

Bidrag til svar på folketingssspørgsmål om helbredseffekter af luftforureningen fra danske og tyske kulkraftværker

KEF, alm. del, spm. 366, 2025

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 26. august 2025 | **44**



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Bidrag til svar på folketingssspørgsmål om helbredseffekter af luftforureningen fra danske og tyske kulkraftværker. KEF alm. del, spm. 366, 2025.

Forfatter(e): Jørgen Brandt, Steen Solvang Jensen, Thomas Ellermann, Ole-Kenneth Nielsen
Institution(er): Institut for Miljøvidenskab

Faglig kommentering: Kaj Mantzius Hansen
Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen
Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Jørgen Brandt, Steen Solvang Jensen, Thomas Ellermann, Ole-Kenneth Nielsen. 2025. Bidrag til svar på folketingssspørgsmål om helbredseffekter af luftforureningen fra danske og tyske kulkraftværker. Folketingssspørgsmål 366. 2025. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 11 s. – Fagligt notat nr. 2025 | 44

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sideantal: 11

Indhold

1	Indledning	4
2	Nuværende vidensgrundlag	5
3	Skøn over ressourceforbrug ved fyldestgørende svar på spørgsmålene	8
3.1	Helbredseffekter i Danmark pga. danske kraftværker	8
3.2	Helbredseffekter i Danmark pga. tyske kraftværker	8
3.3	Helbredseffekter i Danmark pga. dansk el- og fjernvarmeproduktion	9
3.4	Samlet ressourceindsats	9
4	Litteraturliste	10
	Bilag 1 Folketingsspørgsmål, KEF alm. del, spm 366	11

1 Indledning

Miljøstyrelsen har den 21. august 2025 bedt DCE om bidrag til svar på folketingsspørgsmål, KEF alm. del, spm. 366, som omhandler opgørelse af helbredseffekterne i Danmark fra luftforureningen fra danske og tyske kulkraftværker. Folketingsspørgsmålet er gengivet i sin helhed i Bilag 1.

Miljøstyrelsen ønsker et kort notat, der gennemgår den tilgængelige viden relateret til spørgsmålene samt en vurdering af, hvad det ressourcemæssigt vil kræve at besvare spørgsmålene.

Der ønskes svar på følgende tre underspørgsmål:

1. Antal af for tidlige dødsfald, tabte leveår (YLL) og sygdomsjusterede leveår (DALY) i Danmark, for hvert år siden 1990 og frem, som kan tilskrives eksponering for kvælstofdioxid (NO₂) og fine partikler (PM_{2,5}), som skyldes udledninger fra danske kulkraftværker. Så vidt data haves, ønskes opgørelserne for hvert enkelt kulkraftværk og samlet.
2. Redegør for det skønnede antal for tidlige dødsfald, YLL og DALY i Danmark som følge af grænseoverskridende luftforurening med NO₂ og PM_{2,5} fra tyske kulkraftværker i samme periode.
3. Antal for tidlige dødsfald, der kan tilskrives luftforurening udledt fra al dansk el- og fjernvarmeproduktion for hvert år siden 1990 og frem.

2 Nuværende vidensgrundlag

Det er ikke muligt at give fyldestgørende svar på spørgsmålene ud fra eksisterende viden. Ud fra eksisterende data er det kun muligt at give en vurdering for danske kraftværker som helhed for 2023. Der foreligger eksisterende data fra 2023, hvor helbredseffekter for emissionssektoren for alle kraft- og varmemærkerne er beregnet med luftkvalitetsmodeller (Danish Eulerian Hemispheric Model, DEHM og Urban Background Model, UBM) og EVA-modelsystemet (Economic Valuation of Air pollution). Dette inkluderer således alle anvendte brændsler som kul, halm, gas, olie, og træ (Nordstrøm et al., 2024).

Det samlede antal for tidlige dødsfald i Danmark pga. al luftforurening er beregnet til 3.280 i 2023, hvoraf 744 skyldes kilder i Danmark og 2.540 fra kilder i udlandet. Kilder i Danmark bidrager desuden til udlandet med omkring 1.600 for tidlige dødsfald i Europa uden for Danmark (Nordstrøm et al., 2024).

Udviklingstendensen for det samlede antal for tidlige dødsfald er beregnet for perioden 1990-2023 med EVA-modelsystemet ved at gennemføre beregninger for hvert enkelt år i perioden. Det samlede antal tilfælde af for tidlig død er faldet fra omkring 7.800 tilfælde per år i 1990 til omkring 3.280 tilfælde per år i 2023. Dette svarer til en reduktion på omkring 58%.

