



# Nationalt Center for Klimaforskning

---

Årsrapport 2023



Danmarks Meteorologiske Institut

# INDHOLD

---

Indledning	3
NCKF's arbejde i 2023	4
Det polare klima og kryosfæren	6
Dekadisk klimavariabilitet, scenarier, forudsigelighed og risikoen for "tipping points" i det Nordatlantiske område	9
Fremtidens ekstreme vejr og vidensunderstøttelse af klimatilpasning	12
Understøttelse af den grønne omstilling	14
Samarbejdsaftaler og ph.d.-projekter i NCKF	15
Formidling og Rådgivning	16
NCKF's fokus i 2024	18

# INDLEDNING

---

Verdens og Danmarks klima er under forandring. Klimavidenskaben og stadig mere ekstremt vejr viser tydeligt, at verden står midt i klimaforandringer, der kræver omgående handling – det gælder både den grønne omstilling af vores samfund og hvordan vi tilpasser os til et ændret klima. For at handle effektivt og tilstrækkeligt, er der behov for et stærkt klimavidenskabeligt fundament og en målrettet rådgivning. Samfundets evne til at tilpasse sig kræver mere viden om, hvordan de klimatiske ændringer vil påvirke verden og rigsfællesskabet de næste 10, 50 og 100 år – og længere endnu. Denne viden er essentiel som grundlag for beslutningstagere både internationalt, nationalt og lokalt, og både i den offentlige og private sektor.

Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF) ved DMI blev etableret januar 2020 med det formål at forske i og formidle om klimaforandringer og deres konsekvenser for mennesker og natur i rigsfællesskabet. NCKF understøtter DMI's arbejde som regeringens klimavidenskabelige rådgiver, som angivet i klimalovens §9. NCKF's forskning spænder bredt, men fokuserer særligt på anvendelig klimaviden til det danske samfund og emner relateret til Rigsfællesskabet, Arktis og globale klimamodeller. NCKF har desuden i stigende grad fokus på Antarktis samt klimaservices i udvalgte udviklingslande f.eks. Ghana.

NCKF samarbejder med danske universiteter og myndigheder samt med en lang række videninstitutioner i hele verden gennem nationale og internationale forskningsprojekter, samarbejdsaftaler og fælles ph.d.-studerende.

Det er vores ambition, at NCKF's arbejde og viden i stigende grad skal udbredes og skal være en god basis for at kunne blive anvendt bredt i samfundet. Det kræver at der forskes i aktuelle og samfundsrelevante emner, og at ny viden om klimaforandringerne og de afledte konsekvenser også tilvejebringes i samarbejde med eksperter fra andre fagområder. NCKF præsenterer derfor i starten af 2024 en ny strategi, der skal fungere som pejlemærke for NCKFs arbejde i de kommende år. Strategien vil ligeledes erstatte det årlige forskningsprogram for centeret.

## **Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF)**

NCKF er forankret hos DMI som en afdeling, der samlet set består af ca. 80 medarbejdere. Heraf er ca. 60 klimaforskere, herunder 13 ph.d.-studerende delt med forskellige danske universiteter. Derudover består NCKF også af administrative medarbejdere, ledere, generalister og projektledere.

Bevillingen til NCKF på *aftale om forskningsreserven 2023* er en 1-årig bevilling, der bidrager til forskningen i NCKF, men også en række eksterne forskningssamarbejder. NCKF finansieres derudover af en lang række nationale og internationale konkurrenceudsatte finansieringskilder.

## NCKF's ARBEJDE I 2023

I denne årsrapport præsenteres udvalgte resultater fra NCKF's arbejde i 2023. De fleste forskningsprojekter i NCKF har langsigtede mål, som strækker sig over flere år, og som derfor også er startet før og rækker længere end 2023. Projekterne inkluderer forskning som udføres på DMI, men som hovedregel foregår alle projekter i helt eller delvist samarbejde med nationale og internationale partnere. Forskningsporteføljen ændres løbende for at tilpasse samfundets behov, videnskabelige nybrud og nye videnskabelige problemstillinger.

Forskningsprogrammet 2023 for NCKF har været bygget op om fire videnskabelige forskningstemaer, der henholdsvis omhandler det polare klima og kryosfæren, klimaforandringerne i de kommende år, klimatilpasning, og den grønne omstilling. De fire forskningstemaer er uddybet i det nedenstående, hvor udvalgte resultater fra forskningen under hvert tema præsenteres.

