

Metans rolle for luftforureningen i Europa

Præsentation ved webinar: Sikrer EU's NEC-Direktiv renere luft for europæerne?
Afholdt af Rådet for Grøn Omstilling den 28/10 2025.

Thomas Ellermann, Seniorforsker
DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
Institut for miljøvidenskab
Aarhus Universitet, Danmark



AARHUS
UNIVERSITET

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

DCE – DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

28-10-2025

Metan og ozon – hvad er det for nogle størrelser?

Metan (CH_4):

- Ingen helbredsskader
- Ingen skader på vegetation
- Vigtig drivhusgas
- Naturlige udledninger, men også mange menneskeskabte udledninger
- Nedbrydes langsomt via de kemiske reaktioner i atmosfæren (levetid = 12 år)
- Problem på stor geografisk skala
- Danner ozon

Ozon (O_3) – jordnær:

- Mange helbredsskader
- Mange skader på vegetation
- Vigtig drivhusgas
- Ingen udledninger, men dannes kemisk i atmosfæren
- Meget reaktivt, men gendannes hele tiden
- Problem på stor geografisk skala
- Sætter gang i en masse forskellige kemiske reaktioner



Metan og ozon – hvad er det for nogle størrelser?

Metan (CH_4):

- Ingen helbredsskader
- Ingen skader på vegetation
- Vigtig drivhusgas

Klimaproblem

reaktioner i atmosfæren (levetid = 12 år)

- Problem på stor geografisk skala
- Danner ozon

Ozon (O_3) – jordnær:

- Mange helbredsskader
- Mange skader på vegetation
- Vigtig drivhusgas

Luftforurening

her og nu

- Problem på stor geografisk skala
- Sætter gang i en masse forskellige kemiske reaktioner



Metan og ozon – hvad er det for nogle størrelser?

Metan (CH_4):

- Ingen helbredsskader
- Ingen skader på vegetation
- Vigtig drivhusgas
- Naturlige udledninger, men dannes mange menneskelige aktiviteter (fx udledning fra landbrug)
- Nedbrydes i atmosfæren (ca. 12 år)
- Problem på stor geografisk skala
- Danner ozon

Ozon (O_3) – jordnær:

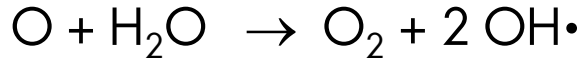
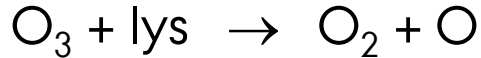
- Mange helbredsskader
- Skader på vegetation
- Dannes naturligt i atmosfæren, men dannes også menneskelige aktiviteter (fx udledning fra landbrug)
- Problem på stor geografisk skala
- Danner ozon

**Klima- og
luftforureningsproblem**



Hvordan metan bidrager til dannelsen af jordnær ozon?

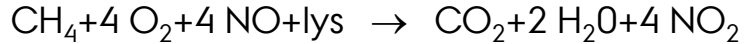
Atmosfæren kan på mange måder betragtes som en stor kemisk reaktor, hvilket hænger sammen med solens lys, som leverer energien til de mange kemiske reaktioner.



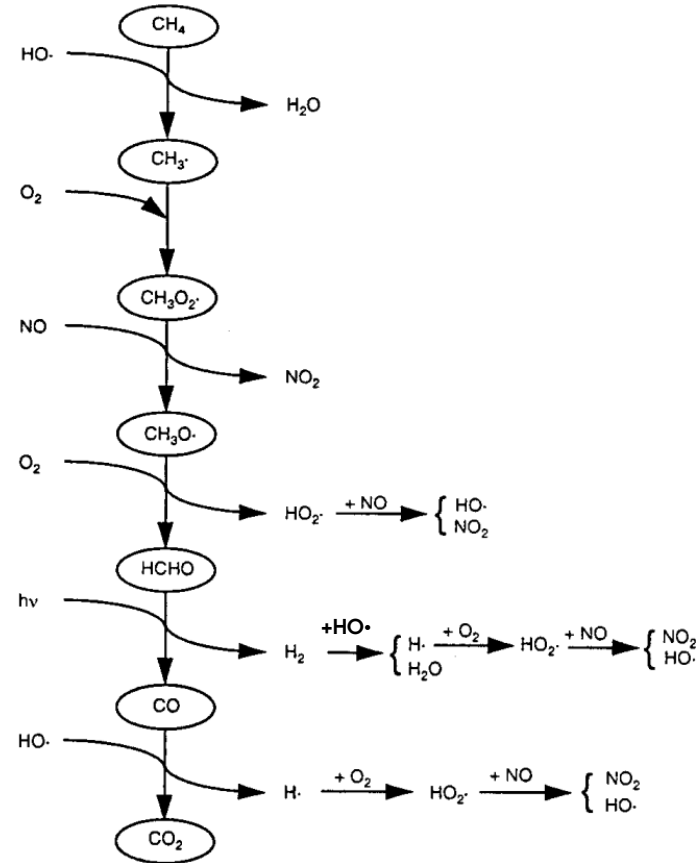
Hydroxyl radikal



Ozondannelse ud fra metan



Tilsvarende reaktioner for alle flygtige organiske forbindelser, Men dog ofte endnu mere komplicerede



Hvor hurtigt sker dannelsen af ozon?