De for tidlige dødsfald i 2023 skyldes næsten udelukkende eksponering over for atmosfæriske partikler, både direkte emitterede partikler og sekundært dannede uorganiske partikler i atmosfæren fx ud fra emissioner af kvælstofoxider (NO_x som er summen af NO og NO_2), svovldioxid, (SO_2) og ammoniak (NH_3).

Der er kun mindre bidrag fra koncentrationen af gasserne ozon (O_3), svovldioxid og kvælstofdioxid til det samlede antal for tidlige dødsfald i 2023. Bidraget fra svovldioxid og kvælstofdioxid er faldet væsentligt over tidsperioden 1990-2023.

I EVA modelsystemet beregnes både for tidlige dødsfald som følge af korttids eksponering over for luftforurening (akutte dødsfald), samt YLL som følge af langtidseksponering over for luftforurening (kroniske dødsfald). Et for tidligt dødsfald svarer til ca. 11,4 tabte leveår (YLL) i Danmark og vi kan derfor beregne det samlede antal for tidlige dødsfald som følge af både korttids- og langtidseksponering. I modelberegninger i Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA) indgår ikke sygdomsjusterede leveår (DALY), og der foreligger derfor ikke oplysninger om dette.

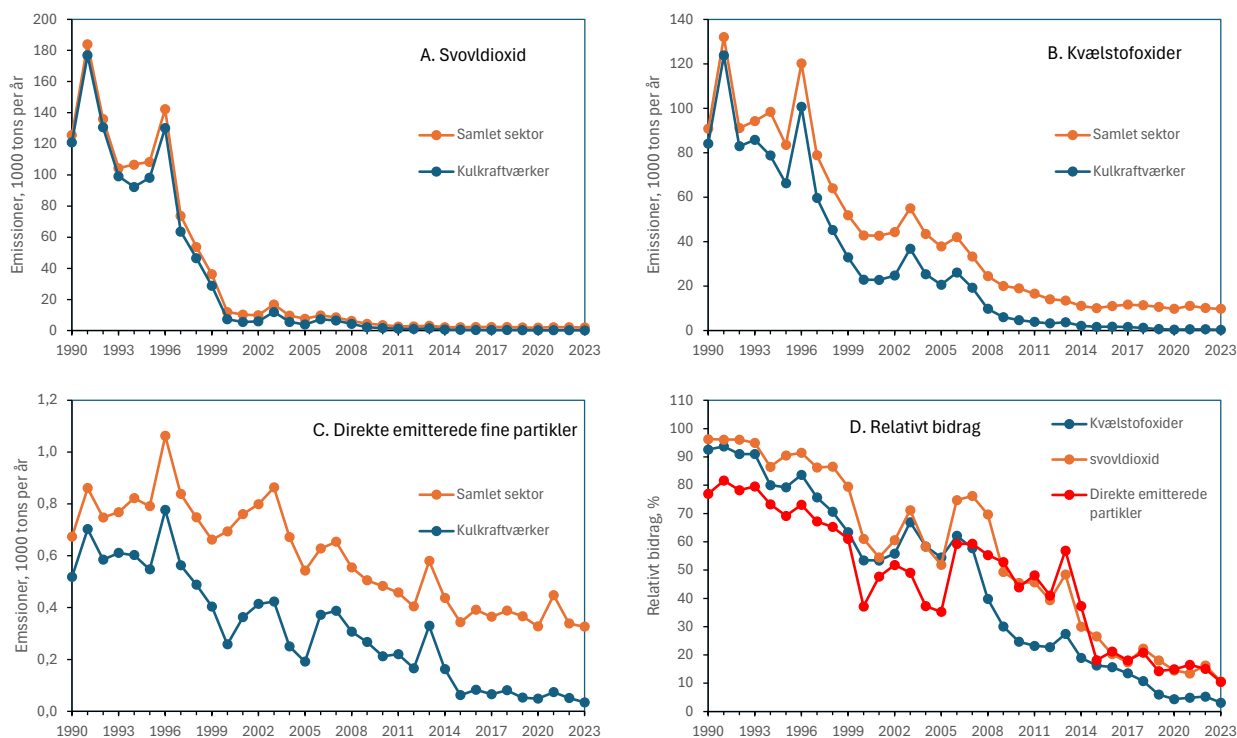
Emissioner fra den samlede danske el- og fjernvarmeproduktion (emissionssektor GNFR A) bidrager med 24 for tidlige dødsfald i Danmark i 2023. Der er desuden et bidrag til for tidlige dødsfald i udlandet på ca. 80. Der findes også beregninger i NOVANA af bidraget fra den samlede el- og varmeproduktion til antallet af for tidlige dødsfald for årene 2019-2022, men da der er sket en udvikling af EVA-modelsystemet, bl.a. med opdatering af koncentrations-responsfunktioner (CRFs) baseret på de nyeste anbefalinger fra Verdenssundhedsorganisationen (WHO, 2021), er resultaterne ikke direkte sammenlignelige med resultatet for 2023.