NCKF arbejder ligeledes strategisk med at øge samfundsværdien af klimaforskningen og styrke anvendelsen heraf bredt i samfundet og hos beslutningstagerne. Disse aktiviteter beskrives i afsnittet om *Formidling og Rådgivning*.

### Aftaletekst fra Forskningsreserven 2023

*"Aftaleparterne er enige om at afsætte 33,3 mio. kr. til at videreføre igangværende forskningsprojekter i regi af Nationalt Center for Klimaforskning (NCKF). Det kan bl.a. styrke det klimavidenskabelige fundament for fremtidens grønne energiproduktion og klimatilpasning, herunder viden om fremtidens ekstreme vejr i rigsfællesskabet. NCKF kan fortsat tilvejebringe ny viden om klimaet på områder, hvor den nuværende forståelse er begrænset og usikkerhederne store. Det gælder f.eks. fremskrivninger af klimaets variabilitet i de kommende årtier, samt hvordan opvarmningen kan påvirke havstrømme og iskapper, herunder risikoen for "tipping points."*

Kilde: Uddannelses- og Forskningsministeriet 2023, <https://ufm.dk/lovstof/politiske-aftaler/fordeling-af-forskningsreserven-2023/aftaler-om-fordeling-af-forskningsreserven-mv-i-2023.pdf>





# Det polare klima og kryosfæren

Klimaforandringer ses særligt tydeligt i Arktis og Antarktis, og ændringerne her har global betydning fordi de påvirker vejsystemer, havcirkulationen og ikke mindst havniveauet. NCKF er blandt de internationalt førende inden for arktisk forskning med fokus på at forstå samspillet mellem et gradvist varmere klima og indlandsis, gletsjere, fjorde og havisen i Arktis og særligt i Grønland. På grund af den afgørende betydning for havniveauet, både globalt og specifikt i Danmark, arbejder NCKF i stigende grad også med analyser af isen på Antarktis. Arbejdet tager udgangspunkt i den opbyggede ekspertise omkring den grønlandske indlandsis og havis, der således også anvendes i analyser på den modsatte side af kloden.

## Havis, iskapper og afsmeltningens påvirkning af klimaet

NCKF har vedvarende fokus på afsmeltningen fra gletsjere og iskapper i Grønland og Antarktis. Eksempelvis blev massetabet fra iskapperne i Grønland og Antarktis estimeret ved hjælp af satellitten Icesat-2. Studiet viste at der fra 2018 til 2021 er tabt 135.7 ( $\pm 27.3$ ) Gigaton om året på Antarktis og 237.5 ( $\pm 14.0$ ) Gigaton om året i Grønland. Derudover har et nyt studie med regionale klimamodeller kortlagt hvilke af de antarktiske 'iceshelf' – de dele af indlandsisen der 'hænger' ude i havet – der er særligt udsatte for afsmeltning.

## Klimamodeller og indikatorer i den arktiske havis

NCKF har i 2023 haft fokus på etablering af klimaindikatorer i Arktis og har i den forbindelse benyttet satellitobservationer til at udvikle et nyt datasæt af lufttemperatur over havis. Satellitterne giver en meget bedre geografisk dækning end in-situ observationer og udviser større nøjagtighed end European Centre for Medium-range Weather Forecast's nyeste reanalyse (ERA5), som har vist sig at være 2-5 grader for varm over havisen.

Derudover har NCKF kombineret ekspertise i satellitmålinger og global klimamodellering til at forbedre modellernes beskrivelser af den arktiske havis. I den forbindelse har forskere fra NCKF evalueret klimamodel-ensemblet *CMIP6* (klimamodellerne bag den seneste hovedrapport fra FN's klimapanel, IPCC) over den Arktiske havis ved at anvende de nye satellitbaserede lufttemperaturer. Resultaterne demonstrerer tydeligt, at klimamodellerne 'performer' bedre end tidligere antaget – fordi den nye viden om klimaet fra satellitobservationerne ligger tættere på modellernes klima. Anvendelsen af satellitobservationerne indikerer desuden, at den arktiske opvarmning og amplifikation (dvs. den øgede hastighed Arktis opvarmes med sammenlignet med det globale gennemsnit) stadig er underestimeret i både klimamodeller og reanalyser. Disse resultater illustrerer vigtigheden af at udvikle og anvende nye reference datasæt til at evaluere og guide fremtidige udviklinger i klimamodeller og reanalyser i Arktis.





