

# Faglige resultater 2021

Udgivet af De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)  
Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Faglige resultater 2021

Redaktion: Lisbeth Flindt Jørgensen

Særudgivelse

Udgives kun elektronisk på [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

- Marts 2022

ISSN: 1903-105X

ISBN: 978-87-7871-557-9

Rapporten har været forelagt GEUS' bestyrelse den 8. marts 2022.

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Telefon: 3814 2000

E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

[www.geus.dk](http://www.geus.dk)

## Indhold

Indledning.....	3
RESUME .....	4
Vores viden skaber værdi for samfundet .....	5
Klimaforandringer og -tilpasning .....	8
Naturen vi lever i .....	18
Vores vand.....	26
Grøn omstilling .....	34
Mineralske råstoffer til vækst .....	42
Værdiskabende data.....	47
Fremtidens GEUS.....	53
Kampagner i 2021.....	59
Kvantitative indikatorer .....	60
Forkortelser .....	61

## Indledning

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) er ansvarlig for den videnskabelige udforskning af de geologiske forhold i Danmark og Grønland med tilhørende sokkelområder. GEUS er en uafhængig forskningsinstitution under Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. En del af GEUS' aktiviteter udføres desuden som opgaver i tilknytning til andre danske ministerier og Naalakkersuisut (Grønlands Selvstyre).

GEUS skal drive forskning på højeste internationale niveau om forhold, som er af betydning for udnyttelsen og beskyttelsen af Danmarks og Grønlands geologiske naturværdier. GEUS skal endvidere foretage kortlægning, overvågning, dataindsamling, dataforvaltning og formidling om de nævnte forhold. GEUS har en bestyrelse, der sikrer institutionens forskningsuafhængighed.

Statslige institutioner skal udarbejde en årsrapport. Der gælder særlige regler for indhold og omfang af årsrapporter (jf. Økonomistyrelsens 'Vejledning om årsrapport for statslige institutioner, 2021'), og det er derfor ikke muligt at rapportere GEUS' faglige aktiviteter i denne. Det er derfor GEUS' opfattelse, at der er behov for en kortfattet gennemgang og vurdering af årets faglige resultater som et selvstændigt supplement til den økonomiske gennemgang af institutionen præsenteret i Årsrapport for regnskabsåret 2021.

Denne faglige afrapportering følger strukturen i Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2021 og giver en oversigt over og vurdering af opnåede resultater. De faglige aktiviteter er organiseret indenfor GEUS' strategiske temaer og mål, defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Faglige resultater 2021 afrapporterer andet år i GEUS' Resultatplan 2020–2023.

## RESUME

GEUS' medarbejdere har i løbet af 2021 arbejdet med ca. 700 faglige og organisatoriske projekter. De væsentligste aktiviteter er beskrevet i GEUS' Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2021. Aktiviteterne er organiseret efter strategiske temaer og mål defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Af i alt 167 aktiviteter i 2021 vurderes 144 (86%) nået, 9 (6%) delvist nået, mens 14 aktiviteter (8%) må konstateres ikke nået.

Årets var, som 2020, præget af restriktioner som følge af COVID-19, hvilket medførte hjemsendelse af medarbejdere i en periode i starten af året samt i en kort periode inden jul. Dette vanskeliggjorde en lang række opgaver, da adgang til laboratorier og specialudstyr dermed blev begrænset, og den manglende mulighed for at mødes til fysiske møder har i visse situationer forsinket opgaver. Dele af det planlagte feltarbejde samt flere togter måtte udsættes til 2022. Trods dette er det lykkedes at nå i mål med en stor del af de planlagte aktiviteter, mens størstedelen af de ikke fuldt nåede aktiviteter skyldes begrænsninger som følge af COVID-19.

Af større resultater kan nævnes, at GEUS som følge af en regeringsaftale om CCS har opnået finansiering til en stor indsats om seismisk dataindsamling for at afdække mulighederne for CO<sub>2</sub>-lagring på land og kystnært. Desuden har GEUS opnået bevilling til et pilotprojekt om CO<sub>2</sub>-injektion i et udtjent oliefelt i Nordsøen, og i samarbejde med DTU er der indhentet midler til et større InnoMissions-partnerskab om CCUS. GEUS indgår også i et EU-projekt om brintlagring (*Power-to-X*) samt i projekter om geotermi og varmelagring.

GEUS har også i 2021 arbejdet med vurderinger af forsyningssikkerhed og værdikæder af globale geologiske ressourcer, som er kritiske i forhold den grønne omstilling. Dette gælder både specifikke kritiske mineraler såvel som sand- og grusressourcer til etablering af energioverføringslinjer. På det arktiske område er GEUS monitoringsaktiviteter udover PROMICE og GEM udbygget og konsolideret med integration af 18 nye stationer på den indre del af Indlandsisen fra GC-net samt en klimastation fra Camp Century.

GEUS har i 2021 arbejde med at etablere en publikationsdatabase til håndtering og udstilling af GEUS' publikationer på en let tilgængelig form. Database lanceres eksternt i starten af 2022. Det kan også nævnes, at der i oktober blev gennemført en forskningsevaluering af programområde 5: Natur og Klima. Evalueringen blev udført af et eksternt og uafhængigt panel, der i december afleverede en rapport med en særdeles positiv evaluering af programområdet.

Den organisatoriske udvikling af GEUS har i 2021 bl.a. været fokuseret på udmøntning af tiltag i den firårige HR-strategi, fx gennemførelse af en involverende værdiproces, som udmundede i et sæt nye værdier for GEUS. GEUS' udrustning og magasin under udflytning fra Rødovre til nye og tidssvarende lokaler i Tåstrup, og arbejdet med renovering af GEUS-laboratorierne i Øster Voldgade 10 komplekset fortsatte også i 2021. Endelig er der arbejdet med at overdrage en stor del af GEUS' IT-drift til Statens IT.

Med hensyn til de kvantitative indikatorer, blev måltallet for videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, blev med 67 mod måltallet på 80 artikler ikke nået i 2020. Til gengæld var GEUS-medarbejder medforfattere på 124 artikler mod måltallet på 90. Desværre blev målet om 30 artikler i egne serier heller ikke nået, idet der blev udgivet 12 i 2021, heraf dog flere større monografier. Måltallet på ti professorer blev heller ikke nået med otte professorer på GEUS, hvilket primært skyldes at intern udnævnelse af nye professorer afventer implementering af den nye stillingsstruktur. Medarbejdere på GEUS bidrog i 2020 til vejledning af ti ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket svarer til måltallet. Som følge af en omprioritering fra de bevilgende myndigheder, lægges der i forskningsprojekter nu mindre vægt på uddannelse af ph.d.-kandidater, og GEUS-medarbejdere medvejledte ved udgangen af oktober 2020 43 studerende mod måltallet på 50. Derudover var GEUS-medarbejdere medvejledere for 62 master-studerende (heraf opnåede 33 grad), hvilket er over måltallet på 40.

## Vores viden skaber værdi for samfundet

### **Strategisk mål:**

*Vi vil styrke GEUS' synlighed og videndeling med myndigheder og virksomheder, så vi opnår størst mulig samfundsnytte og bidrager til løsning af globale udfordringer.*

### **Perspektiv:**

For at nå målet vil vi sikre, at GEUS' viden og data i endnu højere grad kommer i spil, hvor det giver samfundet værdi og kan bidrage til løsning af udfordringer. Kendskabet til og tilgængeligheden af viden og data skal løbende forbedres, så det fulde potentiale kommer både virksomheder, myndigheder og borgere til gode. Dette vil vi bl.a. opnå ved at forbedre præsentationen og tilgængeligheden af vores viden og data på vores online platforme ved fx at udvikle en online publikationsdatabase, hvor alle GEUS' udgivelser bliver tilgængelige – både rapporter og videnskabelige artikler. Herudover præsenteres alle medarbejdere med CV, ekspertiseområder og publikationer, så det bliver nemt at finde samarbejdspartnere og eksperter for eksterne.

GEUS' og medarbejdernes brug af sociale medier, særligt Twitter og LinkedIn, styrkes med synlighed, faglige netværk og videndeling for øje. Det vil være en prioritet at formidle resultater fra fx rapporter til relevante fagfolk på en mere synlig og lettere tilgængelig måde bl.a. via fagmedier. Der vil desuden blive inviteret indenfor ved GEUS til nye faglige arrangementer, hvor GEUS' eksperter deler ud af vores viden, og hvor der er mulighed for at etablere nye samarbejder.

Generelt skal udviklingen af GEUS' organisation rettes mod i højere grad at prioritere synlighed og videndeling, bl.a. ved hjælp af incitament og støtte fra Afdelingen for Presse og Kommunikation samt ledelsen.

### **Status efter 2021:**

I 2021 blev en forskningsportalen (PURE) lanceret internt, så den blev kvalitetssikret og kan lanceres med GEUS' videnskabelige artikler og faglige rapporter i starten af 2022, og dermed sikre videndeling samt nemmere adgang til og bedre promovning af GEUS' arbejde, publikationer og resultater.

I 2020 og 2021 har der været fokus på at leve op til kravene om webtilgængelighed på GEUS' hjemmesider og i GEUS' publikationer, der kan downloades. Hertil er der arbejdet med at (re)lancere mange eksisterende og nye projekthjemmesider, så de er opdaterede og lever op til nutidens krav og forventninger.

### **Resultater i 2021:**

- Opdateringen af siderne om GEUS' arbejde på geus.dk og sikringen af, at de er målrettet interessenterne, blev igangsat i 2021, men arbejdet strækker sig ind i 2022 grundet prioritering af opfyldelse af krav om webtilgængelighed, afventning af organisationsændringer og udfordringer pga. COVID-19.
- Promice.org blev i 2021 relanceret, så den fremstår nutidig, og grundvandsstanden.dk er opbygget, så den er klar til lancering i starten af 2022. Den interne hjemmeside til *Virtual Research Environment*-kampagnen blev også udviklet. Hertil er arbejdet med at opbygge og relancere flere andre projekthjemmesider i gang.
- Der blev i 2021 udviklet en publikationsdatabase til brug for håndtering og udstilling af alle GEUS' publikationer. Databasen lanceres eksternt i starten af 2022, og dermed vil alle GEUS' rapporter og videnskabelige udgivelser være lettilgængelige digitalt til gavn for øget videndeling.

**Strategisk mål:**

*Vi vil bidrage offensivt med faglighed og fakta til samfundsdebat og -udvikling for at sikre det bedst mulige grundlag for beslutninger og offentlighedens indsigt.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi opdatere GEUS' kommunikationsstrategi hvert andet år og implementere nye tiltag løbende. Der vil desuden blive identificeret konkrete geofaglige aktuelle emner, hvor en strategisk kommunikationsindsats kan gøre nytte, og der blive gennemført kommunikationskampagner med de relevante analyser, planer og initiativer. GEUS vil desuden stå til rådighed for journalister og andre, der efterspørger vores viden, samt selv spille ind i forbindelse med relevante og aktuelle emner, hvor vi kan bidrage med fakta og faglighed – både via medierne og direkte kontakt til beslutningstagere og interessenter.

Vi vil profilere vores eksperter og nytteværdi, være aktive på sociale medier, udsende nyheder og nyhedsbreve samt skrive kronikker og faglige artikler.

GEUS' bidrag til borgernes viden om og værdsættelse af vores geologiske verden sker bl.a. gennem tidsskriftet Geoviden, og vi vil arbejde for, at dette bliver brugt som supplement i undervisningen i gymnasierne, hvor det også hjælper med rekruttering til faget. Herudover vil vi have særligt fokus på formidling og dialog i Grønland, hvor GEUS' kontor i Nuuk skal sikres synlighed i medierne og via arrangementer som kulturnat. Højeste prioritet er, at GEUS fortsat ses som en troværdig, uafhængig og fagligt velfunderet kilde til viden om geologiens betydning i Danmark, Grønland og Arktis.

**Status efter 2021:**

I 2020 blev GEUS' nye kommunikationsstrategi lanceret med tre overordnede sigtelinjer og otte konkrete indsatsområder, som vil være i fokus frem til 2022. Strategiens primære målsætning er at understøtte gennemførelsen af GEUS' Strategi 2020-2023. Kommunikationsstrategien indebærer bl.a. gennemførelse af kommunikationskampagner, som det også skete i 2020 og 2021, dog inden for de begrænsninger, som COVID-19 medførte bl.a. i forhold til fysiske arrangementer. I 2021 deltog GEUS dog i Kulturnatten i København.

Geoviden udkom med fire nye temaer i 2020 og tre i 2021. Hertil er udviklet en ny hjemmeside til Geoviden, så der i højere grad er et onlineunivers omkring hvert tema. Desuden blev der lanceret en podcast i 2021 med geologistuderende som værter.