På baggrund af emissionerne af kvælstofoxider, svovldioxid og fine partikler (PM_{2,5}) er det muligt at give et overslag over kulkraftværkernes bidrag til helbredseffekterne i 2023. I 2023 udgjorde kulkraftværkers andel af den danske el- og fjernvarmeproduktion omkring 3 % af emissionerne af kvælstofoxider, og omkring 10% af emissionerne for svovldioxid og fine partikler. Da emissionerne af svovldioxid og kvælstofoxider bidrager til dannelse af sekundære fine partikler i luften og de direkte partikelemissioner bidrager til fine partikler i luften kan disse procentandele dog ikke omsættes en-til-en til helbredseffekter.

DCE har tidligere udregnet de samfundsøkonomiske omkostninger relateret til antal for tidlige dødsfald, som skyldes udledninger fra den danske el- og fjernvarmeproduktion (se tabel 3 i Brandt et al., 2023). Med udgangspunkt i disse beregninger og andelen af emissionerne herover, har vi skønnet den relative andel af antallet af for tidlige dødsfald, som stammer fra kulkraftværkerne i 2023. I 2023 lå antallet af for tidlige dødsfald for de samlede emissioner fra el- og varmeproduktion på 24 for tidlige dødsfald i 2023 i Danmark, hvoraf skønsmæssigt omkring 2 tilfælde af for tidlige dødsfald i Danmark kan tilskrives kulkraftværkerne. Derudover er der et bidrag til udlandet på ca. 5 for tidligere dødsfald i 2023.

Udviklingen af emissioner af svovldioxid, kvælstofoxider og fine partikler fra kulkraftværker er vist i Figur 1 A-C. Svovldioxid medtages, da svovlindholdet har været væsentligt højere tilbage i tid og renseforanstaltninger ringere. Figur 1 D viser endvidere emissionerne for den samlede sektor (el- og varmeproduktion) og det relative bidrag fra kulkraftværker set i forhold til den samlede sektor.

Faldet i emissionerne, både absolut og relativt, viser at emissionerne fra kulkraftværkerne var langt højere tilbage i 1990 og det er derfor givet, at antallet af tilfælde af for tidlige dødsfald var højere i 1990 end i 2023. Ligeledes er det også tydeligt, at emissioner fra kulkraftværker relativt set havde langt større betydning end i 2023.



Figur 1. Udviklingen af danske emissioner fra 1990–2023 af svovldioxid (A), kvælstofoxider (B) og direkte emitterede fine partikler (C) samlet set for el- og varmeproduktion (GNFR A, samlet sektor) og separat fra kulkraftværker. Endvidere viser figuren det relative bidrag fra kulkraftværker set i forhold til den samlede sektor fordelt på de tre forskellige luftforureningskomponenter (D). Kulkraftværker er blevet defineret som de punktkilder i den nationale emissionsdatabase, hvor kul udgør mere end 80 % af det samlede brændselsforbrug i året. Det skal understreges, at emissionsdatabasen for punktkilder ikke er komplet for hele tidsserien. Der er i begyndelsen af tidsserien ikke en komplet dækning. Dette er især tilfældet for perioden 1990-1993, da Energiproducenttællingen fra Energistyrelsen ikke går længere tilbage end 1994. Den geografiske placering af emissionerne er derfor mere usikker for perioden fra 1990-1993.

Udviklingen i bidraget fra emissioner af kvælstofoxider og svovldioxid over tid kan imidlertid ikke direkte omsættes til udviklingen i bidraget til helbreds-effekter og for tidlige dødsfald, da den sekundære kemiske omdannelse til nitrat- og sulfatholdige partikler i atmosfæren er stærkt ikke-lineær og varierer over tid. Det relative bidrag fra kulkraftværker til dannelsen af sulfatholdige partikler skønnes at have været væsentligt højere i starten af tidsperioden. Det kræver derfor nye beregninger af luftforureningen og bidraget fra kulkraftværker samt tilhørende helbredseffekter, i årene 1990-2023, for at kunne svare fyldestgørende og mere præcist på spørgsmålene, hvilket beskrives i det følgende.