### **Klimamodeller og data fra højt i atmosfæren**

Også højere oppe i atmosfæren kan satellitdata bruges til at evaluere og forbedre klimamodellerne. Som noget nyt bruger NCKF nu satellitbaseret radiodata, der er tilvejebragt med brug af såkaldt 'radio-okkultation', til at vurdere klimaforandringerne højere oppe i atmosfæren. Disse data, der stammer fra en forholdsvis ny målemetode fra jordobservationssatellitter, udgør et stadig vigtigere grundlag i overvågningen af klimaændringer. Den seneste IPCC rapport (AR6) forholdte sig bl.a. til dekadiske trends i atmosfæriske temperaturer på baggrund af disse data. Da der findes meget få målinger af temperaturen højt i atmosfæren udgør de en næsten unik mulighed for at evaluere klimamodellernes beregninger.

### **Machine learning og satellitdata i det polare klima**

Isen i det arktiske ocean og havet omkring Grønland er blevet analyseret ved hjælp af historiske klimadata, satellitobservationer, modeller, og ikke mindst machine learning. Ved hjælp af nye metoder og input fra satellitobservationer forbedres forståelsen af det Arktiske Ocean og havisens egenskaber, hvilket danner grundlag for at udvikle klimaindikatorer for regionerne og muligheden for at kunne forudsige havisens udbredelse. Havisens tykkelse er udfordrende at måle direkte fra satellit, og NCKF har derfor arbejdet på en ny metode til at bestemme istykkelse – og sammenligning med observationer viser at metoden giver et bedre resultat end de typisk brugte metoder.

I 2023 er den operationelle hav- og havis model for Arktis og Nordatlanten blevet kraftigt forbedret ved at bruge de havskort, som DMI løbende producerer manuelt ud fra satellitobservationer. Udviklingen har givet en bedre rumlig og tidslig opløsning, hvilket er vigtigt for havis-modellen, da havisens udbredelse mere præcist kan forudsiges.



#### **Klimaforskning i Nordvestgrønland**

NCKF foretager observationer i området omkring Qaanaaq i det nordvestlige Grønland, hvor DMI har en feltstation. Her udføres målinger i f.eks. fjordsystemet, hvor havstrømme, havis og indlandsis mødes.

Ved udsætning og indhentning af måleudstyr på havisen, arbejder DMI tæt sammen med lokale fangere fra Qaanaaq. Arbejdet på havisen kræver lokalkendskab til fjord- og gletsjersystemet og al transport af både forskere og instrumenter, foregår via hundeslæder.





# Dekadisk klimavariabilitet, scenarier, forudsigelighed og risikoen for ”tipping points” i det Nordatlantiske område

---

Det er væsentligt, både rent videnskabeligt, men også i praksis for vores samfund, at forstå og kunne forudsige klimavariationer på 10-års skala: såkaldte dekadiske prognoser. Forudsigelse af sådanne variationer og samspillet mellem naturlige ændringer i vejret og den gradvise klimaforandring vil give mulighed for en mere målrettet planlægning og klimatilpasning. Samtidig kan studiet af processerne lede til risikovurderinger for pludselige irreversible klimaskift, kaldet tipping points. NCKF opbygger derfor viden, som gør os internationalt gældende inden for dekadisk klimaforudsigelighed og forskning i tipping points med et særligt fokus på Nordatlanten og Arktis.

## Forudsigelser og forbedrede klimamodeller

NCKF har formandskabet i det internationale konsortium bag den globale klimamodel, EC-Earth. Modellen er et centralt værktøj for en række analyser i NCKF's arbejde, og der har i 2023 fortsat været fokus på at kunne forudsige forandringerne i klimaet med større sikkerhed med klimamodeller, bl.a. ved at forbedre forskellige dele af modellens beskrivelser af klimasystemet.

For at opnå en bedre beskrivelse af det arktiske klima i klimamodellen EC-Earth3 har NCKF opdateret modelbeskrivelsen af varmeudvekslingen ved havsoverfladen, så den nu bedre kunne repræsenterer effekten fra revner og rønder i havisdækket (*sea ice leads*). Den nye tilføjelse giver en forbedret beregning af temperaturforskellene i den marginale Arktiske iszone – udkanten af havisdækket.

Udover at forbedre selve modellen, kræver succesfulde prognoser for de kommende år også at beregningerne starter fra det bedste mulige udgangspunkt. Derfor har NCKF ligeledes foretaget forskellige statistiske test, der skal klarlægge effekten af at inkorporere observationsdata i initialiseringen, altså modellens startbetingelser, og på den måde finde et optimeret setup for dekadiske prognoser.