**Resultater i 2021:**

- Grundet COVID-19 var det kun muligt at gennemføre en af de to planlagte kommunikationskampagner. Denne blev gennemført i samarbejde med glaciologerne og medførte medieomtale i forbindelse med COP26.
- Der har været fokus på brug af givende illustrationer i forbindelse med formidling af faglig viden og nyheder til borgere og interessenter. Arbejdet fortsættes i 2022.
- Det var planen, at der skulle gennemføres en intern kampagne med det mål, at kollegerne blev bedre klædt på til formidling til omverdenen og bedre bekendt med mulighederne for samarbejde med Afdeling for Presse og Kommunikation, men pga. andre prioriteringer og især udfordringerne som følge af COVID-19 er dette udsat til 2022.
- Geoviden.dk blev videreudviklet i 2021, og en læserundersøgelse er i gang. Der er udgivet en plakat samt tre temaer om sjældne jordarter, Månen og Oceanografi. Der er som nævnt også lanceret en podcast – Geoland – med geologistuderende som værter. Den er med tre afsnit på tre måneder allerede blevet lyttet til mere end 1350 gange. Nogle markedsføringsinitiativer som deltagelse på Big Bang-konferencen kunne ikke gennemføres i 2021 pga. COVID-19.

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil øge den videnskabelige publikationsrate og -kvalitet til gavn for fagfeltet, så GEUS fortsat er en attraktiv samarbejdspartner.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil vi implementere GEUS' professorplan og publikationsstrategi med fokus på at øge antallet af publikationer pr. medarbejder og citationer, især i <i>high-impact</i> tidsskrifter, med sigte på at opretholde og øge vores forskningshøjde. Dette gøres gennem systematiske tiltag med forskningsambassadører, løbende publiceringsplaner, allokering af midler til publikationspulje og skrivekurser.</p> <p>GEUS vil desuden udvikle egne publikationsserier, så publicering af monografier, korte og lange artikler, kort og bagvedliggende data kan fortsætte tidssvarende. Det sikres, at GEUS Bulletin lever op til de tekniske og formelle krav til videnskabelige tidsskrifter, processer og formater, og der gennemføres en systematiske indsats for at øge mængden af bidrag.</p> <p><b>Status efter 2021:</b></p> <p>GEUS Bulletinens nye hjemmeside er lanceret, og de tekniske og formelle krav til videnskabelige tidsskrifter opfyldt. Artiklerne er lettilgængelige og præsenteret nutidigt, og forfattere kan indsende bidrag via et nyt onlinesystem. Der er både stor interesse for at publicere og læse artiklerne. Således blev den mest læste artikel downloadet mere end 900 gange i 2021. Alle tidligere udgivelser af GEUS Bulletin, mere end 2.500 forskningsartikler udgivet siden 1890, er desuden blevet digitaliseret og kommet online med DOI'er mv.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GEUS Bulletin har publiceret tolv artikler, en kortbladsbeskrivelse og to monografier. Flere monografier og artikler er i produktion og forventes publiceret i 2022. <i>Article level metrics</i> er implementeret, og GEUS Bulletin følger vejledningerne fra <i>Committee on Publication Ethics (COPE)</i> og forventer at blive medlem i 2022. GEUS Bulletin har deltaget i konferencer under <i>Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA)</i> og har givet præsentationer. Citationer, læsertal, forfattere, processer mm. opgøres, evalueres og præsenteres for bl.a. det eksterne board. Den mest læste artikel blev downloadet 936 gange i 2021.</li> <li>• Fire digitale kortblade over Karrat Group er færdigredigerede og tilbage fra review med positivt resultat. Tryk og WebGIS udgave forventes klar i starten af 2022.</li> </ul>

*Øvrige aktiviteter:*

Der er fundet et lokale til et fysisk *makerspace* (kreativt værksted), hvor der på tværs af GEUS kan arbejdes og udvikles med nye teknologier som *Virtual Reality* og *Augmented Reality* (kombination af data og *Virtual Reality*) samt 3D-printere og 3D-scannere. Ibrugtagningen er godt i gang, og værkstedet lanceres internt i første kvartal 2022.

Der er gennemført initiativer på IntraGEUS for at øge brugervenligheden, mængden af værdiskabende indhold samt brugen.

Den grafiske koncernbistand er inkorporeret, og tilknyttede processerne er optimeret.



## Klimaforandringer og -tilpasning

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil øge forståelsen af klimaforandringer i Arktis gennem engagement i langsigtede monitoringsprojekter med brug af de nyeste teknikker.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil vi videreudvikle og søge at øge GEUS monitoringsindsats i Arktis. Helt centralt er Program for Overvågning af Grønlands indlandsis (PROMICE). I forbindelse med overvågningen indsamles en stor mængde data fra automatiske stationer på isen samt satellitdata til bestemmelse af massetabet fra Grønlands indlandsis. Lokale gletsjere overvåges i <i>GlacioBasis</i>-programmet under <i>Greenland Ecosystem Monitoring</i> (GEM) programmet. Derudover blev der i 2017 igangsat klimaovervågning ved Camp Century. Desuden deltager GEUS i projekter i regi af <i>European Space Agency</i> (ESA) og EU, hvor formålet er at udvikle dataprodukter baseret på nye satellitbaserede sensorer. Data kan anvendes direkte som indikatorer for klimaændringerne, som grundlag for studier til forståelse af de processer, som driver dem, til validering af satellitobservationer, og til validering af og input til regionale og globale klimamodeller.</p> <p>Vi vil arbejde for, at data fra monitoringsindsatsen anvendes til at levere forskningsbaseret rådgivning til myndigheder og andre interessenter via en aktiv indsats for at skabe nye rådgivningsprojekter.</p> <p><b>Status efter 2021:</b></p> <p>I 2021 overtog GEUS driften af det tidligere amerikansk-drevne <i>Greenland Climate Network</i> (GC-net) med 18 stationer på den indre del af Indlandsisen. Samtidig er øvrige aktiviteter opretholdt og <i>in situ</i>-målestationer vedligeholdt på trods af udfordringerne med feltarbejde i Grønland grundet COVID-19. Således er monitoringsindsatsen stærkt forøget med nye krav til systematisering af arbejdsprocesser, instrumenter og dataflow. Dataprodukter, baseret på satellitmålinger, er oparbejdet og publiceret.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• PROMICE-stationsnetværket er vedligeholdt, og kvalitetssikring af data er gennemført. Massetabsprodukter, isudbredelseskort og ishastighedskort er løbende opdateret.</li><li>• Første år med feltarbejde i GC-net blev gennemført planmæssigt på trods af COVID-19-restriktioner og en meget kort forberedelsestid på under et halvt år fra bevillingsstart. Syv stationer blev opgraderet til nye automatiske vejrstationer af GEUS-typen, og yderligere fire stationer blev besøgt og vedligeholdt.</li><li>• Klimastationen ved Camp Century blev besøgt samt vedligeholdt og indgår nu som en del af GC-net. Kvalitetssikring af data er gennemført. Der er udgivet en <i>peer-reviewed</i> artikel om modellering af smeltevandsnedtrængning ved Camp Century.</li><li>• Der er udført overvågning af lokale gletsjere i regi af GEM på AP Olsen-iskappe (Zackenberg) samt fortsat overvågning af Chamberlain-gletsjer (Disko). Feltarbejdet på Zackenberg udføres normalt om foråret, men blev dog aflyst, da Østgrønland var lukket grundet COVID-19-restriktioner. Feltarbejdet blev delvist gennemført i juli, dog i begrænset omfang, da tidspunktet begrænsede færdslen til og på gletsjeren.</li><li>• Der er udført målinger og modellering af permafrost i Vaigat-området. Der blev udført feltarbejde i juli og august, hvor instrumenterne blev serviceret, og data blev tappet. Der er indhentet et nyt DANCEA-projekt, hvor der udføres flere målinger i samarbejde med DTU.</li></ul>

- Et ESA-projekt vedrørende nye sne- og albedo-produkter for Arktis baseret på satellitdata er færdiggjort under GEUS-ledelse. Et nyt ESA-projekt vedr. albedo er under opstart i samarbejde med DMI og yderligere en ny ESA-ansøgning er indsendt.
- Gennem deltagelse i EU-projektet INTAROS (*Pan-Arctic Observation System*) er der arbejdet på integration af isovervågning i europæisk sammenhæng. Projektet er forlænget ind i 2022.

**Strategisk mål:**

*Vi vil forske i de processer, der styrer afsmeltningen fra Grønlands Indlandsis og gletsjere, udbredelsen af havis, ændringer af havstrømme samt optøning af permafrost for at reducere usikkerheden på forudsigelse af effekter af klimaændringer.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi udføre forskningsprojekter vedrørende processerne bag de observerede klimaforandringer. Procesforståelse og observationer er nøglen til forbedret modellering og dermed til reduceret usikkerhed på forudsigelser af klimaforandringer og deres effekter. Vi vil arbejde på at tiltrække nye forskningsprojekter og i videst muligt omfang søge at udnytte vores eksisterende monitoringsaktiviteter som en omkostningseffektiv platform for indsamling af data. Et vigtigt bidrag til forskningen kommer i form af ph.d.- og postdoc-projekter, og vi vil yde en aktiv indsats for at tiltrække og vejlede disse.

Vi vil indgå i samarbejder og netværk med danske, grønlandske og internationale institutioner med henblik på at sikre nationale og internationale fondsmidler til forskningen og søge at udvide forskningen til at omfatte nye emner som eksempelvis permafrost.

**Status efter 2021:**

Opgaverne forløber planmæssigt, dog med små forsinkelser grundet COVID-19. Der er publiceret mange artikler og indsendt en række ansøgninger, og nye projekter vedrørende processtudier er igangsat. Disse omhandler blandt andet studier af Indlandsisens reaktion på klimaforandringer på varierende tidsskalaer, forståelsen af bidraget fra smeltning under Indlandsisen til massetab, kobling mellem klimaforandringer i Nordeuropa og Arktis samt koblingen mellem klimaforandringer, havis og arktisk marin biodiversitet. Studierne involverer nye specialestuderende, ph.d.-studerende og postdocs. Der samarbejdes internationalt, blandt andet om feltarbejde på Indlandsisen og marine togter.

**Resultater i 2021:**

- Der arbejdes med studier af havis og primærproduktion i Arktis, bl.a. i et ph.d.-projekt i samarbejde med Helsinki Universitet, og to nye specialeprojekter er under planlægning. Desuden er en *peer-reviewed* artikel accepteret og en anden under udarbejdelse.
- Der er arbejdet med studier af processer involveret i havstrømsforandringer samt afstrømning og produktion af isbjerge fra Grønlands indlandsis. I forbindelse hermed er et studie om Holocæne hav- og gletsjerforandringer i Sydøstgrønland accepteret til publikation
- I forbindelse med studier af østgrønlandske istungers udbredelse og stabilitet i Holocæn, er der indgået aftaler med samarbejdspartnere (fra USA og UK) om at få tilsendt materialer til analyser fra Petermann-gletsjer og Nioghalvfjerdingsfjorden, men arbejdet er forsinket grundet COVID-19. Der er indgået en lignende aftale med Aarhus Universitet omkring Zachariae Isstrøm i forbindelse med deltagelse i et større projekt finansieret af Danmarks Frie Forskningsfond (DFF).
- Grundet COVID-19 blev feltarbejde på Grønland ændret for anden sæson i træk, men hele netværket af GPS-sensorer blev dog igen serviceret i 2021. Studier af Jakobshavn Isbræs reaktion på klimaforandringer er udfordret, mens isflydemodellering af udviklingen af Indlandsisen fortsætter.
- Det var planlagt at udføre målinger af Indlandsisens temperatur, bl.a. gennem anvendelse af nyt prototype-isbor til boring af temperatursensorer ned til 500 m's dybde, men feltarbejde blev aflyst for andet år i træk grundet COVID-19. En prototype af isboret blev sendt til test ved *University of Jilin* i en kunstig 'isbrønd', og fremragende testdata blev returneret. En endelig prototype er under udarbejdelse til felttest i 2022, og projektet er forlænget med et år.

- GEUS har været hoved- og medansøger på en række ansøger til bl.a. DFF, Carlsberg, Geocenter, Villum og EU Horizon. Der opnået bevilling til seks nye projekter.
- Et forskningstogt til Nordvestgrønland om bord på Lauge Koch fandt sted fra den 22. august til den 3. september. Togtrappen er publiceret som GEUS-rapport 2021/70. Analyser af vandprøver og sedimentkerner er påbegyndt.

