



Danmarks Meteorologiske Institut



Klimastatus 2025

Nationalt Center for Klimaforskning

Oktober 2025



Kolofon

Serietitel	DMI-rapport
Titel	Klimastatus 2025
Ansvarlig institution	Nationalt Center for Klimaforskning, Danmarks Meteorologiske Institut
Sprog	Dansk
URL	nckf.dk
ISSN	2445-9127
Versionsdato	Oktober 2025



Indhold

Forord	4
Kapitel 1: Status på den globale opvarmning	7
Afsnit 1.1: Global middeltemperatur	8
Sektion 1.1.1: Observerede globale temperaturændringer	8
Sektion 1.1.2: Fremtidens globale middeltemperatur	12
Afsnit 1.2: Havtemperaturer	14
Sektion 1.2.1: Den globale havoverfladetemperatur	14
Sektion 1.2.3: Marine hedeølger	17
Sektion 1.2.4: Fremtidens havoverfladetemperaturer	19
Afsnit 1.3: Havniveaustigninger	20
Sektion 1.3.1: Observeret havniveaustigning	20
Sektion 1.3.2: Globale havniveaustigninger i fremtiden	21
Kapitel 2: Globale drivhusgasudledninger og -reduktioner	25
Afsnit 2.1: Globale drivhusgasudledninger	26
Sektion 2.1.1: Drivhusgasudledninger	26
Sektion 2.1.2: Atmosfærens indhold af drivhusgasser	28
Afsnit 2.2: Parisaftalens målsætning og fremtidens drivhusgasudledninger	29
Sektion 2.2.1: IPCC-scenarier og muligheder for at undgå overskridelse af 1,5 °C	29
Sektion 2.2.2: UNEP's vurdering af klimatiltag og mulig overskridelse af 1,5 °C	30
Sektion 2.2.3: Meteorologiske fremskrivninger og CO ₂ -budget for 1,5 °C opvarmning	31
Kapitel 3: Klimaforandringernes konsekvenser i polare områder	33
Afsnit 3.1: Iskapper	34
Sektion 3.1.1: Jordens iskapper	34
Sektion 3.1.2: Observerede ændringer for Indlandsisen og den antarktiske iskappe	35
Sektion 3.1.3: Iskappernes fremtid	37
Afsnit 3.2: Havets og havisens overfladetemperatur	38
Afsnit 3.3: Havis	40
Sektion 3.3.1: Havisens udbredelse ved polerne	40
Sektion 3.3.2: Tendens for arktisk havisudbredelse	42
Sektion 3.3.3: Tendens for antarktisk havisudbredelse	43
Sektion 3.3.4: Havisens tykkelse og volumen	44
Afsnit 3.4: Havstrømme i Nordatlanten og Arktis	45
Sektion 3.4.1: AMOC	46



Sektion 3.4.2: Havets varmeindhold	47
Kapitel 4: Klimaforandringer i Danmark.....	49
Afsnit 4.1: Temperaturer, hedebølger varmebølger og frost	50
Afsnit 4.2: Nedbør	54
Afsnit 4.3: Vind.....	57
Afsnit 4.4: Havniveau i Danmark	58
Afsnit 4.5: Stormfloder	60
Afsnit 4.6. Tørke og brandfare	63
Kilder	68

Forord

Det globale klima befinder sig i en kritisk fase af forandring. De seneste observationer viser, at den gennemsnitlige globale temperatur i 2024 lå omkring 1,55 °C over niveauet i perioden 1850–1900 – den højeste temperatur nogensinde registreret. Den globale opvarmning går også hurtigere. Opvarmningsraten per årti accelerer og er ca. dobbelt så høj de seneste 20 år sammenlignet med de seneste 80 år. Den aktuelle kurs er mod ca. tre graders global opvarmning, og det understreger med tydelighed, at konsekvenserne for mennesker, natur og samfund bliver stadig mere alvorlige.

Atmosfæren og havene fortsætter med at opvarmes, havniveauet stiger og de frosne dele af kloden trækker sig hastigt tilbage. Samtidig rammer ekstreme vejrhændelser hyppigere og hårdere end før – med store menneskelige og økonomiske omkostninger som følge.

Klimaets påvirkning kan for mange virke fremmed. Men når vi sammenligner forskellige scenarier for fremtidens globale drivhusgasudledning bliver forskellene synlige. I et varmere klima vil man som borger sjældent opleve dét vejr, der var almindeligt, da man var barn. På de næste sider viser vi for eksempel de store forskelle, der vil være afhængigt af, om den globale opvarmning er på halvanden eller tre grader.

På nationalt plan øges indsatsen for at styrke tidlige varslings tjenester og klimainformation, så beslutningstagere og samfundet kan tilpasse sig og beskytte sig bedre mod et klima i forandring. Nationalt Center for Klimaforskning ved DMI bidrager med forskningsbaseret viden, der understøtter udviklingen af politik, planlægning og klimatilpasning – både nationalt og internationalt.

Denne rapport er den første rapport af sin art i Danmark, og dens formål er at samle de mest centrale data og indsigter om klimaets udvikling og fremtid – globalt, i Arktis og i Danmark. Rapporten giver dermed et samlet og opdateret billede af, hvordan klimaet ændrer sig, hvilke tendenser der kan iagttages, og hvordan blandt andet Danmark påvirkes.

Vi står over for en virkelighed, hvor videnskabelig indsigt og præcise målinger er vigtigere end nogensinde. Denne rapport giver et overblik over den aktuelle tilstand for vores klima og fremlægger den nyeste viden om centrale klimavariabler og tendenser. Formålet er at give beslutningstagere, forskere og offentligheden et klart, faktabaseret grundlag for at handle – med tillid til den bedste tilgængelige viden.

DMI er jf. klimaloven regeringens klimavidenskabelige rådgiver og har udarbejdet kapitlet "*Seneste Klimavidenskabelige Udvikling*" i Klimaprogram 2025. Denne rapport, Klimastatus 2025, uddyber kapitlet fra Klimaprogram 2025.

God læselyst!

Adrian Lema

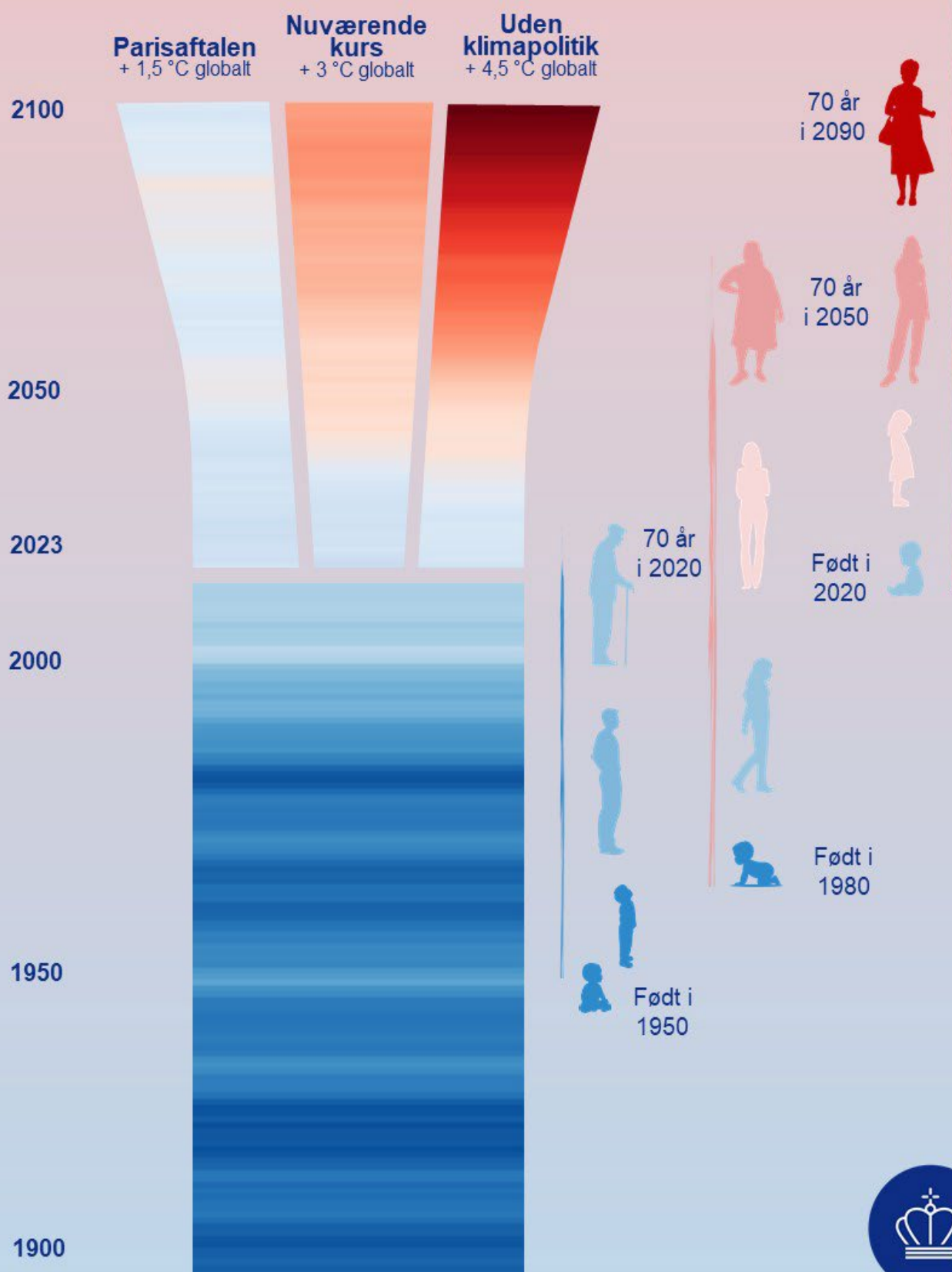
Chef for Nationalt Center for Klimaforskning
og Afdelingschef i DMI

København, oktober 2025





Danmarks fremtidige klima afhænger af nuværende og fremtidige globale drivhusgasudledninger



Figuren viser DMI's KlimaAtlas' forventede gennemsnits-temperatur i Danmark opgivet for tre udledningsscenarier svarende til; +1,5 °C (Parisaftalen), +3 °C (forventes i 2100 med nuværende klimapolitik) og +4,5 °C (forventet i 2100 uden klimapolitik).

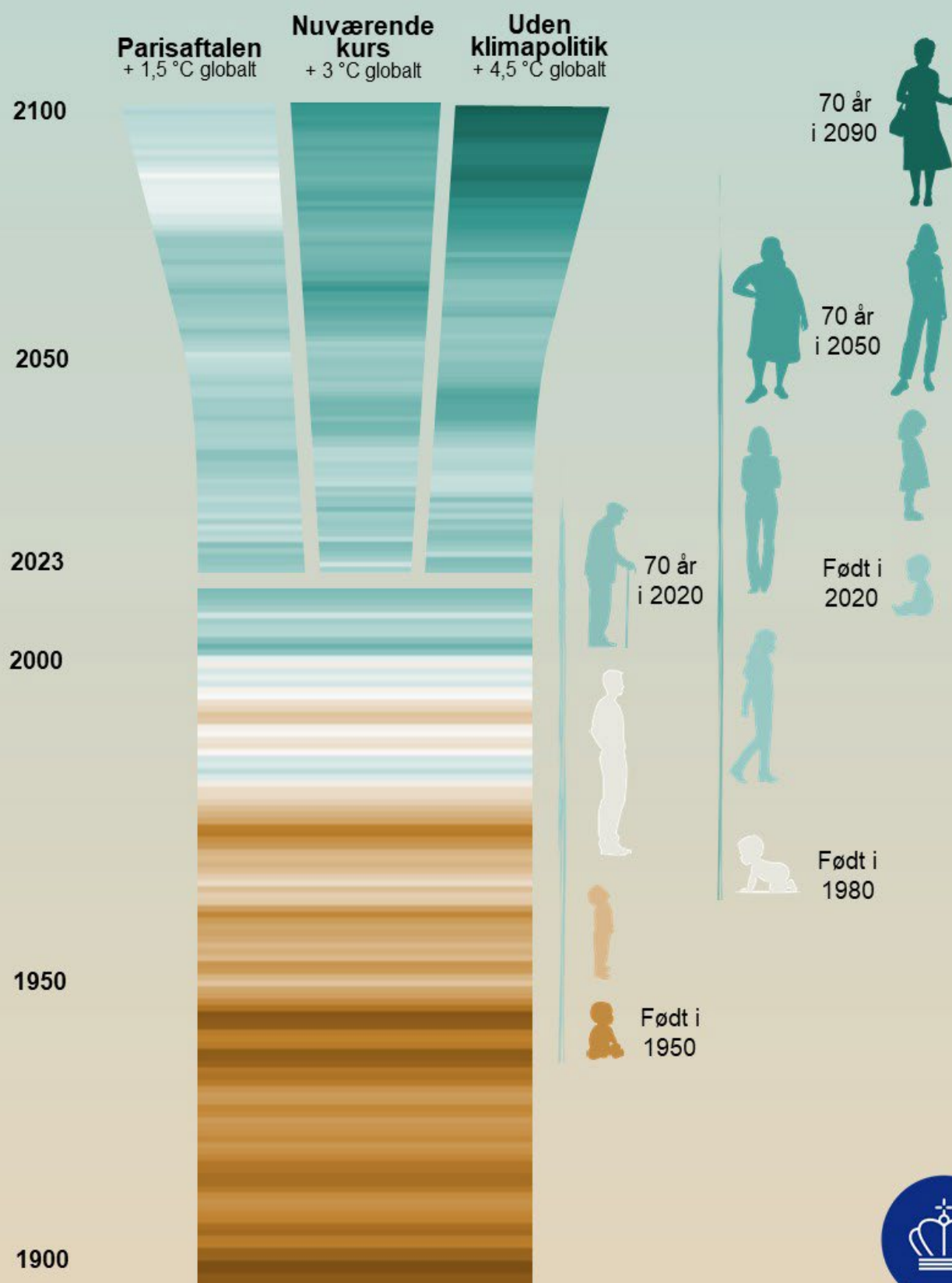
Datagrundlag; værdierne er baseret på KlimaAtlas' median værdier og fra publikationen "Dansk vejr siden 1874". Dertil er data processeret, da datagrundlaget skifter ved år 2020, dertil er der benyttet et 10 års løbende gennemsnit for at udglatte data. Farvaskala; Wikimedia commons, File:20180522 Color palette for warming stripes, 2025



DMI



Danmarks fremtidige klima afhænger af nuværende og fremtidige globale drivhusgasudledninger



Figuren viser DMIs KlimaAtlas' forventede gennemsnits-nedbør i Danmark opgivet for tre udledningsscenarier svarende til; +1,5 °C (Parisaftalen), +3 °C (forventes i 2100 med nuværende klimapolitik) og +4,5 °C (forventet i 2100 uden klimapolitik).

Datagrundlag: værdierne er baseret på KlimaAtlas' median værdier og fra publikationen "Dansk vejr siden 1874". Dertil er data processeret, da datagrundlaget skifter ved år 2020, dertil er der benyttet et 10 års løbende gennemsnit for at udglatte data. Farvaskala; IPCC Visual Style Guide for WGI, 2022.



DMI



Danmarks Meteorologiske Institut

Kapitel 1: Status på den globale opvarmning

Menneskeskabte udledninger af drivhusgasser har ændret det globale klima. Den øgede koncentration af drivhusgasser i atmosfæren skubber til den tidligere ligevægt mellem den indkomne stråling fra Solen og den udgående varmestråling fra Jorden. Det betyder, at en større del af varmestrålingen fra Jordens overflade tilbageholdes i atmosfæren, hvilket øger temperaturen ved overfladen og medfører ændringer i det globale klimasystem. Størstedelen af den ekstra varmeenergi i atmosfæren optages i oceanerne og bidrager til opvarmning og deraf følgende globale havniveaustigninger. Opvarmningen af hele jordsystemet herunder oceaner, land, kryosfære (is) og atmosfære er accelereret over de seneste årtier.

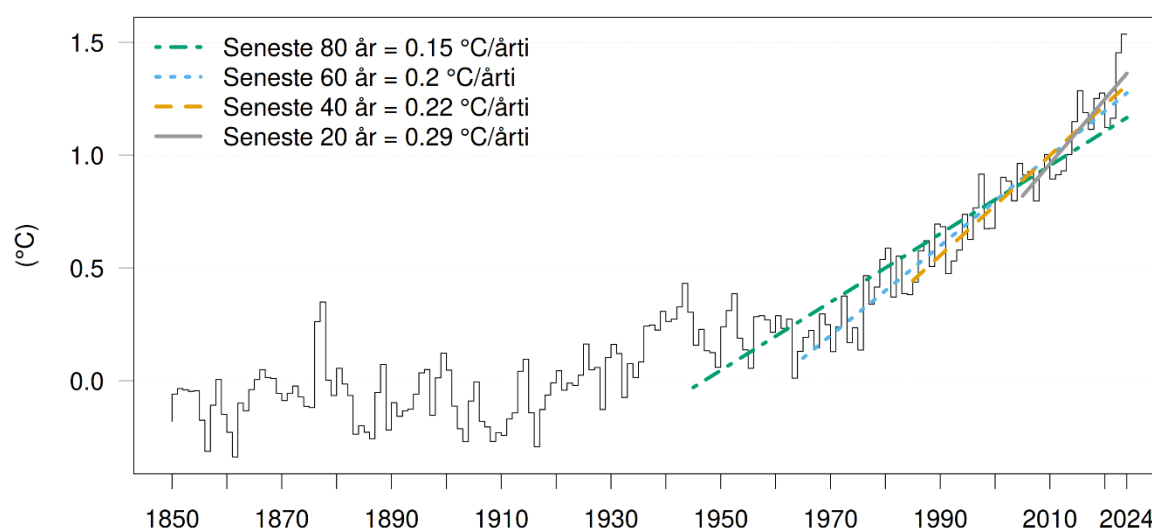
Dette kapitel omhandler fortidens, nutidens og fremtidens udvikling af den globale middeltemperatur (1.1) og havtemperatur (1.2) samt det globale havniveau (1.3).

Afsnit 1.1: Global middeltemperatur

Sektion 1.1.1: Observerede globale temperaturændringer

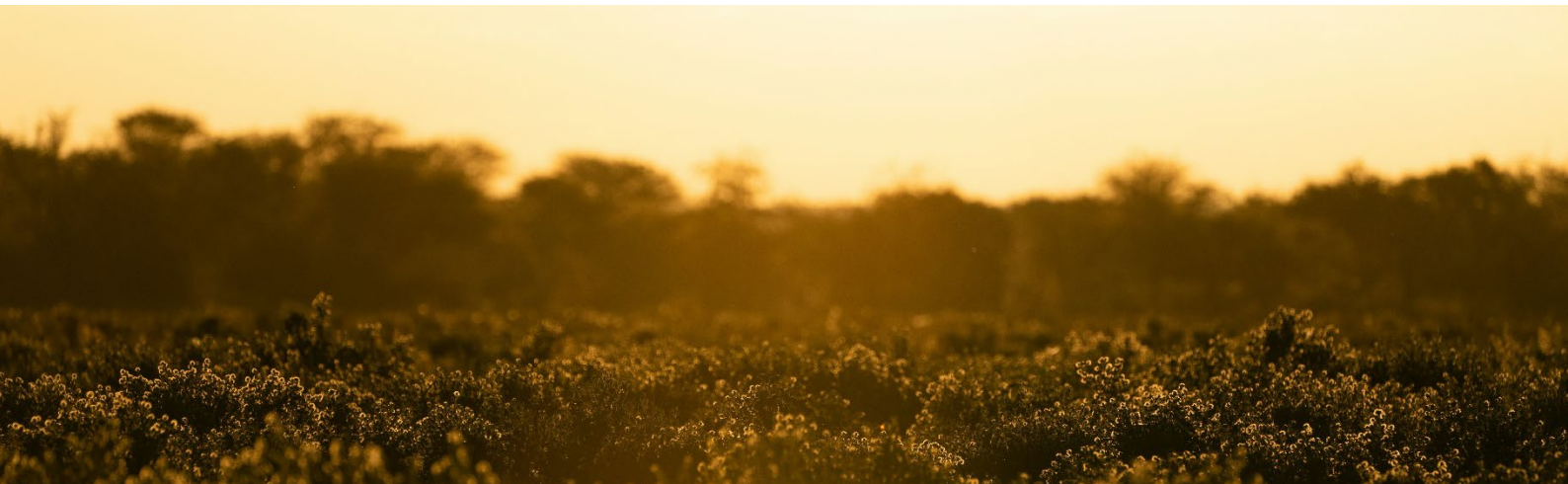
Den stigende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren (læs mere i kapitel 2) leder til en stigende global middeltemperatur ved Jordens overflade. Den globale middeltemperatur er steget siden 1960'erne og nåede et rekordhøjt niveau i 2024. Den årlige globale middeltemperatur var i 2024 1,55°C højere end gennemsnittet¹ for det førindustrielle niveauⁱ og slog dermed den hidtidige rekord fra 2023, se figur 1.A. Beregninger foretaget af NCKF viser, at opvarmningen er steget gennem de sidste 80 år, og at stigningen er accelereret. Den lineære opvarmningsrate er steget fra 0,15 °C per årti over de seneste 80 år, til 0,20°C per årti over de seneste 60 år, til 0,22 °C per årti de seneste 40 år og endelig til 0,29 °C per årti de seneste 20 år. Opvarmningsraten per årti er altså ca. dobbelt så høj over de seneste 20 år sammenlignet med de seneste 80 år.

Figur 1.A. Ændring i global middeltemperatur 1850-2024



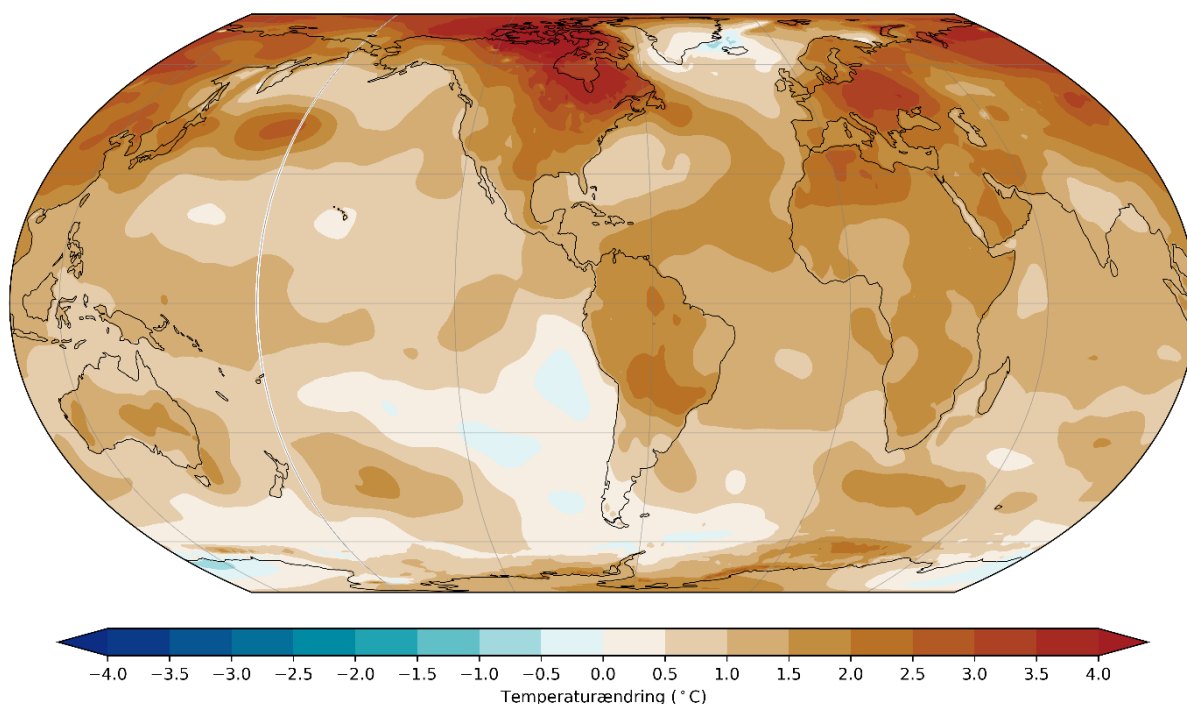
Beskrivelse: Ændring i global temperatur relativt til perioden 1850-1900 og ændringshastighed i den globale middeltemperatur i de seneste henholdsvis 20, 40, 60 og 80 år. *Kilde: DMI på baggrund af The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record².*

ⁱ Global opvarmning måles ift. temperaturniveauet fra før den industrielle revolution, der er et gennemsnit af den globale temperatur over hele kloden i alle årene fra 1850 til 1900. Som følge af naturlige udsving, opgøres den globale opvarmning i 20- eller 30-årige perioder, hvormed korterevarende naturlige udsving udlignes over perioden. Se boks 1.i. for uddybning



År 2024 var særligt varmt på den nordlige halvkugle, og temperaturstigningen var generelt størst over landområder, se figur 1.B. Hvert af de sidste fire årtier har været varmere end det foregående³. De seneste 10 år (2015-2024) er den varmeste tiårsperiode nogensinde målt. Fra juni 2023 til december 2024 blev der hver eneste måned målt højere gennemsnitstemperaturer end i samme måned i noget tidligere år. Den globale opvarmning, og de seneste 10 års temperaturrekorder, skyldes overvejende menneskeskabte klimaforandringer forårsaget af udledninger af drivhusgasser til atmosfæren. De specifikke rekordår er derudover under påvirkning af naturlige fænomener, som midlertidigt påvirker det globale klima (se boks 1.i.).

Figur 1.B. Temperaturændring i 2024 relativt til 1951-1980



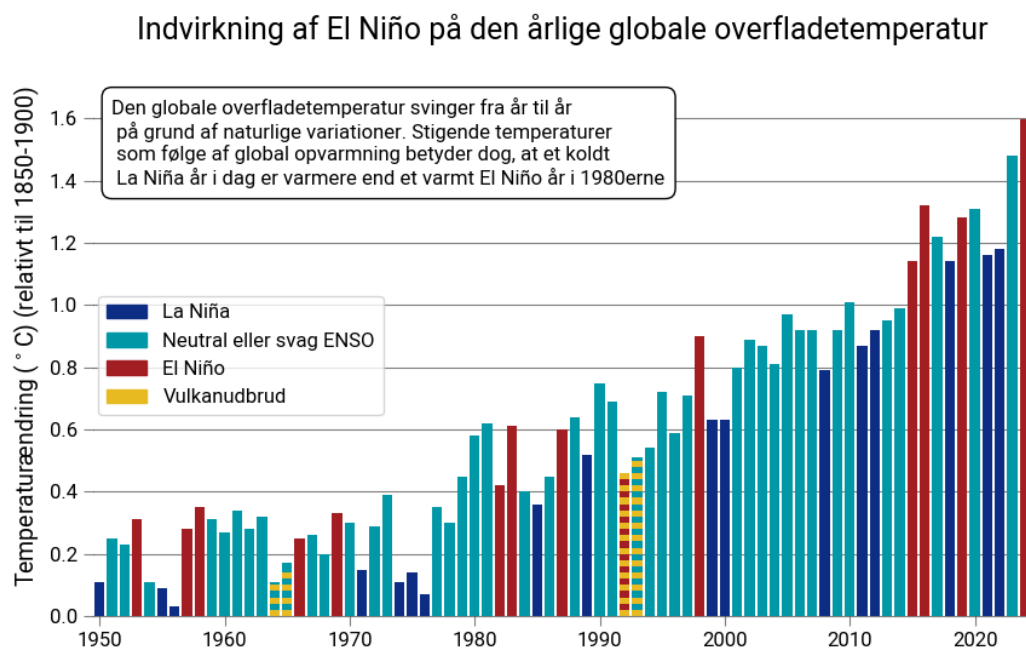
Beskrivelse: Temperaturændringer i 2024 i forhold til gennemsnitstemperaturen i 1951-1980. Kilde: *Berkeley Earth Global Monthly Air Temperatures*⁴.

Parisaftalens målsætning er at begrænse den globale opvarmning til et godt stykke under 2 °C og stræbe efter højst 1,5 °C opvarmning relativt til det førindustrielle niveau. På trods af at den globale gennemsnitstemperatur i år 2024 oversteg 1,5 °C ift. det førindustrielle niveau betyder dette ikke, at Parisaftalens 1,5 °C-mål er overskredet i klimatisk forstand, som opgøres over årtier (læs mere om dette i afsnit 2.2.).

Boks. 1.i. Naturlige udsving i globale gennemsnitstemperaturer

Naturlige fænomener kan bidrage til udsving i den globale middeltemperatur over kortere perioder. Tre væsentlige eksempler på varierende naturlige fænomener er El Niño Southern Oscillation (ENSO), vulkanudbrud og solindstrålingen. Variationerne i ENSO og vulkanudbrud kan særligt give anledning til ekstraordinært varme eller kolde år, se figur 1.C.

Figur 1.C. Indvirkning af ENSO på den årlige globale overfladetemperatur



Beskrivelse: Den globale overfladetemperatur i 1950-2024 relativt til 1850-1900 med markering af ENSO udsving og vulkanudbrud. *Kilde: DMI på baggrund af ERA5, ENSO index fra NOAA Climate Prediction Center⁵.*

ENSO er et tilbagevendende fænomen, der forekommer typisk hvert andet til syvende år. Den varme tilstand, El Niño, viser sig ved, at havtemperaturerne i det tropiske Stillehav, målt over en 3 måneders periode, stiger mellem 0,5 °C og 2 °C over normalen. Ved modstykket, La Niña, falder havtemperaturerne tilsvarende under normalen. I foråret og sommeren 2023 skete et skifte fra La Niña til El Niño, der medførte markant højere havtemperaturer, som yderligere påvirker atmosfæren og øgede den gennemsnitlige globale temperatur. El Niño'en aftog i 2024 mod mere neutrale forhold. Klimamodelberegninger viser ikke nogen systematisk tendens til at ENSO-tilstandene skulle blive påvirket af den globale opvarmning – dog kan de afledte effekter i fx nedbørsmængderne over land blive det. ENSO vil også i et varmere klima være den dominerende kilde til naturlige udsving i den globale middeltemperatur, og dermed vil fremtidige El Niño'er – i takt med den globale opvarmning – sandsynligvis give nye varmerekorder.

Ved store *vulkanudbrud* bliver aerosoler som støvpartikler og sod sendt op i atmosfæren, hvor de reflekterer solindstråling og giver en afkøling af Jorden. Store vulkanudbrud kan sende aerosoler så højt op i atmosfæren, at den afkølede effekt varer i flere år. En tilsvarende, dog mere lokal, kølende effekt kommer fra partikeludledning og luftforurening fra verdens lande samt fra skibs- og flytrafik. De seneste årtier har indsatsen med at reducere udledningen af forurenede partikler derfor haft en opvarmende effekt.

Solaktivitet, herunder antallet af solpletter, varierer med en cirka 11-års cyklus. Det samme gør derfor Solens indstråling til Jorden. Udsving i solaktivitet kan både have en opvarmende og afkølede effekt i perioder hvor solen er henholdsvis mere og mindre aktiv. Temperaturudsvingene er dog små sammenlignet med den menneskeskabte globale opvarmning. Effekten af ændringer i solindstråling og vulkanudbrud kan tilsammen forklare en ændring i den globale gennemsnitstemperatur på mellem -0,1 og 0,1 °C sammenlignet med den menneskeskabte opvarmning på ca. 1,1 °C⁶.

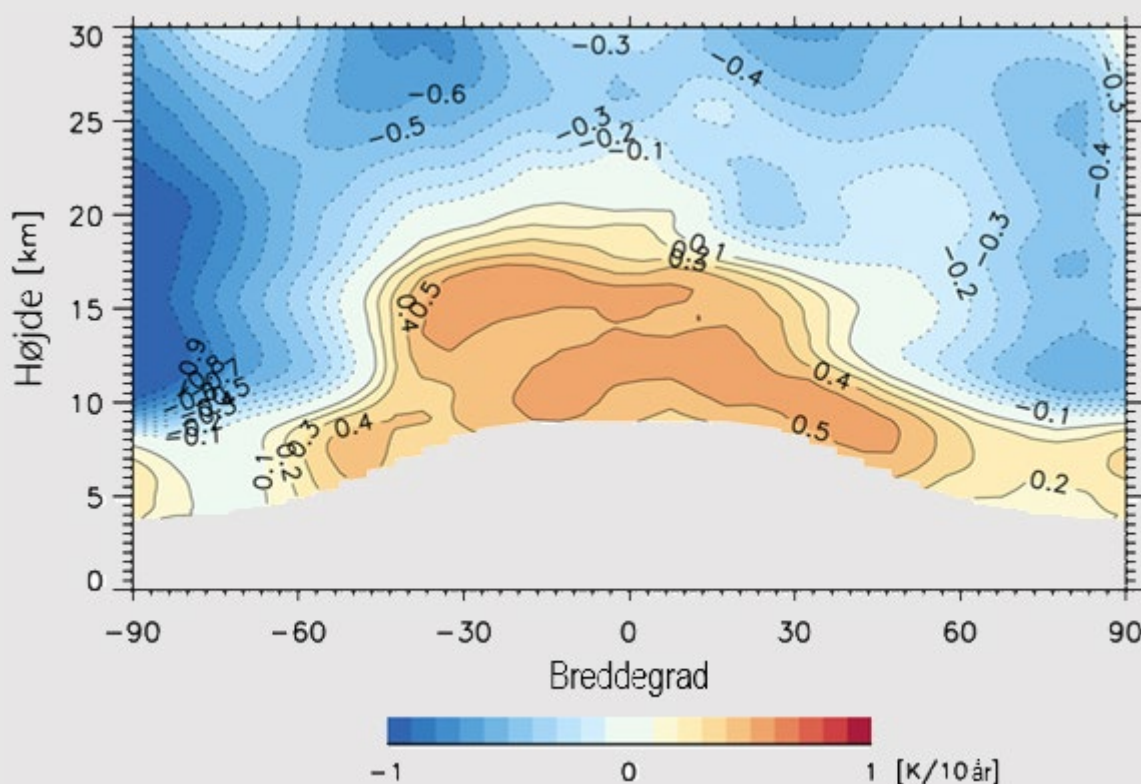
Som nævnt opvarmes alle dele af klimasystemet i takt med den globale opvarmning. Satellitmålinger af forskelle i forskellige lag af atmosfæren kan således vise hvordan opvarmningen også kan spores over overfladen. Konkrete data fra DMI dokumenterer denne opvarmning, så at sige inde i "drivhuset", hvor varmen fanges, mens der samtidig sker en afkøling uden for drivhuset, jf. boks 1.ii.