I samarbejde med det norske *Nansen Environmental and Remote Sensing Center* har NCKF også afholdt en succesfuld workshop i Bergen om de globale klimamodellers evne til at forudsige ændringerne i det arktiske hav og havis. Forskere fra adskillige forskningsinstitutioner deltog i workshoppen, der resulterede i nye samarbejder og begyndelsen til et nyt modelstudie, der skal forbedre forudsigelserne i den arktiske region for de kommende årtier.

### **Fremtidens klima i Arktis og Nordatlanten**

Havstrømmene i Nordatlanten, herunder havstrømmen populært kendt som Golfstrømmen, kan potentielt blive påvirket af smeltevand fra Indlandsisen på Grønland. Øget afsmeltning i et varmere klima, udgør dermed en risiko for at passere et såkaldt tipping point, hvor havstrømmenes varmetransport aftager brat, hvilket vil have store regionale og globale konsekvenser. For det danske og nordiske område kan det indebære markante ændringer af blandt andet vejrsystemer. NCKF har derfor i 2023 arbejdet med både modelstudier og målinger, der skal gøre os klogere på havstrømmene. Et studie adresserer hvordan Nordatlanten og styrken af havcirkulationen påvirkes hvis smeltevandet fra Grønland fordeles mere realistisk, ved at tage højde for hvordan isbjerge driver fra Grønland og smelter længere sydpå. Resultaterne af analysen er indsendt til tidsskriftet *Climate Dynamics*.

Derudover viste et studie i samarbejde mellem NCKF og færøske Havstovan (Det Færøske Havforskningsinstitut), at de nordlige grene af Golfstrømmen, der løber op til Island og Færøerne, ikke viser tegn på svækkelse trods de igangværende klimaforandringer. Transporten af vand har ikke bare været stabil, men marginalt tiltagende over de seneste 29 år.









# Fremtidens ekstreme vejr og vidensunderstøttelse af klimatilpasning

---

Klimaforandringerne kommer til at betyde, at Danmark og rigsfællesskabet vil opleve mere hyppige og mere ekstreme vejrhændelser, som f.eks. skybrud, langvarige regnperioder og stormfloder. Der er et stigende behov for klimatilpasning, som kan håndtere de nye ekstremhændelser – ikke mindst i situationer hvor mere end en vejrhændelse rammer samtidig.

Ny viden om klimaforandringernes påvirkning af ekstremvejr i Danmark skal bl.a. bruges som videnskabeligt grundlag for videreudvikling af DMI's KlimaAtlas, der leverer data om fremtidens klima til brug for kommunerne og andre beslutningstagere, der arbejder med at tilpasse vores samfund til et varmere klima.

## Fremtidens klima i Danmark

Et nyt studie fra NCKF kortlægger hyppigheden af ekstrem regn mere end 100 år tilbage i tiden. I studiet er udviklet en statistisk model, som kan rekonstruere ekstremnedbør ud fra ældre nedbørsmålinger, hvor nedbøren kun er opgjort per døgn. Resultaterne viser, at den sydvestligste del af Danmark rammes af skybrud mere end dobbelt så ofte som f.eks. Østsjælland og Bornholm. Laver man samme type analyse kun baseret på mere moderne målinger, der er begrænset til de seneste årtier, fremstår forskellen mellem landsdelene langt mindre. Resultaterne kan udvides til at give en ny reference for fremskrivningerne i KlimaAtlas, og et mere realistisk billede af variationerne på tværs af landet.

Hidtil uset detaljerede klimamodelberegninger med NCKF's regionale klimamodel HCLIM med en geografisk opløsning på 750 meter, er i 2023 blev analyseret og beskrevet i tidsskriftet Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Den høje detaljegråd giver en bedre beskrivelse af ekstremnedbør i klimamodellen, men studiet viser også at der er stor værdi allerede ved de næsten ligeså detaljerede beregninger med en opløsning på 3 km.

## Klimaservices i andre dele af verden

NCKF udveksler i stadig stigende grad erfaringerne med at opbygge KlimaAtlas i Danmark med andre lande, der er ved at oparbejde lignende løsninger og hvor NCKF samarbejder med de relevante meteorologiske institutter om de såkaldte klimaservices.

I et nystartet myndighedssamarbejde mellem Danmark og Ghana, har NCKF sammen med Ghanas meteorologiske institut et fælles projekt med at opbygge et vidensgrundlag for klimatilpasning i Ghana. Med afsæt i KlimaAtlas, er en prototype for databehandlingen sat op og den videreudvikles i tæt samarbejde mellem de to lande. DMI's samarbejde med Ghana har ophæng i Udenrigsministeriets strategiske sektorsamarbejde.