**Strategisk mål:**

*Vi vil øge forståelsen af og rådgive om effekterne af fremtidens klimaændringer ved anvendelse af vores viden om det forhistoriske klima.*

**Perspektiv:**

For at nå målet er det af stor vigtighed at have kendskab til de naturlige variationer i klimasystemet over årtier, århundreder og årtusinder. Dette opnås ved at rekonstruere ændringer i klima-, miljø- og natursystemer ud fra analyser af sedimentkerner. GEUS' indsats vil især fokusere på længerevarende ændringer i havstrømme, hav- og gletsjeris samt primærproduktion omkring Grønland. Disse ændringer har stor betydning for de marine økosystemer, havets CO<sub>2</sub>-pumpe og havniveaustigninger.

Desuden vil vi arbejde på national og international plan med at udrede den palæoklimatiske og kryologiske udvikling i og omkring Grønland over en kvartær-cenozoisk tidsskala, dvs. de sidste 20–30 millioner år. På basis af resultater fra igangværende projekter vil der blive udviklet en eller flere ansøgninger, der sigter hen imod et forskningsprogram.

**Status efter 2021:**

Aktiviteter vedrørende holocæn og antropocæn forløber planmæssigt, dog med små forsinkelser grundet COVID-19. Der er udvidet med et nyt projekt under DFF Natur og Univers *GreenPlanning – depends on reliable seasonal to decadal climate predictions* i samarbejde med Niels Bohr Institutet. Desuden er DFF *Sapere Aude*-projektet *Blue Arctic Ocean* igangsat med ansættelse af en ph. d-studerende og en post doc. Der er etableret et nyt samarbejde med KU omkring det dansk-islandske *Research Centre on Ocean, Climate, and Society (ROCS)*.

**Resultater i 2021:**

- Der er publiceret tre artikler om rekonstruktion af nordøstgrønlandsk polynya-dynamik i holocæn-epoken baseret på sedimentkerner, heraf én i *Nature Communications* og én i *Scientific Reports*.
- Der er indsendt en artikel om rekonstruktion og forudsigelse af afstrømning og massetab for Sydvest- og Nordøstgrønland.
- Der er gennemført et pilotstudium, hvor informationer fra geologiske og geofysiske observationer inddrages i en glaciologisk model for at beskrive Helheimgletsjerens forandringer over flere årtier. Udarbejdelse af manuskript om resultaterne er i sidste fase.
- Et manuskript om rekonstruktion af cirkulation af atlantisk vand mod Nordvestgrønland gennem yngre dryas-holocæn er accepteret, og et speciale projekt om cirkulationsforandringer i Nordøstgrønland er færdiggjort.
- Et projekt om effekterne af holocæne klimaforandringer i det arktiske marine økosystem, bl.a. ved brug af DNA fra organisk materiale i sedimentkerner er igangsat. En postdoc samt en ph.d.-studerende er sat i gang. Første analyse af sedimentkerner fra Grønland er gennemført og data bearbejdes. To artikler er under udarbejdelse.
- Der er indsendt en artikel om en ny DNA-baseret proxy for havis, og nye DNA-dataset fra Nordøst- og Vestgrønland er præpareret.
- Til rekonstruktion af marine klimaforandringer og kobling til Sydgrønlands iskappe-dynamik er der optaget sedimentkerner fra Davisstrædet under feltarbejde i august 2021, og de indledende analyser er igangsat.
- Der er i 2021 arbejdet med belysning af Grønlands glaciale og palæoklimatiske historie gennem de sidste 10–15 millioner år på basis af eksisterende industrikerner og brønde. En ansøgning om et IODP-togt (*International Ocean Discovery Program*) er imødekommet og togtet programsat til 2023.

Desuden er der opnået støtte fra Geocenter Danmark til et pilotstudie, og to nye speciale-studerende arbejder med dette.

- GEUS deltager i et tværfagligt, dansk-islandsk forskningscenter om hvordan havstrømme og klimasvingninger påvirker marine økosystemer omkring Island. Der er i juni måned 2021 gennemført et togt syd for Island, og indledende datering af sedimentkerner viser potentiale for højopløsning studier. To postdoc-projekter med GEUS deltagelse/vejledning er igangsat, og *multiproxy* sedimentkerneanalyser er påbegyndt.

**Strategisk mål:**

*Vi vil bidrage til internationale klimavurderinger fra internationale instanser som IPCC.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi bedrive klimaforskning på højt internationalt niveau og publicere resultaterne i videnskabelige artikler. Vi vil søge at udbrede kendskabet til vores forskningsresultater så bredt som muligt ved brug både af pressen og sociale medier. Vi vil indgå i netværk og bidrage til udarbejdelse af klimavurderinger samt fagfællebedømmelse af disse. Desuden vil vi levere lettilgængelige, kvalitets-sikrede og opdaterede dataprodukter fra GEUS' overvågningsindsats, som forskere i ind- og udland kan anvende i deres arbejde med at forstå og formidle klimaforandringerne og effekter heraf.

**Status efter 2021:**

Der er publiceret mere end 70 videnskabelige artikler indenfor emneområderne klima og glaciologi. GEUS har deltaget aktivt i arbejdet med internationale assessment rapporter fra IPCC og *Arctic Monitoring and Assessment Programme* under Arktisk Råd (AMAP), og artikler med GEUS-forfattere er flittigt citeret i IPCC's *Sixt Assessment Report*. Der har været stor medieopmærksomhed omkring PROMICE og overtagelsen af *GC-net*.

**Resultater i 2021:**

- GEUS er medforfatter på to kapitler i IPCC's *Sixth Assessment Report 'The Physical Science Basis'*.
- GEUS har bidraget til den tematiske rapport: *'Trends, effects, and societal implications of Arctic climate change'*, der udarbejdes af AMAP.
- GEUS har bidraget til *Arctic Report Card*, der udarbejdes under *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA's Arctic Program*.
- GEUS har deltaget i netværkene *CryoNet* under *World Meteorological Organisation*, *AMAP Climate Expert Group* samt *Scientific Steering Group for Climate and Cryosphere (CliC)* under *World Climate Research Programme (WCRP)*. Aktiviteten har dog været lav grundet COVID-19.
- PROMICE websiden er opdateret med de nyeste dataprodukter, så disse er frit tilgængelige.

**Strategisk mål:**

*Vi vil videreudvikle modelværktøjer, så disse med højere opløsning og større sikkerhed kan producere estimater for hele det hydrologiske system under et fremtidigt klima.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi opbygge mere viden om specielt de terrænnære hydrologiske forhold, hvor klimaændringer og menneskelig indgriben viser sig hurtigt i det hydrologiske system og skaber samfundsmæssige udfordringer. Vi vil have fokus på problemstillingerne i både byer og landområder, hvor viden og forudsigelser om bl.a. højtstående terrænnært grundvand, høj vandstand i vandløb, oversvømmelser og tørkerisiko samt prognoser heraf er efterspurgt. Vi vil indsamle, søge at få adgang til og analysere data på nye måder, så de kan give os større indsigt i det integrerede hydrologiske kredsløb og øge kvaliteten af modelværktøjer. Derudover vil vi udvikle nye metoder, bl.a. via *machine learning*, til at udnytte data for at videreudvikle modellerne, så de kan give resultater med en højere opløsning.

Vi vil søge at etablere nye forskningsprojekter, der giver mulighed for videreudvikling af modellerne både i forhold til en bedre beskrivelse af og prognoser for hele det hydrologiske system under et fremtidigt klima på landsplan og i procesforståelsen på delområder i byer og på landet. Et eksempel kan være opbygning af modelbeskrivelse og prognoser for koblede hydrologiske hændelser som kraftig regn ved høj grund- og vandstand. Et andet er videreudvikling af modeller som hjælpeværktøj i beslutninger om klimatilpasning, hvor forskellige løsninger og klimascenarier er i spil, eksempelvis i forbindelse med jordfordeling, hvor områder udfordret af højtstående grundvand skal identificeres.

**Status efter 2021:**

Der er udviklet nye metoder samt videreudviklet modelværktøjer til beskrivelse af det terrænnære hydrologiske system. Der er desuden genereret nye nationale, offentligt tilgængelige data i høj opløsning for den terrænnære grundvandsstand og vandføring i vandløb for både historisk og fremtidigt klima. I EU-samarbejde er klimaændringers effekter på vandkredsløbet vurderet ved brug af nationale hydrologiske modeller, lokale hydrologiske modeller og tidsserie-modeller. Data er gjort offentlig tilgængelig på *European Geological Data Infrastructure* (EGDI). Der er indsamlet nye terrænnære data og nye modelleringskoncepter er afprøvet i forbindelse med aktuelle klimatilpasningsstrategier inde i landet, ved kyst og i byer. Disse aktiviteter har bidraget med ny viden, og på baggrund heraf er der søgt nye forskningsprojekter.

**Resultater i 2021:**

- Der er opstillet en detailmodel for Sunds, baseret på en model for Storåen. Modellen er anvendt til at belyse effekten af alternative klimatilpasningsstrategier, bl.a. drænledning, grøfter, skovrejsning, og oppumpning med injektion i dybt magasin. Desuden er der yderligere udviklet fire højopløselige lokalmodeller, som belyser hydrologiske effekter af (historiske) vandløbsrestaureringsprojekter.
- Der er arbejdet med at videreudvikle hydrologiske modeller i høj opløsning med fokus på kystnære problemstillinger og havniveaustigning. Der er opsat en dynamisk model for et studieområde, og forskellige fremgangsmåder til korrekt repræsentation af havniveaustigninger i åer og vandløb og oversvømmelse på terræn er undersøgt. Yderligere arbejde med to andre studieområder er iværksat.
- Der er arbejdet med anvendelse af uafhængige metoder samt modeller for at øge forståelsen af, hvordan terrænnært grundvand dannes og interagerer med dybt grundvand, åer, søer og nedbør. Der er indsamlet data (geologiske samt hydrologiske) fra urbant modelområde, og disse er benyttet til at opstille tre hydrologiske modeller med 50x50m simuleringsgrid, samt tre modeller med 10x10m simuleringsgrid for at øge forståelsen af samspillet mellem terrænnært grundvand og



resten af vandkredsløbet. Disse modeller er kalibreret, og der er udført analyser af fordele og ulemper ved de seks konceptualiseringer.

- GEUS har bidraget til virkemiddelkatalog for byområder med terrænnært grundvand gennem test af mulige virkemidler i hydrologisk model-*setup* og deres effekt i forhold til at sænke grundvandsstanden. Virkemiddelkataloget er udfærdiget og indeholder bl.a. evaluering af drænledning langs eksisterende kloakrør, åbent vandløb/grøft centralt i byen, skovrejsning i omkringliggende arealer, og oppumpning af vand fra terrænnært magasin med afledning til vandløb, dybe magasiner eller markvanding.
- Der er opstillet en integreret hydrologisk model for oplandet til Gren Åen, inkl. det afdrænedede Kolindsund. Modellen beskriver hele vandkredsløbet inkl. udpumpning af grundvand fra Kolindsund, grundvandsstandens rumlige og tidslige variation, vandløbsafstrømning og -vandstand samt oversvømmelse fra grundvand og vandløb. Modellen er anvendt til analyse af forskellige klimatilpasningstiltag
- I samarbejde med partnere på tværs af Europa er klimaændringers effekt vurderet på baggrund af udviklingen af fire fælles klimascenarier. Effekter er vurderet ved brug af nationale hydrologiske modeller, lokale hydrologiske modeller og tidsserie-modeller og siden afrapporteret igennem fælles publikationer. Data er desuden gjort tilgængelig på EGD1.
- Flere forskellige tidsserie-modeller er anvendt på tværs af Europa til at vurdere nedsivning i nutid og fremtid ud fra lange klimatidsserier. Modellerne sammenlignes og vurderes i en videnskabelig artikel, der er under review i internationalt tidsskrift. Nationale klimaeffekter for Danmark er også vurderet med særlig fokus på respons fra forskellige geologier. En videnskabelig artikel herom er ligeledes i review i internationalt tidsskrift.
- Der er arbejdet med at videreudvikle modelkalibreringsmetoder som fokuserer på satellitbaserede fordampningsdata for at kunne udarbejde robuste historiske og fremtidige hydrologiske analyser. I den forbindelse er der udviklet en ny metode, hvor der anvendes satellitbaserede fordampningsdata i områder med en tydelig klimagradiant. Metoden er testet på Senegalfloden i Vestafrika, og der er publiceret en videnskabelig artikel herom. Derudover er der udført test af nye, innovative kalibrerings- og optimeringsværktøjer, som øger performance og fremmer modelforståelsen.
- Der er arbejdet videre med udvikling af integrerede hydrologiske modeller i stor skala med henblik på kombinerede scenarie-analyser af ændringer i klima og arealanvendelse i Ghana. Der er opsat hydrologiske modeller for to oplande i Ghana, og den første kalibrering er udført. Nye metoder til bedre udnyttelse af kalibreringsdatasættet testes sammen med bedre inkorporering af remote sensing datasæt.

