1953

Af Jørgen Burchardt

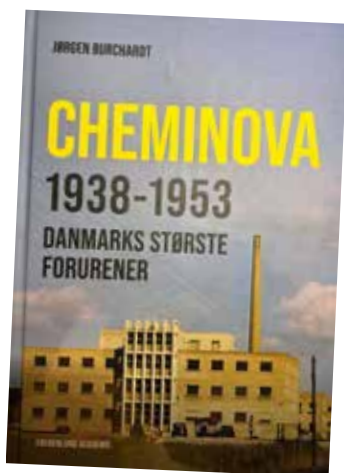
Antal sider: 424

1. udgave 2025

1. oplag 2025

Anmeldt af
 Kristian B. Krogh

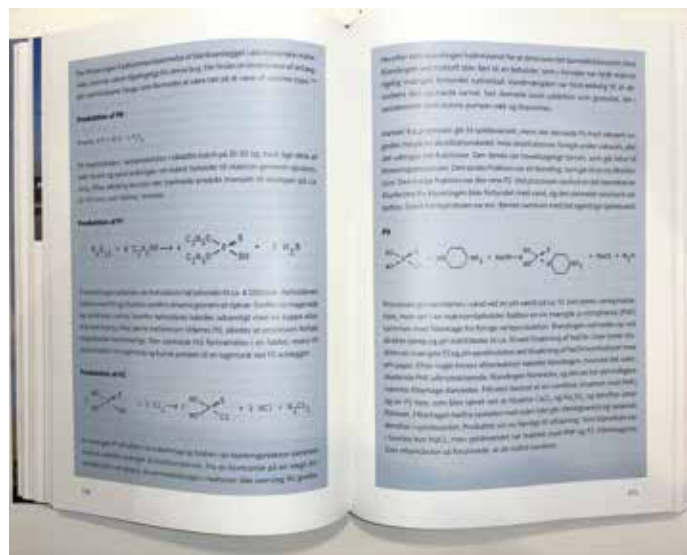
Cheminova kan løst oversættes til ”den nye kemi”. Undertiden mødes man som kemisk uddannet med udtryk som: ”Det er farligt, fordi der er kemi i”, ”Vi skal ikke have noget kemi” og ”Pas på med kemi!”. Har den offentlige mening en sag her? Det har i mange år faldet mig for brystet, at man ikke, som vores danske Nobelprisvinder Morten Meldal kan se, at kemi tilbyder et væld af løsninger inden for den grønne omstilling, miljøproblemer og lægevidenskaben, og at vi bare skal omfavne kemi.



fisk med bugen i vejret i vandløb og fiskernes til tider usælgelige fisk i Roskilde Fjord.

Samtidig afdækkes det på fascinerende og skræmmende vis, hvordan mange små brikker ikke forhindrede det i at ske. Bogen kan læses som en virksomhedshistorie og samtidsbeskrivelse, og med en kemisk uddannelse/viden, så giver det en yderligere dimension til historien, da man kan forstå, hvilke kemiske processer og reaktioner der fandt sted.

Efter at have læst bogen kan man sidde tilbage med en undren. Var det ”The perfect storm”, eller var det bare et sammenfald af begivenheder og vigtigst af alt: Er vi blevet klogere, og er vi bedre stillet i dag til at evaluere nye teknologiske fremskridt? Man tænker uvilkårligt på George Santayana’s citat ”Those who cannot remember the past are condemned to repeat it”.



Denne bog giver en utrolig detaljeret og velbeskrevet baggrund for en af Danmarks største og værste miljøforureninger. En forurening ikke kun på Harboøre Tange, men også i både Gladsaxe og Måløv, hvor firmaet havde sin opstart. Bogen skildrer både den entreprenante Gunnar Andresens barndom, studietid på Den Tekniske Højskole og hans imponerende opbygning af Cheminova som en stor kemisk fabrik under 2. Verdenskrig og årene efter indtil flytningen til Harboøre Tange.

Undervejs i bogens 424 sider afdækkes aktører i Cheminovas historie fra hans lærere på DTH, bestyrelsesmedlemmer, sognerådsformænd til kredslæger. Man følger produktudvikling og ingeniørkunst under krigens råstofmangler og skiftende kunder. Der beskrives også en produktion af blandt andet sprøjtegifte med hensynende træer i fabrikkens nærhed og