- Sollys og temperatur
- Hvilken slags flygtige organisk forbindelser og hvor høje koncentrationer der er
- Tilstedeværelse af kvælstofoxider (NO og NO_2) og hvor høje koncentrationer der er
- Forholdet mellem mængden af flygtige organiske forbindelser og kvælstofoxider



Flygtige organiske forbindelser – metan og NMVOC

Metan

NMVOC

Non methane volatile organic compounds

Ikke-metan flygtige organiske forbindelser

	$t_{1/2}$ (HO·)
Alkanes	
Methane	23,000
Ethane	713
Propane	160
Butane	77
n-Heptane	26
n-Octane	21
2,2-dimethyl-propane	229
Cyclohexane	26
Alkenes	
Ethene	23
Propene	7
Trans-2-butene	3
Isoprene	2
α -Pinene	0.4
β -Pinene	2

≈3 år

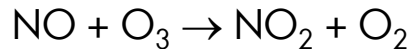
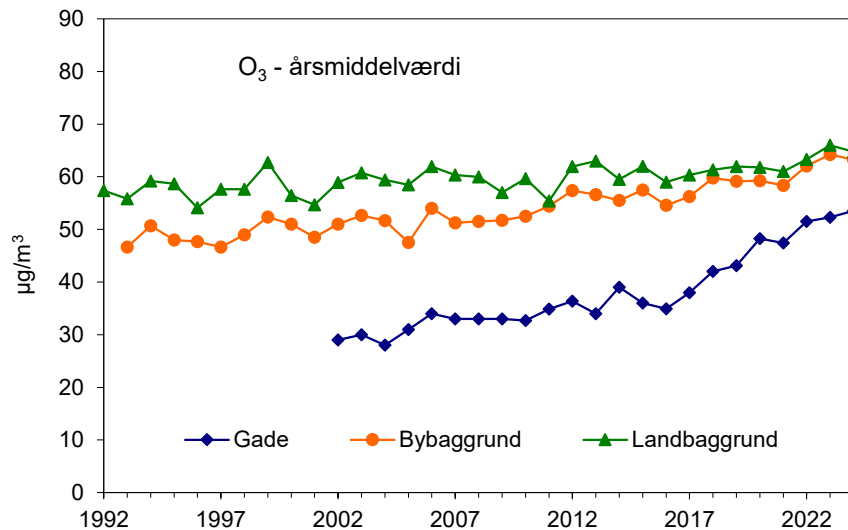
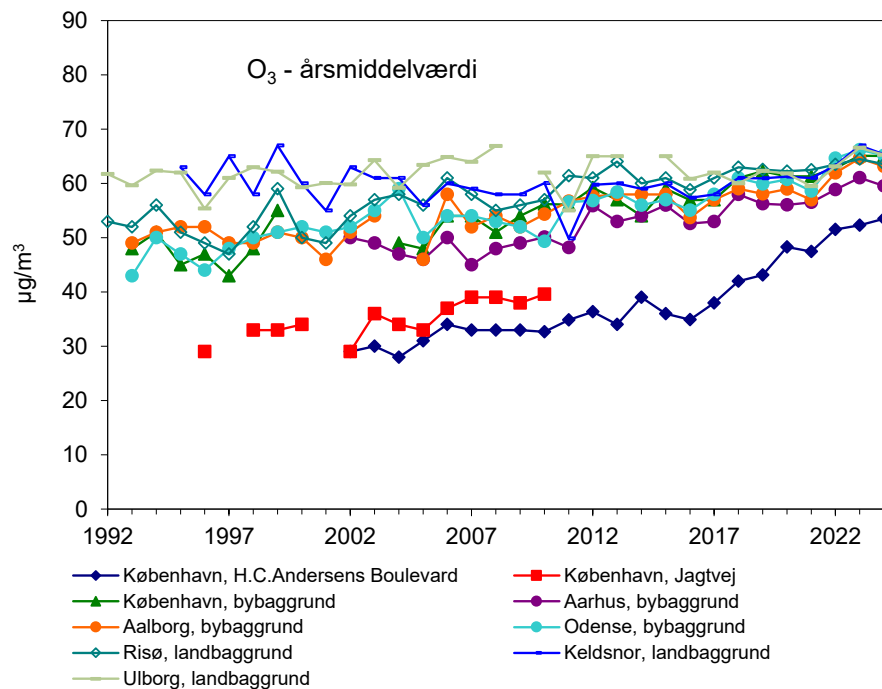


AARHUS
UNIVERSITET

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

DCE – DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

Status for ozon i Danmark



Når der ikke er større forskel mellem målestationerne skyldes det at ozon er langtransporteret til Danmark fra de "varme lande" syd for os og at kun en lille andel er produceret i Danmark