*Øvrige aktiviteter:*

GEUS bidrager til udvikling af bæredygtig grundvandsbaseret vandforvaltning i Sydafrika, baseret på bl.a. hydrologisk modellering og interessentinvolvering. Der er opstillet en integreret hydrologisk model for oplandet til Hout/Sand. Modellen beskriver effekten af klima, vanding og arealanvendelse på grundvandsstand. Antallet af nedbørsstationer er øget, hvilket resulterer i en betydelig forbedring af mulighederne for at simulere de sporadiske afstrømningsevents. Modellen giver en troværdig beskrivelse af grundvandsstand og afstrømning i floderne, og resultaterne fra modellen vil blive anvendt som et vigtigt input til estimering af bæredygtig grundvandsindvinding.

GEUS deltager i *Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems* (PAGES ACME), dog på nedsat blus grundet COVID-19.

GEUS deltager i *International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology* (IASC NAG), dog på nedsat blus grundet COVID-19.

GEUS deltager i Ilulissat Isfjordscenter *Advisory Board* og leverede input til udstilling, som åbnede 3. juli 2021.

## Naturen vi lever i

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil styrke GEUS' forskning i sammenhænge mellem geosystemer og biologiske kredsløb, biotoper og habitater samt bio- og geodiversitet i det marine miljø, bl.a. med henblik på kvantificering af miljømålene i Danmarks Havstrategi II.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil vi udvikle en multifunktionel havbundsmodel, som skal skabe grundlag for forbedret anvendelse af eksisterende og fremtidige indsamlede havbundsdata til bæredygtig udnyttelse af havbunden. Derfor vil vi forfølge en fulddækkende og detaljeret 4D-havbundskortlægning og -modellering, hvilket muliggør en kvantitativ kortlægning og modellering af havbundens diversitet og dynamik ift. geologi, morfologi, substrater og habitater på forskellige skala-niveauer. Dette er i løbet af en firårig periode realiserbart for pilotområder i Danmark, og i Grønland i samarbejde med Grønlands Naturinstitut</p> <p>Vi vil bidrage til Danmarks Havstrategi II ved at udvikle og udvide indikatorer vedrørende havbundens integritet med henblik på en kvantitativ integration af havbundens strukturer og funktioner. Specifikt vil vi skabe fundamentet til at kvantificere effekten af fysisk forstyrrelse og tab af havbunden samt øge sikkerheden af arealberegninger for de eksisterende indikatorer for havbundens integritet. Derudover vil vi skabe fundamentet for at vurdere evt. behov for marine beskyttede områder. Dette er ligeledes realiserbart for repræsentative pilotområder i danske farvande i løbet af en firårig periode.</p>
<p><b>Status efter 2021:</b></p> <p>I bestræbelserne på udviklingen af en multifunktionel havbundsmodel blev der i 2020 søgt Velux-forskningsmidler til etablering af en fulddækkende og detaljeret 4D-havbundskortlægning. Ansøgningen blev <i>short listed</i>, men fik i sidste ende ikke midler. Der er indgået en dialog med Velux om en mindre model.</p> <p>I 2019 – 2021 har GEUS gennemført en habitatkortlægning for Miljøstyrelsen i Nordsøen, og i Grønland har GEUS i partnerskab med Grønlands Naturinstitut foretaget konceptudvikling af habitatkortlægning i Diskobugten.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Der er udarbejdet og indsendt tre ansøgninger om udvikling af kombineret rum-, luft- og skibsbåren overvågning af naturtilstanden i kystzonen. Disse var en ansøgning til Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse (FMI) mhp. flybåren kortlægning og overvågning i kystzonen i Grønland (bevilliget); en ansøgning til EU-LIFE program mhp. kombineret rum-, fly- og skibsbåren kortlægning og overvågning ifm. naturgenopretning i kystzonen i Limfjorden (svar sommeren 2022) og endelige er emnet en del af CSA-GSE med henblik på udvikling af et <i>decision support system</i> for kystsårbarhed (svar sommeren 2022).</li><li>• Der arbejdes på udvikling af et geomorfologisk kort for de danske farvande samt af et geodiversitetskort for de danske farvande baseret på eksisterende data. Arbejdet sker i regi af EMODNet-projektet, der netop er forlænget indtil 2023.</li><li>• Samarbejde mellem Geodatastyrelsen og GEUS om fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning rettet mod opbygningen af en multifunktionel havbundsmodel blev sat i bero i 2021</li></ul>

grundet COVID-19, men genoptages i starten af 2022 med specifik fokus på havbundskortlægning i kystnære områder med flybåren lidar og på dybere vand med skibsbåren multibeam.

- Arbejdet med at videreudvikle automatiske og optimerede metoder til klassifikation af substrat-typer, geomorfologiske enheder og naturtyper (habitattyper) med anvendelse af statistiske nabo-analyser og *machine learning* er igangsat og fortsætter bl.a. i regi af EMODNet. Der arbejdes derudover i et Nordisk Ministerrådsprojekt med optimering og ensretning af kortlægning og klassifikation af havbundens (geo)morfologi og substrater på tværs af landegrænser mellem de nordiske lande.
- Der er i 2021 arbejdet med videreudvikling af *best practice* til kortlægning og overvågning af geodiversitet og naturtyper (habitattyper) i kystzonen og det marine miljø på baggrund af fuld-dækkende og detaljeret havbundskortlægning mv. Et mindre projekt er afleveret til Miljøstyrelsen og dialogen herom fortsætter i 2022.
- Et *baseline* studie i Nordsøen, herunder gennemførelse af togt, der skal belyse indflydelsen af olie/gas-indvinding forud for dekommissionering af platforme, er lettere forsinket da et togt måtte udsættes grundet vejrlig. Arbejdet udføres i samarbejde med Aarhus Universitet og *Danish Hydrocarbon Research and Technology Centre* ved DTU og skal især belyse indflydelsen af olie/gas-indvinding forud for dekommissionering af platforme. Der er i løbet af 2021 ansat en post doc, der skal arbejde med emnet.
- GEUS søger løbende at indhente midler til flerårige projekter om marin og kystnær geodiversitet og geosystemer og om havbundens geosystem tjenester. Der er i 2021 arbejdet med projektideer og indledt dialog med relevante styrelser og institutioner samt Velux-fonden med henblik på igangsætning af pilotprojekter.

**Strategisk mål:**

*Vi vil udbygge vores kompetencer og metodikker inden for fagområder såsom fjeldskred, kysterosion og lignende for at kunne bidrage med rådgivning og viden om geologisk betingende naturkatastrofer.*

**Perspektiv:**

Med udgangspunkt i Grønland vil vi fortsætte undersøgelsen af områder med risiko for større fjeldskred med henblik på at rådgive de grønlandske myndigheder om de risici, som eventuelle tsunamier genereret af fjeldskred kan forårsage i nærliggende beboede byer og bygder. Herunder vil der blive fokuseret på, hvilke geologiske og klimatiske faktorer, der især kan være udløsende for fjeldskred med efterfølgende tsunamier.

Vi vil ligeledes søge at etablere nye nationale og internationale forskningsprojekter om årsager til og hyppighed af større fjeldskred, hvor GEUS kan bidrage med og udvikle væsentlig viden om geologiske og klimamæssige forhold. Desuden vil vi udføre offshore feltarbejde og forfølge mere avancerede metoder for at forbedre forståelsen af tsunamier genereret af fjeldskred.

Vi vil fortsat udføre monitoring af jordskælv i Danmark og Grønland i samarbejde med internationale organisationer.

**Status efter 2021:**

Der arbejdes fortsat med aktiviteter i og relateret til Fjeldskredsprojektet i Grønland, og der er udført feltarbejde og modellering samt kommunikeret og samarbejdet med de relevante grønlandske myndigheder.

Der er identificeret flere områder i Danmark, hvor bevægelser i landoverfladen tyder på risiko for større landskred. Metoden til identificering af disse danske risikoområder er grundlæggende de samme, som er i brug til undersøgelserne af de grønlandske landskredsområder. Der er taget kontakt til de danske kommuner, der er mest berørte af landskredsrisiko, og problemstillingen er også indmeldt som bidrag til klimatilpasningsplanen. Endelig er der etableret en skredportal med oversigt over danske historiske skred.

**Resultater i 2021:**

- Det planlagte feltarbejde i områder med kritiske lokaliteter langs Grønlands kyster er gennemført efter planen.
- Modellering af tsunamirisiko for Karratfjorden og påvirkning af nærliggende bygder og byer er afsluttet og afleveret til Naalakkersuisut.
- Arbejdet med vurdering af risikoen for fjeldskred på kritiske lokalitet langs kysterne i Grønland fortsatte i 2021. Formålet var dels at informere grønlandske myndigheder, hvis det blev vurderet, at der var akut fare for nye skred, dels blev der udarbejdet en vurdering af risici for udsatte områder, jf. ovenstående.
- Et stort antal marine data, indsamlet på et togt i efteråret 2019, er tolket og processeret. Data vil blive integreret i Fjeldskredsprojektet og publiceret i forbindelse hermed.
- Der er i 2021 arbejdet med sammenhænge mellem fjeldskred, tsunamier og klima. Dette indebærer indsamling og analyse af nye højopløselige seismiske data og sedimentkerner, der bidrager til forbedret forståelse af, hvordan skred igangsættes samt deres implikationer for havbunds-miljøet. Data blev indsamlet på Sanna-togt i september 2021 (finansieret af Dansk Center for Havforskning). Togtet resulterede bl.a. i tilvejebringelse af multi-kanal seismik samt

sedimentkernedata i Uumannaq og Karrat Fjordområdet i det centrale Vestgrønland. Derudover arbejdes der på en ansøgning om midler til at gennemføre yderligere forskningsprojekter på undersøiske skreddata fra Vestgrønland.

- Data fra seismiske stationer i Danmark og Grønland er indsamlet og bearbejdet, og bl.a. anvendt i internationale programmer om bedre udnyttelse af den seismologiske infrastruktur.
- Der er gennemført en screening for historiske og nylige landskred i Danmark, og resultatet er udstillet på en ny [landskredsportal](#) lanceret efteråret 2021.

**Strategisk mål:**

*Vi vil videreudvikle GEUS' faglige viden om interaktionen mellem grundvand og naturtyper samt økosystemer i forhold til såvel kvantitet som kvalitet af grundvandet.*

**Perspektiv:**

For at nå vores mål vil vi sammen med parter fra andre fagmiljøer søge at indgå i nye udviklingsprojekter og etablere nye forskningsprojekter. Mange af vores unikke naturtyper, økosystemer og habitatområder er afhængige af, at de modtager den rette mængde grundvand af høj kvalitet. Et detaljeret kendskab til samspillet mellem grundvand og naturtyper er derfor nødvendigt for at sikre deres eksistens. Gennem detaljerede feltstudier vil vi forbedre vores viden om samspillet mellem grundvand og vandløb, søer, moser, fjord samt hav. Dette arbejde vil indeholde en karakterisering af såvel rumlige som tidlige variationer i hydrogeologiske forhold, vandmængder samt grundvandskvalitet. Med modelstudier vil vi desuden søge en bedre forståelse af de enkelte processer og deres samspil, samt udbrede viden til områder uden detaljerede målinger.

Emner for nye forskningsprojekter kan tage udgangspunkt i vidensbehov identificeret under grundvandsarbejdet frem mod Vandplan 3, og kan fx være udvikling af en typologi for strømningsveje af de hydrologiske forhold i ådale kombineret med vegetationsforhold, eller kvantificering af effekten af vandindvinding på økologisk tilstand i vandløb. Det kan også være synergi ved forskellige naturbaserede løsninger, hvor biodiversitet/artsrigdom indgår, fx grundvandsfødte vandløb i byer eller reetablering af naturlige vandløb.

**Status efter 2021:**

Der er afsluttet undersøgelser af grundvandsstandens påvirkning på vandmiljøet i vandløb under ændret klima og opstilling af en integreret beskrivelse af grundvandsudstrømning fra land til fjord for et vandopland. Der er bidraget til udvikling af en ny GIS baseret typologi til kortlægning af strømningsveje i vandløb og ådale på landsplan. Derudover er der opstartet en undersøgelse af grundvandsudstrømning af fosfor til overfladevand forårsaget af geologisk betinget fosfor, hvor der ses på grundvandsudstrømning af fosfor til overfladevand gennem kobling af viden om lag med forhøjet fosforindhold og søers geologiske dannelse og relation til geomorfologien.