# Understøttelse af den grønne omstilling

---

Viden om interaktionen mellem forandringerne i klimaet og produktion af grøn energi er vigtig for at understøtte den grønne omstilling i energisektoren i hele rigsfællesskabet. Derfor har et fokusområde været forskning, der kan understøtte øget og mere effektiv produktion af vedvarende energi. En robust forsyning af vedvarende energi kalder bl.a. på viden om nutidens og fremtidens vind- og solforhold – og der er behov for stor detaljegråd i kortlægningen. I Grønland er der derudover behov for viden om bl.a. temperatur og nedbør, fordi smeltevand fra Indlandsisen udgør et potentiale for produktion af vandkraft i fremtiden.

## **Vindprognoser til energiproduktion og optimering af grøn omstilling**

Siden 2021 har NCKF i samarbejde med DTU Wind arbejdet på at inkludere vindmøller og vindmølleparkers effekt på omgivelserne i både vejr- og klimamodeller – og arbejdet er fortsat i 2023. Databasen med data om vindturbiner er blevet forbedret og vejrmodellens evne til at lave vejrudsigter omkring vindmølleparker er blevet testet under forskellige forhold – f.eks. både sommer og vinter. Effekten fra vindmølleparkerne vurderes ved at lave sæt af mindst tre simuleringer: En uden vindmøller og to med forskellige metoder til inkludering af vindmøller. Dette arbejde kan forbedre muligheden for at lave energiprognoser for vindmøller, både til havs og til land, særligt ved meget konkret at estimere læeffekterne, der opstår ved opførelse af nye vindmølleparker. Modeldata fra de forskellige simulationer er nu ved at blive analyseret, og de foreløbige resultater blev bl.a. præsenteret på Wind Energy Science Conference i Glasgow.

## **Afsmeltning fra Indlandsisen og monitorering af drivhusgasudledninger**

NCKF har startet to nye phd-projekter i 2023, der begge tilvejebringer ny viden, der kan understøtte den grønne omstilling. I samarbejde med Aarhus Universitet og GEUS, skal det første projekt give nye detaljerede estimater af den fremtidige afsmeltning fra Indlandsisen på Grønland ved at kombinere viden fra klimamodeller og observationer – bl.a. gennem machine learning. På sigt kan dette danne viden til brug for mere detaljerede analyser af fremtidens vandkraft. Det andet projekt, også i samarbejde med Aarhus Universitet, skal udvikle metoder til overvågning af drivhusgasudledninger fra satellitmålinger.





# SAMARBEJDSAFTALER OG PH.D-PROJEKTER I NCKF

Siden 2021 har NCKF indgået en række ph.d.- og samarbejdsaftaler. Samarbejdsaftaler betyder i denne sammenhæng, at NCKF finansierer arbejdstid for forskere på andre videninstitutioner, for at arbejde på et fælles projekt. Derudover er der en række uformelle samarbejdsaftaler og samarbejdspartnere i de individuelle forskningsprojekter. De finansierede samarbejdsaftaler og ph.d.-aftaler fremgår af tabellerne nedenfor.

## Samarbejdsaftaler

Emne	Samarbejdspartner(e)	Varighed til dato
Klimaforandringer og marine økosystemer i Grønlandske kystområder	Aarhus Uni, ECOS (DK)	2023
Qaanaaq-observatoriet og økosystemer	Grønlands Naturinstitut (GL)	2021-2023
Satellitmåling af snedækket på havis	DTU Space (DK)	2023
De Nordatlantiske Havstrømme	Havstovan (FO)	2021-2023
Vindfarme i vej- og klimamodeller	DTU Wind (DK)	2021-2023

## Ph.d.-projekter

Emne	Samarbejdspartner(e)	Varighed
Extension of sea ice climate time series with historical satellite data	DTU Space	2021-2024
Mapping of Greenland surface temperatures	Uni Copenhagen	2021-2025
Earth observation for surface mass balance	DTU Space, GEUS	2022-2025
Arctic sea ice thickness	Aalborg Uni, DTU Space	2019-2024
Runoff from the Greenland Ice Sheet	Aarhus Uni, GEUS	2023-2026
Decadal climate variability and predictability	SDU	2021-2025
Statistical modelling of extreme rainfall with very high resolution	DTU Sustain	2021-2025
Climate extremes and their consequences (drought & flooding)	DTU Management	2022-2025
Climate extremes and their consequences (compound events)	DTU Management	2022-2026
Climate modelling focused on drought	Uni Copenhagen	2023-2026
Extreme weather attribution	Uni Copenhagen	2023-2026
Monitoring of greenhouse gas emissions	Aarhus Uni	2023-2026
Windstorms: Methods for climate adaptation in the built environment	Uni Copenhagen, DTU Management & Construct	2022-2025