Boks 1.ii. Temperaturer i atmosfærens forskellige lag

Når koncentration af drivhusgasser stiger i atmosfæren leder det til en opvarmning af den nederste del af atmosfæren, kaldet troposfæren, og en afkøling højere oppe i stratosfæren, se figur 1.D. Temperaturfordelingen op gennem atmosfæren observeres med satellitbaserede teknikker, og giver en vigtig indikation på drivhusgassers rolle i klimaforandringerne. Denne type af data har en høj nøjagtighed og udgør et vigtigt grundlag for både overvågning af klimaforandringer i atmosfæren og test af klimamodellers nøjagtighed.

Menneskeskabt udledning af drivhusgasser har været den primære drivkraft bag opvarmning af troposfæren og med meget stor sandsynlighed også bag den stratosfæriske nedkøling, der er observeret siden 1970'erne. Temperaturændringer i atmosfærens forskellige lag har indflydelse på luftstrømme og -cirkulationer, og kan dermed fx ændre nedbørsmønstre og hyppigheden og intensiteten af cykloner (lavtryk, storme og orkaner).

Figur 1.D. Satellitmålinger af temperaturen i atmosfærens lag



Beskrivelse: Temperaturtrends i atmosfæren fra den midterste troposfære til 30 km højde. Y-aksen viser højden i atmosfæren og x-aksen breddegraden. Trenden – angivet i grader per 10 år – er beregnet fra Radio Okultations-data fra perioden 2002-2024 og er angivet i grader per årti. *Kilde: EUMETSAT ROM SAF⁷.*

Sektion 1.1.2: Fremtidens globale middeltemperatur

Udviklingen i den globale middeltemperatur frem mod år 2100 og derefter afhænger af den fremtidige udledning af drivhusgasser. I beregninger af fremtidens klima med klimamodeller, tager man udgangspunkt i forskellige udledningsscenarier, der beskriver mulige udviklingsforløb for verdenssamfundet og dermed den globale udledning af drivhusgasser. IPCC anvender et sæt af udledningsscenarier, der spænder fra meget lave til meget høje udledninger med forskellige udfald for det fremtidige klima og den globale middeltemperatur (se boks 1.iii.).

Boks 1.iii. IPCC's udledningsscenarier: Shared Socioeconomic Pathways

Udledningsscenarier er forskellige fremskrivninger af fremtidige globale udledninger af drivhusgasser og andre faktorer, som påvirker klimaet (fx partikler fra luftforurening). Internationale forskningssamarbejder udvikler og udvælger en række repræsentative udledningsscenarier, der kan bruges som grundlag for klimamodelberegninger af fremtidens klima. Denne koordinering skal sikre, at de beregnede modelfremskrivninger er konsistente og sammenlignelige på tværs af klimamodeller og hermed skabe et robust datagrundlag, blandt andet for IPCC's hovedrapporter.

IPCC's sjette hovedrapport (2021-2023) benytter sig af et sæt af udledningsscenarier kaldet *Shared Socioeconomic Pathways*, forkortet SSP. SSP'erne er baseret på sammenhængende socioøkonomiske beskrivelser af de fremtidige globale samfundsmæssige udviklinger med følgende overordnede kategorier: SSP1: Bæredygtighed; SSP2: Midtvejsscenarie; SSP3: Regional rivalisering; SSP5: Fossil-drevet udvikling.

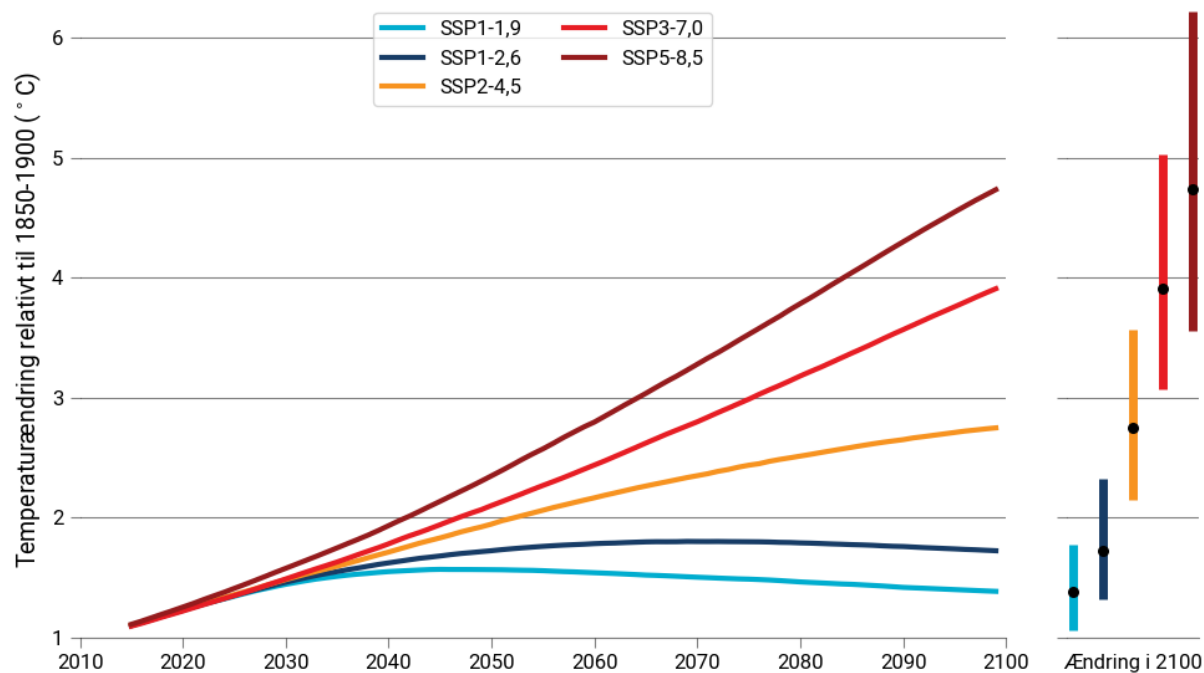
Ud fra de overordnede kategorier har det internationale forskningssamarbejde, der koordinerer klimamodeleksperimenter, udvalgt fem illustrative scenarier for fremtiden. De forskellige navne henviser til en af ovennævnte kategorier samt et efterfølgende kommatal, der beskriver strålingspåvirkningen i år 2100 målt i W/m^2 . De fem udledningsscenarier er:

- *SSP1-1,9* Meget lav udledning med opvarmning under $1,5^{\circ}C$ opvarmning i 2100.
- *SSP1-2,6* Lav udledning med opvarmning under $2^{\circ}C$ opvarmning i 2100.
- *SSP2-4,5* Mellemhøj udledning omtrent tilsvarende nuværende implementerede politikker.
- *SSP3-7,0* Høj udledning med det dobbelte CO_2 -indhold i atmosfæren i 2100.
- *SSP5-8,5* Meget høj udledning.

Klimamodeller verden over benyttes til at beregne de samme fem udledningsscenarier, hvilket leder til robuste estimater af de fremtidige klimaændringer samt usikkerheden på disse. Medianen blandt klimamodellerne benyttes som det 'bedste bud', men spredningen blandt modellerne indikerer det sandsynlige interval for ændringerne (figur 1.E. viser et eksempel på dette; den globale middeltemperatur frem mod år 2100).

Temperaturen forventes at fortsætte med at stige, så længe udledningen af drivhusgasser fortsætter – eller i hvert fald så længe udledningen er højere end optaget eller fjernelsen af drivhusgasser fra atmosfæren. Såfremt den globale udledning af drivhusgasser ophørte øjeblikkeligt, ville den globale opvarmning følge med inden for et par år. Det vil dog tage et par årtier at kunne skelne ændringen fra den naturlige variabilitet. Andre aspekter af klimaforandringerne standser ikke, når drivhusgasudledningen ophører (eller bliver netto negativ)⁸. Det gælder særligt havniveaustigningen (se afsnit 1.3).

Ifølge UNEP's Emissions Gap Report 2024⁹, vil en fortsættelse af nuværende klimapolitik verden over føre til en global opvarmning i 2100 på omkring $3,1^{\circ}C$ over det førindustrielle niveau. Det stemmer omtrent overens med det mellemhøje udledningsscenarie fra IPCC's seneste hovedrapport (se den orange kurve, SSP2-4,5, på figur 1.E.). Ved en fuld implementering af nuværende uforpligtende klimamål (NDC'er) forventes i stedet en opvarmning på $2,6-2,8^{\circ}C$. Læs også mere herom i kapitel 2.

Figur 1.E. Ændring i den globale middeltemperatur 2015-2100


Beskrivelse: Ændring i den gennemsnitlige globale middeltemperatur (2015-2100) for fem af IPCC's SSP-scenarier fra det laveste udledningsscenarie (SSP1-1,9, lyseblå) til det højeste (SSP5-8,5, mørkerød). Højre panel angiver spænd for usikkerheder. Kilde: IPCC AR6¹⁰.

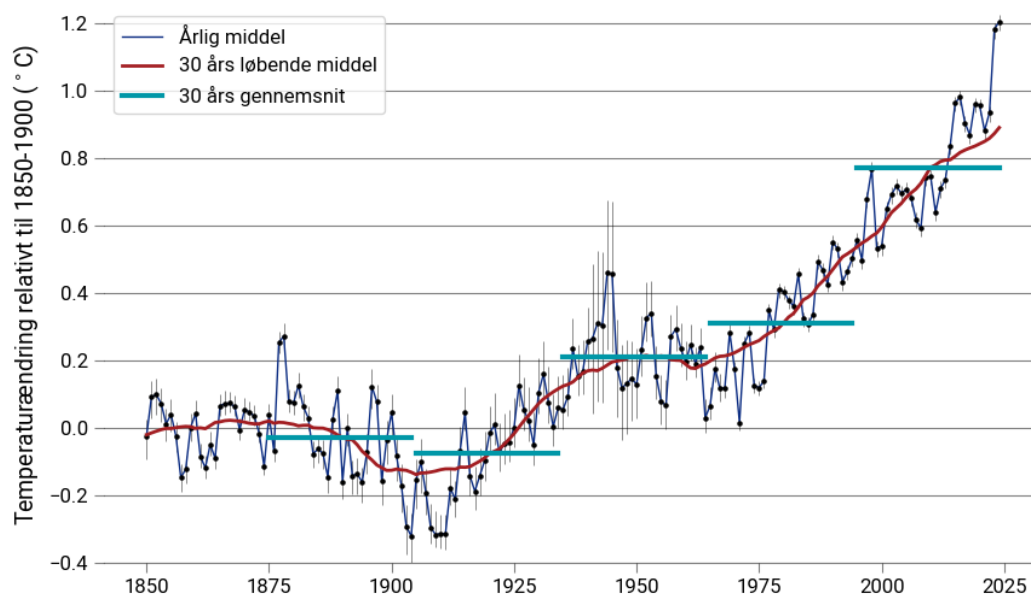


Afsnit 1.2: Havtemperaturer

Sektion 1.2.1: Den globale havoverfladetemperatur

Verdenshavene har optaget langt størstedelen (91 %) af den ekstra varmeenergi, som menneskeskabt drivhusgasudledning har medført¹¹. Det kan observeres gennem stigende havtemperaturer særligt i havets overflade. Den globale havoverfladetemperatur er steget 0,9 °C ift. førindustrielt niveau, hvoraf størstedelen af denne stigning er sket siden 1980, se figur 1.F. Havtemperaturstigninger følger generelt stigninger i lufttemperaturen, men i et lavere tempo, da det kræver mere energi at opvarme havet end atmosfæren.

Figur 1.F. Ændring i den gennemsnitlige havoverfladetemperatur



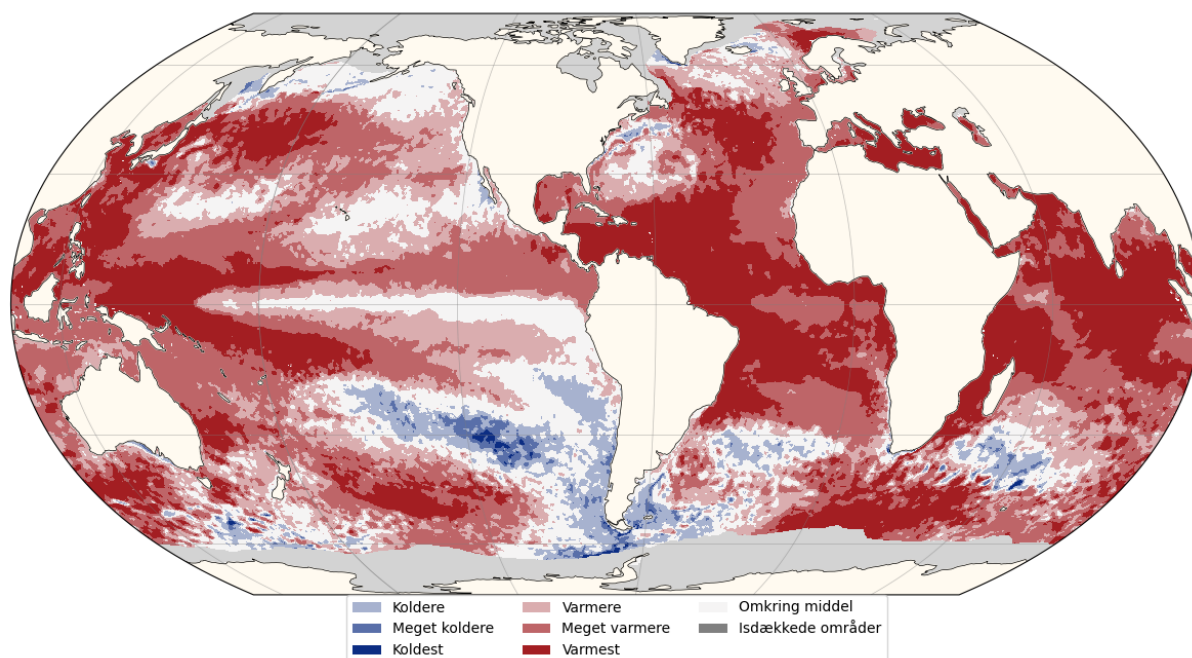
Beskrivelse: Ændringer i den observerede gennemsnitlige havoverfladetemperatur (blå kurve) i forhold til perioden 1850-1900. De horisontale blå linjer viser 30 års gennemsnit, mens den røde kurve er et 30 års løbende gennemsnit. Vertikale sorte linjer indikerer et usikkerhedsinterval på 95%. *Kilde: DMI på baggrund af HADSST.4.1.1.0*¹².

Stigende havtemperaturer er en tendens der ses i alle verdenshave. I 2024 nåede den gennemsnitlige globale havoverfladetemperatur det højeste niveau hidtil målt. I havene uden for de polare områder var gennemsnits-temperaturen 20,87°C i 2024, hvilket er 0,51°C højere end gennemsnittet for perioden 1991-2020. I årets første seks måneder var havoverfladetemperaturen rekordhøj, mens den i de sidste seks måneder af året var den næstvarmeste temperatur nogensinde målt kun overgået af 2023.

Året 2024 var samtidig præget af de aftagende effekter af den stærke El Niño i 2023. Høje havoverfladetemperaturer blev alligevel registreret i de fleste havbassiner og nåede rekordhøje temperaturer i Nordatlanten, det vestlige Stillehav og Det Indiske Ocean (se figur 1.G.). Menneskeskabt opvarmning er hovedårsagen til de høje havoverfladetemperaturer i 2024, med El Niño som en kraftig, men midlertidig, forstærkende faktor. Derudover har aerosoler, vulkanudbrud, solcyklus og naturlig variation bidraget til den usædvanlige varme i 2024 (læs mere i boks 1.iv.).



Figur 1.G. Ekstremer og anomalier i havoverfladetemperaturen i 2024



Beskrivelse: Temperaturanomalier og ekstremer i havene i 2024 sammenlignet med gennemsnittet for 1991-2020. Kortet viser områder, hvor havoverfladetemperaturen har været henholdsvis koldest/varmest i 2024; meget varmere/koldere 1991-2020 (10./90. percentil)), varmere/koldere (33.3./66.7. percentil) og omkring middel (mellem 33.3. og 66.7. percentil). Kilde: ERA5¹³.

Boks 1.iv. Hav- og havsoverfladetemperatur

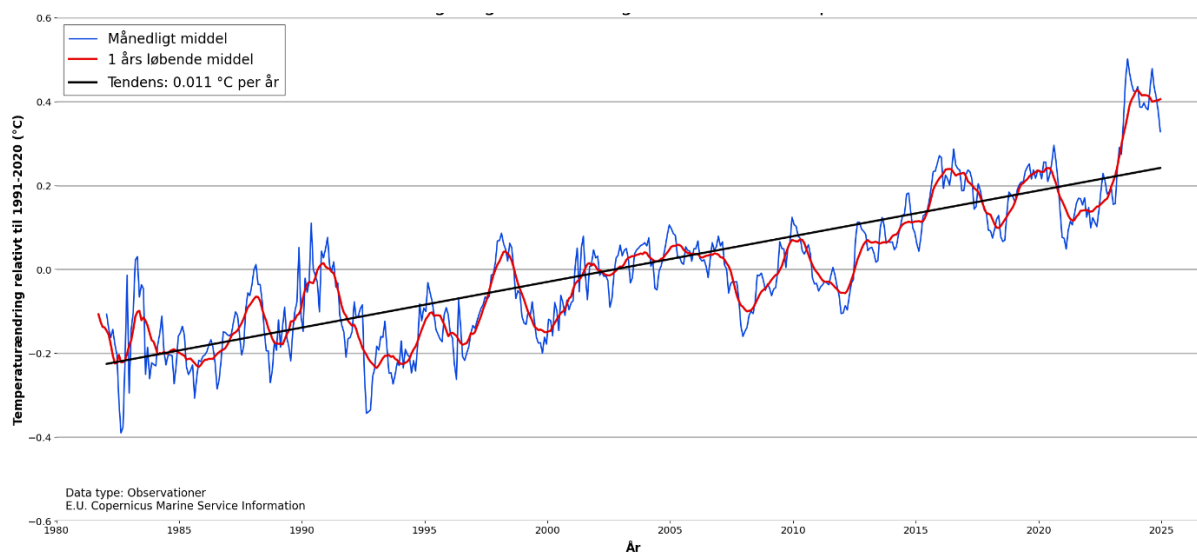
Havoverfladens temperatur kan måles ved hjælp af satellitdata – men der er forskellige metoder til at opnå estimater af den igangværende opvarmning. Traditionelt udelukkes områder, der er dækket af havis fra estimerne. Ved kun at betragte havoverfladetemperatur i isfri områder, udelukkes opvarmningen i områder med havis, hvilket kan give et misvisende billede af temperaturændringerne i disse områder, og særligt områder som tidligere var dækket af havis, men nu er åbent vand. Nye data fra DMI, der inkluderer både hav- og havsoverfladetemperatur, viser, at stigningen i overfladetemperatur på havet er omkring 40 % større sammenlignet med kun at betragte havoverfladetemperatur, hvor der antages en konstant temperatur i havisdækkede områder¹⁴.

Den nye globale dataserie over hav- og havsoverfladetemperatur fra 1982 til 2024 er udarbejdet på baggrund af satellitobservationer gennem EU's klimatjeneste (Copernicus). Datasættet kombinerer infrarøde og mikrobølgebase-rede satellitobservationer og giver daglige, globalt dækkende temperaturer over havet og havisen. Netop denne kombination giver et mere konsistent og retvisende estimat af temperaturændringer i områder med havis.

Figur 1.H. viser globale månedlige middelafrigelser i hav- og havsoverfladetemperatur for perioden 1982–2024 i forhold til referenceperioden 1991–2020. Der er i perioden sket en gennemsnitlig temperaturstigning på 0,124 °C per årti, hvilket svarer til en global temperaturstigning på ca. 0,5 °C siden 1982.

Temperaturstigningen er markant større i de arktiske områder sammenlignet med stigningerne i resten af verden, hvilket forklarer, hvordan områder præget af havis kan bidrage med 40% i den globale tendens.

Figur 1.H. Globale hav- og havsoverfladetemperatur afvigelser i forhold til 1991-2020.



Beskrivelse: Globale hav- og havsoverfladetemperatur anomalier (afvigelser) i forhold til 1991-2020. Den blå linje angiver de månedlige anomalier, den røde linje angiver de årlige anomalier, og den sorte linje viser den positive lineære trend. *Kilde:* DMI på baggrund af Copernicus Climate Change Service (C3S)¹⁵.

Sektion 1.2.3: Marine hedeølger

I løbet af de seneste årtier er forekomsten af marine hedeølgerⁱⁱ steget markant. Siden satellitmålinger af havoverfladetemperatur begyndte i 1982 er hyppigheden af marine hedeølger omtrent fordoblet, og hændelserne er samtidig blevet både længerevarende og mere intense. Satellitobservationer viste en ny global rekord for marine hedeølger på 116 dage i 2023¹⁶, en stigning fra 86 dage i 2016¹⁷. Det årlige antal dage med marine hedeølger er steget med ca. 54 % mellem midten af det 20. århundrede og perioden 1987–2016. Hyppigheden af ekstreme marine hedeølger er mere end tyve gange det tidligere niveau¹⁸, se boks 1.v. om marine hedeølger.

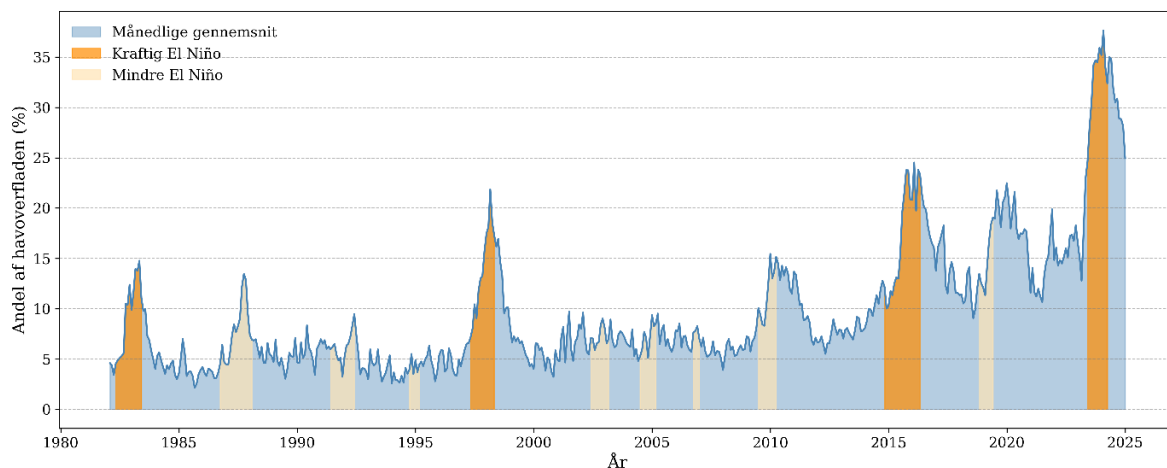
Marine hedeølger forventes at blive markant mere intense og vil udgøre en stigende trussel mod havets økosystemer gennem det 21. århundrede¹⁹. Selv under moderate udledningsscenarier forventes marine hedeølger at gå fra at være sjældne undtagelser fra normalen til at blive regelmæssige hændelser med større intensitet. De største stigninger forventes i det tropiske Stillehav og i Arktis.

Boks 1.v.(a) Marine hedeølger

I 2023 nåede de globale havtemperaturer hidtil usete niveauer. I 2023 oplevede cirka 90% af havoverfladen mindst én marin hedeølge det år²⁰. Mange regioner, herunder dele af det nordlige Atlanterhav, det vestlige Stillehav og Det Indiske Ocean, forblev i næsten kontinuerlige hedeølgetilstande i flere måneder.

Udbredelsen af marine hedeølger i havoverfladen har siden satellitobservationernes start i 1980'erne, og særligt de seneste 12 år, haft en stigende tendens, se figur 1.I. Det månedlige gennemsnit af andelen af havoverfladen, der var dækket af marine hedeølger, slog rekord i 2024 med 37 %. Dette hænger sammen med den kraftige El Niño i 2023/2024.

Figur 1.I. Udbredelsen af marine hedeølger i perioden 1982-2024



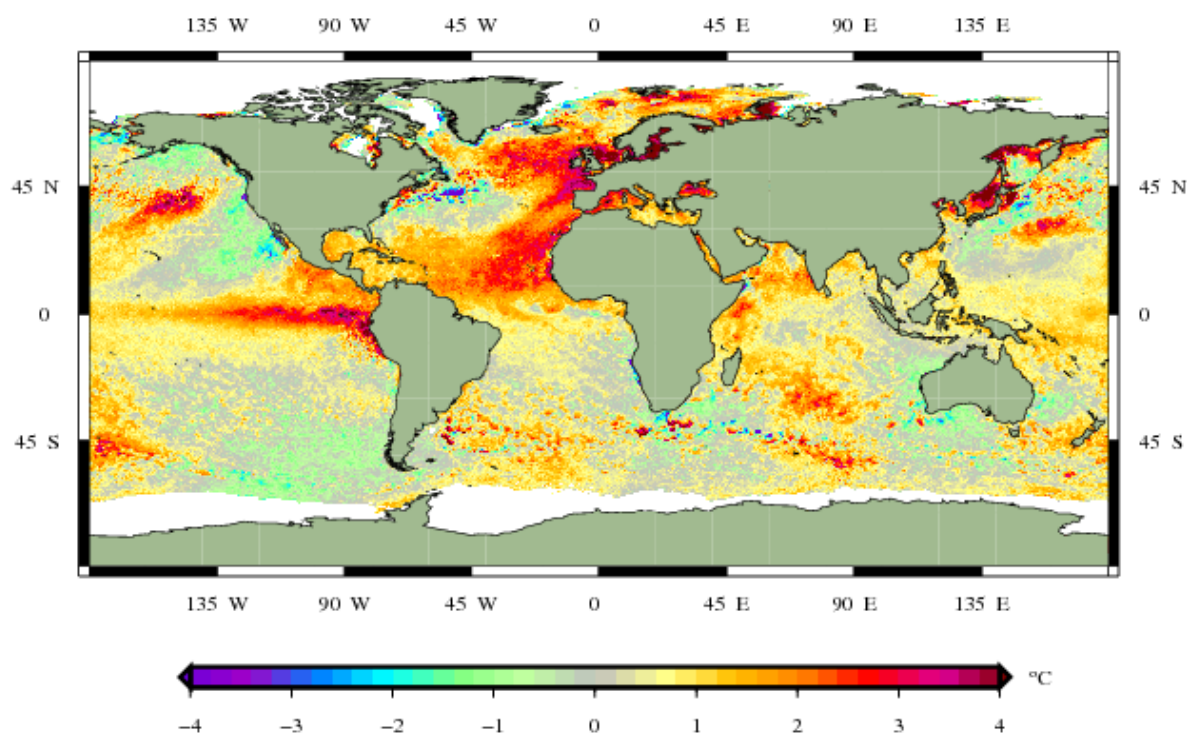
Beskrivelse: Andel af den globale havoverflade (i procent), hvor der er registreret marine hedeølger sammenholdt med El Niño år i perioden 1982-2024. Kilde: Hayward et al., 2025²¹.

ⁱⁱ Marine hedeølger er afgrænsede perioder med unormalt høje havtemperaturer sammenlignet med det lokale daglige gennemsnit.

Boks 1.v.(b) Den Nordatlantiske marine hedebløge i 2023 – en blanding af adskillige faktorer

Den høje globale havtemperatur var i 2023 særligt udtalt i Nordatlanten (se figur 1.J.). Den meget varme havoverflade i Nordatlanten skyldes en kombination af flere faktorer. Først og fremmest den menneskeskabte opvarmning, hvor stigende koncentrationer af drivhusgasser har hævet havets gennemsnitstemperaturer over tid. Dertil kom afledte effekter af El Niño, som bidrog til midlertidige globale temperaturstigninger og ændrede de atmosfæriske forhold over store dele af kloden. Samtidig førte svage overfladevinde i regionen til, at solens varme mere effektivt kunne opvarme havoverfladen, fordi der skete mindre opblanding med koldere vand fra dybere lag. En anden væsentlig faktor var, at mængden af støv fra Sahara-ørkenen over Atlanterhavet var lavere end sædvanligt. Normalt hjælper dette støv med at reflektere sollys før det rammer havoverfladen. Mindre støv lader mere solenergi nå ned til havet og øger opvarmningen. Derudover har der været færre skyer og dermed mere solindstråling der når overfladen end normalt, hvilket også bidrog til at hæve havtemperaturerne. Endelig har nye internationale regler om skibsudledninger ført til en markant reduktion i udslippet af svovlholdige partikler fra skibe, der tidligere blev udledt ved afbrænding af tung bunkerolie²². Disse partikler har reflekteret sollyset med en afkølede effekt, der nu mindskes grundt færre udledninger. Samspillet mellem disse faktorer har bidraget til rekordhøje havtemperaturer i Nordatlanten, og de relaterede marine hedebløge med potentielt store konsekvenser for fx vejr- og økosystemer i området.

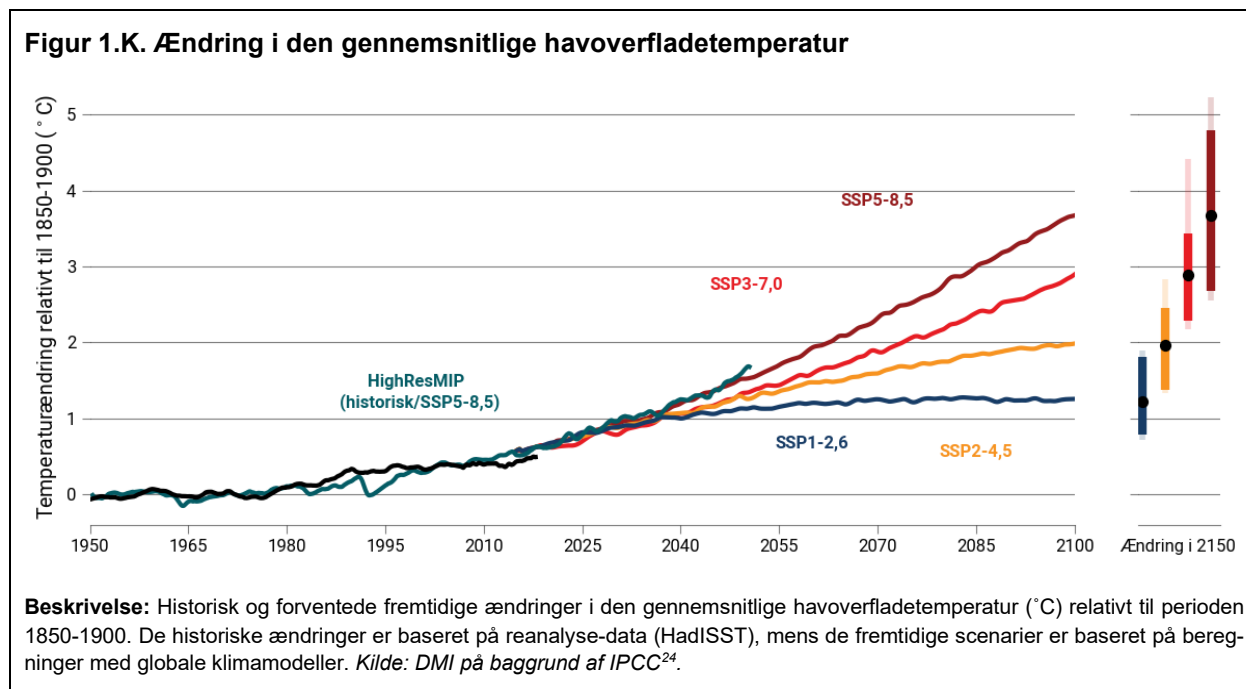
Figur 1.J. Nordatlantisk marin hedebløge i 2023



Beskrivelse: Ændringer i havoverfladetemperaturen den 26. juni 2023 relativt til perioden 1985-2003. Blandt andet er havets overflade i Nordatlanten og i det østlige Stillehav omkring 4°C højere end normalt. *Kilde:* DMI²³.