**Aktiviteter i 2021**

- Der er udviklet en kortviser på EGDI for submarine grundvandsudstrømninger (SGD) med information om lokalisering og forureninger af og i SGD'er, og dermed hvordan de potentielt påvirker den kemiske og økologiske tilstand af marine økosystemer i kystområder. Der vises foreløbige eksempler fra Danmark, Finland, Polen, Sverige og Tyskland, og en kort *peer-reviewed* artikel er under udarbejdelse.
- Der er arbejdet på at opbygge viden for forståelsen af kemisk og kvantitativ kontakt mellem grundvand, ådale, søer og vandløb i relation til naturtyper og økosystemer. I forbindelse hermed er der indsamlet data ved Odense Å, hvor fjernelse af opstemning ved Dalum Papirfabrik skal vurderes ift. naturtyper og økosystemer. Dataindsamlingen fortsætter i 2022. I et ph.d.-projekt er der udviklet en ny GIS-baseret typologi til kortlægning af strømningsveje i vandløb og ådale på landsplan. To internationale artikler er publiceret på emnet. Metoden er yderligere valideret mod arealer i de historiske kort, hvor grundvandsafhængige økosystemer med eng- og mosesignatur er forsvundet fra landskabet som følge af dræning. Der planlægges publiceret en videnskabelig artikel også om dette emne. I et andet projekt udføres analyser af sammenhænge mellem grundvandsmagasiner med højt geogent fosforindhold og søer med højt forforindhold, og der er

gennemført en geologisk tolkning af geofysiske undersøgelser i Nørresø samt prøvetagning fra lag under søbunden

- Mulighederne for at benytte gamma-ray spektrometeret og *cosmic-ray* neutron detektorer til at bestemme interceptionstab (fordampningen af nedbør fanget i træernes krone) på en unik rummelig deci- til hektometer skala undersøges. Der er indsamlet data i en nåleskov i Midtjylland (Gludsted plantage) for nedbør, gennemdryp, *gamma-ray* koncentrationer og *cosmic-ray neutron*-intensitet. Parametre for trækronens struktur er bestemt og er benyttet til at modellere skovens interceptionstab. En videnskabelig artikel er under udarbejdelse. En ny metode for bestemmelse af jordfugtighed ved brug af *gamma-ray* koncentrationer er testet for skov ved brug af målinger foretaget i Gludsted. Resultaterne er sammenlignet og valideret med estimater baseret på *cosmic-ray neutron*-intensiteter.



**Strategisk mål:**

*Vi vil bidrage til en bedre forståelse af de effekter som påvirker biosfæren igennem udforskning af Jordens og livets forhistorie.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi forsøge at opnå finansiel støtte til en række projekter, som baseret på vores nuværende viden og data, undersøger tidligere tiders klimaforandringer, deres årsager, påvirkning af livet på Jorden etc. Analyser af abrupte palæoklimatiske forandringer, fx forårsaget af forøget indhold af CO<sub>2</sub> i atmosfæren på grund af vulkanisme eller frigivelse af metan fra havbunden, kan øge forståelsen af klimasystemets sårbarhed og reaktioner såsom *tipping points*, foruden at give værdifuldt input til fx *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC's klimamodeller.

Forskning vedrørende ekstreme og pludselige klimaskift i fortiden illustrerer konsekvenser for miljø og liv på kort og lang sigt, inkl. reorganisering af økosystemer samt masseuddøen. Mange af disse konsekvenser, fx forsuring af havet, stratificering, svækket cirkulation, havbundsød, uddøen af koralrev, havstigning, intensivning af orkansystemer, ørkenudbredelse, habitatbegrænsninger, skovdød etc. er registreret de seneste årtier og antyder, at vi er midt i en vedvarende masseuddøen. *Deep-time* perspektivet giver muligheder for at studere opstart, forløb og efterspil af klimaændringer og masseuddøen, og kan derfor styrke klimamodeller samt vurderinger af konsekvenser af de igangværende klimaændringer, og kan dermed lede til kvalificeret rådgivning om konsekvenser.

Det forventes, at der kan indsendes et stort projektforslag om tidligere klimaforandringer og biologiske kriser.

**Status efter 2021:**

Der er oprettet en stor klimagrube på tværs af afdelinger, som har afholdt en række seminarer med præsentationer af klimaaspekter opnået i tidligere projekter, samt præsentationer fokuseret mod forskningsbehov. Der er endvidere igangsat et bredt bemandet kampagneinitiativ, der skal munde ud i en eller flere ansøgninger om eksterne midler. Der arbejdes desuden på at etablere et forskningsområde om palæomiljø, og der er indkøbt instrumenter til at understøtte dette initiativ. I forbindelse hermed er der indgået et partnerskab med GLOBE-instituttet.

Der er blev i 2021 udarbejdet en større ansøgning med fokus på den miocæne klimatiske optimum, og ansøgningen blev indsendt til Carlsbergfondens, men ikke imødekommet.

**Resultater i 2021:**

- To Geocenter-projekter om havniveauændringer omkring Grønland og i Nordsøbassinet fortsatte i 2021 og er forlænget ind i 2022.
- GEUS har udført detaljerede biostratigrafiske og palynofacies analyser af borekerner fra Baffin Bay. Aldersdateringerne og de miljø- og klimamæssige resultater indgår i en omfattende *peer-reviewed* artikel publiceret i *Marine and Petroleum Geology*. Der arbejdes i 2022 videre med de specifikke resultater fra biomarkørerne ift. de miljø- og palæotemperaturmæssige aspekter med henblik på opfølgende publicering.
- Der er udgivet en *peer-reviewed* artikel med analyse af vegetations-, kulstofisotop-, og biomarkører fra tidlig Jura-sedimenter fra Bornholm med henblik på evaluering af *recovery* efter masseuddøen ved Trias–Jura grænsen. Artiklen er udgivet i *Earth-Science Reviews*.

*Øvrige aktiviteter:*

Kontinentalsokkelprojektet fortsatte i 2021 med henblik på at vedligeholde og optimere Kongerigets krav på kontinentalsoklen udover 200 sømil gennem indsamling og processering af nye data og publicering af forskningsresultater.

Der blev fortsat arbejdet med at vurdere mulighederne for etablering af et geologisk slutdepot i ca. 500 meters dybde for Danmarks radioaktive affald. Med fokus på kortlægning af Danmarks geologi i denne dybde er Danmark inddelt i en række geologisk sammenhængende områder, og områdernes egnethed for etablering af et geologisk slutdepot er herefter vurderet ud fra en række geologisk baserede kriterier. Der er i 2021 udgivet ni GEUS-rapporter fra projektets første fase.

Projekt om undersøgelse af fordele og ulemper ved ild som omkostningseffektiv naturpleje er forlænget med et år grundet COVID-19.

Aktiviteter om indsamling og bearbejdning af historiske og recente data fra Draved Skov fra 1948 og frem, bl.a. med henblik på analyse af jordbunds- og vegetationsforandrings signalværdi til brug for klimatilpasning, forløber planmæssigt.

## Vores vand

### Strategisk mål:

*Vi vil øge vores tværfaglige procesforståelse af vand- og stofkredsløbet for at understøtte stigende fokus på bæredygtig vandressourceforvaltning.*

### Perspektiv:

For at nå målet vil vi etablere nye tværfaglige forskningsprojekter for herigennem at understøtte de krav, der stilles til en moderne vandressourceforvaltning – jf. fx Nitrat-, Grundvands- og Vandrammedirektiverne. Det tilstræbes i videst muligt omfang, at projekterne har en tværfaglig dimension, hvor det sikres, at GEUS' ekspertise om geologi, hydrogeologi, grundvandskemi og om stoffers skæbne i vandmiljøet bringes i spil sammen med samarbejdspartneres kompetencer inden for fx kunstig intelligens og anvende dette til optimeret forvaltning og vurdering af effekter på sundhed og miljø.

Derudover vil vi fortsætte driften af Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider (VAP) og om muligt udbygge systemet, så der kan testes endnu flere pesticider og nedbrydningsprodukter. Desuden vil vi fortsætte med at modernisere GEUS' del af grundvandsovervågningen, der udgør en integreret del af den samlede naturovervågning i Danmark.

Endelig vil vi fortsætte med at understøtte den gebyrfinansierede grundvandskortlægning med relevante aktiviteter som fx. beskrivelser af det faglige grundlag for opgaven, ad-hoc ekspertstøtte, *review* af resultater mv. samt bidrage med input til behov og varetagelse af opgaven på længere sigt.

### Status efter 2021:

En række forsknings- og udviklingsprojekter for Miljøstyrelsen er afsluttet i 2021. Projekterne havde fokus på metodeudvikling og tilstandsvurdering for kemisk tilstand af de danske grundvandsforekomster med hensyn til pesticider, miljøfremmede forurenende stoffer, sporstoffer og salte. Desuden fokuserede projekterne på høj grad af tværfagligt samarbejde omkring geologi, hydrogeologi og grundvandskemi. Tilsvarende tværfagligt indhold indgik i flere ansøgninger om eksternt finansierede forskningsprojekter og bidrog desuden til etablering af et mindre projekt i regi af Bæredygtig Vandforsyning – et initiativ af Region Sjælland og Danske Vandværker til fremme af sikring af grundvand til fremtiden gennem samarbejde mellem en række forskellige interessenter inden for vandområdet. Desuden blev en række planlagte projektaktiviteter gennemført i regi af Miljøstyrelsens grundvandskortlægning.

Driften af VAP videreføres i sin nuværende form. I både VAP og grundvandsovervågningen arbejdes kontinuerligt med at effektivisere og modernisere processer samt arbejdsgange. Endelig er der indsendt en række ansøgninger indenfor feltet.

### Resultater i 2021:

- Driften af de fem VAP-marker fortsatte, og der er foretaget analyse af indholdet af udvalgte pesticider og nedbrydningsprodukter i dræn- og grundvand, ligesom der er indsamlet hydrologiske data og klimadata. Der er i første halvår publiceret en monitoringsrapport med resultater for perioden 1999-2019. Derudover er der publiceret en etableringsrapport for VAP-marken ved Lund.
- I 2021 fortsatte modernisering af dataudtræk til afrapportering af grundvandsovervågningen (GRUMO). Der har særligt været fokus på at optimere de etablerede scripts i R, der anvendes til diverse opgørelser.
- GEUS har i forbindelse med Miljøstyrelsens grundvandskortlægning bl.a. etableret en automatiseret *machine learning*-rutine, der modellerer redoxfladen til brug for udvikling af et levende redox-kort som brugerne kan opdatere igennem en web-portal, arbejdet med opstilling af kritiske parametre,

herunder porøsitet, til beregning af boringsnære beskyttelsesområder for danske kalkmagasiner, stået for kortlægning af begravede dale, og bidraget til videre samarbejde omkring de samlede fællesoffentlige hydrostratigrafiske modeller (FOHM) for Jylland, Fyn og Sjælland. På baggrund af dataset for typiske kalkporøsiteter og konceptuel modellering er effektive porøsiteter udpeget til beregning af boringsnære beskyttelsesområder for skrivekridt, bryozokalk, kalksandkalk, slamkalk, grønsand, og kertemindemergel. Et manuskript om karst-dannelser i danske grundvandsmagasiner i kalk er indsendt til internationalt tidsskrift. GEUS har stået for kortlægning af begravede dale og har bidraget til videre samarbejde om FOHM for Jylland, Fyn og Sjælland.