# FORMIDLING OG RÅDGIVNING

---

DMI er som regeringens klimavidenskabelige rådgiver ansvarlig for at betjene Klima-, Energi- og Forsyningsministeren, Ministeren for Udviklingssamarbejde og Global Klimapolitik, samt andre myndigheder med informationer og rådgivning om klimaforandringer. Viden, der ikke alene er baseret på NCKF og samarbejdspartners klimaforskning, men også på det omfattende arbejde i FN's klimapanel, IPCC. NCKF bidrager dermed med den nyeste viden fra klimaforskningen, klimaperspektiver på aktuelle cases og vejrhændelser, samt viden om de potentielle konsekvenser af klimaforandringer. Alt sammen noget, der kan bringes i anvendelse som grundlag for politiske beslutninger, og f.eks. indgår i regeringens årlige klimaprogram. Dertil formidles viden bredt i samfundet, og ikke mindst til de danske kommuner.

For at styrke NCKF's klimavidenskabelige rådgivning som angivet i DMI's nye strategi for 2024-2028 etableres der i NCKF fra starten af 2024 en særskilt enhed med fokus på klimarådgivning, projektledelse og sekretariatsbetjening. Målsætningen er bl.a. at styrke arbejdet med at samle viden gennem forskningssamarbejder på tværs af universiteter, videninstitutioner, styrelser og beslutningstagere.

## Måltrettet formidling om klimaforandringer

NCKF udarbejder løbende nyhedshistorier om klimaforandringer i forbindelse med aktuelle begivenheder rundt omkring i verden, eller når der er nye forskningsresultater. Her udvalgte eksempler:

- "Usædvanlig våd oktober 2023 – bliver det mere normalt i fremtiden?"  
(link: <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/usadvanlig-vad-oktober-2023-bliver-det-mere-normalt-i-fremtiden/?L>)
- "Havis: Lav udbredelse i Arktis – ekstremt lav udbredelse i Antarktis"  
(link: <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/havis-lav-udbredelse-i-arktisk-ekstremt-lav-udbredelse-i-antark/>)
- "Sommerens ekstreme vejr i et klimaperspektiv"  
(link: <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/sommerens-ekstreme-vejr-i-et-klimaperspektiv/>)
- "Rekordvarm juli på toppen af Grønland"  
(link: <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/rekordvarm-juli-paa-toppen-af-groenland/>)

Oplæg og formidlingsarrangementer om klimaforandringer er en høj prioritet, som et vigtig værktøj til at udbrede viden om klimaet. Derfor har NCKF holdt en lang række oplæg både for ministerier, styrelser og andre myndigheder, og har i forlængelse af DMI's 150 års jubilæum i 2022 afholdt en række "klimaaftræ" i begyndelsen af 2023. Arrangementer dækkede hele landet på tværs, fra Esbjerg til Middelfart,

København og Dragør. DMI og NCKF var bl.a. også tilstede ved Klimafolkemødet, Folkemødet og ved Kulturnatten i København.

Derudover har DMI og NCKF i samarbejde med DTU Space og GEUS lanceret et nyt undervisningssite ([www.ikff.dk/](http://www.ikff.dk/)), hvor elever fra grundskolen og ungdomsuddannelserne kan forsøge at gå i klimaforskernes fodspor – som projektet også hedder. Projektet er støttet af Novo Nordisk Fonden og har bl.a. til formål, at ruste elever til bedre at forstå klimaforandringerne og til at deltage i klimadebatten.

Med målsætningen om at bringe viden om klimaforandringer i spil i endnu flere sammenhænge har NCKF i 2023 afholdt en række dialogmøder med andre fageksperter. Det har blandt andet led til et nyt samarbejde med Crown Princess Mary Center på Københavns Universitet med fokus på at bygge bro mellem naturvidenskabelig klimaforskning og universitetets samfundsvidenskabelige forskning. Med udspring i samarbejdet har forskere fra NCKF har også deltaget på kursusforløbet *grønt universitet*, hvor samfundsvidenskabelige studerende arbejder med tværfaglige perspektiver på klima.