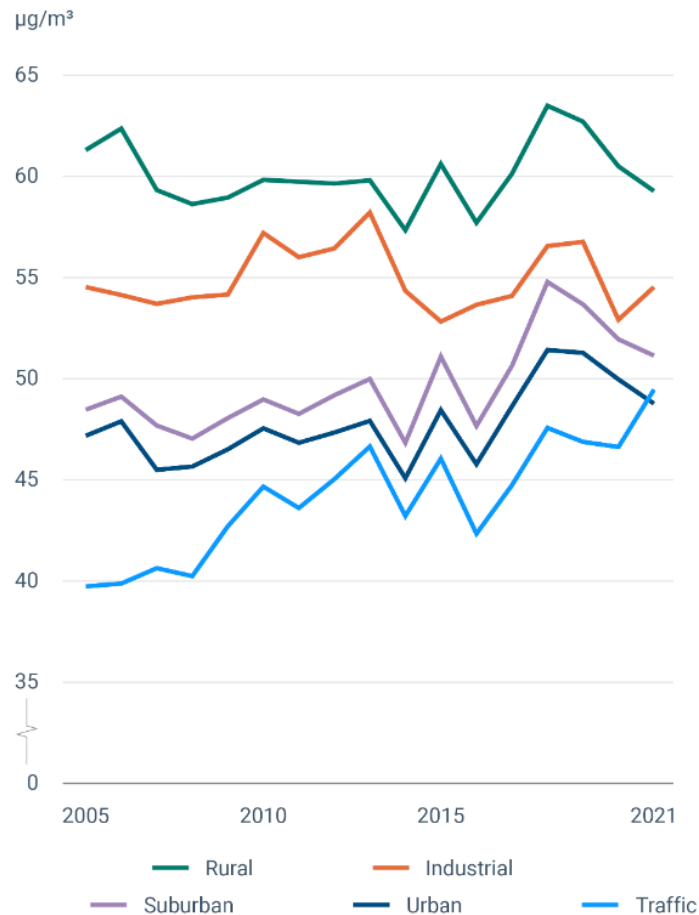
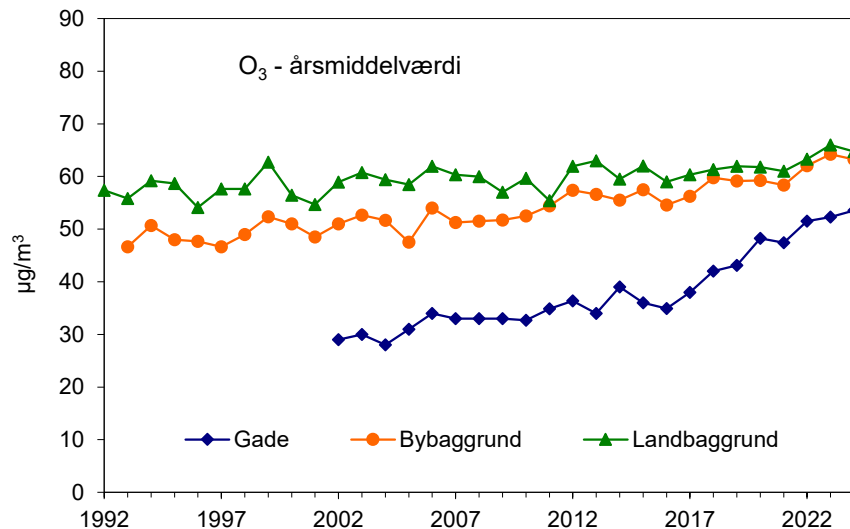


AARHUS
UNIVERSITET

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

DCE - DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

Status for ozon i Danmark sammenlignet med EU

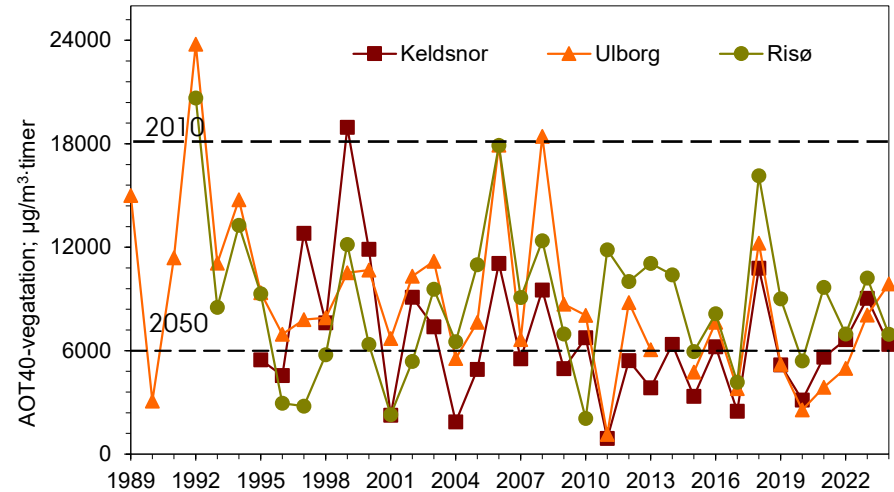
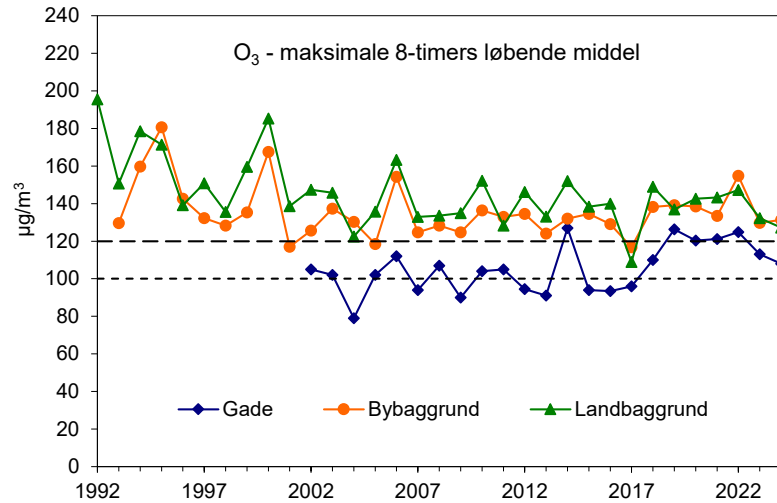