- Udbygningen af EGD1 er afsluttet, og der udstilles nu informationer om grundvandets kvantitet og kvalitet i lokal, regional og paneuropæisk skala, bl.a. med bidrag til et paneuropæisk 3D-kort med dybde og volumen af ferske grundvandsressourcer og et første europæisk (ferskvands-) vandbalance-estimat. Derudover vises grundvandsdata for mere end 250 forskellige lag på kortvisere, der belyser forskellige relevante aspekter i forbindelse med vurderingen af den kvantitative og kemiske tilstand af Europas grundvandsressourcer.
- Der er etableret en feltlokalitet på Sjælland med kontinuert måling af stabile isotoper og nitrat. Feltlokaliteten er etableret i samarbejde med KU-IGN, og de første analyser på transporttider er gennemført. Der er planlagt sammenligning af aldersfordelinger i vandet baseret på feltdata med resultater fra hydrologiske modeller.
- Der er sammen med Miljøstyrelsen gennemført en evaluering af det faglige udbytte af tilstandsvurderingen af grundvandsforekomster i forhold til pesticidindhold. Begge parter er meget tilfredse med det udførte arbejde, og Miljøstyrelsen forventer at kunne anvende resultaterne i det videre arbejde med Vandplaner, mens GEUS forventer mindst én videnskabelig publikation i løbet af 2022. Derudover har GEUS med afsæt i resultaterne sat et mindre projekt om pesticidesårbarhed i værk i regi af Bæredygtig vandforsyning. Projektets rapporter er udstillet via GEUS' hjemmeside, og resultaterne er derudover formidlet til de vigtigste interessenter ved foredrag.
- Et projekt om overvågning af vandisotoper i nedbør og grundvand i Danmark er sat i gang. I projektet overvåges indholdet af  $^{18}\text{O}$  og  $^2\text{H}$  i nedbør og grundvand, med fokus på effekter af klimaforandringerne. Der er nu tilknyttet prøveindsamlere på nedbørsstationerne i netværket og udarbejdet procedurer for forsendelse, udtagning og registrering af prøver fra GRUMO- og LOOP-boringer. De første prøver er analyseret.
- I forbindelse med at skabe øget viden og forståelse af cirkulære vandteknologier som *managed aquifer recharge* (MAR) er der etableret en integreret hydrologisk model for *North China Plain*, som er anvendt til kvantificering af MAR-effekter i vandressourceforvaltning i Kina. Et manuskript til videnskabelig artikel er under udarbejdelse. Et Danida-støttet projekt om MAR i Sydafrika er startet, og dialog med Miljøstyrelsen og ambassaden i Beijing samt centrale kinesiske aktører er genoptaget med henblik på at etablere et strategisk sektorsamarbejde om MAR.
- Der er indsendt flere forskningsansøgninger til danske og EU-fonde, bl.a. om sundhedseffekter af arsen i drikkevand, om sundhedsmæssige konsekvenser af avanceret vandbehandling, om grundvandskvalitet i forbindelse med kraftige regnskyl, om kulstof-kredsløbets betydning for indholdet af  $\text{CO}_2$  i atmosfæren samt andre tværfaglige emner.

**Strategisk mål:**

*Vi vil videreudvikle Den Nationale Vandressource Model målrettet nye forvaltningsbehov, hvor kvalitet og kvantitet af grundvand og overfladevand skal forvaltes integreret.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi videreudvikle den Nationale Vandressource Model (DK-modellen) i forhold den terrænnære hydrologi, hvor øgede nedbørsmængder har skabt nye forvaltningsbehov. Modelresultater vil blive stillet til rådighed for forvaltningen.

Vi vil undersøge muligheden for et nyt projekt til en løbende opdatering af modellen med nye hydrostratigrafiske modeller udviklet for/af Miljøstyrelsen. Vi vil generelt arbejde for en stadig forbedring af det hydrogeologiske grundlag for modellen for at sikre, at den nationale forvaltning baseret på den Nationale Vandressource Model inkluderer seneste viden. Vi vil også afdække mulighederne for, at modellen kan videreudvikles og bidrage til en optimal udpegning af områder, der har størst potentiale med henblik på beskyttelse af overflade- og grundvandskvalitet.

Vi vil søge at etablere forskningsprojekter med bl.a. nationale styrelser, der kan give os ny faglig viden og sikre, at modellens videreudvikling sker målrettet nye behov i forvaltningen. Eksempler herpå er bedre regionalisering af modellen, der vil sikre mere robuste og rumligt konsistente beregninger på tværs af landet, samt forbedret beskrivelse af skiftende arealanvendelse, der understøtter forvaltningens behov for at se på scenarier af og kende effekter af ændret arealanvendelse.

**Status efter 2021:**

Udviklingen af den Nationale Vandressourcemodel, bl.a. målrettet forskellige forvaltningsbehov, fortsætter. Her kan nævnes behov om mere data til brug for klimatilpasning, et behov om et nationalt kvælstofsretentionskort opdelt i oplande på 15 km<sup>2</sup> til brug i forberedelserne for Vandområdeplaner 2021-2027 samt et behov for estimat af grundvandsstanden for alle danske lavbundslande til brug for CO<sub>2</sub>-opgørelser. Derudover er der leveret store mængder data fra modellen til udstilling i to offentlige portaler samt via GEUS' GIS-indgang til data i modeldatabasen. Disse data kan bl.a. anvendes i forbindelse med klimatilpasning og vandplansarbejde.

**Resultater i 2021:**

- GEUS har bidraget til udredningen af inkonsistens i nedbørstidsserierne for Danmark, bl.a. ved hjælp af model- og scenarieberegninger for nedbørskorrektionsmetoder. Den endelige løsning afhænger DMI.
- Der arbejdes videre med udvikling af *machine learning*-metoder integreret med DK-modellen rettet mod en bedre beskrivelse af det terrænnære grundvand. Der kan med denne videreudvikling bl.a. udarbejdes kort over grundvandsstanden for lavbundslande, som er en væsentlig faktor i drivhusgasudledning afhængig af grundvandsstand. Arbejdet retter sig mod etablering af et administrationsgrundlag for udtagning af lavbundslande. I 2021 er der udarbejdet et første estimat af grundvandsstanden for alle danske lavbundslande i 10m opløsning med anvendelse af *machine learning*.
- Udviklingsarbejdet om anvendelse af rumlige mønstre af fordampning fra satellitdata til kalibrering og validering af DK-modellen blev afsluttet i 2021, og der er etableret et satellitbaseret datasæt for aktuel fordampning for Danmark. Datasættet er anvendt til en re-kalibrering af DK-modellen, og aktiviteterne er beskrevet i to publicerede *peer-reviewed* artikler.
- DK-model beregninger af grundvandsdannelse, 3D-strømninger og trykniveauer for vandførende lag, kalibreringsdata, data anvendt til kvantitativ tilstandsvurdering samt data fra grundvandsforekomstafgrænsning er udstillet via GEUS' GIS indgang til data i modeldatabasen. Der er igangsat

en modernisering af DK-model web med link til GIS-udstillingen af DK-modellen og GEUS' grundvandsovervågningsnetværk. Årlige variationer af nettonedbør og statistisk bearbejdning af årets nettonedbør beregnet med DK-modellen indgik i årets GRUMO-rapport.

**Strategisk mål:**

*Vi vil bidrage til udvikling af det faglige grundlag for en målrettet og differentieret regulering og indsats rettet mod en reduktion af næringsstoffetab fra landbruget.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi arbejde på en bedre forståelse og kvantificering af de rumlige og tidlige variationer af denitrifikation af nitrat under såvel den terrænnære transport, fra rodzone til hhv. dræn eller dybereliggende grundvand, i grundvandsmagasinerne samt i ånære lavbundsområder. En målrettet differentieret regulering kræver detaljeret viden om kvælstofs transportveje samt omsætning hele vejen fra markfladen og til grundvandsmagasiner samt overfladevandsrecipienter. I de øvre jordlag kan nitratomsætningen variere tidsligt, bl.a. afhængigt af jordens vandindhold. Vi vil derfor arbejde på en bedre forståelse af de tidlige variationer i nitratomsætningen. Denne viden vil vi øge gennem forskningsprojekter til karakterisering af redox-forhold, kvantificering af drænstrømning baseret på felt- og modelstudier samt udvikling af kortlægnings- og vurderingskoncepter for nitratsårbarhed.

Vi vil desuden fortsat søge at etablere forskningsprojekter, der kan øge det faglige grundlag for en differentieret regulering, herunder projekter der styrker vores viden inden for karakterisering og modellering af geologiske heterogenitet, stokastisk modellering samt kvantificering af transport og omsætning af nitrat under fremtidige klimaforhold.

**Status efter 2021:**

Der er gennemført en række planlagte aktiviteter i regi af eksisterende forskningsprojekter med henblik på at udvikle værktøjer og fagligt grundlag for en mere målrettet og differentieret regulering af landbrugets nitratanvendelse gennem karakterisering af redox-forhold, modellering af strømningsveje og transport samt forståelse af tidlige variationer af nitratomsætningen. Ligeledes er der arbejdet med kortlægnings- og vurderingskoncepter for nitratsårbarhed i to europæiske forskningsprojekter, og der er udarbejdet et paneuropæisk kort, der viser den simulerede mængde nitrat i umættet zone i alle EU-lande, samt et kort over redoxforhold i udvalgte lande baseret på en harmoniseret metode.

**Resultater i 2021:**

- Det geokemiske laboratoriearbejde, geologisk og geokemisk tolkning samt stokastisk modellering af geologiske strukturer og redox-forhold er afsluttet i et stort Innovationsfondsprojekt, og der er påbegyndt arbejde med forslag til kortlægningskoncepter og evaluering. Der er publiceret otte videnskabelige artikler samt fire rapporter i 2020 og 2021.
- Et stort EU-projekt om samarbejde og interessentinddragelse omkring drikkevandsbeskyttelse og landbrug er afsluttet, og der har i den sidste fase været fokus på udarbejdelse af en national analyse af sammenhæng mellem pesticidanvendelse og respons i grundvandet. Desuden arbejdes der på en videnskabelig artikel om emnet.
- GEUS har deltaget i et nu afsluttet europæisk samarbejde omkring sporstoffer og baggrundsværdier i grundvand. I regi heraf er manuskript om analyse af nitratsårbarhed med værktøjet DRASTIC indsendt i 2020 og publiceret i 2021 i *peer-reviewed* tidsskrift. Yderligere to manuskripter omkring sporstoffer og naturlige baggrundsværdier i grundvand er ligeledes publiceret i 2021.
- Feltdata er analyseret med henblik på at undersøge potentiel omsætning af kvælstof over drænniveau. Foreløbige analyser understøtter dog ikke denne hypotese. Der arbejdes videre med en oplandstilgang med henblik på en forbedret beskrivelse af drænfraktionering baseret på finskala-modeller i sammenspil med *machine learning*-algoritmer. På lignende vis er der udviklet et koncept til forbedret beskrivelse af kvælstofomsætning i ådale, og en videnskabelig artikel herom er

publiceret. Et større modelleringsarbejde er gennemført for drænsimulering på markniveau, hvilket skal bidrage med information til opskalering af drænfraktionering for danske lerjorde.

- Alle planlagte informationsprodukter om nitrat og pesticider i udvalgte lande (Danmark, England, Frankrig og Holland) grundvandsmagasiner, herunder transporttider i umættet zone, er udstillet på EGD i forbindelse med europæiske projekter. Derudover er der udarbejdet et paneuropæisk kort, der viser den simulerede mængde af nitrat i umættet zone i alle EU-lande, samt et kort over redox-forhold i udvalgte lande baseret på en harmoniseret metode.



**Strategisk mål:**

*Vi vil sikre yderligere viden om forekomsten af miljøfremmede stoffer i dansk grundvand samt øge forståelsen af de geologiske, hydrogeologiske, mikrobiologiske og miljøkemiske processer, der betinger stoffernes forekomst.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi etablere et forsøgslaboratorium med mulighed for at udføre *High Resolution Mass Spectrometry* (HRMS) analyse af vandprøver med relativt lavt indhold af miljøfremmede stoffer. Analysefaciliteten forventes etableret og indkørt i 2021, hvor også implementering af analysemetoden i Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider (VAP) vil blive påbegyndt. Vi vil også arbejde for, at metoden på sigt bliver en naturlig del af den generelle grundvandsovervågning (GRUMO), der administreres af Miljøstyrelsen. Samtidig med implementering af metoden indenfor VAP og GRUMO skal analysefaciliteten indgå som et aktiv i forbindelse med nye projektansøgninger – herunder ansøgninger med tværfagligt fokus, rettet mod en øget procesforståelse af vand- og stofkredsløbet.

Udover nye initiativer vil vi videreføre nuværende aktiviteter i eksisterende forskningsprojekter, herunder forsøge at udbygge allerede eksisterende internationalt samarbejde. Endelig vil vi fortsætte med at udbygge vores samarbejde med det miljømedicinske forskningsmiljø omkring positive og negative sundhedseffekter af varierende grundvandskvalitet i vandforsyningen og sammenhængen med de lokale geologiske forhold, herunder videreføre nuværende samarbejde i nationale og internationale forskningsprojekter.

**Status efter 2021:**

HRMS-faciliteten er etableret. Samarbejdet med det miljømedicinske forskningsmiljø omkring drikkevand og sundhed er videreført i en række eksisterende forskningsprojekter, og samarbejdet er søgt yderligere udbygget gennem deltagelse i flere forskningsansøgninger.

Det internationale samarbejde er styrket ved GEUS' deltagelse i bl.a. det strategiske sektorsamarbejde i Indien sammen med Miljøstyrelsen og ambassaden i Delhi. Derudover er GEUS partner i EU-partnerskabet *Water4All*, der tæller mere end 70 europæiske organisationer inden for vandområdet.