Sektion 1.2.4: Fremtidens havoverfladetemperaturer

De globale havtemperaturer vil fortsætte med at stige adskillige århundreder. Haves opvarmes fra overfladen af den nu varmere atmosfære, og varmen cirkuleres langsomt rundt og ned i dybhavet. Hvor meget temperaturen i havet stiger fremover afhænger af udviklingen af den globale opvarmning, der afhænger af koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren. Den globale gennemsnitlige havoverfladetemperatur stiger mellem cirka 1 og 5 °C frem mod år 2100 for henholdsvis det meget lave og meget høje udledningsscenarie, se figur 1.K. Med verdens nuværende klimapolitikker, der omtrent svarer til det mellemhøje udledningsscenarie (se den orange kurve, SSP2-4,5) forventes en stigning på i slutningen af århundredet på mellem 2 og 3 °C.



Afsnit 1.3: Havniveaustigninger

Stigninger i havniveauet er en konsekvens af global opvarmning. Opvarmningen medfører en øget afsmeltning af gletsjere samt iskapperne i Grønland og Antarktis, hvilket tilføjer smeltevand til verdenshavene og bidrager til et stigende havniveau. Samtidigt udvider havet sig som følge af opvarmningen, hvilket yderligere øger havniveauet. Afsmeltning fra iskapperne og varmeudvidelse af havet vil fortsætte årtier til århundreder, uanset hvor store mængder drivhusgas, der udledes fremover. Hastigheden og den samlede stigning vil dog afhænge også af de fremtidige globale udledninger. Havniveauet har ændret sig markant over tid, se boks 1.vi.

Boks 1.vi. Havniveauet langt tilbage i tiden

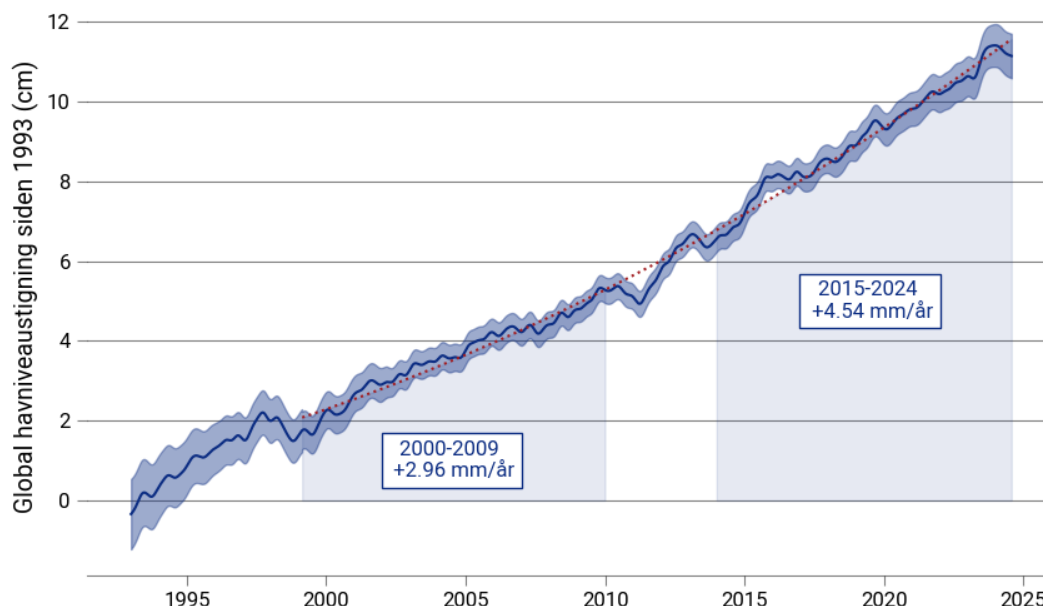
Studier af tidligere tiders klima – såkaldt palæo-klimaforskning – giver vigtige indblik i, hvordan Jordens havniveau har reageret på naturlige klimaændringer gennem millioner af år. Ved at analysere marine sedimenter, koraller, iskerner og kystnære aflejringer kan forskere rekonstruere tidligere havniveauer og temperaturer.

Havniveauet var 120 meter lavere end i dag under den sidste istid for 20.000 år siden. Klimaet var 5 °C koldere og store dele af Jordens vand var låst fast i store iskapper, særligt over Skandinavien og Nordamerika. Havniveauet har modsat været op til 75 meter højere for 50 millioner år siden under en meget varm periode, der var 10-18 grader varmere end i dag²⁵.

Sektion 1.3.1: Observeret havniveaustigning

Det globale havniveau er steget mere end 20 centimeter²⁶ siden år 1900 og stigningen accelererer. I det seneste årti (år 2015-2024) er det globale havniveau i gennemsnit steget med 4,7 millimeter om året, hvilket er en fordobling af hastigheden i forhold til perioden 1993-2002²⁷ (se figur 1.L.). Det globale gennemsnitlige havniveau nåede det højeste niveau nogensinde målt i 2024²⁸. Havniveauet er i det 20. århundrede steget hurtigere end i noget andet århundrede de seneste 3000 år²⁹.

Figur 1.L. Global havniveaustigning målt med satellitter



Beskrivelse: Udvikling i det gennemsnitlige globale havniveau 1993-2024. Den blå streg viser den årlige gennemsnitlige havniveaustigning siden 1993, mens den stiplede røde linje viser tendensen. De markerede områder viser den gennemsnitlige stigningsrate perioderne 2000-2009 og 2015-2024. *Kilde: CMEMS Ocean Monitoring Indicator based on the C3S sea level product³⁰*

Varmeudvidelsen af havet, som følge af den globale opvarmning, kan forklare omkring halvdelen af den havniveaustigning, der fandt sted i perioden 1971-2018. Afsmeltnings af iskapper og gletsjere bidrog med henholdsvis 20 % og 22 % i samme periode, mens de sidste 8 % af havniveaustigningen kan forklares af tab i andre vandmagasiner på landarealer (fx grundvand, vandløb og søer), der er endt i havet³¹. I takt med at gletsjere svinder ind og afsmeltnings af Grønlands og Antarktis' iskapper accelererer, udgør afsmeltnings af iskapper en stadig større andel af forklaringen på det stigende havniveau. Det relative bidrag fra afsmeltnings fra Antarktis og Grønland er næsten dobbelt så stort, hvis man kun betragter perioden siden 2016.

Sektion 1.3.2: Globale havniveaustigninger i fremtiden

Det globale havniveau vil fortsætte med at stige gennem det 21. århundrede, men stigningens størrelse og hastighed afhænger af omfanget af drivhusgasudledninger i fremtiden. På lang sigt, flere århundreder frem, er en havniveaustigning på flere meter uundgåelig, da havniveauet vil fortsætte med at stige, selv hvis de globale drivhusgasudledninger reduceres eller helt stoppes³². Verdens nuværende klimapolitikker forventes at medføre cirka 3 °C global opvarmning i år 2100³³, hvilket som median-estimat og med primært velkendte processer i klimasystemet vil medføre global havniveaustigning på 50-60 cm i slutningen af århundredet relativt til i dagⁱⁱⁱ. Dette tal er, som alle andre modelfremskrivninger, behæftet med usikkerheder, og lægger man de klimamodeller, der beregner en større stigning til grund, kan en havniveaustigning på op til ca. 90 cm i år 2100 ikke udelukkes^{iv}. Hvis Verdens lande øger de globale drivhusgasudledninger markant i forhold til den aktuelle forventning, forventes som median-estimat en gennemsnitlig global havniveaustigning på 80 cm i år 2100^v. Fremskrivningerne er dog i dette scenarie med meget høj opvarmning yderligere usikre på grund af begrænset viden om iskappernes afsmeltnings og stabilitet, hvorfor stigningen kan være op til 1,8 m globalt^{vi}.

Mere end 1,8 m global havniveaustigning er meget usandsynligt de næste 75 år, selv i ekstreme scenarier for afsmeltnings af iskapper og gletsjere og med meget høje drivhusgasudledninger, mens havniveaustigninger på mere end 2,2 m globalt er ekstremt usandsynlige, men dog ikke kan udelukkes^{vii}.

Efter år 2100 vil det globale gennemsnitlige havniveau fortsætte med at stige i århundreder på grund af fortsat varmeoptag i dybhavet og massetab fra Grønlands- og Antarktis-iskapperne, og vil forblive forhøjet i tusinder af år. I en fremtid, hvor den globale opvarmning begrænses til under 2°C, kan det globale havniveau stige mellem en halv og 3 m i år 2300, mens der i et fremtidsscenarie med meget høj udledning af drivhusgasser, som er markant over de nuværende globale klimapolitikker, forventes en stigning på 2-7 meter i år 2300³⁴.

Tipping points^{viii} spiller en afgørende rolle i de højeste estimater (dvs. estimater over medianen) af havniveaustigning³⁵. Der er risiko for overskridelse af iskappernes tipping points selv inden for 1,5-2 °C global opvarmning^{36,37,38}, og det er netop de risici, der er indregnet i IPCC's fremskrivninger, se usikkerhedsspændet yderst til højre i figur 1.M. Risikoen for høje havniveaustigninger som konsekvens af tipping points vokser markant efter år 2100, især i scenarier med meget høje drivhusgasudledninger, og en global stigning på mere end 16 m er teoretisk muligt i dette scenarie³⁹. Læs mere om usikkerhederne ved fremskrivning af havniveaustigninger i fremtiden i boks 1.vii.

Selvom den termiske udvidelse af havet vil begynde langsomt at falde omkring 2.000 år efter, at udledningerne ophører, betyder de langsommere reaktioner fra Grønlands- og Antarktis-iskapperne, at det globale gennemsnitlige havniveau vil fortsætte med at stige i 10.000 år under de fleste scenarier⁴⁰.

ⁱⁱⁱ IPCC's udledningsscenarier. Fra SSP2-4,5 median (inkl. "low confidence processes") til SSP3-7,0 median (ekskl. "low confidence processes").

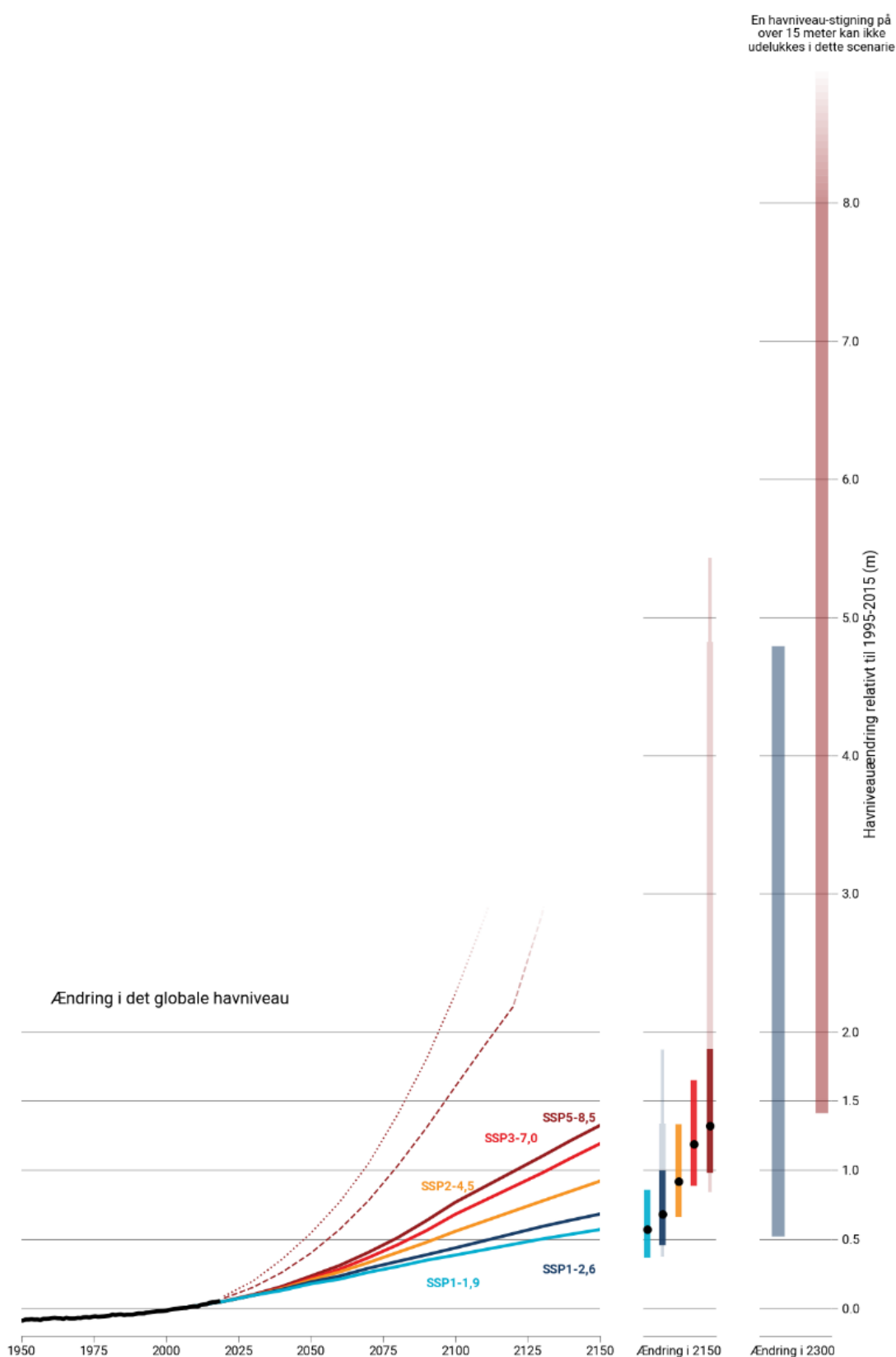
^{iv} IPCC's udledningsscenarier. SSP3-7,0 90. percentil (ekskl. "low confidence processes").

^v IPCC's udledningsscenarier. SSP5-8,5 median (inkl. "low confidence processes").

^{vi} IPCC's udledningsscenarier. SSP5-8,5 90. percentil (inkl. "low confidence processes"); "very unlikely to be exceeded" (IPCC termer).

^{vii} SSP5-8,5 95th percentil (inkl. "low confidence processes"); extremely unlikely to be exceeded (IPCC termer).

^{viii} Et tipping point er en kritisk tærskel, som kan udløse en væsentlig og potentielt uoprettelig forandring i klimasystemet, hvis tærsklen overskrides.

Figur 1.M. Observerede og projicerede ændringer i det globale havniveau


Beskrivelse: Historisk målt havniveaustigning (sort linje) og projicerede fremtidige havniveaustigninger ud fra forskellige udledningsscenarioer. *Kilde: IPCC⁴¹.*

Havniveaustigningerne vil få omfattende globale konsekvenser⁴². Det er ikke gennemsnitsændringen vi kommer til at opleve mærkbart, men derimod at ekstremene rammer hårdere end tidligere. Allerede i dette århundrede forventes ekstreme stormfloder at forekomme langt hyppigere end tidligere. Hændelser, der i dag kun optræder én gang hvert hundrede år, vil i 2100 være almindelige og ramme mange lavtliggende byer og små øer årligt eller en gang hvert andet år, uanset hvilket klimascenarie vi følger. Oversvømmelser, der i dag forekommer én gang om året eller hvert andet år, vil i fremtiden kunne opstå ugentligt eller endda dagligt. For nogle lavtliggende kystområder betyder det, at de vil blive permanent oversvømmet.

Boks 1.vii. Usikkerheder ved fremskrivning af havniveaustigning

I klimaforskningen anvendes målinger, klimamodeller og statistik til at fremskrive, hvordan fremtidens klima udvikler sig. Helt fundamentalt er beregninger af fremtidens klima usikre, fordi de tager udgangspunkt i antagelser om hvor store mængder drivhusgas, der udledes fremover. Dertil kommer, at klimamodellerne giver varierende fremskrivninger af fremtidige klimaforandringer. Det skyldes at klimamodellerne indeholder forskellige matematiske formuleringer af centrale fysiske processer i klimasystemet. F.eks. behandler klimamodellerne dannelse af skyer forskelligt. Det betyder, at nogle modeller danner meget regn i bestemte områder, mens andre danner mindre og at nogle modeller er relativt varme, mens andre er køligere. Havniveaustigningen generelt, og særligt afsmeltningen fra iskapperne, påvirkes bl.a. af nedbør, temperatur og mængden af skyer, og derfor er der betydelig variation i fremskrivningerne af det globale havniveau. Usikkerhederne bliver dertil større, desto længere ud i fremtiden der fremskrives.

IPCC har vurderet forskning, der beskriver processer i iskapper, som kan føre til hurtige havniveaustigninger, og dermed bidrager til en yderligere forhøjet usikkerhed. IPCC karakteriserer disse processer ved *low confidence* (begrænset tillid), som skyldes begrænset viden om iskappernes langsigtede stabilitet i Antarktis og Grønland. Der er især usikkerhed relateret til afsmeltning og ustabilitet forårsaget af vand, der trænger ind under isen, samt kollaps af isklipper fra kystnære områder – primært for iskappen på Vestantarktis⁴³. Usikkerhederne vokser over tid og med stigende global opvarmning, og usikkerhederne forøges markant efter år 2100. Processerne, der gør iskappen på Vestantarktis ustabil, er muligvis startet, men de mulige konsekvenser i form af flere meters havstigning vil med stor sandsynlighed ikke indtræffe inden år 2100.

IPCC vurderer på tværs af forskningen før år 2021, at mens flere meters havniveaustigning over få århundreder er muligt, er sandsynligheden lav. KlimaAtlas medregner, ligesom IPCC, disse processer i scenarier for fremtidens havniveau.



Danmarks Meteorologiske Institut





Danmarks Meteorologiske Institut

Kapitel 2: Globale drivhusgasudledninger og -reduktioner

Atmosfærens stigende indhold af drivhusgasser, forårsaget af udledninger fra menneskelig aktivitet, er hovedårsagen til de igangværende klimaforandringer. I dette kapitel præsenteres det stigende indhold af drivhusgasser i atmosfæren og de mest sandsynlige scenarier for den fremtidige temperaturudvikling.

Dette kapitel omhandler udviklingen i udledning til og indhold af de globale drivhusgasudledninger i atmosfæren (2.1) samt Parisaftalens målsætning og fremtidens drivhusgasudledninger (2.2).

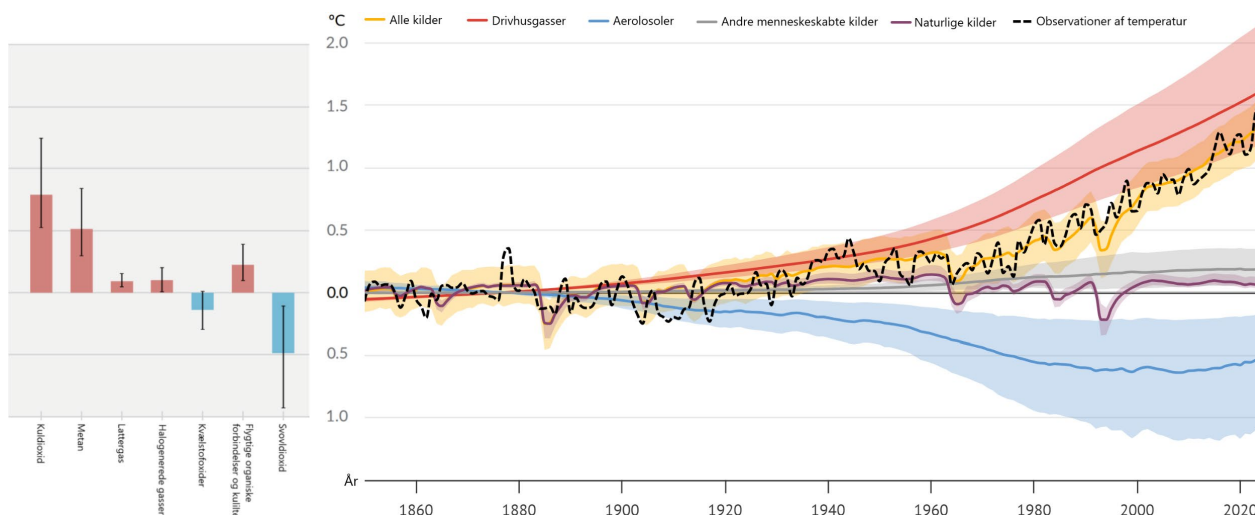
Afsnit 2.1: Globale drivhusgasudledninger

Sektion 2.1.1: Drivhusgasudledninger

Den årlige globale drivhusgasudledning satte rekord i 2023 med 57,1 mia. ton CO₂e^{ix,44}. Menneskeskabte CO₂-udledninger kommer primært fra afbrænding af fossile brændstoffer, men der er også et betydeligt bidrag fra ændringer i arealanvendelse, særligt i form af skovrydning⁴⁵. Menneskeskabte udledninger af metan (CH₄) stammer hovedsageligt fra landbrug, udvinding og transport af fossile brændstoffer og affald⁴⁶, mens menneskeskabt udledning af lattergas (N₂O) hovedsageligt skyldes anvendelse af kvælstofgødning i landbrug, men også afbrænding af biomasse og industrielle processer⁴⁷.

Fra tiden inden den industrielle revolution til perioden 2010–2019 er Verden blevet 1,1 °C varmere, og bidragene fra de vigtigste kilder til denne opvarmning viser at CO₂ er den største enkeltbidragsyder til den menneskeskabte globale opvarmning, mens metan og lattergas også er betydelige kilder, se figur 2.A. Derudover har CO₂ en lang levetid i atmosfæren, så den nuværende udledning vil have en effekt i mere end tusind år, modsat fx metan, der har en levetid på 12 år (læs mere i boks 2.i.). Opvarmningen fra drivhusgasserne dæmpes delvist af en kølende effekt fra aerosoler som svovldioxid og kvælstofoxider, se figur 2.A.

Figur 2.A. Kilder til global opvarmning



Beskrivelse: Venstre panel: De vigtigste kilder og deres aktuelle bidrag til den globale opvarmning fra det førindustrielle niveau (1850–1900) til perioden 2010–2019. Positive værdier (rød) indikerer bidrag til opvarmning, mens negative værdier (blå) indikerer bidrag til afkøling. Højre panel: Kilder til global opvarmning siden år 1850 opdelt efter type. Hver linje viser pågældende kildes bidrag til global opvarmning, mens de skraverede områder viser usikkerhedsspænd. *Kilde: venstre: IPCC (2021)⁴⁸; højre: Carbon Brief (2025)⁴⁹.*

^{ix} CO₂e eller "CO₂-ækvivalenter" betegner en omregningsfaktor af drivhusgasserne mhp. at gøre dem sammenlignelige ift. indvirkning på drivhuseffekten. Se desuden boks 2.1.



Boks 2.i. Langlivede og kortlivede drivhusgasser

De væsentligste drivhusgasser – CO₂, metan og lattergas – har forskellige levetider i atmosfæren, på henholdsvis tusinder af år^x, 12 år og 109 år. Estimer af opvarmningseffekten, når forskellige drivhusgasser sammenlignes, afhænger af tidshorisonten, der betragtes. De forskellige levetider betyder, at det særligt er mængden af tilbageværende CO₂ i atmosfæren, som er afgørende for klimaet på længere sigt. Metan omdannes relativt hurtigt til CO₂ og vanddamp i atmosfæren, så drivhuseffekten af den udledte metan vil aftage efter få årtier. Den CO₂, der dannes ved nedbrydningen af metan, er forsvindende lille i det samlede klimaregnskab (atmosfærens indhold af metan svarer til under 1% af CO₂-indholdet). Levetiden på 12 år for metan er en beregnet effektiv levetid, som også omfatter afledte effekter. Da lattergas og særligt CO₂ forbliver meget længere i atmosfæren er det i et langsigtet perspektiv også de mest centrale drivhusgasser at undgå for at forblive under langsigtede temperaturgrænser. Hvis ikke CO₂ reduceres vil det ophobes i atmosfæren og føre til yderligere opvarmning på længere sigt. Således øges nødvendigheden af teknologier til at fjerne CO₂ fra atmosfæren, hvis Verden skal vende tilbage til lavere niveauer af opvarmning. Metan-reduktioner er centrale for at undgå at bestemte temperaturgrænser overskrides på kort sigt, men er ikke på samme måde centrale for den langsigtede temperaturudvikling.

Klimametrik

For at sammenligne drivhusgassers klimaeffekt anvendes deres globale opvarmningspotentiale (*global warming potential*, GWP). Det angiver, hvor meget opvarmning ét kilo af en given udledt gas bidrager med over en fastsat tidsperiode, sammenlignet med ét kilo CO₂^{50,51}. I international praksis, beregnes opvarmningseffekten over en 100-årig periode, hvilket også er gældende for opgørelser i relation til Parisaftalen⁵². IPCC opgør, at metans globale opvarmningspotentiale er 27-30 over en 100-årig periode⁵³. IPCC understreger, at valget af tidsperiode har stor betydning for, hvordan bidragene til de samlede globale drivhusgasudledninger (CO₂e) fordeler sig på sektorer og nationer. Pga. metans korte levetid har gassen stort GWP på "kortere" tidsskalaer (fx 100 år), mens GWP for metan falder, når tidsskalaen forlænges til fx flere århundreder.

^x IPCC angiver, at CO₂ har en effektiv levetid på mellem 300 og 1.000 år, men en del (omkring 20–40 %) kan forblive i atmosfæren i over 10.000 år, før den helt forsvinder.

Sektion 2.1.2: Atmosfærens indhold af drivhusgasser

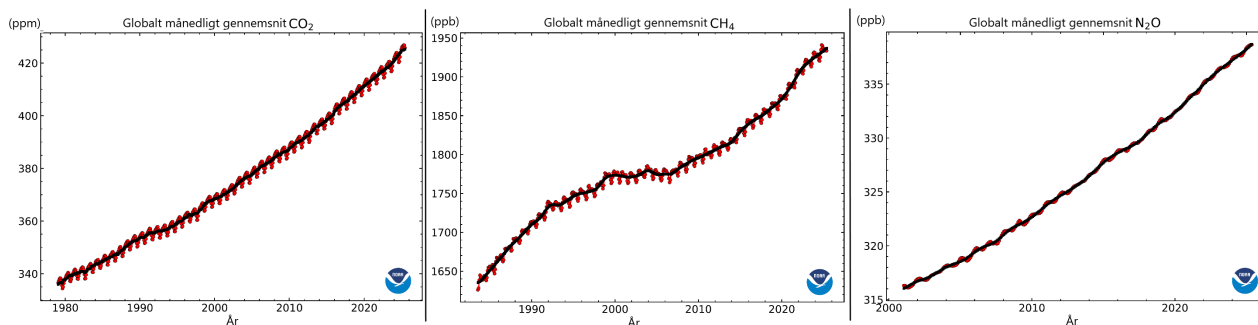
Koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren er steget markant siden industrialiseringen. Udledningen stiger fortsat, se figur 2.B., og stigningen er utvetydigt forårsaget af menneskelige aktiviteter. De nuværende niveauer er uden fortilfælde i menneskehedens historie⁵⁴.

Koncentrationen af CO₂ i atmosfæren er steget fra 278 ppm i førindustriel tid (1750)⁵⁵ til 427,9 ppm i juli 2025⁵⁶, hvilket svarer til en stigning på mere end 50 %. Stigningen har været størst siden begyndelsen af 1960'erne, hvor koncentrationen var 320 ppm⁵⁷. Den nuværende koncentration af CO₂ er den højeste nogensinde målt og højere end på noget andet tidspunkt inden for de seneste to millioner år⁵⁸.

I april 2025 nåede koncentrationen af metan i atmosfæren op på 1934,9 ppb⁵⁹, hvilket svarer til en næsten tredobling af det førindustrielle niveau på 729 ppb⁶⁰. Den nuværende koncentration er den højeste nogensinde målt, og højere end på noget andet tidspunkt inden for de seneste 800.000 år⁶¹.

Lattergas har også nået rekordhøje værdier med en koncentration på 338,7 ppb i april 2025⁶², svarende til en stigning på omkring 25 % fra det førindustrielle niveau på 270 ppb⁶³.

Figur 2.B. Udvikling i atmosfærisk koncentration af drivhusgasser



Beskrivelse: Udvikling i atmosfærens koncentration af CO₂ (CO₂) i ppm til venstre, metan (CH₄) i ppb midterst og lattergas (N₂O) i ppb til højre. *Kilde:* NOAA Global Monitoring Laboratory⁶⁴.

Afsnit 2.2: Parisaftalens målsætning og fremtidens drivhusgasudledninger

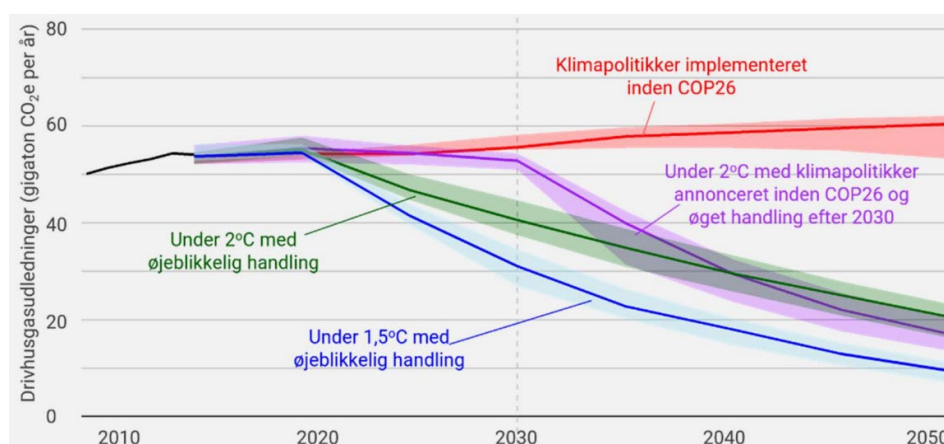
Parisaftalens målsætning er at begrænse den globale opvarmning til et godt stykke under 2 °C og stræbe efter højst 1,5 °C opvarmning relativt til det førindustrielle niveau. På trods af at den globale gennemsnitstemperatur i år 2024 oversteg 1,5 °C ift. det førindustrielle niveau (se kapitel 1), betyder dette ikke, at Parisaftalens 1,5 °C-mål er overskredet i klimatisk forstand. Det skyldes, at den globale gennemsnitstemperatur skal vurderes over flere årtier⁶⁵, på grund af de naturlige, årlige udsving, som temperaturen er påvirket af (se boks 1.i). Af samme årsag er det politisk besluttet, at Parisaftalens langsigtede temperaturmålsætning skal vurderes over flere årtier⁶⁶.

I det følgende redegøres for tre perspektiver på forventningerne til en global opvarmning på 1,5 °C ift. det førindustrielle niveau. Det bemærkes, at dette ikke handler om et brud eller ej på Parisaftalen – men alene om måder at vurdere mulighederne for at nå 1,5 °C i klimatisk forstand, uanset om temperaturen stiger eller falder derefter.

Sektion 2.2.1: IPCC-scenarier og muligheder for at undgå overskridelse af 1,5 °C

Vurderinger af mulighederne for at holde den globale opvarmning under et vist niveau tager typisk udgangspunkt i beregninger fra globale klimamodeller. De udledningsscenarier, der fremskriver en maksimal opvarmning på 1,5 °C, involverer som minimum en lille, midlertidig overskridelse af denne 1,5 °C-tærskel, efterfulgt af en temperaturreduktion senere i århundredet⁶⁷. Med andre ord overskrider de 1,5 °C på kort sigt, men kommer under denne tærskel på længere sigt. En sådan midlertidig overskridelse kaldes et *overshoot* (se boks 2.ii.). Alle disse scenarier – der indebærer en begrænset og midlertidig overskridelse, men at opvarmning maksimalt er 1,5 °C i slutningen af århundredet – forudsætter, at udledningen af drivhusgasser var toppet senest *inden* 2025 og reduceres med 43 % inden 2030 ift. niveauet i 2019. Metan-udledningen skal reduceres med en tredjedel i samme periode. Selv hvis dette realiseres, er det tæt på uundgåeligt at 1,5 °C som gennemsnitstemperatur over årtier overskrides midlertidigt, men det kan være muligt at vende tilbage under 1,5 °C opvarmning inden udgangen af århundredet, hvilket dog kræver øjeblikkelige og markante reduktioner på tværs af alle sektorer⁶⁸. Udledningerne af de primære drivhusgasser (CO₂, metan og lattergas) er imidlertid steget siden modellernes basisår 2019 inklusiv i løbet af det seneste år (september 2024 til september 2025), jf. figur 2.B. En væsentlig pointe er at jo senere omstillingen og faldet i udledninger starter, jo større skal den samlede reduktion være for at holde opvarmningen under et vist niveau (illustreret i figur 2.C. for et 2 °C mål, de grønne og lilla kurver).