### **NCKF Symposium 2023**

Hvert år afholder NCKF et videnskabeligt symposium med deltagelse af klimaforskere og faglige eksperter, med det formål at drøfte klimaforskning samt aktuelle videnskabelige retninger og prioriteter. Symposiumet er en platform for netværksdannelse, videndeling og opstart af nye samarbejder. NCKF's symposium blev afholdt i november 2023. Mere end 100 klimaforskere og klimainteresserede deltog i mødet, og diskuterede blandt andet hvilke spørgsmål klimavidenskaben mangler svar på, og hvordan og i samarbejde med hvem vi kan komme nærmere nogle svar. I år var der på symposiumet fokus på iskapper, 'tipping points', klimaforandringernes påvirkning af ekstremt vejr (attribution). Endvidere blev afholdt en workshop med fokus på at få input til FN's klimapanel's kommende arbejdsprogram, da NCKF som en del af DMI også varetager rollen som dansk focal point for IPCC.



## NCKF's fokus i 2024

I starten af 2024 præsenterer NCKF en ny strategi, der indeholder en række strategiske pejlemærker for centerets udvikling i perioden 2024 – 2028. Strategien skal ligeledes bidrage til indfrielse af DMI's strategiske fokus på styrkelse af rollen som regeringens og Rigsfællesskabets klimavidenskabelige rådgiver. I 2024 vil NCKF have fokus på udrulning og implementering af NCKF's nye strategi. I det nedenstående gennemgås nogle overordnede fokusområder, ligesom der nævnes eksempler på konkrete projekter og aktiviteter, der er planlagt for 2024.

## Fremtidens ekstreme vejr og samfundets modstandsdygtighed

### Ekstremt vejr i Danmark og attribution

Et varmere klima vil udfordre vores samfund gennem flere ekstreme hændelser. Nye varmere rekorder brydes jævntligt og det der tidligere var sjældne nedbørs- og stormflodshændelser finder oftere og oftere sted. NCKF har i slutningen af 2023 både ansat forskere og en ny phd-studerende, der skal arbejde med såkaldte attributionsstudier – analyser af hvor meget klimaforandringer har påvirket sandsynligheden for de ekstreme vejrhændelser vi oplever.

### Klimaservices og Klimaatlas

Som en del af NCKF's kerneopgaver udvikles klimaservices med viden og data, der kan fungere som beslutningsstøtte i samfundet. *Klimaatlas*, der understøtter klimatilpasning i Danmark, er et klart eksempel på hvordan forskning og videnskabelig data kan understøtte beslutningstagere og den lokale planlægning, hvis den præsenteres på en måde, der er nøje tilpasses behovene hos de relevante brugere. NCKF vil i 2024 fortsætte sit fokus på samfundsmæssig anvendelse af klimaforskning, bl.a. ved videreudvikling af Klimaatlas, der bliver udvidet med information om tørke, brandfare og havmiljø. Derudover fortsætter en række forskningsaktiviteter på området, der kan understøtte klimaservices. Bl.a. er NCKF en del af Horizon-Europe projektet *Impetus 4 Change*, hvor eksperter inden for klima og samfundsvidenskab arbejder for at forbedre klimainformation samt øge tilgængeligheden for slutbrugeren.

### Kortlægning af drivhusgasudledninger og understøttelse af grøn omstilling

En omkostningseffektiv grøn omstilling af vores samfund kræver i stigende grad viden om emissionsreduktioner, effekter og opgørelser. NCKF vil i 2024 øge sit fokus på emissionsmonitorering gennem modeller og satellitobservationer bl.a. som led i et nyt ph.d.-projekt i samarbejde med Aarhus Universitet.

# Polare klimaforandringer og deres konsekvenser

## Iskapper og klimaforandringer i Grønland og Antarktis

Klimaet i de polare egne er under hastig forandring og de store iskapper i Grønland og Antarktis formindskes med stigende hastighed. I et nyt projekt *PRECISE: Predicting Change in Ice Sheets on Earth* vil NCKF i samarbejde med Niels Bohr Institutet og Northumbria universitet undersøge hvordan et varmere klima påvirker de store iskapper i Grønland og Antarktis, med det formål at reducere usikkerheden på fremskrivningerne af den globale havniveaustigning.

NCKF har desuden udviklet en banebrydende model for bestemmelse af overfladebalancen for iskapperne i Grønland og Antarktis. Modellen, der kan give et vigtigt indblik i dynamikkerne i et gradvist varmere klima, gøres offentlig tilgængelig til brug for andre forskere i 2024.

Samtidig er NCKF i gang med at producere detaljerede klimamodelsimulationer over Antarktis. Disse vil færdiggøres og blive analyseret i 2024, og kan kaste nyt lys over klimaforandringerne på den anden side af kloden, som kan få en meget stor indflydelse på Danmark gennem det stigende havniveau.