**Resultater i 2021:**

- HRMS-analyseudstyret er indkøbt og laboratorieinfrastrukturen er etableret. Desuden er den nødvendige træning af personalet gennemført, så test på vandprøver fra VAP-markerne kan sættes i værk i 2022.
- Sammen med Miljøstyrelsen og en række andre interessenter er der søgt midler hos Innovationsfonden til udvikling af HRMS-analyser, bl.a. til brug i forbindelse med grundvandsovervågningsprogrammet. Ansøgningen blev ikke imødekommet, men forventes genindsendt i 2022. Der er fortsat en løbende dialog med Miljøstyrelsen med sigte på at skabe et grundlag for, at HRMS-analyser fremadrettet kan blive en del af grundvandsovervågningen, herunder om muligheden for at udbyde HRMS-analyser som en del af den screening, Miljøstyrelsen foretager i denne forbindelse.
- HRMS-analysefaciliteten indgår nu i alle ansøgninger med miljøkemisk indhold. Der er hjemtaget ét MUDP-projekt med specifikt fokus på at udvikle HRMS-baserede analysemetoder til analyse af drikkevand.
- Udvaskningen af 1,2,4-triazol til grundvandet undersøges fortsat i laboratorie- og feltstudier – både i forbindelse med anvendelse af triazol-svampemidler i landbruget (sprøjtmidler og bejdsemidler) og i forbindelse med biocidanvendelse i maling og træbeskyttelse. Derudover testes triazol-svampemidlernes selektion for resistens i potentielt patogene svampe.

- Varigheden af grundvandsforurening med forskellige vidt udbredte pesticidrester er undersøgt i samarbejde med forskellige forsyningselskaber. Således er et projekt om udvaskning af desphenylchloridazon for Vandcenter Syd afsluttet, mens der i et andet projekt for Miljøstyrelsen fortsat gennemføres felt- og laboratoriestudier. I sidstnævnte projekt arbejdes der sammen med HOFOR om udvaskning af dimethylsulfamid fra både landbrugs- og biocidanvendelse i byer.
- Der er i 2021 udviklet en model til estimering af nitratindholdet i private boringer ved hjælp af *machine learning*, og en videnskabelig artikel er under udarbejdelse. Desuden er der publiceret tre videnskabelige artikler om sundhedseffekter af nitrateksponering fra drikkevand. Endvidere er der udgivet en artikel om pesticideksponering fra drikkevand samt en artikel om sundhedseffekter af arsen i drikkevand. Endelig er en artikel om sundhedseffekter af sporstoffer i drikkevand udgivet.

#### *Øvrige aktiviteter:*

Et projekt til udvikling af metoder til kvantificering af vandingsmængder via satellitdata er igangsat. Projektets formål er at analysere sammensillet mellem vanding af afgrøder i landbruget og grundvandsressourcer. En hydrologisk model er sat op og kalibreret for Indus og Ganges floderne, hvor studiet skal foregå. Satellit-baseret data (vegetation, arealanvendelse, fordampning) er processeret og indgår i modellen. Et ensemble af 15 hydrologiske modeller er anvendt til at estimere markvanding med fokus på usikkerhedskvantificering. En videnskabelig artikel er under udarbejdelse, og samarbejde med italiensk projektpartner er igangsat.

## Grøn omstilling

### **Strategisk mål:**

*Vi vil understøtte den grønne omstilling og bidrage til målet om en 70% reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen i 2030 med ny viden om mulighederne for lagring af drivhusgassen CO<sub>2</sub>.*

### **Perspektiv:**

For at nå målet vil GEUS udføre forskningsaktiviteter med henblik på at vurdere mulighederne inden for fangst, lagring og anvendelse af CO<sub>2</sub> for at bidrage til at Danmark kan nå regeringens mål om 70% reduktion i udledningen af CO<sub>2</sub> i 2030. Forskningsaktiviteterne skal bidrage til at det geologisk-tekniske grundlag er til stede for effektiv og sikker deponering (permanent) og lagring (midlertidig) af CO<sub>2</sub>.

Desuden skal aktiviteterne bidrage til at aktører i Danmark kan udarbejde og indsende en veldokumenteret ansøgning til EU's Innovation Fund om massiv støtte til etablering af CCS-anlæg i Danmark.

Tidligere gennemførte kortlægningsprojekter har påvist en række velegnede strukturer i den danske undergrund, som forventes at kunne tilfredsstille EU's CCS-direktiv og Undergrundsloven. Forskningsindsatsen skal bidrage til at modne udvalgte strukturer og magasiner samt hæve det geologisk-tekniske niveau.

### **Status efter 2021:**

I sommeren 2021 er der indgået en regeringsaftale om CCS, og i den forbindelse fik GEUS bevilliget 200 mio. kr. fra Forskningsreserven til seismisk dataindsamling på land og kystnært. Aktiviteterne fortsætter i 2022 og 2023. Endvidere blev der bevilliget 10 mio. kr. til kortlægning af saline akviferer i Nordsøen samt til kvalificering af Stenlille gaslager som muligt pionerprojekt til CO<sub>2</sub>-lagring. P.t. afsøges mulighederne for yderligere finansiering til at fortsætte de to sidstnævnte aktiviteter.

Det etårige CCUS2020-projekt blev gennemført i 2020 med udarbejdelse af mere end 30 tekniske rapporter og et stort antal notater vedr. lagring, omkostninger, sikkerhed etc. Rapporter indgår som baggrundsmateriale til Departement og Energistyrelsen. Projektet har genbesøgt en lang række strukturer og vurderet usikkerheder i datadækning og på den baggrund vurderet lagringspotentialet. Desuden bidrog GEUS til et EUDP-projekt om kvalificering af et udtjent oliefelt i den danske del af Nordsøen til CO<sub>2</sub>-lagring.

### **Resultater i 2021:**

- Med baggrund i en politisk aftale om at støtte CCS-tiltag i Danmark, har GEUS opnået en bevilling fra Forskningsreserven, bl.a. til indsamling af nye data i de kommende to år vedr. mulige velegnede strukturer til CO<sub>2</sub>-lagring, herunder Havnsø-strukturen.
- I maj måned blev et Horizon 2020-projekt igangsat, hvor mulighederne for midlertidig lagring af CO<sub>2</sub> med henblik på fremtidig anvendelse (Power-to-X) undersøges i samarbejde med en europæisk arbejdsgruppe.
- Medio oktober blev der i samarbejde med DTU indsendt en større ansøgning til Innovationsfond Danmarks InnoMissioner om et partnerskab om CCUS. Ansøgningen er imødekommet (betinget tilsagn) og arbejdet forventes igangsat i 2022. Desuden var GEUS involveret i en stor ansøgning med Projekt Grønsand-konsortiet om et pilotprojekt for injektion af CO<sub>2</sub> i Nini-feltet under EUDP's særpulje for lagring af CO<sub>2</sub> i Nordsøen. Ansøgningen er imødekommet og arbejdet igangsættes i januar 2022.
- Som følge af den politiske aftale nævnt ovenfor, blev der i 2021 igangsat aktiviteter til belysning af lagringspotentialet i saline akviferer i hele Nordsøen.

- Da et igangværende EUDP-projekt om 4D seismisk inversion blev forlænget (til marts 2022), blev det ikke som planlagt nødvendigt at indsende en ansøgning om udbygning af det eksisterende projekt indenfor seismisk teknologi.

**Strategisk mål:**

*Vi vil understøtte den grønne omstilling med ny viden om undergrundens muligheder inden for geotermi samt for energilagring i form af varme, brint og andre brændstoffer.*

**Perspektiv:**

Inden for overfladenær geotermi, grund og dyb varmelagring, fjernkøling og dyb geotermi (0,8–3 km) vil vi søge at etablere nye nationale og internationale forskningsprojekter, hvor GEUS kan bidrage med viden om geologiske og hydrogeologiske forhold om udnyttelse af grøn energi i undergrunden. Herudover vil vi fortsætte aktiviteterne i eksisterende forskningsprojekter omkring varmelagring og overfladenære geotermiske løsninger i byområder.

Vi vil forsøge at opnå støtte til at opdele undergrunden i geoprovinser, udvikle definition af geotermiske prospekter samt kortlægge og rangordne disse med henblik på, at de bedste prospekter testes først. GEUS' WebGIS-geotermi portal opdateres med geoprovinser, prospekter, nye data og viden i den udstrækning, finansiel støtte til aktiviteten opnås.

Inden for lagring af varme vil GEUS forsøge at opnå forskningsstøtte til vurdering af mulighederne for at kombinere dyb geotermi med sæsonlagring af procesvarme fra industri etc.

GEUS vil søge at opnå forskningsstøtte til vurdering og analyse af undergrundens reservoirers egenskaber og respons på lagring af forskellige energiformer såsom varmt vand, brint, metan, syntetiske brændsler og elektrofuels.

**Status efter 2021:**

Der er udarbejdet og indsendt flere ansøgning om opdatering af GEUS' WebGIS-geotermi portal samt om udvikling af et beregningsværktøj i samarbejde med partnere, desværre uden resultat, hvorfor der nu arbejdes på at løse opgaven internt. Der er desuden indledt dialog med udvalgte interessenter om muligheder for kommende projektaktiviteter og ansøgninger indenfor geotermi og varmelagring. Endelig er der i regi af eksisterende forskningsprojekter arbejdet videre med analyse af mulighederne for varmelagring generelt samt overfladenære geotermiske løsninger i byområder.

**Resultater i 2021:**

- Horizon 2020-projekt om brintlagring (*Power-to-X*), hvis formål er at optimere mulighederne for lagring af energi i undergrunden, er igangsat og forløber planmæssigt. I projektet gennemføres en screening af områder i Europa, som vurderes egnet til lagring af brint i geologiske strukturer.
- Et europæisk projekt om overfladenær geotermi i byområder er afsluttet, og GEUS har bidraget til organisering af dataleverancer til EGDI, ligesom data fra eget projektområde ved Aarhus er leveret. Der er desuden udgivet en rapport om varmelagringsmuligheder i projektområdet.
- Et projekt under EU-programmet GEOTHERMICA om geologisk lagring af varme er afsluttet. GEUS har i 2021 stået for at etablere en GIS-plattform til udstilling af det tekniske potentiale for varmelagring i udvalgte partnerlande samt bidraget til en *best practice guideline* for varmelagring i undergrunden og et *roadmap* for implementering af fleksible energisystemer i Europa i form af *smart heat grids*, som inkluderer varmelagring. Der er desuden bidraget til arbejde omkring usikkerhed i modellering af systemer til varmelagring og miljømæssige effekter af varmelagring i jorden.
- Der er indsendt en ansøgning (fase 2) til EU-programmet GEOTHERMICA om udvikling af en beregningsmodel, som ud fra geologiske forudsætninger, varmepumpeteknologi og økonomiske forhold kan give et kvalificeret estimat af den varme mængde, der kan produceres et givent sted. Der forventes svar i starten af 2022. Som nævnt ovenfor forventes opdatering af WebGIS geotermi portal at ske for interne midler i 2022.

**Strategisk mål:**

*Vi vil medvirke til Grønlands grønne mål ved at kortlægge potentialet for vandkraft, der forøges i takt med klimaforandringerne.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi fortsætte det tætte samarbejde med ASIAQ om kortlægningen af den tilgængelige vandressource for vandkraft i Grønland og fastholde dialogen med de grønlandske interessenter, specielt Naalakkersuisut (Departementer vedr. Energi og Forskning) og Nukissiorfiit (Grønlands Energiforsyning). Vi vil fortsat støtte eventuelle markedsføringsaktiviteter fra Naalakkersuisuts side for at tiltrække investeringer i industriel udnyttelse af vandkraft i Grønland.

Desuden vil vi arbejde på at nyttiggøre den omfattende dataindsamling, der sker i regi af vores glaciologiske overvågningsprogrammer og forskningsprojekter i forbindelse med vandkraftrelaterede projekter. Vi vil fortsat udnytte videnopbygning inden for glaciologiske metoder og numeriske modeller til at styrke myndighedsrådgivning og konsulentbistand inden for udnyttelsen af vandkraft i Grønland.

**Status efter 2020 og 2021:**

Aktiviteterne har været sat på vågeblus grundet COVID-19. Der er dog indhentet en bevilling til opgradering af afstrømningsmålingerne ved Kangerslussuaq via deltagelse i en national forskningsinfrastrukturansøgning *Greenland Integrated Observing System*, GIOS. Naalakkersuisut har udvist stor interesse i at styrke vidensgrundlaget for udbygning af vandkraftkapaciteten i Grønland, særligt for store oplande af industriel interesse, hvor Indlandsisens afsmeltning er en dominerende faktor.