AARHUS
UNIVERSITET

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

DCE - DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

Udviklingen i relation til skader på helbred og vegetation



Nuværende

2010: 120 µg/m³ 25 gange

Langsigtet: 120 µg/m³ 1 gang

Revideret

2030: 120 µg/m³ 18 gange

2050: 100 µg/m³ 3 gange



AARHUS
UNIVERSITET

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

DCE - DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

Hvor mange dødsfald ozon forårsager om året?

Helbredseffekt	Antal tilfælde						Total
	SO ₂	O ₃	NO ₂	PPM _{2,5}	Øvrig PM _{2,5}	PM _{2,5}	
For tidlig død (korttidseksposering)	11	126	3	90	162	252	392
For tidlig død (langtidseksposering)			3	1.030	1.860	2.890	2.890
For tidlig død (total)	11	126	5	1.120	2.020	3.140	3.280
Hospitalsindlæggelser, åndedræts-		191	1.020	430	773	1.200	2.420
Hospitalsindlæggelser, hjerte-		622		300	540	841	1.460
Hoste børn				98	175	272	272
Kronisk bronkitis voksne				882	1.590	2.470	2.470
Kronisk bronkitis børn				3.090	9.620	12.700	12.700
Tabte arbejdsdage				55.800	101.000	157.000	157.000
Dage med restriktioner i aktivitet				694.000	1.250.000	1.940.000	1.940.000
Dage med mindre restriktioner i aktivitet		559.000					559.000
Lungekræft				140	254	395	395
Spædbarnsdød				0	0	0	0



Hvor mange dødsfald ozon forårsager om året?

Helbredseffekt	Antal tilfælde					PM _{2,5}	Total
	SO ₂	O ₃	NO ₂	PPM _{2,5}	Øvrig PM _{2,5}		
For tidlig død (korttidseffekt)					2	252	392
For tidlig død (langtidseffekt)					0	2.890	2.890
For tidlig død (total)					0	3.140	3.280
Hospitalsindlæggelser					3	1.200	2.420
Hospitalsindlæggelser					0	841	1.460
Hoste børn					5	272	272
Kronisk bronkitis voksne					0	2.470	2.470
Kronisk bronkitis børn					0	12.700	12.700
Tabte arbejdsdage					0	157.000	157.000
Dage med restriktioner i aktivitet				694.000	1.250.000	1.940.000	1.940.000
Dage med mindre restriktioner i aktivitet		559.000					559.000
Lungekræft				140	254	395	395
Spædbarnsdød				0	0	0	0

Antal tilfælde af for tidlig død:

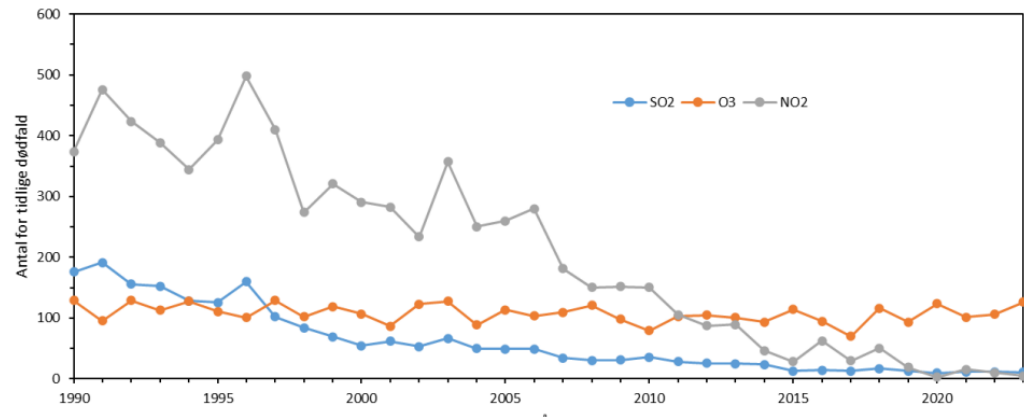
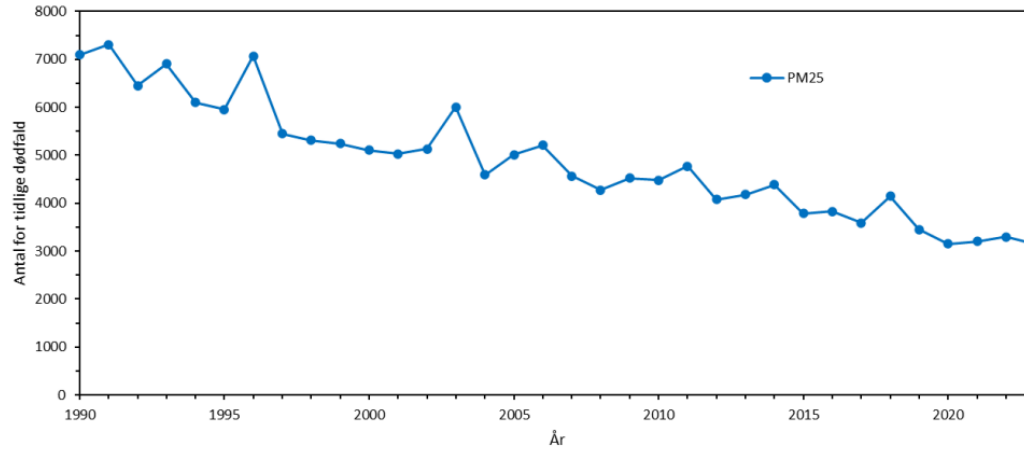
Ozon 126

Samlet i DK 3.280

Andel fra ozon 3%



Hvor mange dødsfald ozon forårsager om året?

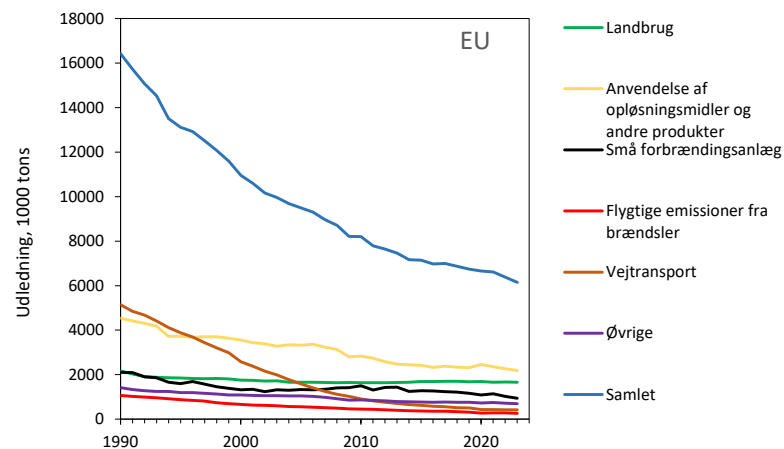
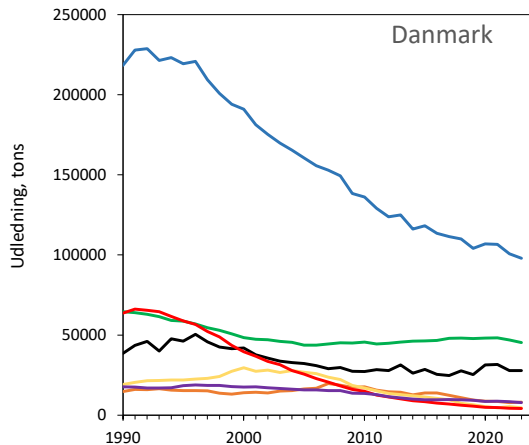


AARHUS
UNIVERSITET

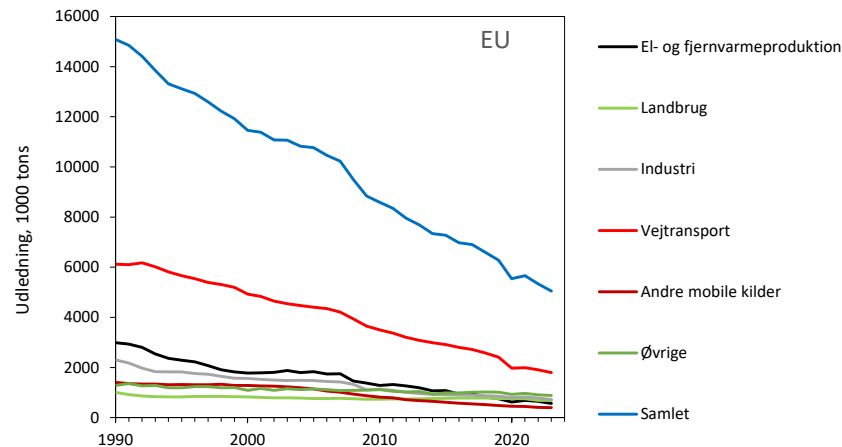
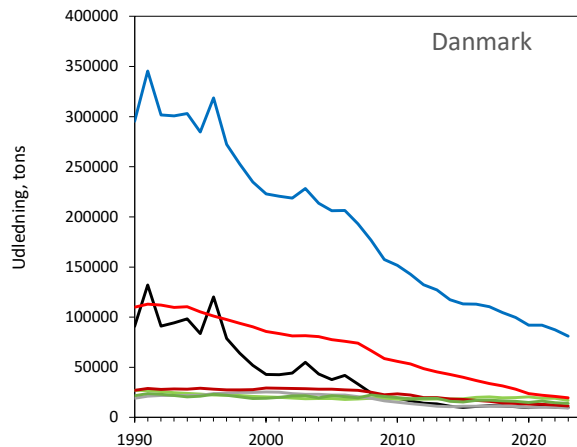
DEPARTMENT OF ENVIRON
DCE - DANISH CENTRE FO