Figur 2.C. Policy-scenarier for udviklingen i drivhusgasudledninger frem mod 2025

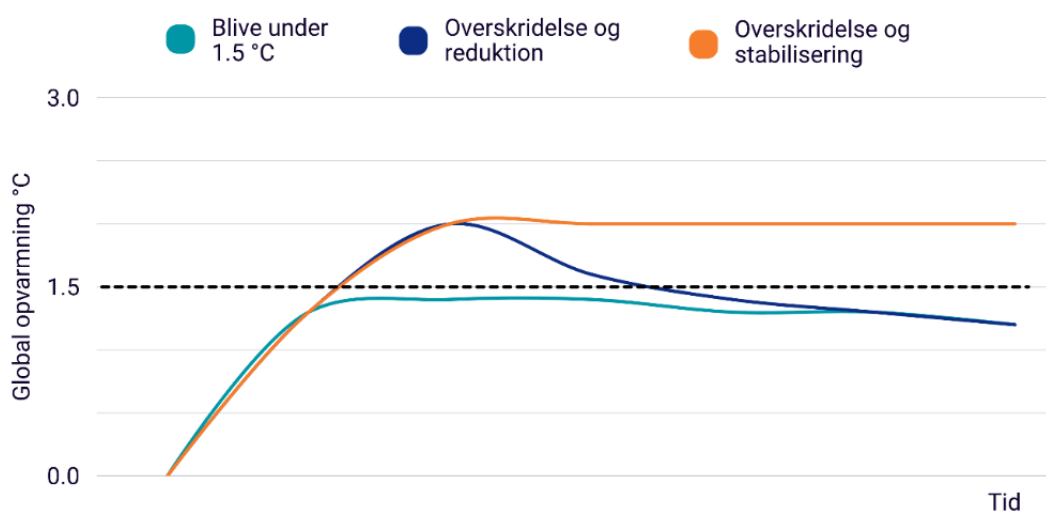


Beskrivelse: Sammenligning af de samlede årlige drivhusgasudledninger under fire forskellige policy-scenarier. *Kilde:* IPCC AR6, Synteserapport (2023)⁶⁹.

Boks 2.ii. Overshoot

Overshoot refererer til en midlertidig overskridelse af et specifikt opvarmningsniveau (eksempelvis 1,5 °C), se figur 2.D. Det vil sige at opvarmningen krydser niveauet i en periode, for derefter at komme tilbage under grænsen igen. Selv kortvarige overskridelser af eksempelvis 1,5 °C kan medføre irreversible konsekvenser såsom afsmeltning af Grønlands og Antarktis' iskapper samt kritisk skade på verdens koralrev, og derudover potentielt indebære at opvarmning krydser *tipping points* for flere elementer i klimasystemet. Udfordringerne fra fx øgede vejrekstremer, øges for hver decimals global opvarmning. For at mindske konsekvenserne af en midlertidig overskridelse vil overskridelsen af 1,5 °C derfor skulle være så lille og kortvarig som muligt⁷⁰. Hvis temperaturen skal falde efter en overskridelse kræver det ikke bare en reduktion i udledningerne, men en reduktion i atmosfærens indhold af drivhusgasser, fx ved aktiv fjernelse af CO₂ fra atmosfæren (CDR, Carbon Dioxide Removal).

Figur 2.D. Illustration af et 'overshoot'



Beskrivelse: Illustration af forskellige fremtidige niveauer af global opvarmning. Kurverne viser fremtider, hvor den globale opvarmning henholdsvis bliver under 1,5 °C (grøn), midlertidigt overskrider og efterfølgende vender tilbage under 1,5 °C (overshoot) (blå) og overskrider og stabiliseres på et niveau over 1,5 °C (orange). Kilde: DMI efter Reisinger et al. 2025⁷¹.

Sektion 2.2.2: UNEP's vurdering af klimatiltag og mulig overskridelse af 1,5 °C

UNEP udgiver hvert år *Emissions Gap Report*, der beskriver hvor de globale udledninger, og ambitionerne for at reducere disse, befinder sig i forhold til Parisaftalens mål. Ifølge rapporten for 2024⁷² (udgivet oktober 2024) er det fortsat teknisk muligt at begrænse den globale opvarmning til 1,5 °C i slutningen af århundredet, hvis markante drivhusgasreduktioner bliver foretaget i tide⁷³. Dette kræver, ifølge UNEP, at de globale udledninger reduceres med 42 % i 2030 og 57 % i 2035 ift. 2019 – altså niveauet, der ligger lavere end niveauet i 2025. Dette må ifølge UNEP forventes at indebære en midlertidig overskridelse af 1,5 °C og et efterfølgende fald i temperaturen inden afslutningen af århundredet. De globale drivhusgasudledninger skulle falde med 7,5 % om året fra 2019 og frem til 2035, hvis opvarmningen skal holdes under 1,5 °C.

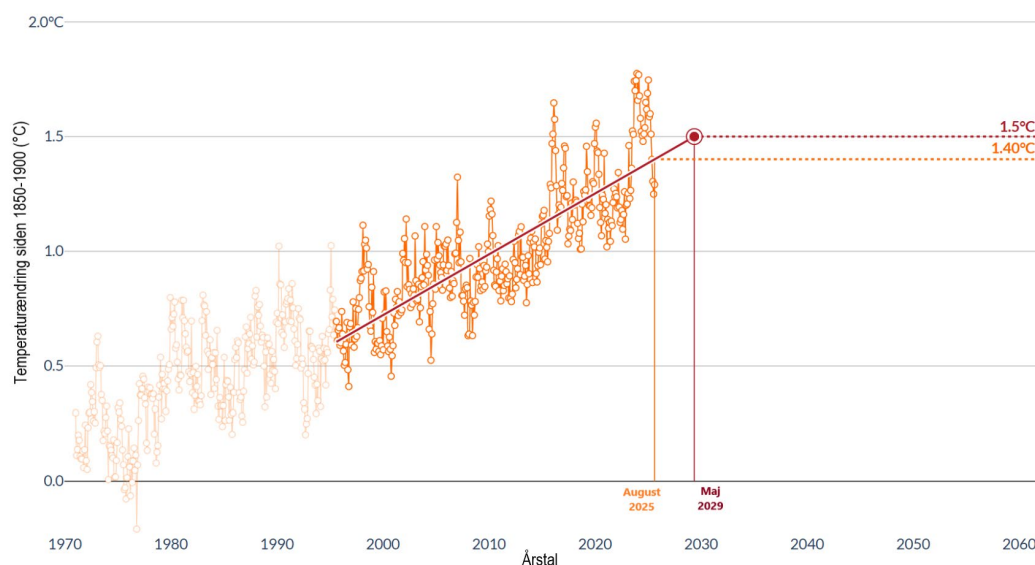
UNEP Gap-rapporten for 2024 konkluderer imidlertid, at verden er på vej mod temperaturstigninger på mellem 2,6 °C og 3,1 °C inden udgangen af dette århundrede medmindre global klimahandling accelereres. En opvarmning på 3,1 °C inden udgangen af århundredet er baseret på de nuværende implementerede klimapolitikker, mens de 2,6 °C opvarmning tager højde for fuldstændig implementering af nuværende løfter (NDC'er). Det eneste scenarie, der nærmer sig temperaturmålene i Parisaftalen, er det mest optimistiske scenarie, som forudsætter, at alle de mest vidtgående løfter, der aktuelt er afgivet af landene (betingede NDC'er og nettonul-løfter) bliver fuldt ud implementeret. Dette scenarie vurderes at kunne begrænse opvarmningen i løbet af dette

århundrede til $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁷⁴. Det er også det eneste løftebaserede scenarie, hvor den globale opvarmning stabiliseres i løbet af dette århundrede.

Sektion 2.2.3: Meteorologiske fremskrivninger og CO₂-budget for 1,5 °C opvarmning

Copernicus fremskriver, at 1,5 °C opvarmning som 30-årigt gennemsnit vil blive nået i maj 2029, hvis den aktuelle 30-årige tendens fortsætter, se figur 2.E. Dette er konsistent eller lidt tidligere end ældre estimater. IPCC (2018) estimerede at det 30-årige gennemsnit ville overskride 1,5 °C mellem 2030 og 2052, mens IPCC (2021) estimerede at det 20-årige gennemsnit ville overskride 1,5 °C i *de tidligere 2030'ere*.

Figur 2.E. Tendens for global opvarmning ift. Parisaftalens mål om 1,5 °C



Beskrivelse: Tendens for global opvarmning ift. Parisaftalens mål om 1,5 °C sammenlignet med førindustrielt niveau (1850-1900). De orange punkter viser observerede årlige globale temperaturer sammenlignet med førindustrielt niveau. Den orange linje viser niveauet for global opvarmning i august 2025 (1,4 °C). Den røde linje viser tendensen for de årlige globale temperaturer over de seneste 30 år, og det røde punkt for enden af linjen viser, hvornår den globale opvarmning når 1,5 °C, hvis tendensen fortsætter uændret. *Kilde: EU's klimateneste (Copernicus, C3S)*⁷⁵.

2025-udgaven af en årlig fagfællebedømt vurderingsrapport⁷⁶, udarbejdet af 60 internationale forskere, viser, at det resterende globale CO₂-budget i starten af 2025 var 80 mia. ton, hvorved der er 67 % sandsynlighed for at holde opvarmningen under 1,5 °C i dette århundrede. Det svarer til knap to års global udledning på det nuværende niveau. Hvis kriteriet sænkes til 50 % sandsynlighed for at holde opvarmningen under 1,5 °C er budgettet 130 mia. ton CO₂, altså omtrent tre års udledninger på det nuværende niveau. Procentsatserne skal ses i lyset af, at fremskrivningerne er behæftet med usikkerheder og at opvarmningen kan fortsætte til trods for et eventuelt stop af udledning. Det skyldes potentielle forsinkede effekter i klimasystemet, reduceret CO₂-optag fra naturlige kilder i takt med et større CO₂-indhold i atmosfæren og at naturlig klimavariabilitet (fx stærke El Niño'er) kan påvirke niveauet midlertidigt⁷⁷. Da koncentrationerne af CO₂, metan og lattergas i atmosfæren er steget de første måneder i 2025 sammenlignet med 2024⁷⁸ kan tidspunktet for overskridelse komme endnu tidligere.

Ifølge IPCC kunne klimatiltag til en pris på under 100 USD per ton CO₂e reducere udledningerne med mindst 50 % af 2019-niveauet inden 2030⁷⁹.



Danmarks Meteorologiske Institut





Danmarks Meteorologiske Institut

Kapitel 3: Klimaforandringernes konsekvenser i polare områder

Klimaforandringerne har markante og målbare konsekvenser i de polare områder, hvor opvarmningen sker hurtigere end det globale gennemsnit. Ændringer i havis, iskapper og permafrost påvirker både det regionale klima, havniveauet og globale kredsløb. Udviklingen i Arktis og Antarktis giver derfor vigtige indikationer på klimaets samlede tilstand og dets fremtidige udvikling.

Dette afsnit omhandler iskappernes massebalance og fremtid (3.1), havets og havisens overflade-temperatur (3.2), udviklingen i mængden af havis (3.3) og havstrømme i Nordatlanten og Arktis (3.4).

Afsnit 3.1: Iskapper

Jordens iskapper er essentielle for det globale klimasystem. Både den grønlandske og antarktiske iskappe har mistet masse siden 1990, og denne udvikling forventes at fortsætte i århundreder eller endda årtusinder fremover med konsekvenser for det globale havniveau, økosystemer og samfund.

Sektion 3.1.1: Jordens iskapper

De største vandmasser ophobet på land findes i de polare områder, hvor den grønlandske iskappe (Indlandsisen) på den nordlige halvkugle og den antarktiske iskappe på den sydlige halvkugle indeholder enorme mængder af vand. Dertil er der ophobet vand i flere mindre iskapper (gletsjere). Den antarktiske iskappe er langt den største og dækker næsten 14 millioner km². Iskappen indeholder hvad der svarer til cirka 60% af klodens ferskvand, og hvis hele iskappen smeltede ville det føre til en global havniveauanstigning på omkring 60 m. Grønlands indlandsis er klodens næststørste iskappe og dækker 80% af Grønlands areal, svarende til 1,7 millioner km², hvilket er næsten 50 gange større end Danmark. Smeltede hele Grønlands indlandsis, ville det globale havniveau stige med ca. 7 m. Afsmeltingen af iskapperne ville dog tage flere årtusinder, selv ved meget høje opvarmningsniveauer⁸⁰.

Iskapperne er dynamiske selv i et stabilt klima. Der dannes ny is, når der år efter år falder ny sne på toppen, der sammentrykkes til is, mens de omvendt mister masse gennem afsmelting fra is på overfladen, kælvning af isbjerge samt afsmelting fra undersiden af iskappen. Den globale opvarmning påvirker iskapperne på flere måder. Dels vil der mange steder falde mere nedbør og sne end tidligere. Men det mere end modsvares af øget afsmelting pga. varmere atmosfære og hav, så der samlet set er et tab af masse fra iskapperne (uddyb i boks 3.i).

Boks 3.i. Iskappernes massebalance

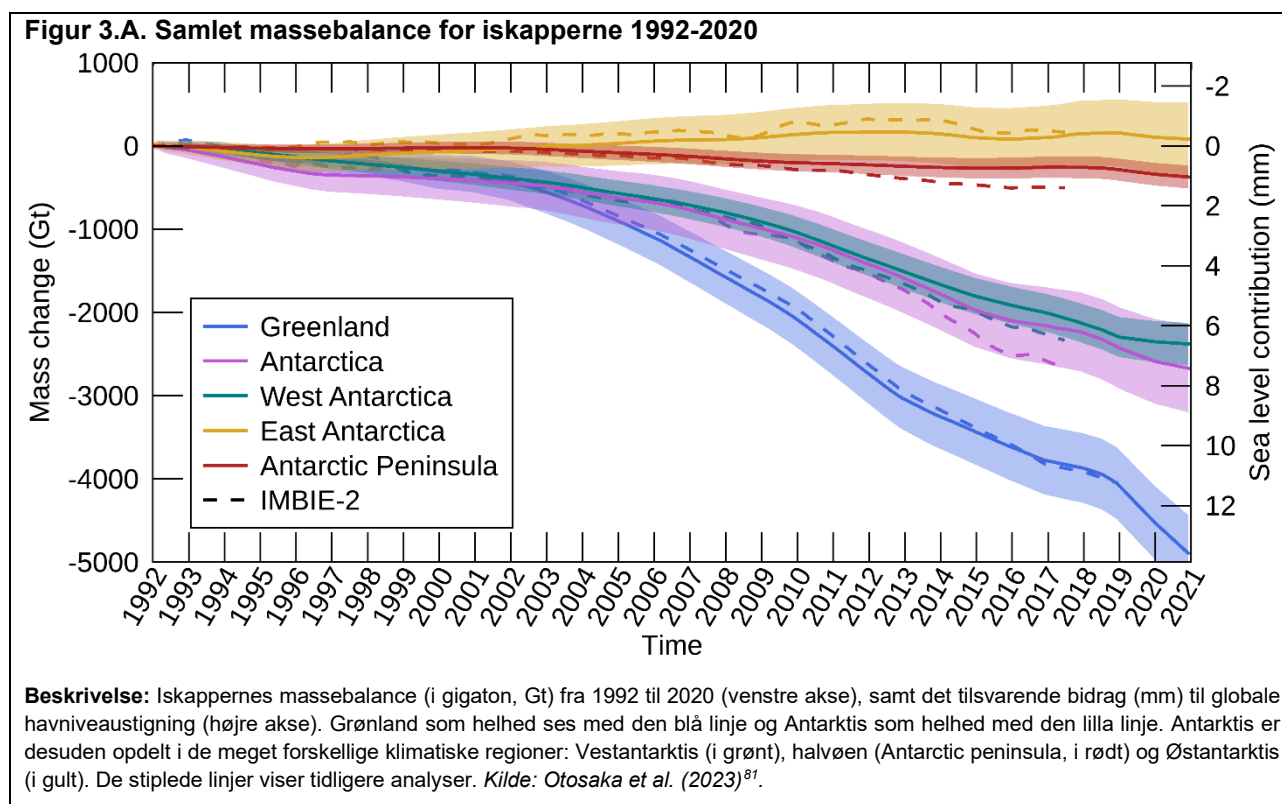
Massebalancen for Grønlands og Antarktis' iskapper er udtryk for, om iskapperne samlet set vokser eller svinder. Den totale massebalance bestemmes af tre processer: overflademassebalance, marin massebalance og basal massebalance – altså processer på toppen, ved kanterne og under isen. Overflademassebalancen dækker ændringer forårsaget af nedbør, kondensation, smeltning og afstrømning. Den er normalt positiv, fordi der akkumuleres sne på overfladen, men den varierer meget fra år til år alt efter vejret. I varme somre kan overflademassebalancen blive negativ, hvis der er udbredt afsmelting, og smeltevand ikke fryser til igen, men løber ud i havet. Den marine massebalance er altid negativ, da isen taber masse ved kælvning af gletsjere og afsmelting af gletsjertunger i kontakt med relativt varmt havvand. Den basale massebalance er et mindre bidrag, men også altid negativ, da friktion og afsmelting ved bunden tærer på isen. Den eneste positive proces er således nedbør i form af sne.

Der er en tydelig sæsoncyklus i iskappernes massebalance. Fra tidligt efterår til tidlig sommer året efter opbygges sne og is, mens det meste af sommeren er præget af afsmelting. Derfor er det nødvendigt at se på hele årets balance for at vurdere, om en iskappe samlet set vokser eller mister masse. En iskappe i balance ville over længere tid have en gennemsnitlig massebalance tæt på nul, men i dag er både Grønlands og Antarktis' iskapper i underskud.

Massebalancen kan måles på flere måder og det kræver flere forskellige kilder, at bestemme den – fx gennem direkte observationer af isens højde, satellitmålinger af tyngdefeltet eller modeller af nedbør og afstrømning. Resultaterne varierer lidt afhængig af metode, men den overordnede tendens er entydig: iskapperne mister masse. For at skabe de mest præcise estimater samler det internationale projekt IMBIE data fra en bred vifte af satellitter og modeller tilbage til begyndelsen af 1970'erne. Dermed opnås et robust grundlag til at dokumentere og forstå den fortsatte afsmelting af klodens største reservoirer af is.

Sektion 3.1.2: Observerede ændringer for Indlandsisen og den antarktiske iskappe

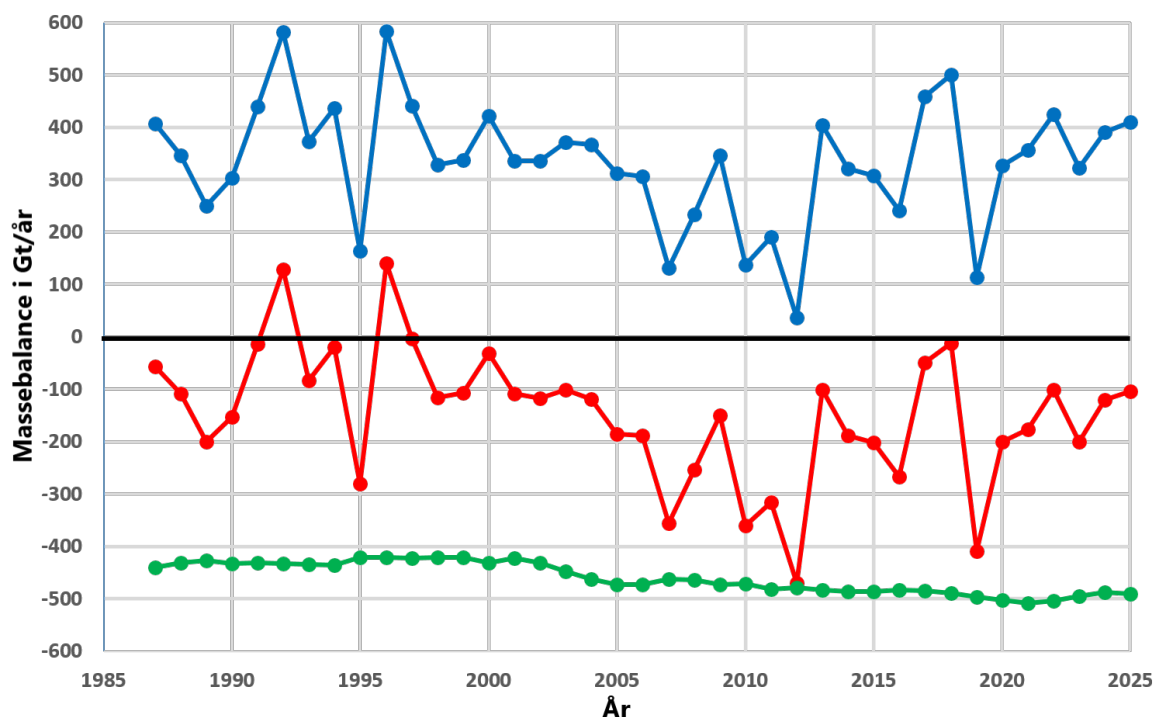
Opgørelser af iskappernes massebalance består af en kombination af målinger og modeller (se boks 3.i). Siden 1990'erne er den samlede massebalance af de store iskapper faldet, se figur 3.A.



Opgørelser foretaget vha. modelberegninger viser, at Grønlands indlandsis siden 1990'erne har mistet betydelige mængder is hvert år, se figur 3.B. I 2024 mistede Indlandsisen for 28. år i træk mere is end der blev tilføjet fra snefald⁸². Disse modelberegninger kan sammenlignes med estimater af massebalancen fra satellitter. Metoder bag estimaterne fra satellitter og modeller er fuldstændig uafhængige, så resultaterne fra satellitmålingerne kan bruges til at evaluere modelberegningerne. I april 2002 til og med maj 2024 viser henholdsvis modelberegninger og satellitmålinger meget tilsvarende tal for massetabet: 4766 Gt ifølge modellerberegninger og 4911 Gt ifølge satellitdata^{83,84}. Da ét Gt svarer til én km³ resulterer massetabet fra Grønland alene i en global havniveauøgning på cirka 14 mm i perioden 2002-2024.

Siden 1986 har det været muligt at lave meget detaljeret beregninger af massebalance for Grønlands Indlandsis. Siden slutningen af 1990'erne har Indlandsisens massebalancen været negativ hvert eneste år, se figur 3.B. Det skyldes en lavere samlet overflademassebalance, men også en tilvækst i kælvning i takt med den globale opvarmning.

Tendensen for den antarktiske iskappes massebalance har været nedadgående de sidste ca. 20 år, se figur 3.A. Antarktis er et kontinent, der dækker et område på 14,2 mio. km, ca. 40 % større end det europæiske kontinent, og har derfor et meget forskelligt klima i forskellige regioner – deraf figurens opdeling i regioner. Det er Vestantarktis og halvøen Antarctic Peninsula, der driver tabet af is i Antarktis, mens Østantarktis stort set er stabilt og stiger en smule i årene efter optegnelsen i figuren^{85,86}. Den antarktiske iskappe har mistet en masse på ca. 135 Gt per år i perioden fra 2002 til 2024⁸⁷. Dog er Antarktis' massebalance har vist en forøget stabilitet og endda en stigning de sidste fem år på grund af usædvanligt snefald i Østantarktis. Det er endnu for tidligt at vurdere, om denne tendens vil fortsætte eller vende tilbage til det langsigtede fald i fremtiden.

Figur 3.B. Total massebalance af Indlandsisen i Grønland 1987-2024


Beskrivelse: Den totale massebalance af Indlandsisen i Grønland (rød) og dens komponenter: overflademassebalance (blå) og marin massebalance (grøn) for hvert hydrologisk år fra 1987 til og med 2024. Et hydrologisk år begynder i september året før og slutter med udgangen af august. *Kilde: Baseret på tre modeller fra Mankoff et al. (2021; opdateret)⁸⁸*

De mest ekstreme ændringer i iskapperne er indtil nu observeret i Grønland. At det ikke ses tydeligt i Antarktis skyldes to modsatrettede effekter. Ekstreme nedbørshændelser kaldet atmosfæriske floder^{xi} har bidraget til en øgning af overflademassebalancen⁸⁹, mens der samtidigt er sket en forøgelse i kælving af isbjerge af Antarktis siden 1996, primært fra Vestantarktis⁹⁰. Denne øgede kælving har stor betydning for stabiliteten af de store udløbsgletsjere i Vestantarktis, som gletsjerne Thwaites eller Pine Island, fordi det markant kan reducere ishyldernes afstivningseffekt ("*buttressing*"), som støtter iskappens stabilitet. Dette kan føre til accelereret isafstrømning, tilbagetrækning af grundlinjen (overgangen mellem den jordbundne og den flydende af isen) og som konsekvens øget massetab og havniveaustigning^{91,92}.

Ny forskning fra NCKF⁹³ påpeger at udviklingen omkring Antarktis gradvist begynder at ligne udviklingen omkring Grønland ("*Greenlandification of Antarctica*"). Antarktis har længe været betragtet som mere stabilt end Arktis, dog med en forventning om, at klimaforandringernes effekter ville træde frem i takt med øget global opvarmning. Studiet her konstaterer at billedet i dag er ændret: havisen reduceres, temperaturen stiger, isstrømme accelererer, og smeltevand trænger ned i gletsjernes sprækker, hvilket får dem til at glide hurtigere ud mod havet.

^{xi} Ekstreme nedbørshændelser, kaldet atmosfæriske floder, er et smalt, langt bånd af meget fugtig luft i atmosfæren, som transporterer store mængder vanddamp over lange afstande og kan give kraftig nedbør, når det rammer land.



Sektion 3.1.3: Iskappernes fremtid

I takt med et varmere klima vil vi se både mere nedbør og mere afsmeltning over begge iskapper i fremtiden, og i Grønland vil vi kunne opleve op til syv gange så meget afsmeltning end nedbør i slutningen af dette århundrede⁹⁴.

Ifølge IPCC er det så godt som sikkert, at den Grønlandske indlandsis vil fortsætte med at miste masse gennem hele dette århundrede, uanset om drivhusgasudledningerne reduceres⁹⁵. Selv hvis den globale opvarmning blev bremsset, ville det tage århundreder eller mere at standse afsmeltningen af isen og opvarmningen af havene. Fortsætter afsmeltningen længe nok kan det medføre en overskridelse af Indlandsisens tipping point, hvor afsmeltningen praktisk talt bliver irreversibel, og det samme gælder havniveaustigningen forårsaget af afsmeltningen.

Tipping pointet for Grønlands Indlandsis er relateret til højden på iskappen. Den har en maksimal højde på omkring 3.000 meter og består af is dannet af sammenpresset sne akkumuleret gennem tusindvis af år. På grund af lavere temperaturer i højere luftlag ligger temperaturen på iskappens top generelt under frysepunktet året rundt. Nedbøren falder derfor overvejende som sne, som bidrager til iskappens masseopbygning. Iskappen er karakteriseret ved en flad top og stejle randzoner. Hovedparten af iskappens areal ligger således i højder, hvor der kun sjældent forekommer temperaturer over frysepunktet, og hvor afsmeltning primært forekommer i de lavere kystnære områder. Selv mindre stigninger i lufttemperaturen kan dog forskyde denne balance. Længere perioder med temperaturer over frysepunktet øger både afsmeltningen og andelen af nedbør, der falder som regn frem for sne. Regn bidrager ikke til opbygning af is, men øger derimod overfladeafsmeltningen. Derved reduceres iskappens højde, hvilket yderligere forlænger smeltesæsonen. Processen er selvforstærkende og kan føre til, at iskappen når et såkaldt tipping point, hvor den bliver for lav til at genetablere sin oprindelige højde og massebalance.

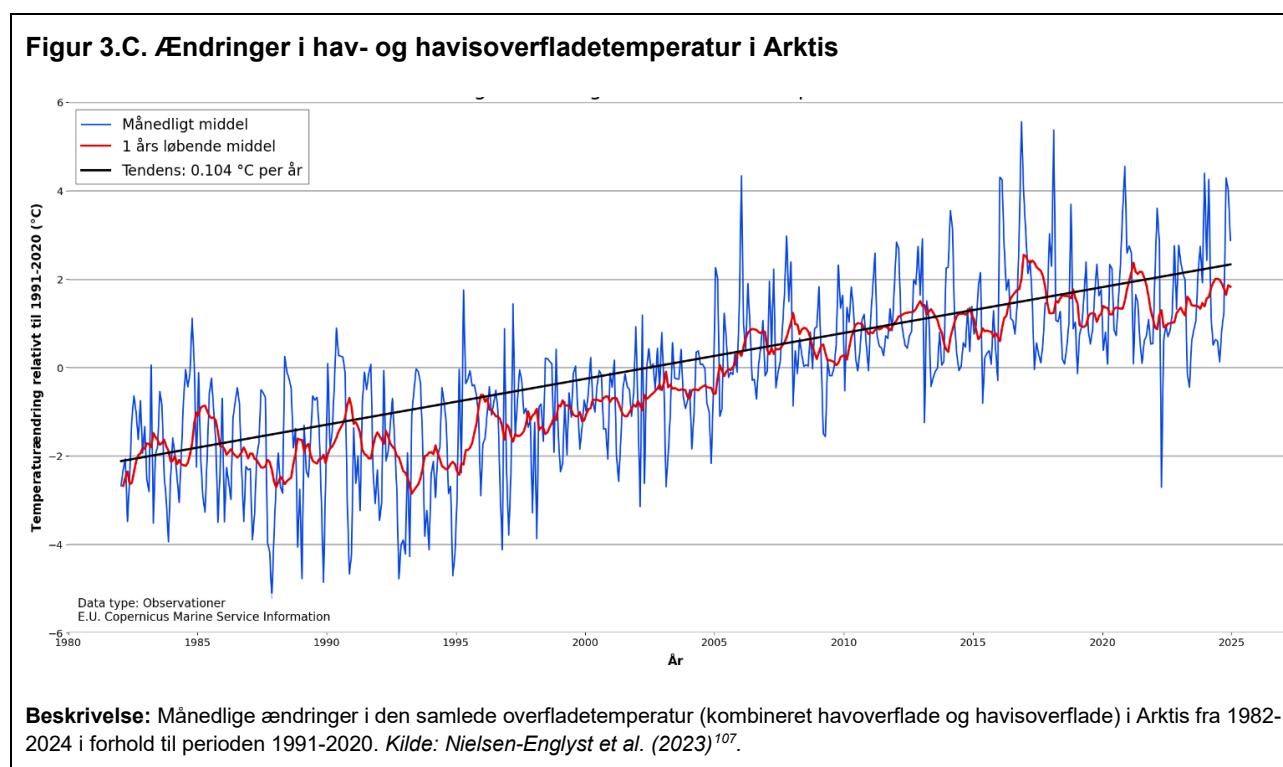
Antarktis er begyndt at vise samme tendenser som Grønland viste i 1990'erne ("*greenlandification*", som nævnt i afsnit 3.1.2), der indebærer hurtigere afsmeltning og potentielt kollaps af ishylder⁹⁶. Der er dog betydelige usikkerheder om, hvor hurtigt og i hvilket omfang afsmeltningen vil ske. Isens afsmeltning i Antarktis har større betydning for havniveaue i Danmark (og lavere breddegrader) end afsmeltning i Grønland, fordi vandet fordeles af tyngdekraften, der giver relativt større stigning længere væk fra smelteområdet.

To mekanismer menes potentielt at kunne accelerere tabet af is fra de marine dele af iskapperne: *Marine Ice Sheet Instability* (MISI) og *Marine Ice Cliff Instability* (MICI). MISI opstår, når en isstrøm hviler på en bund, der hælder nedad mod iskappens indre (en *retrograd* skråning). Når grundlinjen trækker sig tilbage ned ad en retrograd skråning, øges isstrømmen mod havet, hvilket kan føre til en selvforstærkende og i sidste ende irreversibel tilbagetrækning af isen^{97,98}. MICI beskriver en efterfølgende proces, hvor høje isklipper bliver ustabile, når ishylderne, der normalt yder mekanisk støtte (buttressing), kolliderer. Hvis isklipperne overstiger en kritisk højde, kan de bryde sammen under deres egen vægt, hvilket resulterer i hurtig afkælvning og yderligere destabilisering^{99,100}. Samspillet mellem MISI og MICI kan potentielt bidrage til store og hurtige havniveaustigninger, særligt i Vestantarktis, hvor isen hviler på en retrograd bund og dermed er sårbar over for sådanne mekanismer¹⁰¹. Begge processer er dog forbundet med betydelig usikkerhed, blandt andet relateret til begrænset viden om ishyldernes stabilitet, undergrundens topografi og isens mekaniske egenskaber¹⁰². Disse processer er indregnet som usikkerheder i IPCC's spænd for mulige havniveaustigninger i fremtiden.