I tillæg til modelstudier og satellitmålinger fortsætter NCKF i 2024 også sit arbejde med observationer af hav, havis og gletsjere i Nordvestgrønland. Et af fokusområderne er at forstå mekanismerne, der hvor gletsjernes udløb fra Indlandsisen møder havet og havisen. Interaktionen mellem isen og havet har potentiale til at foresage hurtig tab af is og derved havniveaustigning, og en bedre forståelse af de processer vil forbedre estimerne af iskappernes bidrag til havniveau stigninger både fra Grønland og Antarktis.

## Havis, polar amplifikation og maritim sikkerhed

En af de mest tydelige konsekvenser af klimaforandringer er det hurtige tab af havis. Tabet af havis forstærker samtidig opvarmningen i Arktis, da der er mindre is og sne til at reflektere solens stråler. De ændrede forhold – både i Arktis og Antarktis øger behovet for detaljeret monitorering og kortlægning af havisudbredelsen til f.eks at øge den maritime sikkerhed. Som en del af et nyt projekt fra Copernicus Marine Service vil data fra SAR – satellitter således blive behandlet med henblik på at frembringe højopløselig opgørelse af havisen i hele Arktis. Opgørelsen videreudvikler samtidig Machine Learning metoderne udviklet til brug for DMI's *Automated Sea Ice Concentration Products (ASIP)*, der stiller information til rådighed for bl.a. maritim færdsel i Arktis.

# Global opvarmning og tipping points

## Globale atmosfæriske dynamikker og europæiske vejrmonstre

Vejrmonstre ændrer sig, ekstrem varme tager til og varm luft indeholder mere fugt, hvilket øger risikoen for kraftig nedbør i Danmark, Europa og globalt. Ændrede atmosfæriske dynamikker vil, ligesom det stigende havniveau, forme hvordan vi oplever at klimaet er under forandring. Forandringerne i atmosfærens dynamikker er indbyrdes forbundne fra overfladen til stratosfæren

NCKF bidrager til den nyeste generation af regionale klimamodelfremskrivninger for Europa (Euro-CORDEX), og vil i 2024 færdiggøre og dele beregninger med resten af verden. Disse koordinerede beregninger tager afsæt i de globale klimamodelberegninger bag IPCC-rapporterne, og giver et langt mere detaljeret indblik i fremtidens klima i Europa. En lang række forskningsinstitutioner leverer deres bidrag til samarbejdet, der blandt andet også danner grundlag for klimaservices som f.eks. *KlimaAtlas* og de regionale vurderinger, der foretages til IPCC's rapporter.

## Havet – variabilitet og langsigtede ændringer

Havet dækker 71 pct. af kloden og spiller en central rolle i klimasystemet i både et kort og et langt tidsperspektiv. Monitorering af havtilstande ved hjælp af in-situ målinger og remote-sensing af havoverfladen giver essentiel viden til at forstå variationen og signaler om klimaforandringer. NCKF skal fra 2024 koordinere et nyt Horizon Europe projekt (ObsSea4Clim). Det overordnede mål for ObsSea4Clim er at forbedre rammerne for en sammenhængende europæisk tilgang til monitorering, forståelse, rapportering og prognoser af fysiske havprocesser relateret til klimaforandringer.

## Risici og konsekvenser af 'tipping points'

Hastige forandringer og 'tipping points' er særlige bekymringspunkter i forhold til klimaforandringer. Monitorering kan bidrage til at opfange tidlige advarselssignaler mens procesforståelse er nødvendig til at bestemme om elementer af klimasystemet er i risiko for at gennemgå et irreversibelt skift. NCKF vil i 2024 fortsat have fokus på mulige tipping points som f.eks. den oceaniske havcirkulation i Nordatlanten. NCKF skal fra 2024 koordinere endnu et nyt Horizon Europe projekt (TipESM), der har til formål at forstå tipping points i klimasystemet, potentielle kaskadeeffekter og hvordan identificerede tipping points kan påvirke økosystemer, biodiversitet og samfund generelt. Projektet skal ligeledes udvikle en ramme til at forudsige tipping points og identificere mekanismer i klimasystemet med henblik på at risikoen for at overskride tipping points minimeres.

NCKF er ligeledes partner i EU-projektet OptimESM, der startede i 2023 og har bl.a. til formål at udvikle en ny generation af klimamodeller, der kombinerer høj opløsning med en hidtil uset repræsentation af fysiske processer. Projektet vil bruge disse modeller til at levere ny og policy-relevant viden om konsekvenser ved at overstige forskellige globale opvarmningsniveauer.