Hvad er årsagen til udviklingstendenserne for ozon?

Kvælstofoxider

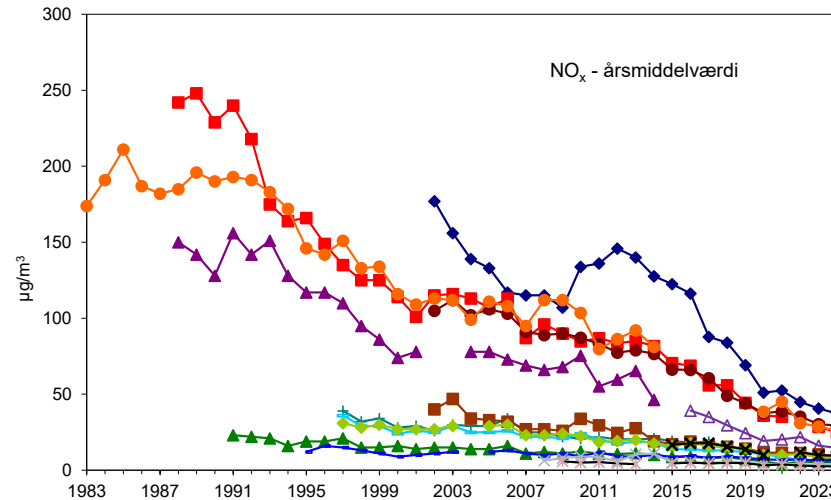


NMVOC

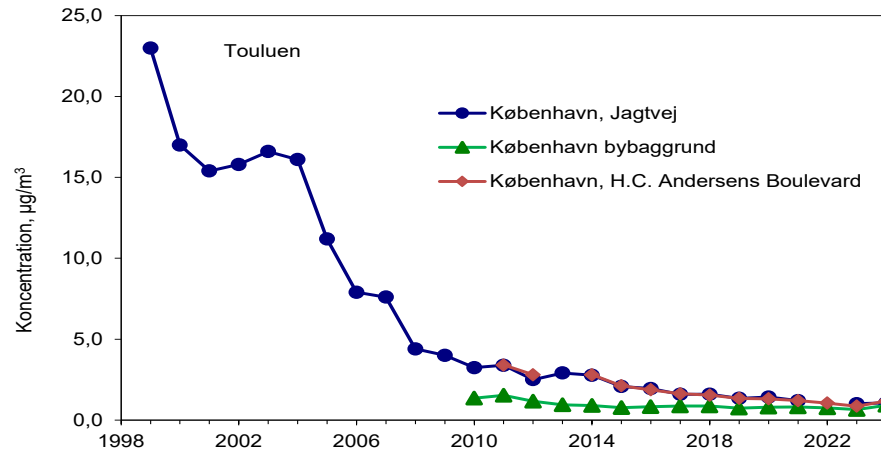


Hvad er årsagen til udviklingstendenserne for ozon?

Kvælstofoxider



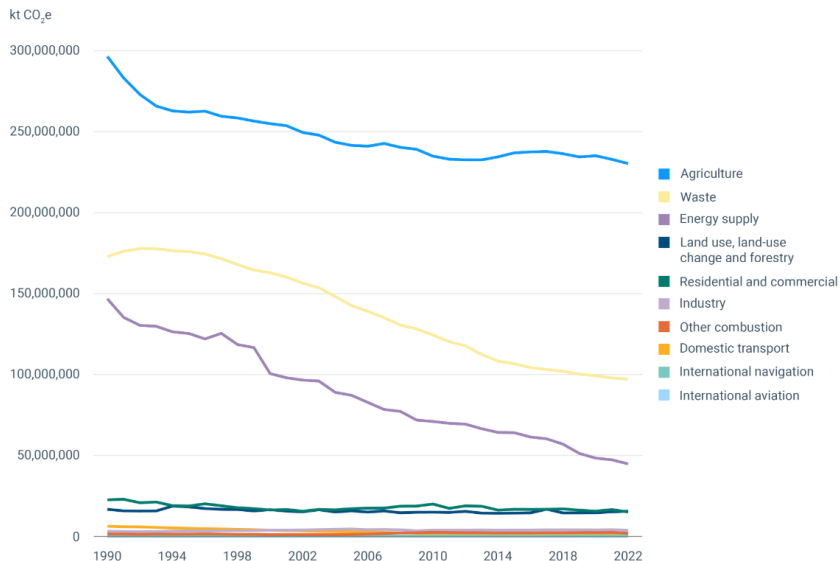
NMVOC



Hvorfor er ozon ikke faldet trods fald i NOx og NMVOC?