Afsnit 3.2: Havets og havisens overfladetemperatur

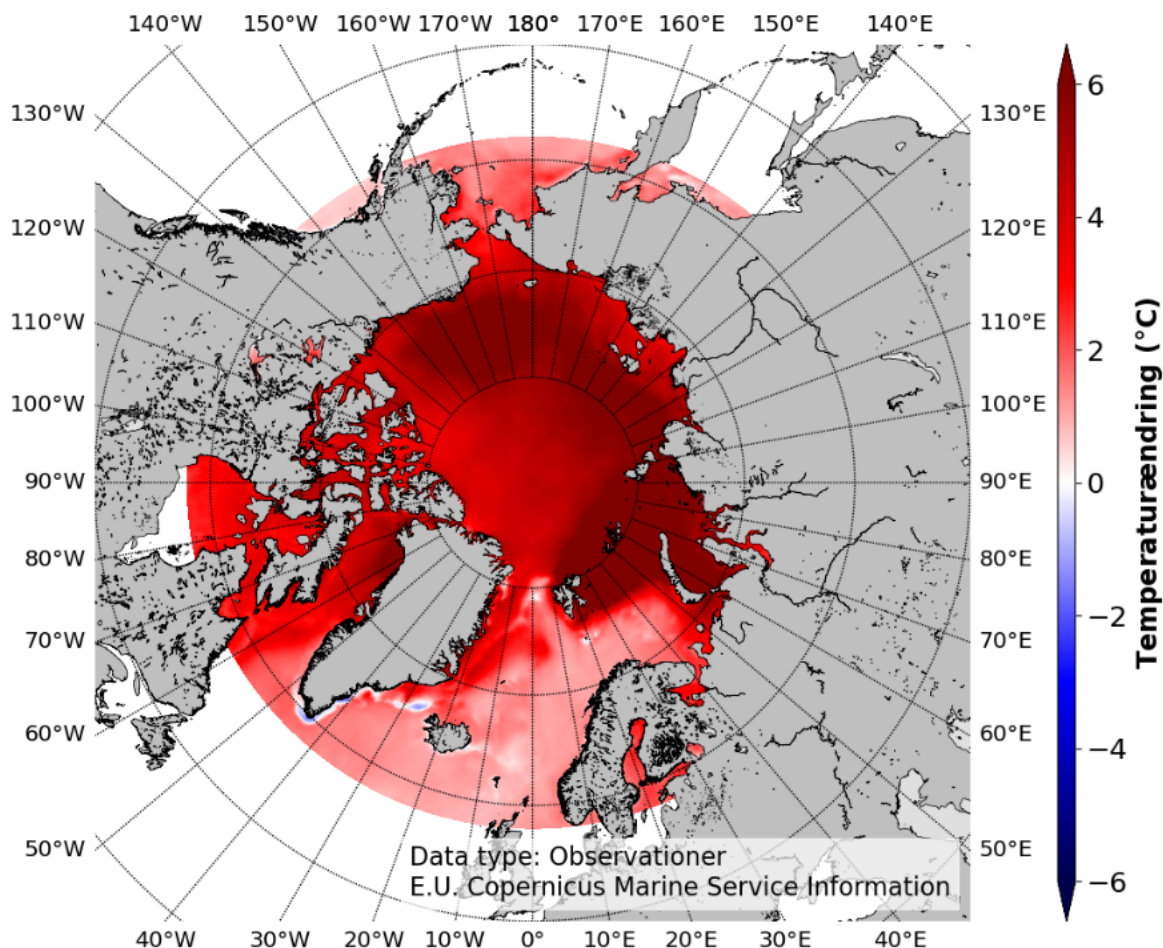
Havet og havisens overfladetemperatur er afgørende for at beskrive en række fysiske processer såsom havisdannelse og -afsmeltning samt energiudveksling mellem hav og atmosfære. Overfladetemperaturen af havet og havisen er derfor vigtige, supplerende indikatorer til lufttemperatur og har været observeret fra satellitter siden 1982^{103,104}. De store variationer i havisens udbredelse i forskellige sæsoner, samt fra år til år, gør det vigtigt at inkludere både havet og havisens overfladetemperatur i vurderinger af den igangværende opvarmning^{105,106}.

Benyttes den kombinerede overfladetemperatur for havet og havisen i Arktis, er tendensen for ændringen af temperaturen for hav- og havisoverfladen stigende med omkring 0,1 °C per år, hvilket svarer til en samlet temperaturstigning på næsten 4,6 °C over perioden 1982 til 2024, se figur 3.C.



Satellitobservationer kan også vise den geografisk fordeling af opvarmningen i Arktis. For perioden 1982-2024 er ændringerne i overfladetemperaturen i hele Ishavet er positive og er særligt høje i de helt eller delvist isdækkede områder, se figur 3.D. De største stigninger observeres i det nordlige Barentshav, Karahavet, Beaufort-havet og den eurasiske del af Arktis.

Figur 3.D. Ændring i hav og havsoverfladetemperatur i Arktis i perioden 1982-2023



Beskrivelse: Ændringer i overfladetemperaturen (kombineret havoverflade og havis) fra 1982-2023. Den viste trend er den årlige temperaturændring gange antal år (43). I regioner, hvor havisen har trukket sig tilbage, specielt i Barentshavet og Karahavet ses de største temperaturændringer. Kilde: Copernicus¹⁰⁸.

Afsnit 3.3: Havis

Havisen spiller, særligt i Arktis, en nøglerolle i klimaforandringerne nu og fremover. Havisens lyse overflade reflekterer en stor del af sollyset, der dermed ikke opvarmer overfladen. Når havisen smelter bliver overfladen mørkere, og havet kan derfor optage mere varme. Den proces – kaldet albedo-feedback – vil forstærke den globale opvarmning og i endnu højere grad opvarmningen i polarområderne. Om vinteren, når solen er gået ned over de polare egne, har albedo-feedbacket åbenlyst ingen effekt. Alligevel giver havistabet en forstærket opvarmning om vinteren, fordi havisen isolerer den meget kolde atmosfære fra det relativt varmere havvand (der dog stadig er på frysepunktet). Varmen fra havet kan dermed ikke bidrage til at opvarme luften, der således er langt koldere når havet er dækket af is end når det ikke er. Havisens udbredelse er med andre ord ikke kun et mål for, hvor klimaet er på vej hen, men også afgørende for, hvor hurtigt klimaet ændrer sig.

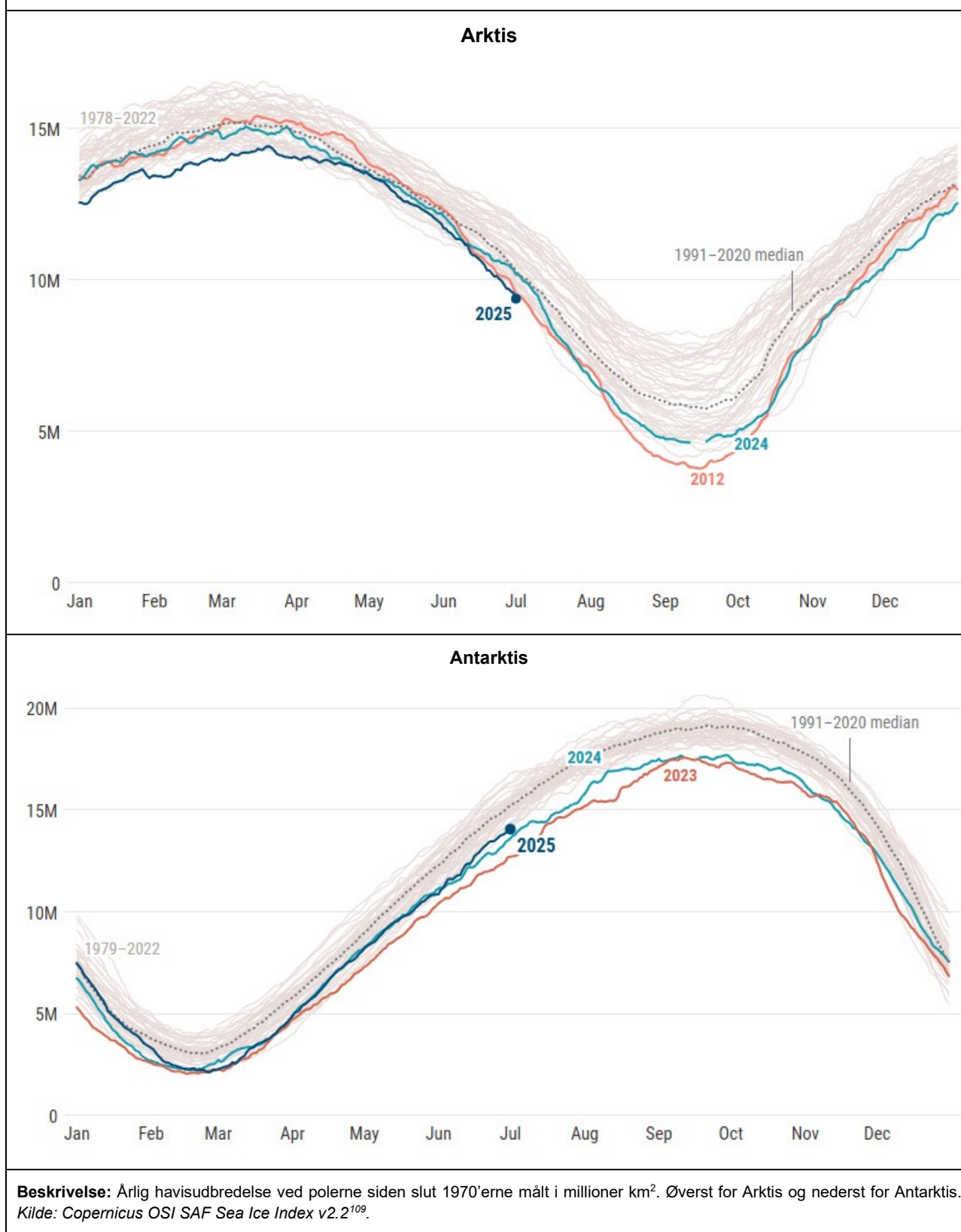
Sektion 3.3.1: Havisens udbredelse ved polerne

Havisudbredelse følger en årlig cyklus, hvor den dækker næsten hele det arktiske ocean om vinteren og når sin største udbredelse (maksimumudbredelse) i marts måned, hvorefter den smelter og er mindst (minimums-udbredelse) i september måned. På den anden side af kloden omkring Antarktis er årstiderne forskudt et halvt år, og havisudbredelsen er derfor størst omkring september og mindst i februar/marts, se figur 3.E.

Den årlige havisudbredelse om sommeren, både i Arktis og Antarktis, er delvist styret af, hvornår overflade-temperaturen første gang kommer over frysepunktet. Efter årets første smelteepisode mister sneen på toppen af havisen en del af evnen til at reflektere sollys (albedoen falder), og derefter går det hurtigere med afsmeltningen.

Den samlede globale havisudbredelse nåede i begyndelsen af februar et nyt historisk lavpunkt og forblev resten af måneden under rekorden fra februar 2023. Den globale havisudbredelse er domineret af niveauet i Antarktis. Den forblev derfor forholdsvis høj gennem 2010'erne på trods af lav havisudbredelse i Arktis. Siden 2023 er der dog også observeret lav havisudbredelse i Antarktis. Det er dog vigtigt at huske at variabiliteten er meget stor i Antarktis. Eksempelvis var der næsten normal havisudbredelse (i forhold til gennemsnittet 1981-2010) i januar 2025.



Figur 3.E. Daglig havisudbredelse ved polerne vist per år


Sektion 3.3.2: Tendens for arktisk havisudbredelse

Minimumsudbredelsen af havis i Arktis (september) er faldet kraftigt og er gennemsnitligt mindsket ca. 11 % per årti fra 1979 til 2025, som svarer til ca. 77.000 km² per år, se venstre panel i figur 3.F. Havisen nåede sin 13. laveste minimumsudbredelse udbredelse i september 2025. Det er især bemærkelsesværdigt, at de 19 laveste udbredelser af sommerhavisen på den nordlige halvkugle har fundet sted de seneste 19 år (2007-2025).

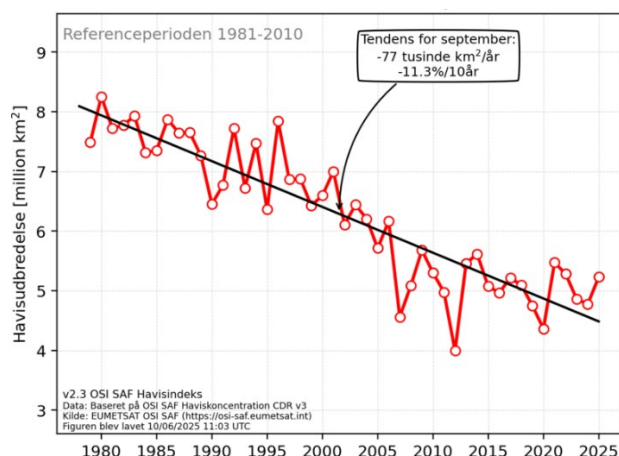
Over de seneste 47 år er havisens maksimumsudbredelse (marts) i Arktis svundet ind med gennemsnitligt ca. 38.000 km² om året, svarende til ca. 2 % per årti, se højre panel i figur 3.F. Det medfører, at isen bliver tyndere (se sektion 3.3.4.), og mere og mere af den flerårige is forsvinder. Resultatet er flere rekordlave havisudbredelser igennem de seneste år. Den nyere, tyndere førsteårs-havis er mere sårbar over for kraftig vind og de stigende temperaturer og smelter hurtigere end den gamle, tykke havis.

I februar 2025 gav ekstreme vejrforhold netop en rekordlav havisudbredelse. En serie af lavtryk førte til rekordhøje temperaturer ved Nordpolen, og der blev observeret en rekordlav havisudbredelse på omkring 16 mio. km², 8 % under gennemsnittet¹¹⁰. Effekten kunne spores efterfølgende i marts 2025, hvor der blev målt den laveste vinter-havisudbredelse hidtil. Marts månedens havisudbredelse blev målt til 14 millioner km², som er 10 % mindre end den hidtidige bundrekord fra 2018. Rekorden følger efter en generel sæson med mindre havis end normalt. December 2024 samt januar, februar og marts 2025 slog rekorder for laveste udbredelse for de pågældende måneder.

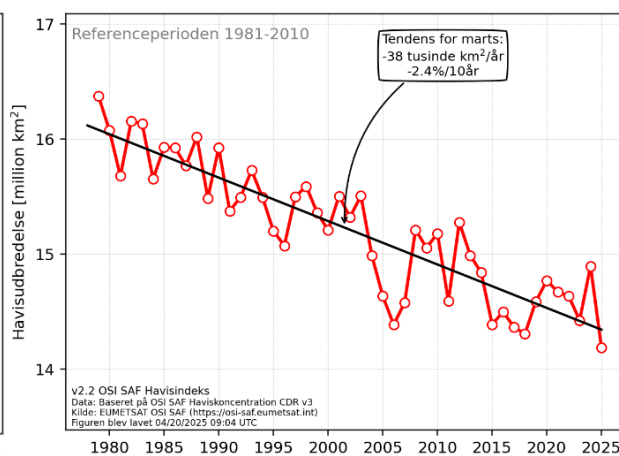
Arktis forventes at nå isfrie forhold om sommeren^{xii} mindst én gang inden 2050, uanset hvilket scenarie for drivhusgasudledninger der betragtes¹¹¹. Denne tilstand, hvor Arktis praktisk talt er isfrit, vil blive normen i sensommeren ved udgangen af det 21. århundrede i høje udledningsscenarier. Udbredelsen af den arktiske sommer-havis varierer omtrent lineært med den globale overfladetemperatur, hvilket implicerer, at der ikke findes et tipping point, og at de observerede og fremskrevne tab derfor i princippet er reversible¹¹².

Figur 3.F. Tendens for havisudbredelse i Arktis for september og marts

September



Marts



Beskrivelse: Tendensen for havisudbredelse i Arktis (millioner km²) for sommer (september) til venstre og vinter (marts) til højre i forhold til perioden 1981-2010. Punkterne på den røde linje viser enkeltår, mens den sorte linje viser tendensen for udbredelsen af havis for den pågældende måned. Kilde: EUMETSAT OSI SAF Havisindex¹¹³.

^{xii} Isfrit betyder i denne sammenhæng en havisudbredelse på under 1 mio. km².

Sektion 3.3.3: Tendens for antarktisk havisudbredelse

Den antarktiske havis har en enorm geografisk udbredelse, hvilket betyder at ændringer i udbredelsen har konsekvenser for albedo, der påvirker den globale opvarmning. Omkring Antarktis er tilbagegangen i havisudbredelse mindre markant end i Arktis, og der er store variationer fra år til år. Selvom der blev registreret tæt på rekordlave minimumsudbredelser i februar måned i de seneste fire år, er den overordnede langsigtede tendens i havisens udvikling siden 1979 ikke lige så tydelige som i Arktis^{114,115,116}. Havisen i det sydlige ocean er præget af store uregelmæssigheder både i dens udbredelse og placering, hvilket gør udviklingen mere uforudsigelig end i Arktis.

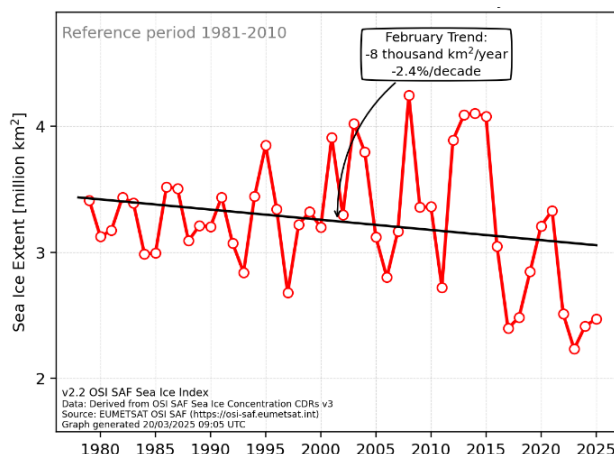
Februar er den måned, hvor havisen i Antarktis normalt når sit årlige minimum. I februar 2025 lå havisudbredelsen på 2,5 millioner km² (ca. 26 %) under gennemsnittet for perioden 1981–2020, jf. venstre panel af figur 3.G. Februar 2025 er dermed den fjerde laveste havisudbredelse siden begyndelsen af satellitobservationerne, kun en smule over februar 2024, der var den tredje laveste med 28 % under gennemsnittet¹¹⁷. Tendensen med store negative afvigelser i februar, over 20 % under normalen, har været tydelig siden 2017. Den laveste minimumudbredelse nogensinde målt i Antarktis blev registreret i 2023 med hele 33 % under gennemsnittet.

Havisudbredelsen omkring Antarktis er størst i september eller i begyndelsen af oktober måned. I modsætning til minimumudbredelsen i februar er der ikke målt nogen tydelig trend i maksimumudbredelsen siden 1979, jf. højre panel af figur 3.G. Dog er variationen i maksimumudbredelsen tiltagende over de seneste ca. 20 år. Maksimumudbredelserne i år 2023 og 2024 slog alle bundrekorder med ca. 2 mio. km² mindre havis end den hidtidige bundrekord, hvilket er ekstreme og særdeles bemærkelsesværdige afvigelser. Maksimumudbredelsen i år 2025 er også lav, men på et niveau omkring rekorden fra før 2023. Generelt ser det ud til at havisudbredelsen omkring Antarktis er under forandring og forskningen følger udviklingen tæt.

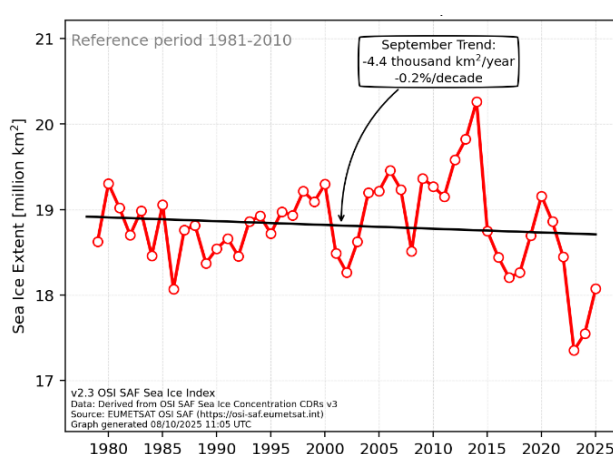
Klimamodeller forudsiger en reduktion af havisudbredelse på 15-50 % i september (maksimum) og på 29-90% i marts (minimum), alt efter udledningsscenario¹¹⁸. Men der er stor usikkerhed blandt modellerne^{119,120}, blandt andet på grund af manglende forståelse af den komplekse dynamik og interaktioner mellem is, hav og atmosfære, og fordi det er vanskeligt at adskille naturlige og menneskeskabte ændringer.

Figur 3.G. Tendens for havisudbredelse i Antarktis i februar og september

Februar



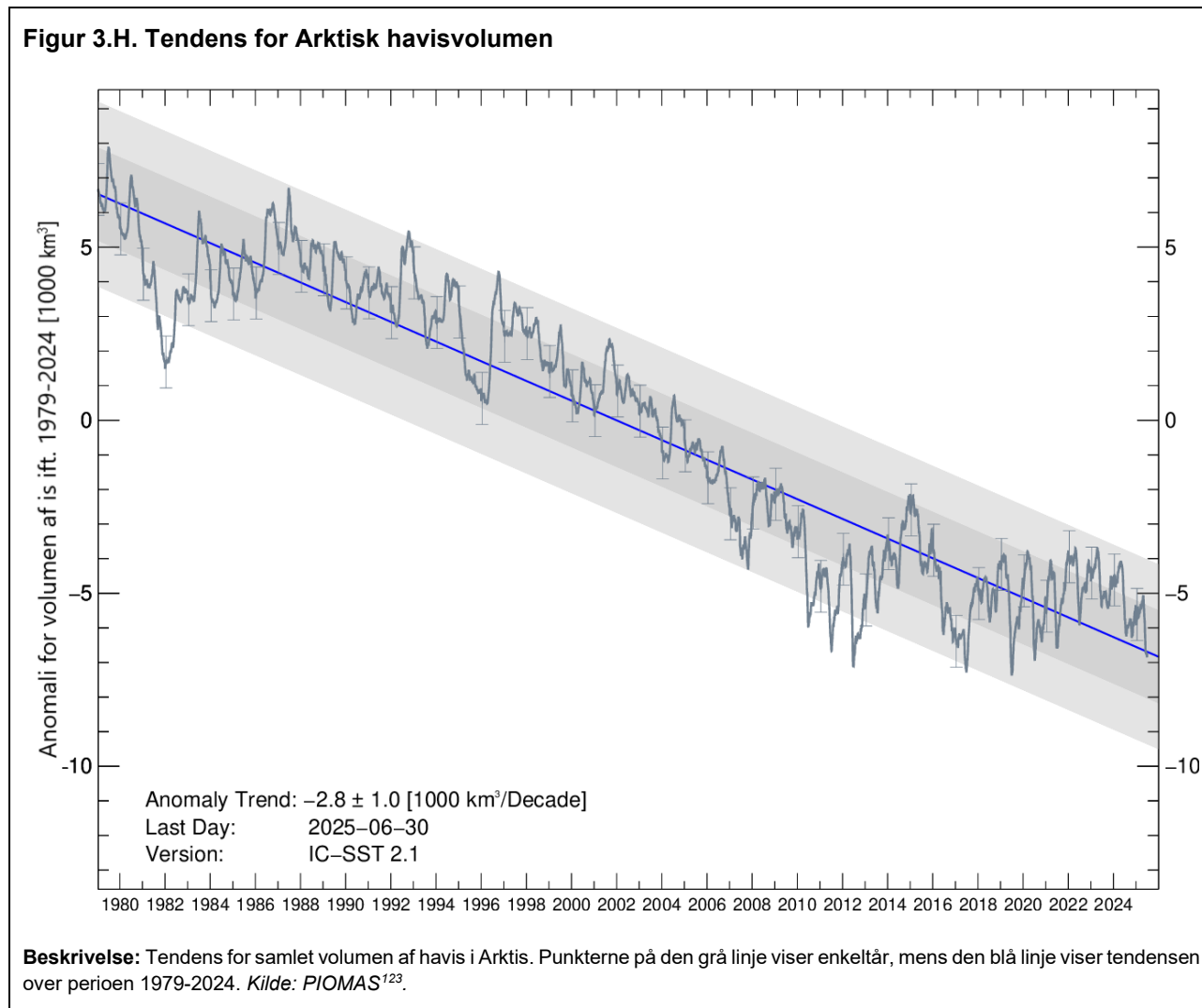
September



Beskrivelse: Tendensen i havisudbredelse i Antarktis (millioner km²) for sommer (februar) og vinter (september) i forhold til perioden 1981-2010. Punkterne på den røde linje markerer enkeltår, mens den sorte linje viser tendensen for den pågældende måned. *Kilde: EUMETSAT OSI SAF Havindex¹²¹.*

Sektion 3.3.4: Havisens tykkelse og volumen

Havisen i Arktis og Antarktis bliver generelt tyndere og yngre. Mest signifikant er ændringerne i Arktis. Havisvolumen (tykkelsen og udbredelsen) kan ikke måles direkte fra satellit, men tykkelsen kan estimeres ud fra reflekterede signaler fra satellitbaserede radar-instrumenter, mens udbredelsen kan estimeres på flere forskellige måder. Isens volumen estimeres derfor ved en blanding af satellitobservationer og direkte observationer fra bøjer, ubåde og direkte borer, samt fra havismodeller¹²². Tendensen for den arktiske havisvolume har siden 1979 været faldende, og i 2024 var der kun 29 % af volumen tilbage i forhold til 1979, se figur 3.H.



Afsnit 3.4: Havstrømme i Nordatlanten og Arktis

Nordatlanten og Arktis udgør vitale dele af det globale klimasystem. Varmere havstrømme i Nordatlanten og smeltende is i Arktis er med til at accelerere den globale opvarmning. Samtidig afkøles de isfrie havområder om vinteren og er i dag centrale for nedsynkning af koldt, salt vand, der driver Den Atlantiske Havcirkulation (AMOC) med sine grene til Arktis (se boks 3.ii). Stigende temperaturer og afsmeltning af is kan påvirke disse processer og dermed klimaet i flere regioner samt det regionale og globale havniveau.

Boks 3.ii. Den Atlantiske Havcirkulation (AMOC)

Den Atlantiske Havcirkulation (*Atlantic Meridional Overturning Circulation*, forkortet AMOC) er et stort og komplekst system af havstrømme, der transporterer varmt overfladevand fra tropiske områder i syd mod nord gennem Atlanterhavet. Efter at have afgivet varmen til atmosfæren over Nordatlanten afkøles vandet og returnerer som koldt vand i strømmene mod syd i havets dyb.

Golfstrømmen bruges af og til som et synonym for AMOC, hvilket ikke er helt korrekt, fordi AMOC er et system af mange varme og kolde havstrømme, herunder Golfstrømmen. Golfstrømmen transporterer varmt vand mod nord langs den amerikanske østkyst og er en vigtig del af AMOC samt den stærkeste havstrøm i Atlanten. AMOC omfordeler varme på Jorden, hvilket hjælper med at regulere klimaet, især i Nordatlanten og Vesteuropa, og systemet spiller herved en central rolle i opretholdelsen af det nuværende klima i Danmark. Ændringer i AMOC vil have indvirkning på vejrmønstre, havniveau og temperaturer, men også på havets økosystemer, CO₂-optag og iltforhold i havet.

Forskningen skelner mellem en langsom, gradvis og forudsigelig svækkelse af AMOC frem mod år 2100, og risikoen for et pludseligt og uforudsigeligt kollaps over få årtier. Klimamodeller har indtil videre vist, at AMOC med meget stor sikkerhed vil svækkes gradvist med 30-40 % frem mod år 2100, men uden pludselige skift og uden at nå et såkaldt 'tipping point'. Klimafysiske tipping points er tærskelpunkter, eksempelvis i global opvarmning, der ved overskridelse kan medføre pludselige, selvforstærkende og potentielt uoprettelige ændringer i Jordens klimasystem.

Ved en gradvis svækkelse af AMOC frem mod år 2100 vil varmetransporten fra syd til nord mindskes betydeligt. Men selvom havstrømssystemerne sender mindre varme nordpå, vil temperaturerne i Danmark og globalt fortsat stige som følge af global opvarmning. Denne effekt er indregnet i alle eksisterende scenarier for fremtidens klima i Danmark i DMI's Klimaatlas.

Ved pludseligt kollaps i nær fremtid vil temperaturen over Nordatlanten og dele af det Arktiske Ocean falde markant og udbredelsen af havis øges. Temperaturen over dele af Nordeuropa vil også falde flere grader. Temperaturfaldet i Danmark vil over tid opvejes af fortsat global opvarmning, hvis globale udledninger af drivhusgasser fortsætter. Da nedbør generelt vil forskydes mod syd kan det medføre en reduktion i nedbør over Danmark.

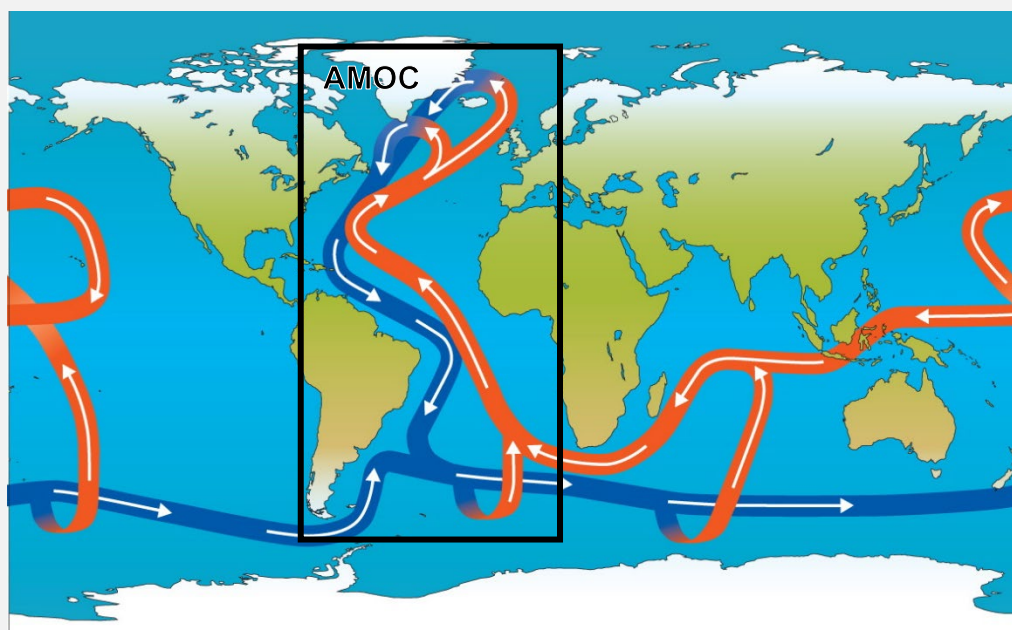


Illustration af vandets cirkulation i verdenshavene. Varmere, ferskere overfladevand er repræsenteret med røde pile, mens koldere, mere saltholdigt dybvand er vist med blå pile. I det nordlige Atlanterhav findes AMOC (firkanten), hvor varmt overfladevand bevæger sig mod nordøst, hvor det afkøles, synker og derefter strømmer tilbage mod syd.

Illustration: UK Met Office. Redigeret.

Sektion 3.4.1: AMOC

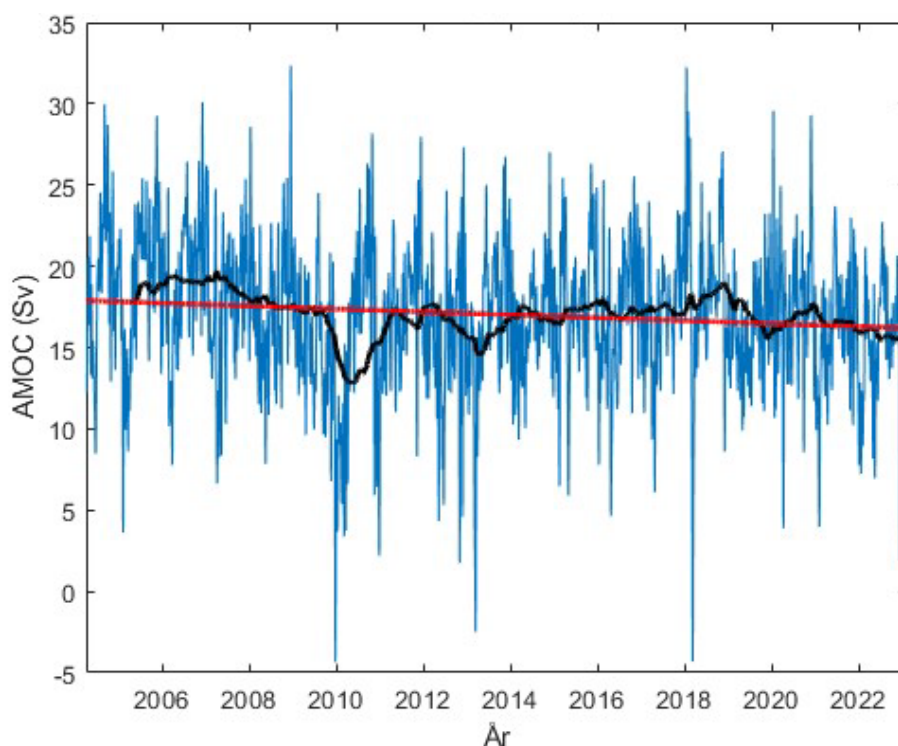
Videnskaben skelner mellem en langsom og forudsigelig svækkelse af AMOC frem mod år 2100 på den ene side (som forudsagt i klimamodeller og IPCC's sjette hovedrapport¹²⁴), og risikoen for et pludseligt og uforudsigeligt kollaps over få årtier på den anden (som andre forskningsstudier har indikeret).