3 Skøn over ressourceforbrug ved fyldestgørende svar på spørgsmålene

3.1 Helbredseffekter i Danmark pga. danske kraftværker

DCE råder over den nationale emissionsopgørelse, som er underinddelt i forskellige emissionskilder. Under den danske el- og fjernvarmeproduktion (emissionssektor GNFR A) er der også oplysninger om emissioner fra kulkraftværker, og det vil desuden være muligt at udtrække data for de enkelte kraftværker. Data eksisterer fra 1990 og frem, hvor der dog er større usikkerhed på den geografiske placering af udledningerne i perioden fra 1990 til 1993.

Med luftforureningsmodellerne (DEHM, UBM) og EVA-modelsystemet vil det være muligt at beregne antallet af for tidlige dødsfald i Danmark som følge af kulkraftværker i Danmark for hvert år i perioden 1990 til 2023. Dette vil således besvare underspørgsmål nr. 1 for kulkraftværker under et.

Beregningstiden på servere til disse beregninger skønnes til at være ca. 2 måneder for alle årene 1990-2023, og det skønnes at kræve 4 personmåneder til udtræk af emissioner, opsætning af modelsystem, overvågning af modelkørsler, efterfølgende databehandling og analyse.

Det vil koste yderligere en personmåned per kulkraftværk, hvis beregninger skal gennemføres særskilt for de enkelte kulkraftværker.

EVA-systemet inkluderer ikke sygdomsjusterede leveår (DALY), og det vil være et stort arbejde at udvikle dette.

3.2 Helbredseffekter i Danmark pga. tyske kraftværker

Via internationale emissionsdatabaser vil det være muligt for DCE at fremskaffe oplysninger om emissioner fra tyske kulkraftværker fra 1990 og frem.

Luftkvalitetsmodellen DEHM og EVA-systemet vil blive benyttet til at beregne antal for tidlige dødsfald i Danmark som følge af den grænseoverskridende luftforurening fra tyske kulkraftværker for årene 1990-2023. Dette vil svare på underspørgsmål nr. 2.

Beregningstiden på servere til disse beregninger skønnes til at være ca. 1 måned, og det skønnes at kræve 1 personmåned til udtræk af emissioner, opsætning af modelsystem, databehandling og analyse.

I forbindelse med EMEP (The co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe) beregnes løbene såkaldte source-receptor-matricer, som angiver hvor stor en del af luftforureningen udledt i et land (source), som havner som luftforurening i et andet land (receptor). Disse source-receptor-matricer er i folketingsspørgsmålet foreslået som en mulig kilde til at belyse underspørgsmål nr. 2. EMEP's source-receptor-matricer angiver dog kun, hvordan de forskellige europæiske landes samlede luftforurening bidrager til hverandre. Der er ingen oplysninger på sektorniveau eller om helbredseffekter. Denne datakilde kan derfor ikke anvendes til at svare på underspørgsmål nr. 2.

3.3 Helbredseffekter i Danmark pga. dansk el- og fjernvarmeproduktion

Luftforureningsmodeller og EVA-systemet vil blive benyttet til at beregne antal af for tidlige dødsfald i Danmark, der kan tilskrives luftforurening udledt fra den samlede danske el- og fjernvarmeproduktion for hvert år i perioden 1990-2023. Dette vil svare på underspørgsmål nr. 3.

Beregningstiden på servere til disse beregninger skønnes til at være 2 måneder, og det skønnes at kræve 2 personmåneder til udtræk af emissioner, opsætning af modelsystem, overvågning af modelkørsler, databehandling og analyse.

3.4 Samlet ressourceindsats

Dataindsamling, beregninger og analyser, beskrevet i afsnit 3.1-3.3 skønnes at tage samlet omkring 7 personmåneder, hvor beregninger og analyser særskilt af de enkelte kulkraftværker ikke er inkluderet.

Resultaterne afrapporteres i en DCE-rapport, som offentliggøres. Den samlede tid til rapportudarbejdelse skønnes til 1 personmåned.

Samlet skønnes opgaven til 8 personmåneder.

Den samlede projektperiode er minimum et halvt år.

Det vil koste yderligere 12 personmåneder og en projektperiode på yderligere 1 år, hvis beregningerne skal gennemføres særskilt for de enkelte kulkraftværker.