- Komplekse kemiske reaktioner, som er svære at regulere
- Større indflydelse af interkontinentale bidrag
- Og større indflydelse fra metan!

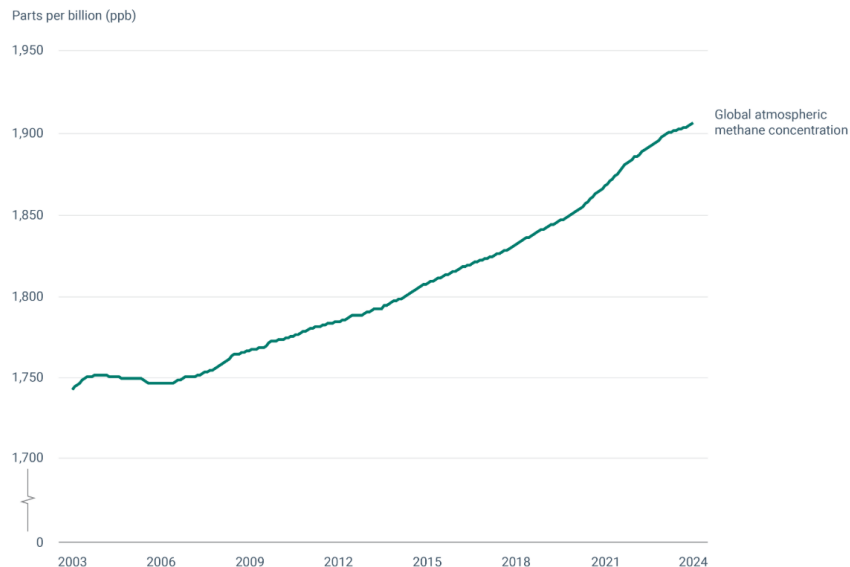
Figure 2. Methane emission trends by sector in the EU-27, 1990-2022



DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

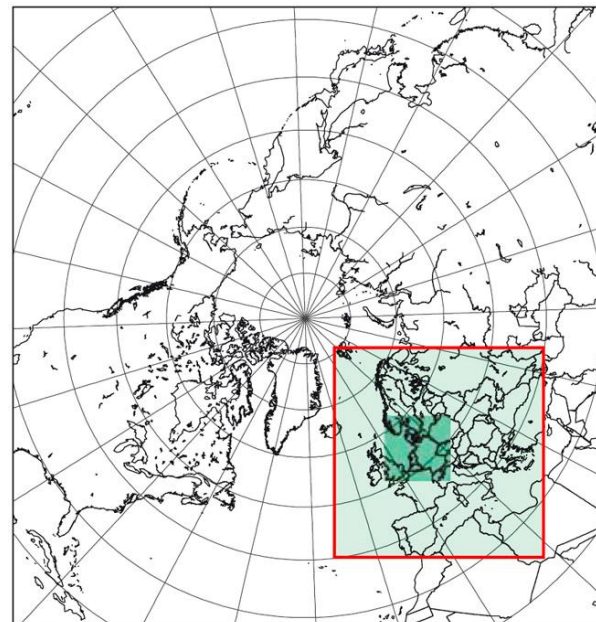
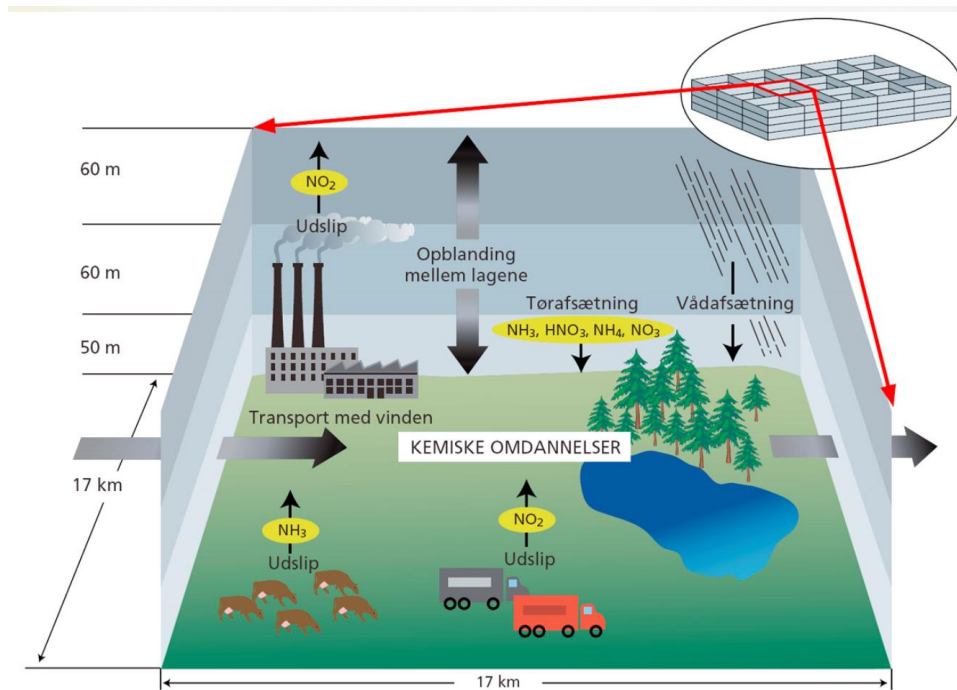
DCE - DANISH CENTRE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