AMOC vil med stor sikkerhed svækkes gradvist med 30-40 % frem mod år 2100, som forudsagt i den seneste hovedrapport fra IPCC. Ved en markant svækkelse af AMOC frem mod år 2100 vil varmetransporten i havet fra syd til nord aftage betydeligt. Selvom havsystemerne sender mindre varme nordpå vil temperaturen i Danmark forventeligt fortsat stige, fordi den globale opvarmning både opvejer og overstiger varmetabet fra AMOC.

Den seneste hovedrapport fra IPCC forudser ikke et pludseligt kollaps af AMOC, men i et hypotetisk scenarie vil konsekvenserne være alvorlige. Ved et pludseligt kollaps af AMOC vil transport af varme fra syd til nord mindskes, luft- og havtemperaturerne over Nordatlanten og dele af det arktiske ocean vil falde betydeligt, og havisen vil brede sig i de nordligste have. Temperaturen i dele af Nordeuropa vil også falde flere grader, men den præcise afkøling er usikker. Klimaet i Danmark vil fortsat være maritimt, præget af vestenvinde og ikke istidslignende forhold eller kontinentalt som eksempelvis i Alaska.

Styrken af AMOC's transport af vand er målt i subtropen ved RAPID-MOCHA ved 26,5° nordlig bredde siden 2004, se figur 3.I. De nyeste publicerede resultater som dækker målinger frem til 2023 konkluderer, at der er en begrænset og statistisk usikker generel svækkelse af AMOC, og dette resultat understøtter forventningen om en gradvis reduktion, men ikke et forestående pludseligt kollaps¹²⁵.

Figur 3.I. Styrken af AMOC ved 26,5° nordlig bredde fra direkte målinger (RAPID-MOCHA)



Beskrivelse: Den vertikale akse viser styrken af AMOC, målt som volumentransporten af vand i enheden Sverdrup (Sv). Én Sv svarer til én million kubikmeter per sekund. Den horisontale akse viser tid. Blå og sorte kurver viser henholdsvis månedlige og udglattede målinger (12 måneder). Tendensen over hele måleperioden er overlagt (rød). Kilde: UK Met Office¹²⁶.

Direkte målinger af AMOC's styrke foretages også på andre breddegrader, herunder på et tværsnit mellem Grønland og Skotland over Island og Færøerne, kendetegnet ved den undersøiske bjergryg Grønland-Skotland-Ryggen. Målingerne her går mere end to årtier tilbage og overordnet viser de en udpræget stabilitet over

de sidste årtier^{127,128}, og understøtter ikke den svækkelse af AMOC, der ses i målingerne i subtropene. Derimod peger de seneste opdateringer fra Grønland-Skotland-Ryggen på, at der er en øget styrke i strømmene mod Arktis, ikke en svækkelse. Sammen med varmere havstrømme betyder det en øget varmetransport mod Arktis på 13% over de sidste tre årtier¹²⁹.

Mellem RAPID-MOCHA og Grønland-Skotland-Ryggen målepunkterne af AMOC-styrken er etableret et nyere program, OSNAP, som også har til formål at detaljere vores viden om henholdsvis de østlige (Grønland-Skotland-Ryggen) og vestlige (Labradorhavet) bidrag til AMOC. Målingerne strækker sig ikke langt nok tilbage i tid til at vurdere om der er en generel svækkelse, men målesystemet har alligevel leveret et resultat ved at påpege at drivkraften bag AMOC og dens variabilitet helt tydeligt ligger i de østlige grene fra strømmene over Grønland-Skotland-Ryggen¹³⁰.

IPCC vurderer i panelets seneste hovedrapport ikke, at AMOC vil kollapse inden år 2100¹³¹. Der er dog aktuelle videnskabelige studier, der peger på muligheder for kollaps på både kort eller lang tidsskala, og studier, som peger på en gradvis svækkelse. Det er endnu for tidligt at bedømme, om der er større eller mindre risiko for kollaps end IPCC's seneste vurdering.

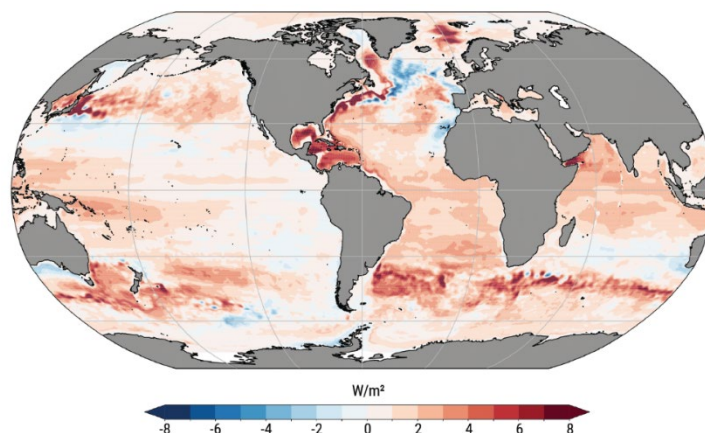
Sektion 3.4.2: Havets varmeindhold

Havets overflade opvarmes i takt med den menneskeskabte drivhuseffekt. Over tid bevæger varmen sig dybere ned i vandet samtidig med at de store havstrømme omfordeler varmen. AMOC spiller en central rolle i denne omfordeling globalt. Den samlede mængde varme, der lagres i havet kaldes "havets varmeindhold" og har blandt andet betydning for den globale vandstand, da varmt vand fylder mere end koldt vand og havet dermed udvider sig ved opvarmning med stigende havniveau til følge. Udviklingen i havets varmeindhold i de øverste 2000 m fra 1993 frem til i dag viser en stigende tendens næsten overalt, med den største stigning i den vestlige del af Atlanterhavet og Stillehavet, se figur 3.J. Det nordøstlige Atlanterhav er imidlertid et af de få områder, der viser et fald i havets varmeindhold.

Det meste af den varme, der transporteres nordpå, sker via den Nordatlantisk havstrøm, en forlængelse af Golfstrømmen og en komponent af AMOC, hvor nogle af de største stigninger i havets varmeindhold er blevet observeret. Modelanalyser viser, at varmeindholdet i havet i de øverste 700 m steg fra begyndelsen af 1990'erne til slutningen af 2000'erne, faldt indtil midten af 2010'erne og derefter steg igen fra 2016 og frem.

I 2024 er der blevet observeret et rekordhøjt varmeindhold i havet globalt, svarende til en opvarmning siden 1993 på 0,16 °C. Havet skal betragtes som helhed fordi det er den samlede opvarmning, der påvirker havniveauet. Stigningsraten i varmeindholdet forventes at fortsætte eller forøges i de næste årtier.

Figur 3.J. Tendenser for havets varmeindhold i de øvre 2000 meter for 1993-2024



Beskrivelse: Verdenskort med stigningsraten i havets varmeindhold i det øvre 2000 m fra 1993 til 2024 målt i watt per m². *Kilde: Copernicus¹³².*



Danmarks Meteorologiske Institut





Danmarks Meteorologiske Institut

Kapitel 4: Klimaforandringer i Danmark



Klimaet i Danmark påvirkes af de menneskeskabte klimaforandringer, og det danske vejr bliver mere ekstremt. Allerede i dag er klimaet i Danmark varmere og vådere end det har været tidligere. I dette kapitel beskrives, hvordan klimaet i Danmark har udviklet sig frem til i dag, samt hvordan det forventes at udvikle sig i fremtiden.

Boks 4.i. DMI's Klimaatlas

DMI's Klimaatlas udarbejdes af Nationalt Center for Klimaforskning. Klimaatlas leverer ét samlet datagrundlag for det fremtidige danske klima og udgør det primære datagrundlag for dette kapitel. Klimaatlas er udarbejdet på baggrund af DMI's egne data, internationale samarbejder og viden fra rapporter fra FN's Klimapanel (IPCC). Klimaatlas beskriver, hvordan klimaet i Danmark ventes at ændre sig under tre udvalgte IPCC-scenarier - det lave (RCP2,6), det mellemhøje (RCP4,5) og det meget høje (RCP8,5) udledningsscenarie. For havniveauet i Danmark er fremskrivningerne i Klimaatlas baseret på de nyere SSP-scenarier, og der er dermed fem forskellige fremtidige udviklinger at vælge imellem. Læs mere om IPCC's udledningsscenarier i boks 1.iii. i kapitel 1. Forskellen skyldes at det tilgængelige datagrundlag for atmosfæriske indikatorer og havniveau-indikatorer er forskelligt (læs mere i *Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning*¹³³).

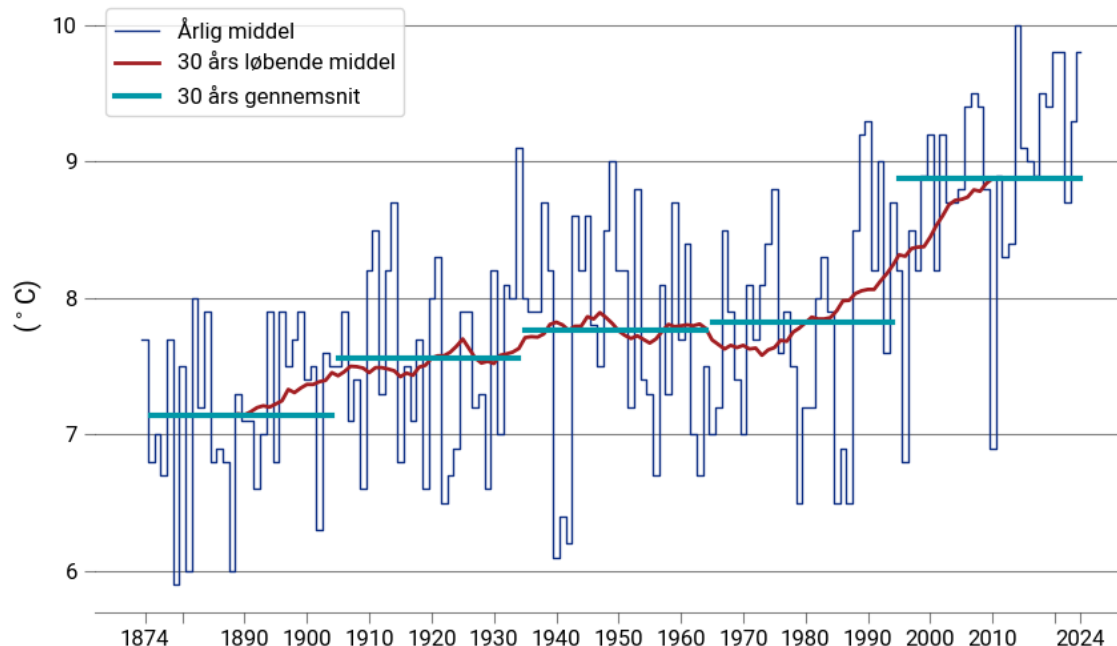
Udledningsscenarier i DMI's Klimaatlas

Udledningsscenarie	Atmosfæriske indikatorer	Havniveau-indikatorer
Meget højt	RCP8,5	SSP5-8,5
Højt	-	SSP3-7,0
Mellemhøjt	RCP4,5	SSP2-4,5
Lavt	RCP2,6	SSP1-2,6
Meget lavt	-	SSP1-1,9



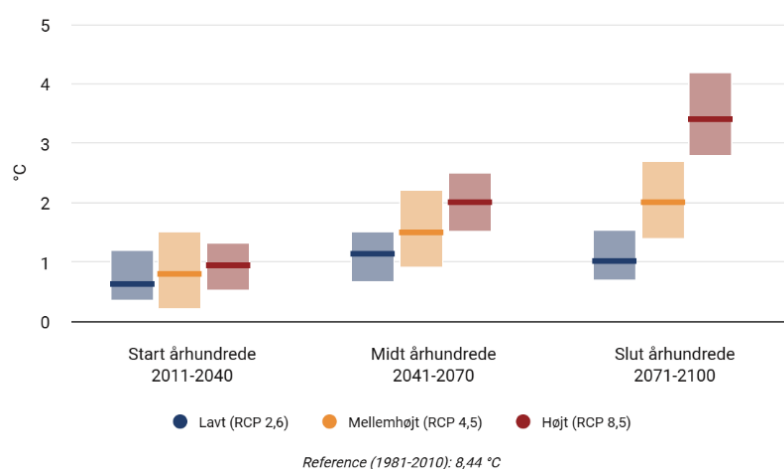
Afsnit 4.1: Temperaturer, hedebølger varmebølger og frost

Temperaturen i Danmark stiger i takt med den globale opvarmning. Siden 1874, hvor DMI begyndte at måle temperaturen i Danmark, er det danske klima blevet 1,5 °C varmere og stigningen er dermed højere end det globale gennemsnit. Det er forventeligt, ligesom det forventes at der også i fremtiden vil ske større stigning i temperaturen i Danmark end globalt. Langt størstedelen af opvarmningen i Danmark er sket over de sidste fem årtier (se figur 4.A).

Figur 4.A. Årlig middeltemperatur i Danmark 1874-2024


Beskrivelse: Årlig middeltemperatur i Danmark 1874-2024 (blå trappekurve). Den røde kurve viser den løbende 30-års middelværdi, mens de blå vandrette barer viser middeltemperaturen over de seneste 30 år og de foregående fem 30-års perioder før det. *Kilde: DMI.*

Temperaturen i Danmark vil stige yderligere frem mod slutningen af århundredet (se figur 4.B), men stigningens størrelse og hastighed afhænger af de fremtidige globale drivhusudledninger. Under det mellemhøje udledningsscenarie, der lægger sig tæt op ad det udledningsniveau, som verdens landes nuværende klimapolitik svarer til, vil gennemsnitstemperaturen i Danmark stige med 2 °C i slutningen af århundredet relativt til 1981-2010 uden betydelige regionale forskelle. I det lave udledningsscenarie forventes det, at temperaturen i slutningen af århundredet stiger med 1 °C, mens stigningen vil være 3,4 °C i det høje udledningsscenarie. Temperaturen vil stige året rundt. Læs mere om IPCC's udledningsscenarier i boks 1.iii. i Kapitel 1.

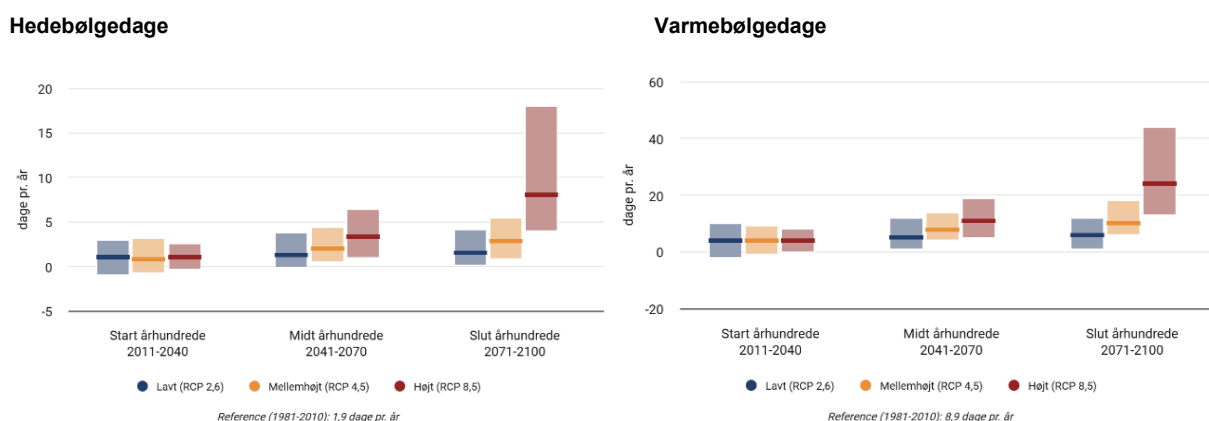
Figur 4.B. Ændring i gennemsnitstemperatur i Danmark


Beskrivelse: Ændring i gennemsnitstemperatur i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og meget høje (rød) udledningsscenarie. Stregerne viser det mest sandsynlige niveau, mens bjælkerne viser usikkerhederne forbundet med hvert scenarie. *Kilde: KlimaAtlas¹³⁴.*

Som konsekvens af højere gennemsnitstemperaturer om sommeren i Danmark kommer der flere dage med varme- og hedebløge, se figur 4.C. Antallet af hedebløgedage^{xiii} var i perioden 1981-2010 ca. 2 om året. I slutningen af århundredet forventes antallet at stige til i gennemsnit ca. 5 dage om året i det mellemhøje udledningsscenarie, mens det forventede antal er ca. 3,5 dage om året i det lave udledningsscenarie og 10 dage i det meget høje udledningsscenarie. Varmebølger^{xiv} vil desuden blive mere almindelige om sommeren. I det mellemhøje udledningsscenarie forventes en stigning på 11 årlige dage med varmebølge fra ca. 9 til omkring 20 varmebløgedage om året, mens den forventede stigning er på 6 dage i det lave udledningsscenarie og 25 i det meget høje udledningsscenarie.

Der er særlig risiko for hedebløge i byer grundet *Urban Heat Island*-effekten, der beskriver hvordan særligt absorption af varme i byens mørke overflader og lav fordampning fra vegetation og jord medfører endnu højere gennemsnitstemperaturer.

Figur 4.C. Ændring i hede- og varmebløgedage i Danmark



Beskrivelse: Ændring i gennemsnitligt antal af hedebløgedage (venstre) og varmebløgedage (højre) i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og meget høje (rød) udledningsscenarie. Skraverede områder viser usikkerhedsmargin. For særligt det høje udledningsscenarie stiger usikkerheden markant jo længere ud i fremtiden, der fremskrives. *Kilde: Klimaatlas¹³⁵.*

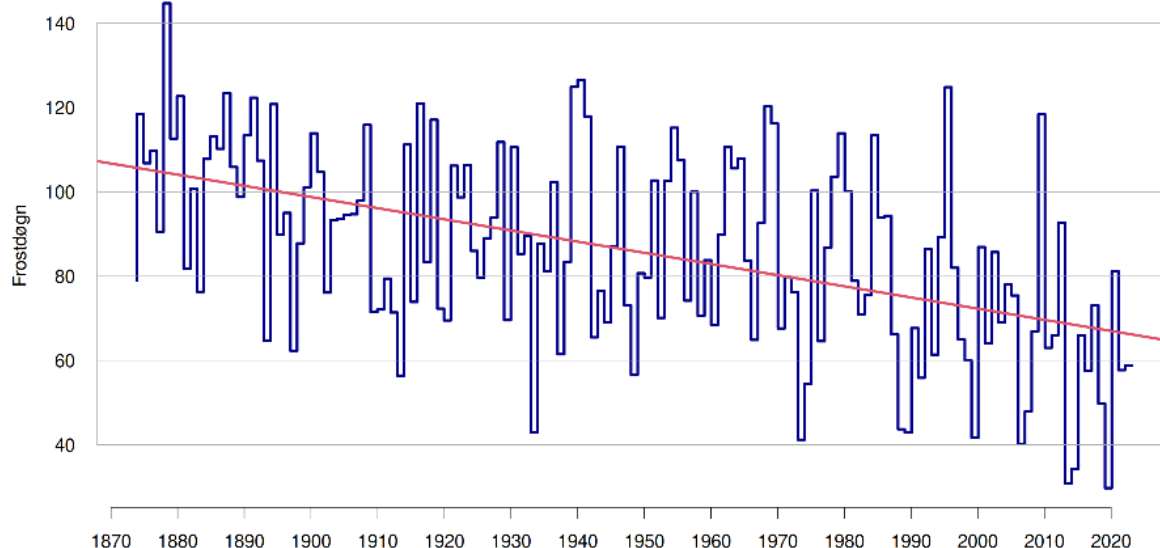
Når gennemsnitstemperaturen i Danmark stiger, vil antallet af frostdøgn falde. Antallet af frostdøgn^{xv} er faldet fra gennemsnitligt 102 døgn om året i perioden 1874-1903 til 67 døgn om året i perioden 1994-2023, jf. figur 4.D.



^{xiii} En hedebløge er, når middelværdien af de højeste temperaturer, målt over tre dage, overstiger 28 °C.

^{xiv} En varmebløge er når middelværdien af de højeste temperaturer, målt over tre dage, overstiger 25 °C.

^{xv} Et frostdøgn er et døgn, hvor temperaturen når under frysepunktet. Døgnet gennemsnitstemperatur kan dog godt være over 0 °C. Antallet af frostdøgn er beregnet ud fra hvor stor en andel af Danmarks areal, der har haft frost. Har fx halvdelen af Danmark oplevet temperaturer under 0 °C i et døgn registreres det som 0,5 frostdøgn.

Figur 4.D. Frostdøgn per vinter i Danmark 1874-2023


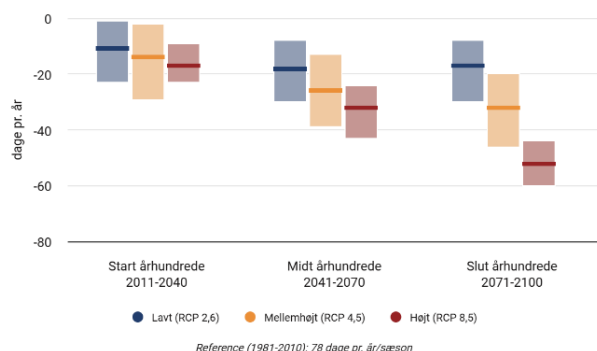
Beskrivelse: Antal frostdøgn i Danmark fra 1874-2023. Den blå linje viser de årlige målinger, mens den røde linje viser tendensen over perioden. *Kilde: DMI.*

I slutningen af dette århundrede vil temperaturen i det mellemhøje udledningsscenarie nå under frysepunktet 46 dage om året, se figur 4.E. Omvendt forlænges vækstsæsonen^{xvi} i dette scenarie med næsten to måneder, så den samlet varer omkring 10 måneder. I det lave udledningsscenarie falder antallet af frostdøgn med 17 dage, og vækstsæsonen forlænges med knap en måned, mens antallet af frostdøgn i det høje udledningsscenarie falder med 52 dage, og vækstsæsonen forlænges med knap tre måneder.

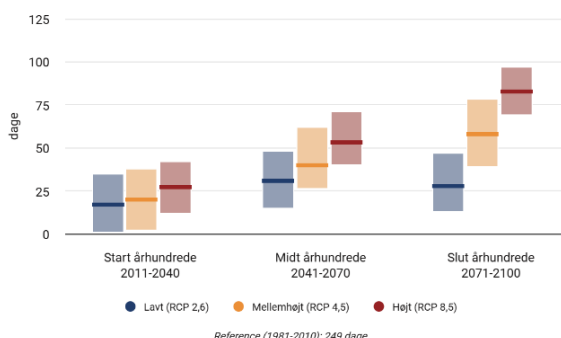
Danmark er et af de lande i verden, der forventes at opleve det største fald i antallet af frostdøgn¹³⁶. Det skyldes primært, at forholdsvis mange døgn i vinterhalvåret har en minimumtemperatur, som ligger under frysepunktet, men tæt på nul grader – der skal derfor kun små temperaturstigninger til at ændre døgnene fra at være frostdøgn til ikke-frostdøgn.

Figur 4.E. Ændring i antal frostdøgn og vækstsæson i Danmark

Frostdøgn



Vækstsæson



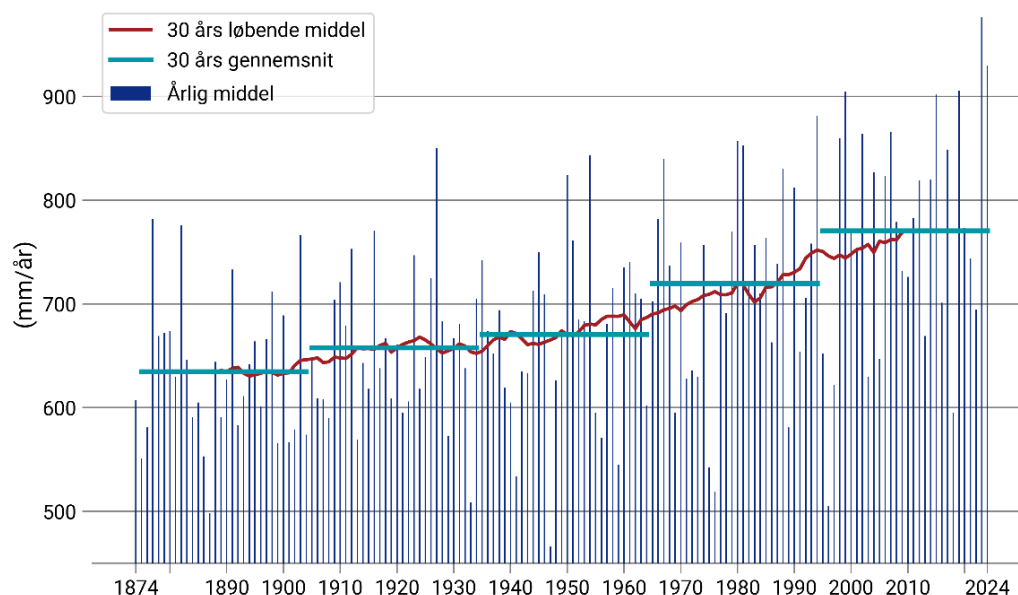
Beskrivelse: Ændring i gennemsnitligt antal af frostdøgn (venstre) og døgn med vækstsæson (højre) i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og høje (rød) udledningsscenarie. *Kilde: KlimaAtlas, v2024b.*

^{xvi} Vækstsæsonen betegnes som antal døgn fra årets første seks sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C, til årets sidste seks sammenhængende dage med daglige middeltemperaturer over 5 °C.

Afsnit 4.2: Nedbør

En varmere atmosfære påvirker alle dele af vandets kredsløb i klimasystemet, og dermed også nedbørsmængder^{xvii}. Sammen med blandt andet ændringer i vejrmønstre forventes dette at føre til ændrede nedbørsmønstre mange steder i verden, inklusiv i Danmark. Den historiske udvikling af nedbør i Danmark viser, at den gennemsnitlige årlige nedbør er steget med omkring 130 mm siden slutningen af 1800-tallet (se figur 4.F). Den årlige nedbør er steget i hele måleperioden, men den stigende tendens accelereres fra midten af 1900-tallet og frem.

Figur 4.F. Årligt nedbør i Danmark 1874-2024



Beskrivelse: Årlig nedbør i Danmark for 1874-2024. De vertikale blå linjer viser den årlige nedbør (mm/år), mens de horisontale blå linjer viser 30 års gennemsnit og den røde linje viser et 30 års løbende gennemsnit. *Kilde: DMI.*

Den historiske udviklingen i nedbøren følger samme tendens som de forventede fremtidige nedbørsændringer. I Danmark forventes mere nedbør på årsbasis i fremtiden, uanset udledningsscenarie.

Årsnedbøren i Danmark forventes at stige med 2 % i det lave udledningsscenarie, 7 % i det mellemløje udledningsscenarie og 12 % i det meget høje udledningsscenarie i slutningen af århundredet (se venstre panel af figur 4.G). Da klimaet bliver varmere vil en stigende andel af denne nedbør falde som regn frem for sne. Stigningerne skyldes primært, at vintrene bliver vådere, mens også forår og efterår vil være præget af mere nedbør end i dag. Om sommeren forventes omtrent samme mængde nedbør som i dag^{xviii}, men nedbøren vil i højere grad falde som kraftige byger og skybrud med længere tørre perioder imellem.

Selvom mængden af sommernedbør i Danmark ikke forventes at ændres markant i et varmere klima, indikerer klimamodellerne store forskelle på tværs af Europa. Det nordligste Europa får mere sommernedbør, mens somrene bliver tørrere i Sydeuropa. Danmark ligger i området midt imellem, hvor nogle klimamodeller forventer

^{xvii} Jo varmere atmosfæren er, jo mere vanddamp kan den indeholde. Den globale opvarmning intensiverer dermed den hydrologisk cyklus gennem øget fordampning og større variationer i nedbør.

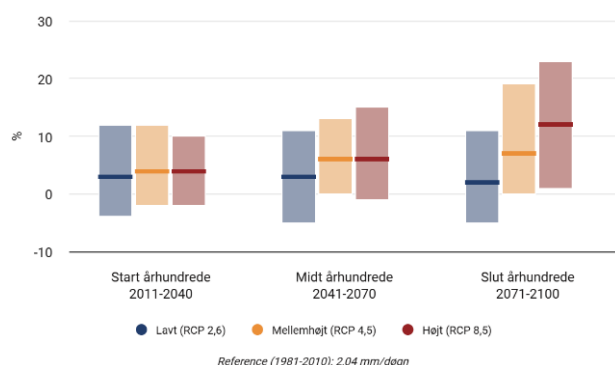
^{xviii} Beregninger af ændringer i samlet mængde sommernedbør i Danmark er generelt forbundet med relativt store usikkerheder. Det skyldes primært Danmarks placering mellem den sydlige del af Europa og den nordlige del af Skandinavien, hvor mængden af sommernedbør henholdsvis vil aftage og stige i takt med den globale opvarmning. Lige præcis for Danmark peger forskellige klimamodellerne henholdsvis i retning af mindre og mere nedbør.

mere sommerregn, andre mindre. Det viser, at det er vanskeligt at lave nøjagtige fremskrivninger om ændringer i sommerregn i Danmark. Det bedste bud, når der tages højde for alle modellerne, er at det bliver stort set uforandret, men det er dog usikkert.

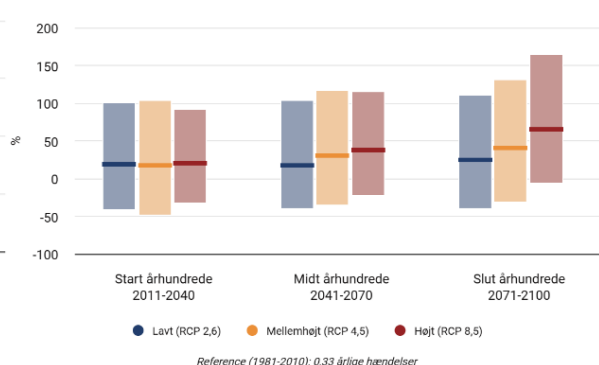
Ekstremnedbøren ændres også i et varmere klima. Højere temperaturer giver øget hyppighed af skybrud^{xix} (se højre panel af figur 4.G). Der forventes 40 % flere skybrud i det mellemhøje udledningsscenarie, mens forventninger i det lave og meget høje udledningsscenarie er henholdsvis 30 % og 70 %. Skybruddene vil forekomme mest hyppigt i sommerhalvåret.

Figur 4.G. Ændring i gennemsnitsnedbør og skybrud i Danmark

Gennemsnitsnedbør



Skybrud

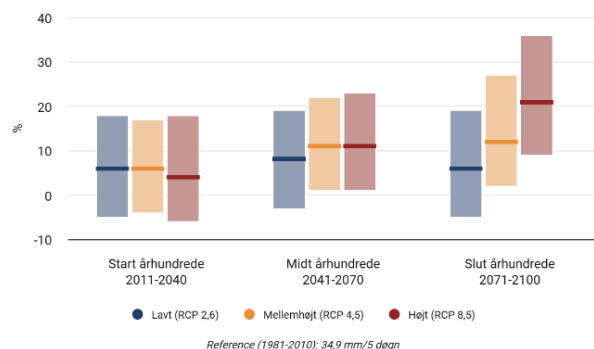


Beskrivelse: Ændring i gennemsnitsnedbør (venstre) og skybrud (højre) i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og høje (rød) udledningsscenarie. *Kilde: KlimaAtlas¹³⁷.*

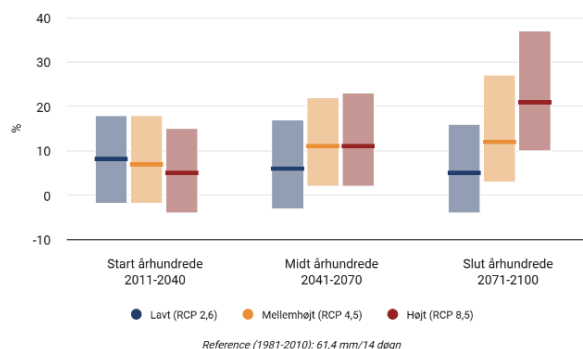
Den maksimale 5-døgnsnedbør forventes at stige med 12% om vinteren i slutningen af århundredet i det mellemhøje udledningsscenarie, mens den forventede stigning er 6% i det lave udledningsscenarie og 21% i det høje udledningsscenarie, se figur 4.H. De forventede ændringer i 14-døgnsnedbør er på omtrent samme niveau. De ændrede nedbørsmønstre vil medføre hyppigere oversvømmelser (se boks 4.ii) og også koblede hændelser, hvor fx både hav og nedbør samtidigt bidrager til en øget oversvømmelse.