4 Litteraturliste

Brandt, J., J. H. Christensen og M. S. Andersen. 2023. Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 23 s. Fagligt notat nr. 2023 | 54.

Nordstrøm, C., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Solvang Jensen, S., Nielsen, O-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Sørensen, M. B., Skou Andersen, M., og Sigsgaard, T., 2024. Luftkvalitet 2023. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 158 s. - Videnskabelig rapport nr. 627.

WHO, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Bilag 1 Folketingsspørgsmål, KEF alm. del, spm 366

Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget 2024-25
(Omtryk - 18-08-2025 - Ændret adressat) KEF Alm.del - Spørgsmål 366
Offentligt



FOLKETINGET

Klima-, Energi- og Forsyningsudvalget

Til: Miljøministeren
Dato: 8. august 2025

Udvalget udbeder sig ministerens besvarelse af følgende spørgsmål:

KEF alm. del

Spørgsmål 366

Vil ministeren – eventuelt med bidrag fra relevante ressortministre – redegøre for det skønnede antal af for tidlige dødsfald, tabte leveår (YLL) og sygdomsjusterede leveår (DALY) i Danmark, som for hvert år siden 1990 og frem kan tilskrives eksponering for kvælstofdioxid (NO₂) og fine partikler (PM_{2.5}) udledt fra danske kulkraftværker? Til beregningen henvises til metodikken i det videnskabelige studie »Environmental Burden of Disease due to Emissions of Hard Coal- and Lignite-Fired Power Plants in Germany«, ssph-journal.org, International Journal of Public Health, 14. august 2023, hvor forskerne anvender anerkendte koncentrations-respons-funktioner (CRF'er) for PM_{2.5} og NO₂, som også anbefales af Verdenssundhedsorganisationen (WHO), jf. Epidemiological Repository on Particulate Matter and Mortality, who.int. Metoden indebærer en kobling mellem (1) årlige emissioner af PM_{2.5} og NO₂ fra kulkraftværker, (2) geografisk fordeling af koncentrationer via kemisk transportmodel (fx EMEP MSC-W, DEHM eller EVA-modellen), (3) befolkningsdata fordelt på gridniveau og (4) anvendelse af CRF'er til at estimere helbredseffekter i form af YLL, DALY og dødsfald. Ministeren bedes anvende de tilgængelige udledningsdata for danske kulfyrede kraftværker, som fremgår af Danmarks nationale emissionsopgørelser (DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi) og EU's Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR). Det forudsættes, at datagrundlaget omfatter årlige emissioner siden 1990 fordelt på kraftværk, og at Danmark har adgang til modeller, der kan koble emissionsdata med befolkningseksponering (herunder DEHM/UBM og EVA). Ministeren bedes i den forbindelse anvende griddet befolkningsdata – f.eks. Danmarks Statistiks befolkningsraster eller GEOSTAT 1km² – for at sikre, at sundhedseffekterne beregnes ud fra faktisk eksponeret befolkningstæthed i nærområderne. Der ønskes særskilt opgørelse af sundhedseffekter relateret til NO₂ og PM_{2.5} fra kulkraft, og resultaterne ønskes præsenteret som årlige estimater fra 1990 og frem. Så vidt data haves, ønskes opgørelserne for hvert enkelt kulkraftværk og samlet. Desuden ønskes det, at ministeren – i det omfang eksisterende modellering og inputdata tillader det – redegør for det skønnede antal for tidlige dødsfald, YLL og DALY i Danmark som følge af grænseoverskridende luftforurening med NO₂ og PM_{2.5} fra tyske kulkraftværker i samme periode. Her kan kildeopdeling via source-receptor-analyser i EMEP eller DEHM-modellen anvendes. Vil ministeren dertil oplyse antal for tidlige dødsfald, der kan tilskrives luftforurening udledt fra al dansk el- og fjernvarmeproduktion for hvert år siden 1990 og frem. Der henvises til luftforureningsovervågningsprogrammet NOVANA, hvor man siden 2019 har beregnet helbredskonsekvenserne af luftforurening fra de individuelle emissionssektorer, og der søges derfor yderligere beregninger for bidragene fra el- og fjernvarmeproduktion siden 1990.

1/2

Spørgsmålet er stillet efter ønske fra Steffen W. Frølund (LA).
Spørgsmålet ønskes besvaret senest den 5. september 2025.
Svar bedes sendt elektronisk til spørgeren på steffen.froelund@ft.dk og til lov@ft.dk.

På udvalgets vegne
Malte Larsen
formand