Figure 3. Atmospheric methane measured in ppb (as dry-air mole fraction)



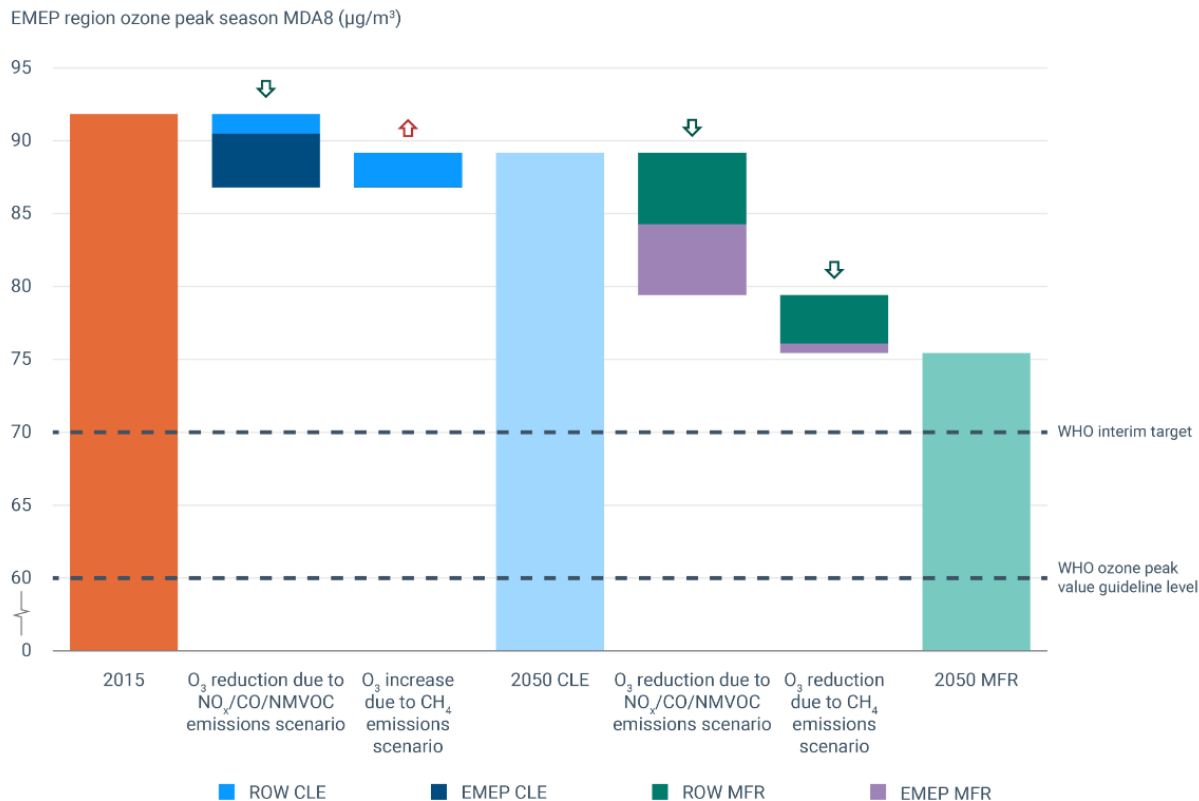
Hvordan ser det ud for fremtiden?

Matematiske computerm modeller, som inkluderer de mange hundrede kemiske reaktioner, som skal til for at beskrive ozons kemi i atmosfæren



Hvordan ser det ud for fremtiden?

Figure 5. Estimation of ozone exposure in Europe in 2015 and for two scenarios in 2050



Afsluttende pointer:

Sikrer EU's NEC-Direktiv renere luft for europæerne?

Ja:

NEC-direktivet har i høj grad haft effekt. Luftkvaliteten i Europa er bedre end længe og i Danmark har luftkvaliteten ikke været bedre i min levetid bortset fra ozon. Og ozon udgør trods alt kun omkring 3% af antallet af for tidlige dødsfald fra luftforureningen.

Nej:

EU's NEC-Direktiv er kun en enkelt brik i de mange tiltag til reduktion af luftforureningen. Blandt andet EU's luftkvalitetsdirektiv og hele klimadagsordenen er meget vigtige brikker i puslespillet om renere luft

Ozon-problematikken er hemisfærisk

Metan-problematikken er global