Figur 4.H. Ændring i henholdsvis maksimal 5- og 14-døgnsnedbør i Danmark

Maksimal 5-døgnsnedbør



Maksimal 14-døgnsnedbør



Beskrivelse: Ændring i maksimal 5-døgnsnedbør (venstre) og 14-døgns nedbør i vintersæsonen (højre) i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og høje (rød) udledningsscenarie. *Kilde: KlimaAtlas¹³⁸.*

^{xix} Skybrud er ekstreme nedbørshændelser, hvor der falder mere end 15 mm nedbør på 30 min. Den stigende hyppighed skyldes luftens øgede evne til at indeholde vanddamp.

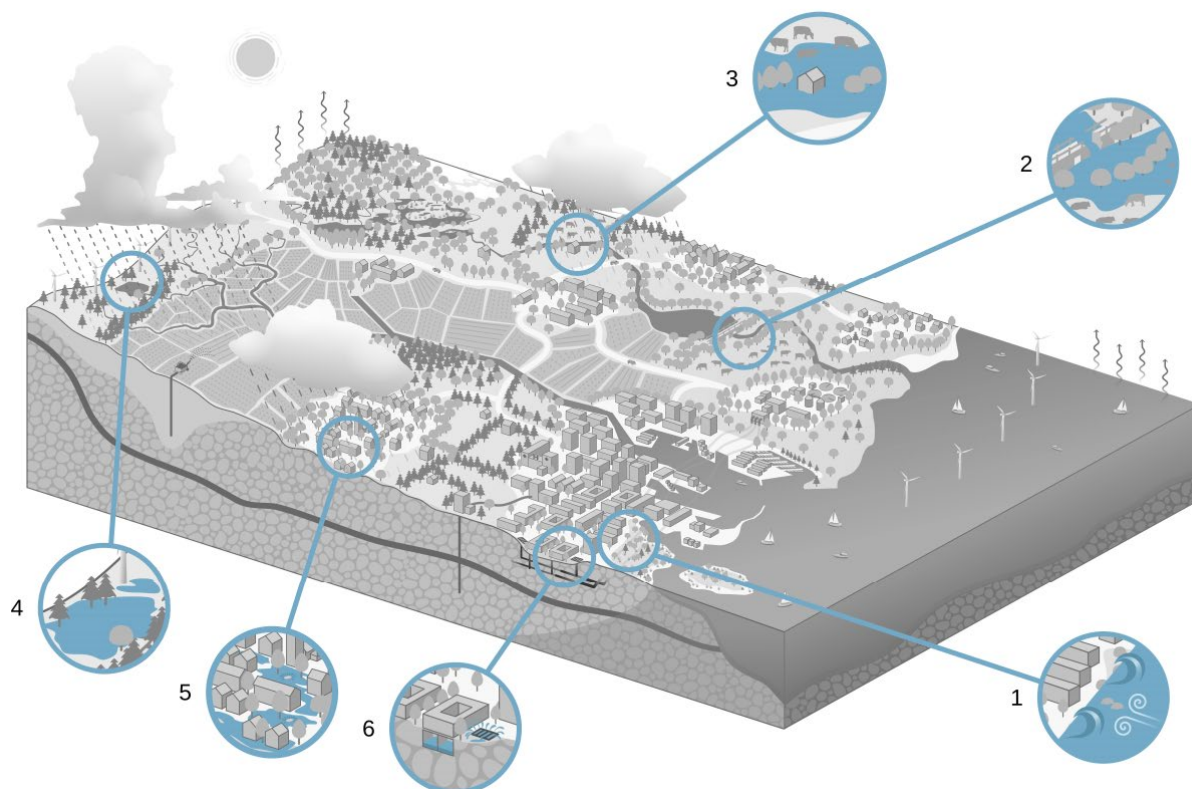
Boks 4.ii. Oversvømmelser i Danmark

Der findes fem typer af oversvømmelser i Danmark (se også figur 4.I.):

1. Havoversvømmelser, hvor årsagen primært er forhøjet vandstand langs kyster.
2. Vandløbsoversvømmelser, hvor årsagen primært er overbelastning af vandløb og søer.
3. Nedbørsoversvømmelser, hvor nedbørshændelser medfører strømning på overflader eller i rør, og som samles i lavninger.
4. Grundvandsoversvømmelser, hvor terrænnært grundvand stiger til et niveau, hvor der er skader enten tæt på eller over overfladen af terrænet.
5. Tekniske oversvømmelser, hvor infrastruktur fejler, fordi det belastes på måder, som ikke er taget i regning under dimensionering og konstruktion af det pågældende element.

Indenfor blot de seneste 15 år har Danmark oplevet en række store oversvømmelser, som omfatter alle ovennævnte typer af oversvømmelser. Hændelserne viser også, at koblinger mellem forskellige typer af oversvømmelser ikke blot er teoretisk mulige, men også forekommer i virkeligheden. Koblede hændelse er kendetegnet ved, at den samlede skade er blevet større, fordi flere årsager bidrager til den samlede effekt. I fremtidens klima vil der være væsentligt flere og større koblinger mellem de forskellige typer af oversvømmelser. Hver type af oversvømmelser vil forekomme over større dele af året, og det giver en mulighed for, at flere typer af hændelser optræder samtidigt. I nogle tilfælde vil det endog være de samme meteorologiske forhold, der medfører en samlet større oversvømmelse, fordi flere årsager spiller sammen. Det vil derfor for mange konkrete oversvømmelser være vanskeligt at udpege en enkelt årsag til hændelsen, idet flere årsager bidrager til den samlede effekt.

Figur 4.I. Illustration af de forskellige typer af oversvømmelser



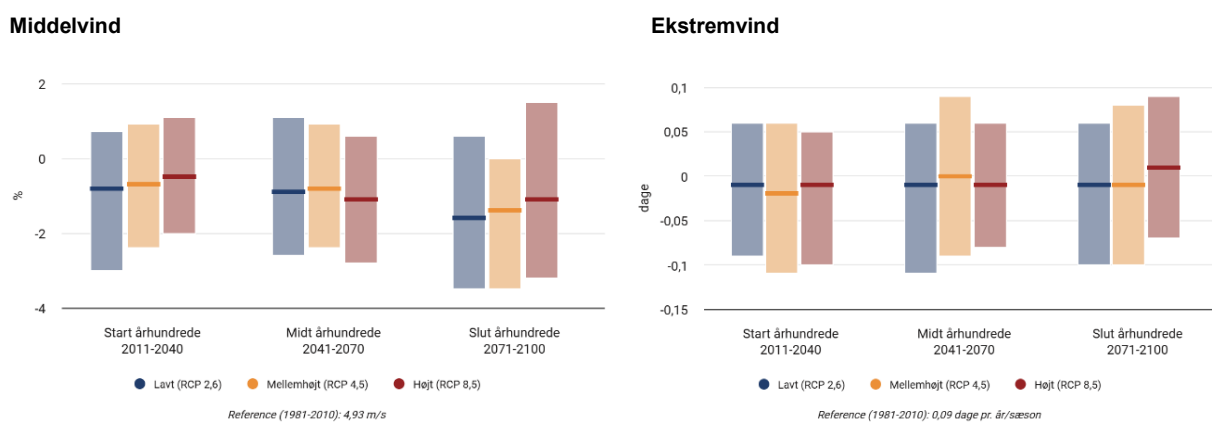
Beskrivelse: 1: Havoversvømmelse, 2: Teknisk Oversvømmelse, 3: Vandløbsoversvømmelse, 4: Nedbørsoversvømmelse fra dagsregn, 5: Nedbørsoversvømmelse fra skybrud, og 6: Grundvandsoversvømmelse. Som skitsen er udformet kan 4, 5 og 6 både være Nedbørsoversvømmelser og Grundvandsoversvømmelser. *Kilde: DMI¹³⁹.*



Afsnit 4.3: Vind

Hverken antallet af storme eller hastigheden af middelvind har ændret sig markant i den tid, hvor DMI har målt og registreret vind og storme i Danmark. Beregning af fremtidens vindforhold i Danmark er forbundet med store usikkerheder, og det bedste bud er, at det ikke ændrer sig markant frem mod slutningen af århundredet sammenlignet med i dag. En mindre stigning eller svækkelse af den gennemsnitlige vindstyrke kan grundet usikkerhederne dog ikke udelukkes frem mod år 2100, se figur 4.J.

Figur 4.J. Ændring i middel- og ekstremvind i Danmark

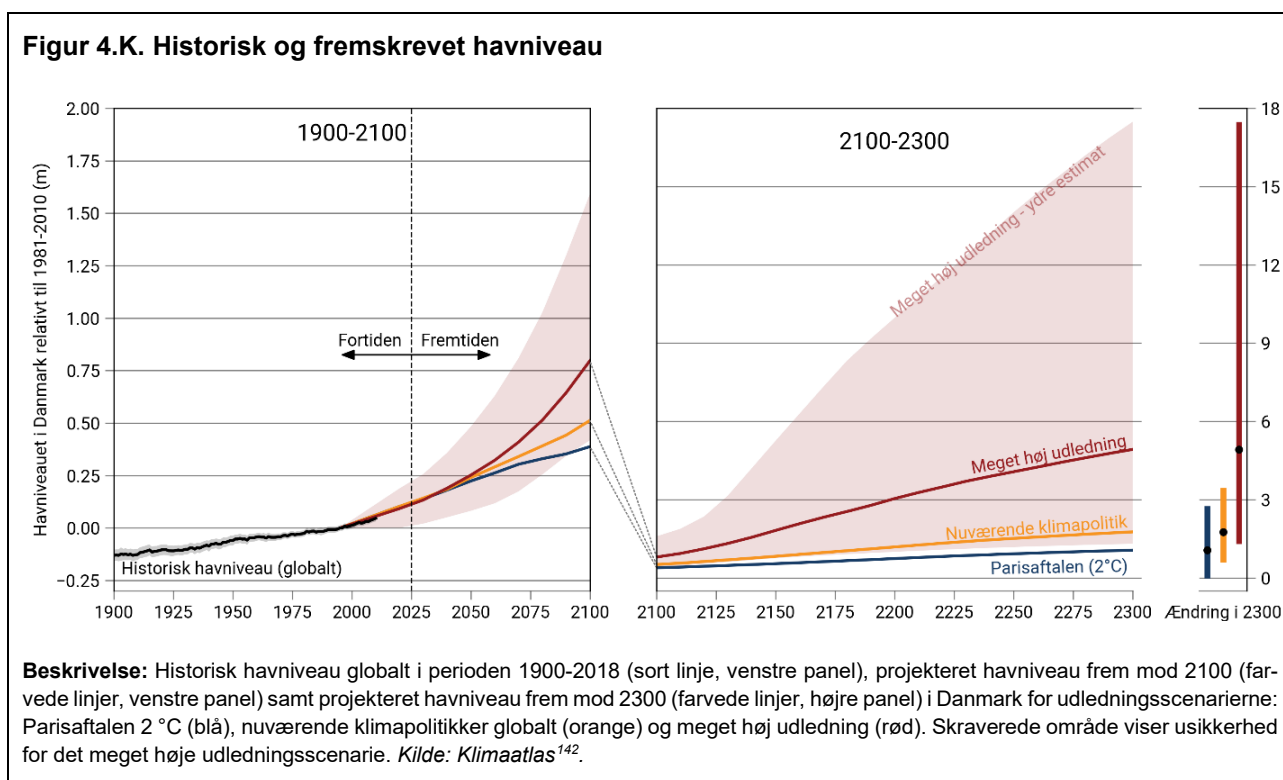


Beskrivelse: Ændring i middel vindhastighed (venstre) og ekstremvind (højre) i Danmark i forhold til 1981-2010 for det lave (blå), mellemhøje (gul) og meget høje (rød) udledningsscenarie. Kilde: *Klimaatlas*¹⁴⁰.

Afsnit 4.4: Havniveau i Danmark

Stigning i havniveauet er en uundgåelig del af vores fremtid. Den globale opvarmning medfører en øget afsmeltning af gletsjere og iskapperne i Grønland og Antarktis, hvilket bidrager med smeltevand til verdenshavene. Samtidigt udvider havet sig på grund af opvarmningen, hvilket får det globale havniveau til at stige yderligere. Ligesom for kloden som helhed forventes havet omkring Danmarks kyster at fortsætte med at stige i århundreder, selv hvis den globale udledning af drivhusgasser stoppes helt i dag.

Det gennemsnitlige havniveau omkring Danmark er steget omkring 2 mm om året over det 20. århundrede, og stigningen accelererer ligesom på globalt plan, se figur 4.K. Middelvandstanden i slutningen af århundredet forventes at være steget med 30-60 cm afhængigt af udledningsscenarie. Verdens nuværende klimapolitikker forventes at medføre cirka 3 °C global opvarmning i år 2100¹⁴¹, og den forventede stigning i dette scenarie vil være 40-50 cm i Danmark i forhold til niveauet i dag^{xx}. Dette tal er behæftet med usikkerheder og derfor kan der ikke udelukkes en havniveaustigning på op til 90 cm i år 2100^{xxi}. Hvis verden øger de globale udledninger markant forventes en havniveaustigning på 70 cm i år 2100 i Danmark. Fremskrivningerne er dog usikre på grund af manglende viden om iskappernes afsmeltning, hvorfor stigningen kan være op til 1,4 m^{xxii}. Mere end 1,5 m havniveaustigning er meget usandsynligt, selv i ekstreme scenarier for afsmeltningen af iskapper og gletsjere samt meget høje drivhusgasudledninger, mens mere end 2 m er ekstremt usandsynligt^{xxiii}. Givet usikkerheder om iskapperne kan stigninger i denne størrelsesorden dog ikke udelukkes, som det fremgår af de seneste IPCC-rapporter fra år 2021 og 2023.



^{xx} Medianestimat af havniveaustigning på tværs af Danmark i år 2100 relativt til 2025 under udledningsscenarier SSP2-4,5 og SSP3-7,0, med low-confidence processer inkluderet hvor tilgængeligt. KlimaAtlas v2024b.

^{xxi} 90. percentil af havniveaustigning på tværs af Danmark i år 2100 relativt til 2025 under udledningsscenarier SSP3-7,0 med kun medium-confidence processer (da der findes ikke fremskrivninger med low-confidence processer inkluderet). Den tilsvarende tal for SSP2-4,5 med low-confidence processer er 75 cm. KlimaAtlas, v2024b.

^{xxii} Henholdsvis 50. og 90. percentiler af havniveaustigning på tværs af Danmark i år 2100 relativt til 2025 for udledningsscenariet SSP5-8,5, med low-confidence processer inkluderet. KlimaAtlas v2024b.

^{xxiii} DMI's vurdering, baseret på IPCC calibrated language for usikkerhed og data fra KlimaAtlas for SSP5-8,5 med low-confidence processer inkluderet. KlimaAtlas, v2024b.

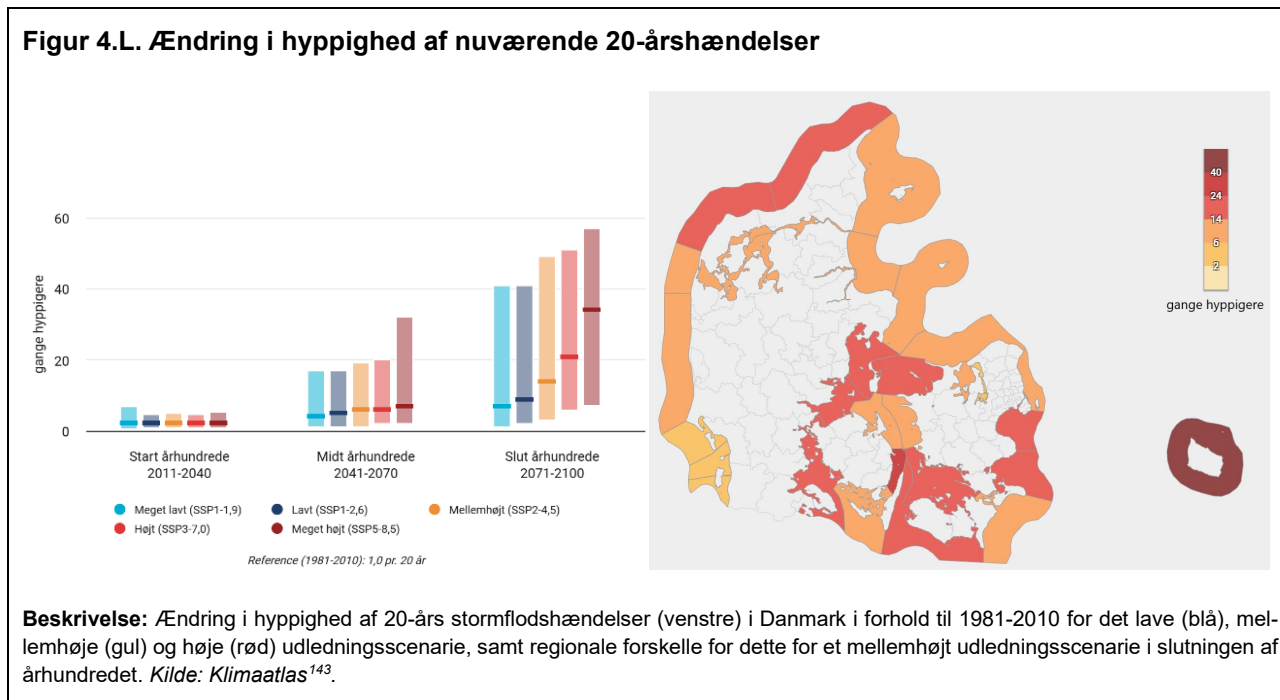
Regionalt vil havet omkring det sydvestlige Danmark stige mest, mens stigningen især i Nordjylland delvist modvirkes af landhævning efter sidste istid, og der kan være lokale variationer, hvor dræning af områder i nogle tilfælde vil medføre lokale sætninger i form af faldende landniveau.



Afsnit 4.5: Stormfloder

Med klimaforandringer øges både hyppigheden og intensiteten af stormfloder. Når middelvandstanden hæves, så vil en stormflod kunne få langt mere alvorlige konsekvenser, da vandet presses højt op over terrænet.

Klimaatlas viser, at selv ændringer i havniveauet på 40-50 cm medfører markante ændringer i hyppigheden af stormfloder i Danmark. I slutningen af århundredet kan en stormflod, der i dag forekommer én gang på 20 år, ske gennemsnitligt hvert andet år. Stormfloder, som i dag forekommer én gang på 100 år, kan ske gennemsnitligt hvert tredje år, se figur 4.L.



Stormfloder kan medføre skade på mennesker, boliger, infrastruktur mv., og de gennemsnitlige årlige skadesomkostninger i Danmark forventes at stige til flere milliarder kroner årligt^{144,145}. Udover at nedbringe de globale drivhusgasudledninger, og på den måde reducere den fremtidige havniveaustigning, er der et stort potentiale for at mindske de økonomiske konsekvenser ved systematisk og fleksibel klimatilpasning indrettet efter lokale forhold.

Et afgørende element i stormflodssikring, og i planlægning af klimatilpasning generelt, er at tage højde for de forskellige mulige fremtidige udviklinger. Konkret kan det gøres ved at benytte de viste udledningsscenarier og usikkerheder i DMI's Klimaatlas. Hvordan fremtidens stormfloder påvirker Danmark afhænger hovedsageligt af den fremtidige havniveaustigning, og dermed, hvor store mængder drivhusgasser, der udledes fremover. Når der skal planlægges klimatilpasning eller bygges ny infrastruktur er der derfor ikke blot ét scenarie, man skal orientere sig mod. I hvert enkelt tilfælde må det vurderes, hvilken af de mulige "fremtider", der skal lægges til grund for planlægningen.

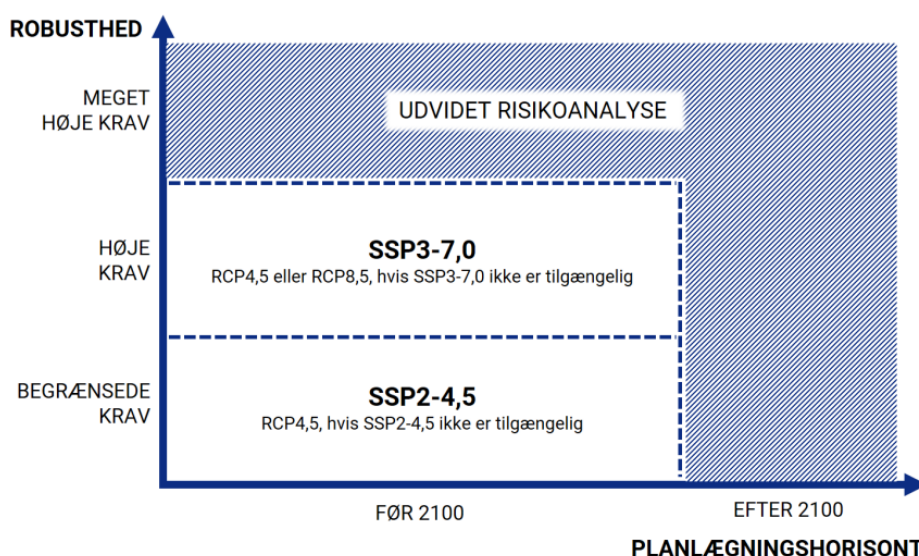
Når det kommer til infrastruktur med meget lang levetid eller høje robusthedskrav, kan det være en fordel at tilpasse konstruktionerne til udledningsscenarier med højere mængder af udledninger end de pt. forventede, for at tage højde for de forskellige kilder af usikkerhed omkring fremtidens klima. I andre tilfælde kan det være tilstrækkeligt at anvende udledningsscenarier med lavere udledning og eventuelt designe byggerierne, så de let kan forstærkes senere. Det kan fx være et dige, der konstrueres så det på sigt kan forhøjes. Som beslutningsstøtte til den type projekter har DMI og Miljøstyrelsen udgivet *Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier til klimatilpasning*, se boks 4.iii.

Boks 4.iii Vejledning i anvendelse af udledningsscenarioer til klimatilpasning

Forebyggelse og forberedelse til fremtidens ekstreme vejr kræver ofte store investeringer. Derfor er det vigtigt, at beslutningerne træffes på et ensartet og solidt vidensgrundlag, så indsatsen kan ske rettidigt, omkostningseffektivt og koordineret. Beregninger af fremtidens klima er nødt til at tage udgangspunkt i viden om, hvordan verdenssamfundet udvikler sig fremover.

FN's klimapanel (IPCC) bruger forskellige udledningsscenarioer i sine rapporter. Disse scenarioer danner grundlag for beregninger af fremtidens klima – og har dermed flere mulige udfald. Scenarioerne er beregnet for Danmark i DMI's KlimaAtlas. Planlægning bør tage højde for flere scenarioer, afhængigt af tidsperspektiv, risikotolerance og krav til robusthed for det konkrete projekt. I januar 2025 udgav DMI en ny vejledning i anvendelse af udledningsscenarioer til klimatilpasning¹⁹, der beskriver hvordan beregninger af fremtidens klima i Danmark kan benyttes som vidensgrundlag til planlægning af klimatilpasningsprojekter i Danmark. Figur 4.M. viser anbefalede udledningsscenarioer afhængig af planlægningshorisont og krav til robusthed for det pågældende klimatilpasningsprojekt.

Figur 4.M. Illustration af anbefalede udledningsscenarioer



Beskrivelse: Anbefalede udledningsscenarioer afhængig af planlægningshorisont og krav til robusthed. Kilde: DM og MST.

Et eksempel på anvendelse af udledningsscenarioer til stormflod er indarbejdet i rapporten om sikkerhedsniveauer i *Forundersøgelse af stormflodssikring af København*¹⁴⁶. Her er der lagt analyser af en meget ekstrem stormflod til grund for vurderingerne af behovet for stormflodssikring (se mere i boks 4.iv).

Ud over at stormfloder i sig selv kan udgøre en oversvømmelsesrisiko ved enkeltstående vejrhændelser, er der i fremtiden også en øget risiko for såkaldte 'koblede hændelser'. Det beskriver at flere typer af vejrhændelser optræder samtidigt, hvorved den samlede oversvømmelse kan blive mere kompleks og medføre mere omfattende skade (se også boks 4.ii). For kyststrækninger må det forventes, at man i fremtiden kan have op til fire typer af oversvømmelser samtidigt: Fra hav, vandløb, grundvand og døgnedbør. Disse oversvømmelser vil typisk optræde i vinterhalvåret. Indenlandske oversvømmelser vil være mindre komplekse, men der kan til gengæld optræde koblede hændelser såvel i vinterhalvåret som i sommerhalvåret.

Boks 4.iv. Stormflodssikring af København

NCKF (DMI) og Kystdirektoratet har udarbejdet en delrapport¹⁴⁷ til den såkaldte *Forundersøgelse af stormflodssikring af København*. Formålet var at fastlægge sikringsniveauer for stormflodshændelser omkring hovedstadsområdet til beskyttelse mod stormfloder på mellemlang (år 2075) og lang sigt (år 2125), og udgangspunktet er infrastrukturejernes meget høje sikringskrav for stormflodshændelser.

Analysen havde til formål at kortlægge vandstandsstigningen under en fremtidig meget ekstrem stormflod. Til det formål, blev den højeste observerede stormflod i området (fra 1872) benyttet som udgangspunkt, idet der dog med DMI's stormflodsmode blev tillagt ekstra bidrag, der kunne have gjort vandstanden endnu højere. Det er fx en forøget vandstand i Østersøen inden stormfloden, en forøgelse af den maksimale vindstyrke og et tillæg som følge af et potentielt ændret stormforløb.

Stormflodshændelse blev derefter yderligere tillagt en effekt fra klimaforandringer med udgangspunkt i DMI's KlimaAtlas. I dette tilfælde benyttes udledningsscenarioet SSP3-7.0 som udgangspunkt. Valget af SSP3-7.0 bygger på vurderinger fra IPCC og UNEP, som ved forundersøgelsens udgivelse viste, at de nuværende globale implementerede udledningspolitikker ligger over det mellemhøje scenarie, SSP2-4.5, men stadig under det højeste scenarie, SSP5-8.5. Med de seneste års udvikling i den globale udledning af drivhusgasser ses ikke en tilnærmelse af udledningsniveauer, der peger i retning af meget høje udledningsscenarier som SSP5-8.5. Valget af SSP3-7.0, i fht eksempelvis SSP2-4.5, skal ses i lyset af infrastrukturejernes meget høje sikringskrav og lave tolerancetærskel. Derfor er usikkerheder i verdenssamfundets udvikling (fx befolkningsvækst, økonomi, teknologi, nationale politikker, geopolitik, konflikter, mv.), resulterende drivhusgasudledninger samt potentielle ændringer i implementerede politiske retninger inddraget ud fra et forsigtighedsprincip.

Derudover har de relativt store usikkerheder medført at der er valgt et udledningsforløb baseret på en høj øvre grænse i form af 83-percentilen. Ved anvendelse af 83-percentilen frem for medianen i SSP3-7.0, er den associerede havniveaustigning højere end i RCP8.5-scenariets medianbud (og det tilsvarende nyere SSP5-8.5). Herved er der valgt at sikre sig mod en kraftigere havniveaustigning end ved RCP8.5 medianen, idet effekten af ændringen i den anbefalede percentil (som afspejler usikkerhed i fremskrivningerne) overstiger ændringen i scenarievalg.

Figur 4.N. Kort over Københavns kystområder



Beskrivelse: Forundersøgelsens område og de nuværende terrænkoter i meter på de forskellige delstrækninger af kysten. Kilde: DMI, KDI og Sund & Bælt¹⁴⁸.

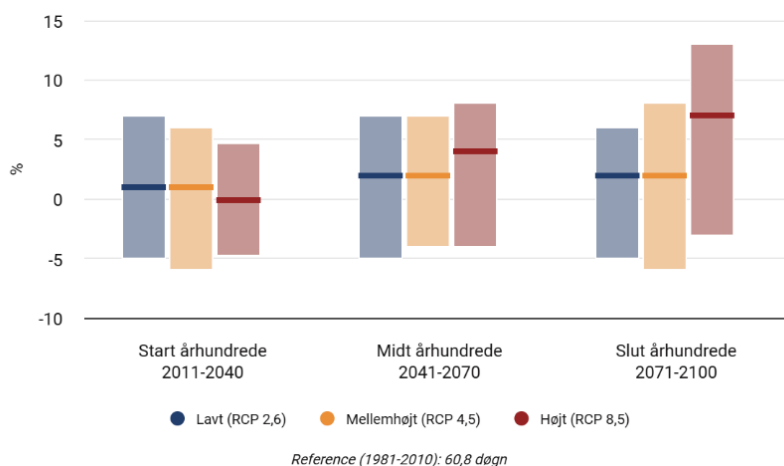
Afsnit 4.6. Tørke og brandfare

Tørke, og deraf følgende høj risiko for brandfare, har ikke været hyppigt forekommende i Danmark indtil nu. Af de kraftigste tørker i nyere tid kan blandt andet nævnes tørken i 1975-1976 og i 2018. Tørke svarende til sommeren i 2018 forekommer i det nuværende klima omkring tre gange på 100 år, statistisk set¹⁴⁹. Analyser baseret på mængden af sommernedbør alene viser dog, at der ikke har været nogen signifikant udvikling, der skulle påvirke tørken i Danmark de sidste 100 år. I et varmere klima forventes det, at den samlede nedbør om sommeren i gennemsnit vil forblive uforandret. Regnen vil dog i højere grad falde i kraftigere byger, hvorfor der vil forekomme en svag stigning i antallet af år, der har et højt antal tørre dage i perioden maj-august i takt med den globale opvarmning.

NCKF har udført nogle foreløbige beregninger, baseret på få, men meget højtopløste klimamodelberegninger, der viser et fald i hyppigheden af moderate tørkeperioder, men en stigning i ekstraordinære og hidtil usete tørkeperioder i fremtiden i Danmark. I vækstsæsonen forbliver antallet af moderate tørkeperioder omtrent det samme, mens antallet af de mest alvorlige tørkeperioder stiger. Derfor forventes omtrent det samme antal tørkeperioder i løbet af vækstsæsonen, men de har en tendens til at blive mere intense i et varmere klima.

Med stigende temperaturer og ændrede nedbørsmønstre forventes en fremtidig stigning i tørke og brandfare i Danmark. Antallet af tørre døgn^{xxiv} i løbet af sommeren forventes at stige med 2-7 % afhængigt af udledningsscenarie, se figur 4.O.

Figur 4.O. Ændring i antal tørre dage i Danmark



Beskrivelse: Ændring i antal 'tørre dage' i sommermånederne juli-august for i Danmark i forhold til 1981-2010 for et lavt (blå), mellemhøjt (gul) og højt (rød) udledningsscenarie. *Kilde: Klimaatlas¹⁵⁰.*

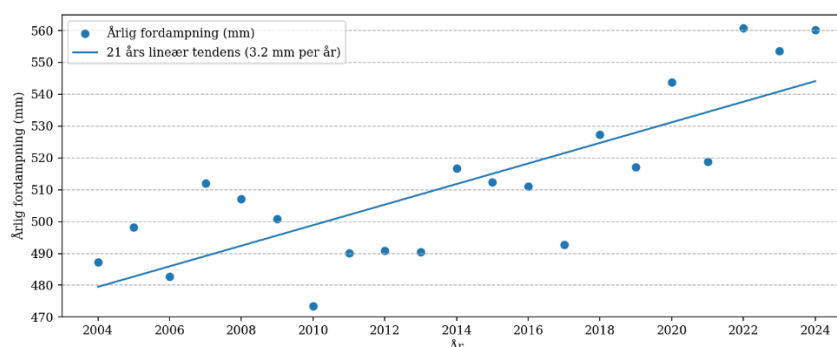
Tørke og varme fører også til et højere brandfareindeks. Gennemsnittet af brandfareindekset i løbet af sommermånederne forventes at stige med 8% i det mellemhøje udledningsscenarie, mens den forventede stigning er 4% i det lave udledningsscenarie og 28% i det meget høje udledningsscenarie.

^{xxiv} "Tørre døgn" defineres som døgn med mindre end 1 mm nedbør.

Boks 4.v. Satellitdata til at beskrive udviklingen i tørke

Tørke er meget komplekst at beregne. Ud over nedbør er fordampning en meget væsentlig proces. Det er en variabel, der ikke måles af klassiske meteorologiske målestationer og som varierer meget afhængigt af lokale forhold. Den årlige fordampning i Danmark er stigende (figur 4.P). Det skyldes højere temperaturer, som gør, at luften kan indeholde og optage mere fugt. Planter bidrager også til fordampning gennem fotosyntesen, og en længere vækstsæson forstærker denne effekt¹⁵¹, hvilket ses i hele Nordeuropa¹⁵². Vegetationen spiller ligeledes en central rolle, da varmere vejr og mere CO₂ giver grønnere planter, men under tørke falder aktiviteten, når vandmængden ikke er tilstrækkelig. Det påvirker både landbrug, skovbrug og økosystemer. Fordampningen afhænger altså af samspillet mellem vegetation, temperatur og vandtilgængelighed.

Figur 4.P. Udvikling i årlig fordampning 2004-2024

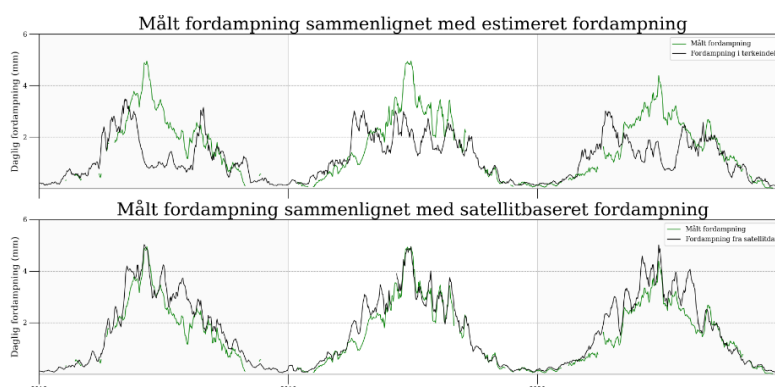


Beskrivelse: De blå punkter viser nationalt middel for den årlige fordampningssum i mm baseret på satellitdata. Den blå linje er en lineær tendens for de 21 års fordampningssummer (2004 - 2024), der viser at den årlige fordampning er steget 3,2 mm per år.

Det er i et aktuelt forskningsprojekt påvist, at data fra satellitter er velegnede til at beskrive fordampningen. Dette kan benyttes til at udvikle nye og mere præcise indeks for beregning af tørke i Danmark, herunder at skelne mellem forskellige typer af tørke. I Danmark ses generelt stigende fordampning samt øget plantegrønhed. Fordampningen måles som årssum, mens plantegrønhed dækker vækstsæsonen marts-oktober. Mere fordampning kan forværre virkningen af perioder uden regn, men de præcise konsekvenser for fremtidige tørker er stadig under undersøgelse.

En sammenligning af fordampningen, der beregnes som del af DMI's tørkeindeks til tørkeovervågning, med målinger fra Sorø viser, at beregningen fra tørkeindekset undervurderer fordampningen midt på sommeren, især i tørkeåret 2018 (se figur 4.Q). Her giver satellitdata resultater, der stemmer bedre overens med de faktiske målinger. Det peger på et stort potentiale for at bruge satellitdata mere aktivt i dansk tørkeovervågning i fremtiden.

Figur 4.Q. Målt fordampning sammenlignet med estimeret og satellitbaseret fordampning



Beskrivelse: Den grønne kurve viser på begge paneler daglig fordampning målt fra et flukstårn i Lille Bøgeskov ved Sorø. På det øvre panel er den sorte linje daglig fordampning estimeret i beregningen af DMI's tørkeindeks, der bruges i tørkeovervågning, hvilket giver en korrelation for vækstsæsonen (marts til oktober) på 0,28 med den målte fordampning. På det nedre panel er den sorte linje daglig fordampning fra satellitdata, som giver en korrelation på 0,88.. Disse to serier viser en langt større overensstemmelse og peger dermed på, at satellitbaserede beregninger vil forbedre beskrivelsen af tørker væsentligt.

Boks 4.vi. Bemærkelsesværdige nyere danske vejrhændelser

- 2024 blev det næstvarmeste og næstvådeste år nogensinde registreret i Danmark.
- Gennemsnitstemperaturen for år 2024 endte på 9,8 °C, tæt på rekorden på 10,0 °C fra 2014.
- Der faldt i alt 929,4 mm regn, kun overgået af rekorden på 976,7 mm fra 2023.
- År 2024 begyndte med en af de kraftigste snestorme, Danmark har oplevet i flere år, som ramte landet i januar.
- I februar fulgte et længerevarende regnvejr, og i København blev der målt den højeste døgnnedbør nogensinde med 24,9 millimeter.
- Foråret (marts, april, maj) blev det varmeste, der hidtil er registreret, med en gennemsnitstemperatur på 9,4 °C – hele 1,8 °C over klimanormalen (1991-2020) og 0,1 °C over den tidligere rekord fra 2007.
- April 2024 blev desuden den vådeste måned siden 1874, hvor DMI begyndte at registrere vejret i Danmark.
- Der faldt i alt 104 mm regn i løbet af måneden.
- Maj skilte sig også ud ved for første gang i 150 år at være varmere end juni.
- Den 4. september 2024 blev den varmeste septemberdag målt i Danmark i 77 år.
- Samme måned oplevede vi også den seneste tropenat nogensinde registreret i dansk vejrhistorie. Det skete natten til den 9. september på Bornholm, hvor temperaturen ikke på noget tidspunkt kom under 20 °C.
- Senere, den 27. september, blev det vådeste septemberdøgn nogensinde målt, hvilket førte til omfattende oversvømmelser, især i Esbjerg og Vejle.
- Vinteren 2024/2025 blev den 14. vinter i træk med en gennemsnitstemperatur over frysepunktet – denne gang hele 3,3 °C. Så mange milde vintre i træk er uden fortilfælde i dansk vejrhistorie.
- Marts 2025 satte endnu en rekord som den varmeste marts, der nogensinde er målt, med en gennemsnits-temperatur på 9,7 °C.
- Der var få sommerdøgn, næsten ingen tropedøgn og ingen hedebølger, men flere landsdækkende varmebølger.
- Antallet af frostdøgn var blandt de laveste, og der var få isdøgn og færre snedækkedøgn end normalt.
- Mellem maj og oktober var der mange skybrud og nedbørsdøgn.
- Året bød på én storm og et blæsevejr på Stormlisten.
- Sæsonerne var præget af høj varme og nedbør: Vinteren var våd og lun, foråret rekordvarmt og vådt, sommeren solrig og våd, mens efteråret var solrigt, varmt og tørt.
- December var meget varm og solfattig med mange nedbørsdøgn, men ingen sne eller storme.
- Sommeren 2025 bød på store mængder nedbør i løbet af tre døgn og udløste et såkaldt "Meget farligt vejr"-varsel fra DMI.
- Der blev registreret 24 skybrud i løbet af den 21. og 22. juli og der blev målt mere end 100 mm nedbør på i alt 27 målestationer fra mandag den 21. juli til onsdag den 23. juli.
- Mest nedbør blev der målt i Bjørup ved Nykøbing Falster, hvor der faldt 165,6 mm, mens Neble på Møn fik 158,6 mm, og Nørreby på Femø 155,9 mm. Det er langt mere de 65 mm, der normalt falder i løbet af hele juli måned i gennemsnit i Danmark.



Bidragssydere

Martin Graves Rasmussen (DMI)
Anette Ester Dissing (DMI)
Asta Raagaard Jønsson (DMI)
Eskil Nordahl Fundal (DMI)
Alexander Hayward (DMI)
Christian Rodehacke (DMI)
Chuncheng Guo (DMI)
Gorm Dybkjær (DMI)
Guisella Fabiola Gacitua Lovera (DMI)
Hans Gleisner (DMI)
Ida Birgitte Lundtorp Olsen (DMI)
Ilana Zhen Schiller-Weiss (DMI)
Johannes Kristoffer Nielsen (DMI)
Jorge Andres Concha Bernales (DMI)
Karsten Arnbjerg-Nielsen (DMI)
Kristine Skovgaard Madsen (DMI)
Lea Poropat (DMI)
Magnus Barfod Suhr (DMI)
Marion Devilliers (DMI)
Mark R. Payne (DMI)
Martin Olesen (DMI)
Martin Stendel (DMI)
Morten Dahl Larsen (DMI)
Nicolaj Koch Hansen Mathiesen (DMI)
Pia Englyst (DMI)
Rasmus Anker Pedersen (DMI)
Ruth Mottram (DMI)
Steffen M. Olsen (DMI)
Tina Christensen (DMI)
Tobias Nørkjær Holmgaard (DMI)
Torben Schmith (DMI)
Wiebke Margitta Kolbe (DMI)



Danmarks Meteorologiske Institut



Kilder

-
- ¹ World Meteorological Organization (WMO). (2025). *State of the Global Climate 2024*. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
- ² Rohde, R. A. & Hausfather, Z. (2020) The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record. *Earth System Science Data* 12, s. 3469–3479. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>
- ³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴ Rohde, R. A. & Hausfather, Z. (2020) The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record. *Earth System Science Data* 12, s. 3469–3479. DOI <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>.
- ⁵ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Climate Monitoring: ENSO*. National Centers for Environmental Information (NCEI). <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/>
- ⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁷ ROM SAF (EUMETSAT). *Radio Occultation Meteorology Satellite Application Facility (ROM SAF)*. <https://rom-saf.eu-metsat.int/index.php>
- ⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Frequently Asked Questions (FAQs): Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQs_Compiled.pdf
- ⁹ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/re-sources/emissions-gap-report-2024>
- ¹⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹² Kennedy, J. J., Rayner, N. A., Atkinson, C. P. & Killick, R. E. (2019). 'An ensemble data set of sea surface temperature change from 1850: The Met Office Hadley Centre HadSST.4.0.0.0 data set'. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 124, e2018JD029867. DOI: <https://doi.org/10.1029/2018JD029867>
- ¹³ Copernicus Climate Change Service (C3S). (2023). *ERA5 monthly averaged data on single levels from 1940 to present*. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: <https://doi.org/10.24381/cds.f17050d7>.
- ¹⁴ DMI på baggrund af Copernicus Climate Change Service (C3S). *ESA SST CCI and C3S reprocessed sea surface temperature analyses*. https://data.marine.copernicus.eu/product/SST_GLO_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_024/description. DOI: <https://doi.org/10.48670/moi-00169>
- ¹⁵ DMI på baggrund af Copernicus Climate Change Service (C3S). *ESA SST CCI and C3S reprocessed sea surface temperature analyses*. https://data.marine.copernicus.eu/product/SST_GLO_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_024/description. DOI: <https://doi.org/10.48670/moi-00169>
- ¹⁶ Dunn, R., Blannin, J., Gobron, N., Miller, J., Willett, K. et al. (2024). 'Global Climate in 2023'. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 105(8), S12–S155. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-24-0116.1>.
- ¹⁷ Oliver, E. C. J., Donat, M. G., Burrows, M. T., Moore, P. J., Smale, D. A., Alexander, L. V., Benthuyssen, J. A., Feng, M., Sen Gupta, A., Hobday, A. J., Holbrook, N. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Scannell, H. A., Straub, S. C. & Wernberg, T. (2018). 'Longer and more frequent marine heatwaves over the past century'. *Nature Communications*, 9, 1324. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>

-
- ¹⁸ Laufkötter, C., Zscheischler, J. & Frölicher, T. L. (2020). 'High-impact marine heatwaves attributable to human-induced global warming'. *Science*, 369(6511), s. 1621–1625. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abb9669>
- ¹⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). 'Extremes, abrupt changes and managing risks'. I: *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V. et al.), s. 589–656. Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-5/>
- ²⁰ World Meteorological Organization (WMO). (2025). *State of the Global Climate 2024*. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>.
- ²¹ Hayward, A., Dasgupta, N., McAdam, R., Payne, M.R., Raj, R., Bonino, G. et al. (under review). ESSD – Marine Heatwaves – Multiple Analysis / Definitions (MHW-MAD): A Multi-Definition Global Marine Heatwave Dataset from Satellite Sea Surface Temperature data, ObsSea4Clim hackathon.
- ²² World Meteorological Organization (WMO). (2025). *State of the Global Climate 2024*. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
- ²³ Danmarks Meteorologiske Institut. Havoverfladetemperatur målt fra satellit. <https://ocean.dmi.dk/satellite/index.php>
- ²⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 9. Cambridge: Cambridge University Press.
- ²⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Tabel 9.6. Cambridge: Cambridge University Press.
- ²⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ²⁷ World Meteorological Organization (WMO). (2025). *State of the Global Climate 2024* <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
- ²⁸ World Meteorological Organization (WMO). (2025). *State of the Global Climate 2024* <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
- ²⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 9. Cambridge: Cambridge University Press.
- ³⁰ Copernicus Climate Change Service (C3S). *Global Ocean Mean Sea Level time series and trend from Observations Reprocessing*. https://data.marine.copernicus.eu/product/OMI_CLIMATE_SL_GLOBAL_area_averaged_anomalies/description. DOI: 10.48670/moi-00237.
- ³¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 9. Cambridge: Cambridge University Press
- ³² Chapuis, A., Durand, G., Ballesteros, C., Champollion, N., Edwards, T., Hinkel, J., Heslop, F. et al. (2025). *Adapting to the changing cryosphere and sea-level rise: recommendations*. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14650681>.
- ³³ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024>
- ³⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ³⁵ McKay, D. I. A., Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., Fetzer, I., Cornell, S. E., Rockström, J. & Lenton, T. M. (2022). 'Exceeding 1.5 °C global warming could trigger multiple climate tipping points', *Science*, 377, eabn7950. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>.
- ³⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

-
- ³⁷ Stokes, C.R., Bamber, J.L., Dutton, A. et al. (2025). 'Warming of +1.5 °C is too high for polar ice sheets'. *Communications Earth & Environment*, 6, 351. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02299-w>.
- ³⁸ Morlighem, M., Goldberg, D., Barnes, J. M., Bassis, J. N., Benn, D. I., Crawford, A. J., Gudmundsson, G. H. & Seroussi, H. (2024). *The West Antarctic Ice Sheet may not be vulnerable to marine ice cliff instability during the 21st century*. *Science Advances*, 10, eado7794. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado7794>.
- ³⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴⁴ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/re-sources/emissions-gap-report-2024>
- ⁴⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ⁴⁶ Climate and Clean Air Coalition (CCAC). (2025). *Methane*. <https://www.ccacoalition.org/short-lived-climate-pollu-tants/methane>
- ⁴⁷ Climate and Clean Air Coalition (CCAC). (2025). *Global Nitrous Oxide Assessment*. <https://www.ccacoalition.org/con-tent/global-nitrous-oxide-assessment>
- ⁴⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Figure SPM.2. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁴⁹ Hausfather, Z. (2025) *Explainer: How human-caused aerosols are 'masking' global warming*. Carbon Brief. <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-human-caused-aerosols-are-masking-global-warming/>
- ⁵⁰ Nielsen, J.K., Kaas, E. (2023). The Impact of Public Perception of Timescales in the Climate System on Mitigation Policies. In: Boß-Bavnbek, B., Hesselbjerg Christensen, J., Richardson, K., Vallès Codina, O. (eds) *Multiplicity of Time Scales in Complex Systems*. Mathematics Online First Collections. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/16618_2023_63
- ⁵¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ⁵² United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Decision 18/CMA.1. <http://unfccc.int/re-source/tet/0/00mpg.pdf>
- ⁵³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 7. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁵⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

-
- ⁵⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 7. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁵⁶ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂)*. NOAA, Global Monitoring Laboratory <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>
- ⁵⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 7. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁵⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁵⁹ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Trends in Atmospheric Methane (CH₄)*. NOAA, Global Monitoring Laboratory https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/
- ⁶⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 7. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁶¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) *Summary for Policymakers. I: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁶² National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Trends in Atmospheric Nitrous Oxide (N₂O)*. NOAA, Global Monitoring Laboratory https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_n2o/
- ⁶³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Kapitel 7. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁶⁴ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Trends in CO₂, CH₄, N₂O, SF₆*. NOAA, Global Monitoring Laboratory. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>
- ⁶⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018): *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. FAQ Chapter 1. <https://www.ipcc.ch/sr15/faq/faq-chapter-1/>.
- ⁶⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2023) *Draft decision – Review of the long-term global goal under the Convention and of overall progress towards achieving it (Periodic Review)*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTGG_review_decision_1.pdf.
- ⁶⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ⁶⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022): *The evidence is clear: the time for action is now. We can halve emissions by 2030*. Press release. <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>
- ⁶⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ⁷⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ⁷¹ Reisinger, A., Fuglestad, J.S., Pirani, A., Geden, O., Jones, C.D., Maharaj, S., Poloczanska, E.S., et al. (2025) *Over-shoot: A Conceptual Review of Exceeding and Returning to Global Warming of 1.5°C*, Annual Review of Environment and Resources, 50, 363–391. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-111523-102029>.
- ⁷² United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/re-sources/emissions-gap-report-2024>
- ⁷³ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/re-sources/emissions-gap-report-2024>

-
- ⁷⁴ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024>
- ⁷⁵ Copernicus Climate Change Service (C3S). *C3S global temperature trend monitor*. <https://apps.climate.copernicus.eu/global-temperature-trend-monitor/>.
- ⁷⁶ IGCC: Forster et al. 2025, *Indicators of Global Climate Change 2024: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence*: <https://essd.copernicus.org/articles/17/2641/2025/essd-17-2641-2025.html>.
- ⁷⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- ⁷⁸ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2025). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂)*. NOAA, Global Monitoring Laboratory <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>
- ⁷⁹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022) III: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁸⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ⁸¹ Otosaka, I. N., Shepherd, A., Ivins, E. R., et al. (2023). 'Mass balance of the Greenland and Antarctic ice sheets from 1992 to 2020'. *Earth System Science Data*, volume 15, 1597–1616, DOI: doi.org/10.5194/essd-15-1597-2023.
- ⁸² Mankoff, K., Fettweis, X., Langen, P.L. et al. (2021) 'Greenland ice sheet mass balance from 1840 through next week', *Earth System Science Data* 13(10), 5001—5025. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5001-2021>. (opdateret).
- ⁸³ Mankoff, K., Fettweis, X., Langen, P.L. et al. (2021) 'Greenland ice sheet mass balance from 1840 through next week', *Earth System Science Data* 13(10), 5001—5025. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5001-2021>. (opdateret).
- ⁸⁴ Shepherd, A., Ivins, E., Rignot, E., Smith, B., van den Broeke, M., Velicogna, I., Whitehouse, P., Briggs, K., Joughin, I. & Krinner, G. (2020) 'Mass balance of the Greenland Ice Sheet from 1992 to 2018', *Nature*, doi: 10.1038/s41586-019-1855-2.
- ⁸⁵ Wang, W., Shen, Y., Chen, Q., Wang, F., Yu, Y. (2025). 'Spatiotemporal mass change rate analysis from 2002 to 2023 over the Antarctic Ice Sheet and four glacier basins in Wilkes-Queen Mary Land'. *Science China Earth Sciences*, 68(4): 1086–1099, <https://doi.org/10.1007/s11430-024-1517-1>
- ⁸⁶ Technische Universität Dresden. *Gravimetric mass balance - Antarctic Ice Sheet project*. ESA Climate Change Initiative. https://data1.geo.tu-dresden.de/ais_gmb/index.html
- ⁸⁷ National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2025): *Ice Sheets – Earth Indicator*. <https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/ice-sheets/>
- ⁸⁸ Mankoff, K., Fettweis, X., Langen, P.L. et al. (2021) 'Greenland ice sheet mass balance from 1840 through next week', *Earth System Science Data* 13(10), 5001—5025. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5001-2021>. (opdateret).
- ⁸⁹ Kolbe, M., J.A. Torres Alavez, R. Mottram, R. Bintanja, E.C. van der Linden and M. Stendel (2025) Model performance and surface impacts of atmospheric river events in Antarctica. *Discov Atmos* 3, <https://doi.org/10.1007/s44292-025-00026-w>.
- ⁹⁰ Davison, B.J., Hogg, A.E., Slater, T., Rigby, R. and Hansen, N. (2025) 'Antarctic Ice Sheet grounding line discharge from 19996-2024', *Earth System Science Data* 17(7), 3259-3281. <https://doi.org/10.5194/essd-17-3259-2025>.
- ⁹¹ Schlemm, T. (2022). *The marine ice cliff instability of the Antarctic ice sheet*. PhD-afhandling, University of Potsdam. <https://doi.org/10.25932/publishup-58633>
- ⁹² Bradley, A.T. and I.J. Hewitt (2024) Tipping point in ice-sheet grounding-zone melting due to ocean water intrusion. *Nat. Geosci.* 17, 631–637 (2024), <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01465-7>.
- ⁹³ Mottram, R., Hansen, N., Hogg, A.E., Rodehacke, C.B., Simonsen, S.B. and Wallis, B.J. (2025), 'The Greenlandification of Antarctica', *Nature Geoscience* 18, 928–930. <https://www.nature.com/articles/s41561-025-01805-1>
- ⁹⁴ Glaude, Q., Noel, B., Olesen, M. et al. (2024), 'A Factor Two Difference in 21st-Century Greenland Ice Sheet Surface Mass Balance Projections From Three Regional Climate Models Under a Strong Warming Scenario (SSP5-8.5)', *Geophysical Research Letters* 51(22). <https://doi.org/10.1029/2024GL111902>.

- ⁹⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Frequently Asked Questions (FAQs): Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report*. Kapitel 9. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_09.pdf
- ⁹⁶ Mottram, R., Hansen, N., Hogg, A.E., Rodehacke, C.B., Simonsen, S.B. & Wallis, B.J. (2025) 'The Greenlandification of Antarctica', *Nature Geoscience*, <https://doi.org/10.1038/s41561-025-01805-1>.
- ⁹⁷ Schlemm, T., Feldmann, J., Winkelmann, R. & Levermann, A. (2022) 'Stabilizing effect of mélange buttressing on the marine ice-cliff instability of the West Antarctic Ice Sheet', *The Cryosphere*, 16, s. 1979–1997. <https://doi.org/10.5194/tc-16-1979-2022>.
- ⁹⁸ Kachuck, S.B., Martin, D.F., Bassis, J.N. & Price, S.F. (2020) 'Rapid viscoelastic deformation slows marine ice sheet instability at Pine Island Glacier', *Geophysical Research Letters*, <https://doi.org/10.1029/2019GL086446>
- ⁹⁹ Clerc, F., Minchew, B. M., & Behn, M. D. (2019). 'Marine Ice Cliff Instability Mitigated by Slow Removal of Ice Shelves', *Geophysical Research Letters*, <https://doi.org/10.1029/2019GL084183>.
- ¹⁰⁰ Crawford, A. J., Benn, D. I., Todd, J., Åström, J. A., Bassis, J. N., & Zwinger, T. (2021). 'Marine ice-cliff instability modeling shows mixed-mode ice-cliff failure and yields calving rate parameterization'. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23070-7>
- ¹⁰¹ Wise, Matthew G.; Dowdeswell, Julian A.; Jakobsson, Martin; Larter, Robert D. (2017). Evidence of marine ice-cliff instability in Pine Island Bay from iceberg-keel plough marks. *Nature*, 550. 506-510. 10.1038/nature24458.
- ¹⁰² Schlemm, T., Feldmann, J., Winkelmann, R. & Levermann, A. (2022) 'Stabilizing effect of mélange buttressing on the marine ice-cliff instability of the West Antarctic Ice Sheet', *The Cryosphere*, 16, s. 1979–1997. <https://doi.org/10.5194/tc-16-1979-2022>.
- ¹⁰³ Kolbe, M., Torres Alavez, J.A., Mottram, R., Bintanja, R., van der Linden, E.C. & Stendel, M. (2025) 'Model performance and surface impacts of atmospheric river events in Antarctica', *Discover Atmosphere*, 3, <https://doi.org/10.1007/s44292-025-00026-w>
- ¹⁰⁴ Embury, O., Merchant, C.J., Good, S.A. et al.(2024) 'Satellite-based time-series of sea-surface temperature since 1980 for climate applications', *Scientific Data* 11(326). <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03147-w>.
- ¹⁰⁵ Nielsen-Englyst, P., Høyer, J.L., Kolbe, W.M., Dybkjær, G., Laverne, T., Tonboe, R.T., Skarpalezos, S. & Karagali, I. (2023) 'A combined sea and sea-ice surface temperature climate dataset of the Arctic, 1982–2021', *Remote Sensing of Environment*, 284, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113331>
- ¹⁰⁶ von Schuckmann, K., Gues, F., Moreira, L., Liné, A. and de Pascual Collar, Á.(2025) 'Global ocean change in the era of the triple planetary crisis', in: 9th edition of the Copernicus Ocean State Report (OSR9), edited by: Karina von Schuckmann et al., *Copernicus Publications, State Planet*, 6-osr9(2), <https://doi.org/10.5194/sp-6-osr9-2-2025>, 2025.
- ¹⁰⁷ Nielsen-Englyst, P., Høyer, J.L., Kolbe, W.M., Dybkjær, G., Laverne, T., Tonboe, R.T., Skarpalezos, S. & Karagali, I. (2023) 'A combined sea and sea-ice surface temperature climate dataset of the Arctic, 1982–2021', *Remote Sensing of Environment*, 284, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113331>
- ¹⁰⁸ Copernicus Climate Change Service (C3S). *Arctic Sea and Sea Ice Surface Temperature 2D trend from climatology based on reprocessed observations*. <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators/arctic-sea-and-sea-ice-surface-temperature-2d-trend>
- ¹⁰⁹ Copernicus Climate Change Service (C3S). *Sea ice cover for July 2025*. <https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-july-2025>.
- ¹¹⁰ National Snow and Ice Data Center (2025): *February made me shiver (but not the Arctic)*. <https://nsidc.org/sea-ice-today/analyses/february-made-me-shiver-not-arctic>
- ¹¹¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Technical Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. The Cryosphere. Cambridge: Cambridge University Press
- ¹¹² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Technical Summary. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹¹³ EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility. *Sea ice index 1978-onwards*, version 2.3 (2025), OSI-420, doi:10.15770/EUM_SAF_OSI_0022. <https://osi-saf.eumetsat.int/products/osi-420>.

-
- ¹¹⁴ Copernicus Climate Change Service (C3S). *Antarctic Sea Ice Extent*. <https://marine.copernicus.eu/ocean-climate-portal/antarctic-sea-ice-extent>
- ¹¹⁵ Schroeter, S., O'Kane, T. J., and Sandery, P. A. (2023): Antarctic sea ice regime shift associated with decreasing zonal symmetry in the Southern Annular Mode, *The Cryosphere*, 17, 701–717, <https://doi.org/10.5194/tc-17-701-2023>.
- ¹¹⁶ Sun, S., Eisenman, I. (2021). Observed Antarctic sea ice expansion reproduced in a climate model after correcting biases in sea ice drift velocity. *Nat Commun* 12, 1060. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21412-z>
- ¹¹⁷ Copernicus Climate Change Service (C3S). *Sea ice cover for February 2025*. <https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-february-2025>
- ¹¹⁸ Roach, L.A., Dörr, J., Holmes, C.R., Massonnet, F., Blockley, E.W. & Notz, D. et al. (2020) 'Antarctic Sea Ice Area in CMIP6', *Geophysical Research Letters*, 47, <https://doi.org/10.1029/2019GL086729>
- ¹¹⁹ Meredith, E. P., U. Ulbrich, and H. W. Rust. (2019). 'The Diurnal Nature of Future Extreme Precipitation Intensification'. *Geophysical Research Letter*, 46, 7680–7689, <https://doi.org/10.1029/2019GL082385>
- ¹²⁰ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) Summary for Policymakers. I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹²¹ EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility. *Sea ice index 1978-onwards*, version 2.3 (2025), OSI-420, doi:10.15770/EUM_SAF_OSI_0022. <https://osi-saf.eumetsat.int/products/osi-420>.
- ¹²² Schweiger, A., Lindsay, R., Zhang, J., Steele, M., Stern, H. & Kwok, R. (2011). 'Uncertainty in modeled Arctic sea ice volume', *Journal of Geophysical Research: Oceans*. <https://doi.org/10.1029/2011JC007084>
- ¹²³ PIOMAS Arctic Sea Ice Volume Reanalysis. <https://psc.apl.uw.edu/research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly/>
- ¹²⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) Summary for Policymakers. I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹²⁵ McCarthy, G.D., Hug, G., Smeed, D., Morris, K.J. & Moat, B. (2025) 'Signal and noise in the Atlantic Meridional Overturning Circulation at 26°N', *Geophysical Research Letters*. <https://doi.org/10.1029/2025GL115055>
- ¹²⁶ UK Met Office. *Atlantic Ocean meaasures*. <https://climate.metoffice.cloud/amoc.html>
- ¹²⁷ Østerhus, S., Woodgate, R., Valdimarsson, H., Turrell, W., de Steur, L. & Quadfasel, D. et al. (2019) 'Arctic Mediterranean exchanges: a consistent volume budget and trends in transports from two decades of observations', *Ocean Science*, 15(2), 379–399. <https://doi.org/10.5194/os-15-379-2019> <https://doi.org/10.1029/2024GL110097>
- ¹²⁸ Larsen, K. M. H., Hansen, B., Hátún, H., Johansen, G. E., Østerhus, S., & Olsen, S. M. (2024). The Coldest and densest overflow branch into the North Atlantic is stable in transport, but warming. *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL110097. <https://doi.org/10.1029/2024GL110097>
- ¹²⁹ Hansen, B., Larsen, K.M.H., Hátún, H., Olsen, S.M., Gierisch, A.M.U. & Østerhus, S. et al. (2023) 'The Iceland–Faroe warm-water flow towards the Arctic estimated from satellite altimetry and in situ observations', *Ocean Science*, 19(4), 1225–1252. <https://doi.org/10.5194/os-19-1225-2023>
- ¹³⁰ Lozier, M.S., Li, F., Bacon, S., Bahr, F., Bower, A.S. & Cunningham, S. et al. (2019) 'A sea change in our view of overturning in the subpolar North Atlantic', *Science*, 363(6426), 516–521. <https://doi.org/10.1126/science.aau6592>
- ¹³¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021) Summary for Policymakers. I: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ¹³² Copernicus Climate Change Service (C3S). *Climate indicators: Ocean heat content*. <https://climate.copernicus.eu/climate-indicators/ocean-heat-content>.
- ¹³³ Nationalt Center for Klimaforskning, Danmarks Meteorologiske Institut (2025): *Vejledning i anvendelse af udlednings-scenarier til klimatilpasning*. https://www.dmi.dk/fileadmin/klimaatlas/rapporter/Vejledningsrapporter/Vejledning_i_anvendelse_af_udledningsscenarier_til_klimatilpasning.pdf.
- ¹³⁴ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.

-
- ¹³⁵ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹³⁶ Climate Central (2024). *Lost Winter - Analysis: Climate change adding more winter days above freezing - affecting snowfall, winter sports, ecosystems, and more*. https://assets.ctfassets.net/cxgxgstp8r5d/1DPWJzHf6bOX2ufv05mG9C/098b0bc99b074bada0c6474bc56eb60d/Climate_Central_Lost_Winter_Global_Report_December_2024.pdf
- ¹³⁷ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹³⁸ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹³⁹ DMI (2025): *Oversvømmelser i Danmark: Årsager, koblinger og strategier for klimatilpasning*. https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2025/DMI_rapport_25-04_-_Oversv%C3%B8mmelser_i_Danmark.pdf
- ¹⁴⁰ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹⁴¹ United Nations Environment Programme (UNEP). (2024) *Emissions Gap Report 2024*. <https://www.unep.org/re-sources/emissions-gap-report-2024>
- ¹⁴² DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹⁴³ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹⁴⁴ Halsnæs, K., Kaspersen, P. S., Mik-Meyer, V. & Sunding, T. (2024). *Økonomiske konsekvenser af oversvømmelser – Nationale skadesberegninger og vurdering af behov for klimatilpasning*. https://cipfonden.dk/wp-content/uploads/2024/11/Rapport_nationale_skadesberegninger.pdf
- ¹⁴⁵ De Økonomiske Råd. (2023). *De forventede fremtidige årlige skader ved stormflod – Skøn over skaderne, når hyppige stormflodshændelser medtages. Økonomi og Miljø 2023, Kapitel 2*. https://dors.dk/files/media/M23_KapII_Supplerende_beregninger.pdf
- ¹⁴⁶ Kystdirektoratet, DMI, Sund & Bælt (2024). *Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København - Arbejdsgruppe Sikringsniveauer*. https://sundogbaelt.dk/media/ighpofbk/arbejdsgrupperapport_sn-enderligt_februar-2024.pdf
- ¹⁴⁷ Kystdirektoratet, DMI, Sund & Bælt (2024). *Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København - Arbejdsgruppe Sikringsniveauer*. https://sundogbaelt.dk/media/ighpofbk/arbejdsgrupperapport_sn-enderligt_februar-2024.pdf
- ¹⁴⁸ Kystdirektoratet, DMI, Sund & Bælt (2024). *Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København - Arbejdsgruppe Sikringsniveauer*. https://sundogbaelt.dk/media/ighpofbk/arbejdsgrupperapport_sn-enderligt_februar-2024.pdf
- ¹⁴⁹ Danmarks Meteorologiske Institut. (2025) *Tørkeindsats 2024*. https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2025/L%C3%A6sevejledning_T%C3%B8rkeindsatsen_FR24.pdf
- ¹⁵⁰ DMI (2024). *DMI Klimaatlas v2024b - Fremskrivninger af det danske klima*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13753022>.
- ¹⁵¹ Park, T., Ganguly, S., Tømmervik, H., Euskirchen, E.S., Høgda, K.-A., Karlsen, S.R., et al. (2016) 'Changes in growing season duration and productivity of northern vegetation inferred from long-term remote sensing data', *Environmental Research Letters*, 11(8), 084001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/8/084001>
- ¹⁵² Teuling, A.J., De Badts, E.A.G., Jansen, F.A., Fuchs, R., Buitink, J., Hoek van Dijke, A.J. & Sterling, S.M. (2019) 'Climate change, reforestation/afforestation, and urbanization impacts on evapotranspiration and streamflow in Europe', *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(9), 3631–3652. <https://doi.org/10.5194/hess-23-3631-2019>





Danmarks Meteorologiske Institut

Nationalt Center for Klimaforskning

Oktober 2025