**Resultater i 2021:**

- Forhandlinger om kortlægning af vandressourcer til vandkraft Fase 4 (de små bynære nedbørsdominerede oplande) er sat i bero grundet en ny genprioritering af de store, smeltevandsdominerede oplande fra Naalakkersuisuts side.
- Kommunikation med Naalakkersuisut og Nukissiorfiit om planer for vandkraftværker og det eventuelle behov for forundersøgelser blev genoptaget i slutningen af 2021, hvor der blev afholdt møde med deltagelse af Naalakkersuisut, Nukissiorfiit, ASIAQ og firmaet INUPLAN. Her blev Naalakkersuisut opdateret med resultaterne fra Fase 3 og udtrykte interesse for at igangsætte en ny, mere omfattende kortlægning af vandkraftpotentialet fra de større oplande
- Opbygning af afstrømningsdataserier fra Indlandsisen gennem overvågningsprogrammet PROMICE mv. fortsatte i 2021. En plan for opgradering af dataserien for Watsonfloden ved Kangerlussuaq i PROMICE er klar, og der arbejdes på en EU-ansøgning til udvidelse af denne aktivitet i samarbejde med ASIAQ. Desuden fortsætter beregninger af afstrømningen fra Tasersiaq-oplandet (det største potentiale i Grønland). Disse beregningerne foretages af ASIAQ i regi af PROMICE.

**Strategisk mål:**

*Vi vil tilvejebringe viden om mineralske råstoffer af relevans for den grønne omstilling.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi fortsætte vores arbejde med at forstå og opbygge kvantitativ og kvalitativ viden om materialestrømme, som er vigtige for den grønne omstilling. Der vil være fokus på materialer til vedvarende energikilder og -lagring samt elektrificering af transportmidler og særligt behovet for forsyning af mineralske råstoffer til disse teknologier i en dansk og europæisk sammenhæng. Arbejdet vil omfatte analyser og scenarie-modeller for efterspørgsel og forsyning for relevante råstoffer.

Vi vil øge og tilgængeliggøre vores viden om råstoffer i nationalt perspektiv, bl.a. gennem forskning i hvordan råstoffer kan udvindes på nye måder og fra ny kilder, samt gennem bedre forståelse af de geologiske miljøer, hvori de optræder og dermed bidrage til mere ressourceeffektiv råstofudnyttelse.

Sekundære råstoffer vil i fremtiden være en vigtig ressourcekilde for en mere bæredygtig udnyttelse af mineralske ressourcer. Det er derfor afgørende, at der skabes en bedre forståelse af det cirkulære materialekredsløb og mulighederne for optimering af ressourceudnyttelse identificeres. GEUS vil bidrage med at kvantificere potentialerne i de sekundære kilder bl.a. ved at indgå i europæiske samarbejder og udarbejdning af paneuropæiske databaser i EU-regi.

Endelig vil GEUS arbejde for at øge opmærksomhed og viden om den geologiske opbygning af de danske havområder som baggrund for risikoevaluering for placering af potentielle vindmølleparker.

**Status efter 2020 og 2021:**

Der arbejdes med råstoffer som er kritiske for den grønne omstilling, herunder kobolt, litium og sjældne jordartsmetaller, for at undersøge deres værdikæder og mulige forsyningsudfordringer. EU har stor bevågenhed på regionens afhængighed af mineralske råstoffer, og i efteråret 2020 blev der oprettet en råstofalliance (ERMA – *European Raw Materials Alliance*) som har til formål at sikre EU's forsyning af kritiske råstoffer, hvoraf flere er afgørende for den grønne omstilling. GEUS har tegnet medlemskab af råstofalliancen og vil spille en aktiv rolle i dette forum fremadrettet.

En ukendt mængde af mineralske råstoffer findes i affaldsstrømme; derfor kortlægges affaldsressourcerne i bl.a. skrotmetal, flyveaske, slagge og gamle lossepladser. GEUS har desuden bidraget med data og analyse til et EU-projekt, som kortlægger ressourcepotentialet fra bebyggede miljøer med henblik på mulighederne for genanvendelse. I løbet af 2021 er der arbejdet på forskellige notater og andet teknisk baggrundsmateriale om kritiske råstoffer til forskellige ministerier, og et omfattende studie af forsyningskæderne indenfor sjældne jordartsmetaller og batteriråstoffer.

**Resultater i 2021:**

- En foreløbig undersøgelse af vand fra mellemdybe borer tyder ikke umiddelbart på muligheder for ekstraktion af relevante råstoffer (eks. Li, Cu, Co) fra geotermiske anlæg. Der vurderes dog fortsat at eksisterer muligheder for ekstraktion af bl.a. Cu på større dybder (2.000m eller mere) i den sydlige del af Danmark. Her svarer de geologiske forhold i store træk til det sydlige Polen med store profitable kobber- og sølvforekomster. Der er p.t. ikke datagrundlag i Danmark for at belyse mulighederne nærmere, pga. manglende dybe borer.
- Der blev i maj udgivet et Geoviden om sjældne jordartsmetaller. Der har desuden været deltagelse i webinarer, stand ved kulturnatten, foredrag og debatindlæg i avis.
- I forbindelse med kortlægning og karakterisering af forekomster af sekundære råstoffer (affaldsmaterialer) og deres mulige udnyttelse, er der udført et projekt i samarbejde med Esbjerg Kom-

mune, der med geofysik kortlægger potentialet for *landfill mining* af Måde deponi i Esbjerg. Projektet er afsluttet og afrapporteret. Yderligere er der, som led i forundersøgelse for *landfill mining*, indsamlet geofysiske data fra undersøgelser foretaget på to sjællandske deponier. Disse data er færdiganalyseret og publiceres i første halvdel af 2022.

- I samarbejde med de øvrige nordiske geologiske undersøgelser og Departementet for Råstoffer under Naalakkersuisut, har GEUS udarbejdet rapport om mineralpotentialet for kritiske råstoffer, som er afgørende for grøn teknologi i Norden. Der er udarbejdet en række tekniske papirer og oplæg om materialebehovet for den grønne omstilling til Klima, Energi, og Forsyningsministeriets departement.
- Der blev i 2021 arbejdet på en omfattende rapport om de sjældne jordartsmetaller med fokus på den globale værdikæde og udfordringerne med at sikre forsyning til fremtidens stærkt forøgede forbrug. Rapporten blev udgivet i januar 2022.
- GEUS fortsatte i 2021 samarbejdsprojekter med industrien om karakterisering og vurdering af metaller i slagge og flyveaske fra forbrændingsanlæg med henblik på ekstraktion af metaller og bedre nyttiggørelse af disse restprodukter. Arbejdet blev dog vanskeliggjort og forsinket af den langvarige nedlukning grundet COVID-19, men en undersøgelse af udsorterede affaldsfraktioner blev igangsat i samarbejde med forskellige aktører i genvindingsindustrien. Formålet med undersøgelsen er at belyse affaldsprodukternes forskelligartethed ift. materialekarakter, sorteringsteknik, mængder, pris og kvalitetskrav. Desuden sigter studiet mod at undersøge optimeringspotentialet ved oparbejdningen af fraktionerne i forhold til det eksisterende sorteringssetup fx ved brug af hyperspektal analyse. Arbejdet planlægges afsluttet med MiMa-rapport i 2022.
- Der er indsamlet data og igangsat analysearbejde i forbindelse med undersøgelse af forsynings-sikkerhed, globale geologiske ressourcer og værdikæder for batteriråstofferne litium og kobolt. Arbejdet er dog forsinket grundet orlov og vil først blive afsluttet i starten af 2022.
- Der er i 2021 etableret et samarbejde med Energistyrelsen omkring udpegning af egnet placering af energiø i Nordsøen og udpegning af områder med mulighed for indvinding af sand til opbygning af kunstig ø. Endvidere er der igangsat et samarbejde omkring screening af flere mulige havvinds-områder samt en dialog omkring en mere overordnet screening af det danske havområde med fokus på muligheder for havvind.
- GEUS udfører i samarbejde med *Northern Centre for Planning and Investigation of Marine Resources & Environment* (CPIM) i Vietnam et kortlægningsprojekt for en vindmøllefarm i Lagan området. Opgaven udføres for *Copenhagen Offshore Partners* (COP), og GEUS arbejder desuden i forberedende faser med udredningerne for Ørsted og *Pure New Energy* (PNE).



**Strategisk mål:**

*Vi vil, så længe der er behov for det, understøtte en stabil energiforsyning fra olie-gas i Danmark og Grønland.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi fortsætte studier af undergrundens geologiske forhold i Danmark og Grønland for at kunne udføre en opdateret evaluering af olie/gas potentialet samt publicere vores viden herom efterhånden, som resultaterne bliver tilgængelige. Desuden vil vi udvikle og anvende nye efterforskningsmodeller, i det omfang dette efterspørges. Sammen med den grønlandske administration vil vi fortsætte vores kontakt med industrien for at afsøge mulighederne for olieefterforskning i Grønland.

Der vil være fokus på at opretholde den høje publikationsrate vedrørende større tektoniske modeller af Nordatlantens udvikling for at forstå klimænderingers vekselvirkning med strømningsmønstre ud fra de geologisk dokumenterede forhold, men også for at afsøge mulighederne for endnu uopdagede ressourcer på den grønlandske østkyst.

Via vores store viden om Nordsøen og de grønlandske shelf-områder vil vi bidrage med viden om alternative udnyttelser af undergrunden.

**Status efter 2021:**

GEUS har deltaget i flere projekter om anden anvendelse af undergrunden, især med henblik på CCS-lagring i tømte oliefelter og saline magasiner. Desuden har GEUS deltaget i en række ansøgninger om forberedelser til nedlukning af tidligere oliefelter, hvor strukturen og styrken af overliggende lag er i fokus.

**Resultater i 2021:**

- Ressourceevalueringsprojektet af olie/gas potentialet i Grønland kører som planlagt med færdiggørelsen af hele Vestgrønland og Nordøstgrønland med tilhørende publicering af resultater på projektets hjemmeside og ved konferencer.
- Der er i 2021 udgivet 34 *peer-reviewed* artikler samt indsendt yderligere 21, der belyser undergrundens geologiske forhold og af olie/gas potentialet i både Danmark og Grønland baseret på både nye og ældre endnu ikke publicerede resultater og
- En ansøgning til Grundforskningsfonden omkring den tektoniske udvikling af Nordatlanten blev ikke bevilliget, men ansøgning af deltagelse i større forskningscenteransøgninger med nordiske kolleger fortsætter.
- Det har ikke været muligt at tiltrække tilstrækkelig finansiering til at gennemføre et studie af Liverpool Land-højderyggen i Østgrønland. Studiet skulle etablere en model både for oliereservoirier i opsprækket grundfjeld og som kontrollerende struktur for afsætning af vigtige metalmineraliseringer såsom kobber.
- Grundet GEUS' nye retningslinier for industrifinansierede projekter indenfor olie/gas, var der i 2021 yderst begrænset indsat med henblik på at skabe interesse for et studie af de devone-karbone aflejringer i Nordøstgrønland som analog til aflejringerne på den norske sokkel. Et mindre internt, toårigt studie er påbegyndt med fokus på at afdække onshore-offshore relationer af aflejringerne i Nordøstgrønland.
- Afdækning af mulighederne for at skabe interesse for et nyt Grønlandsintegreret studie af kridt-aflejringerne i Nordøstgrønland er forsinket af COVID-19 og den generelle omstilling mod den grønne omstilling. Studiet skulle tage afsæt i det afsluttede kridtstudie baseret på unikke grønlandske blotninger og tolkning af de seismiske data fra den grønlandske shelf, som potentielt kan kaste nyt lys over de analoge aflejringer på den norske sokkel.

*Øvrige aktiviteter:*

Der er arbejdet med markedsføring af de afsluttede Perm-Trias projekter i Nordøstgrønland med henblik på mersalg til flere olieselskaber udover de, der allerede har købt produktet.

Et forskningstogt ud for Sydøstgrønland for at vurdere hidtil mindre undersøgte sedimentbassiner er grundet COVID-19 udsat til 2022.

Der publiceres fortsat fra studier i forbindelse med de afsluttede CretSys (*The Cretaceous Petroleum System of the Danish Central Graben*) og PetSys (*The Jurassic Petroleum System of the Danish Central Graben*) projekter.

## Mineralske råstoffer til vækst

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil styrke datagrundlaget for mineralefterforskning i Grønland, udbygge den geologiske kortlægning samt tilgængeliggøre data og forskningsresultater om bl.a. dannelse af mineralerne.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil vi tilgængeliggøre den store samling af historiske data og viden for interessenter og egne forskere. Den omfattende mængde af prøver indsamlet i Grønland over et halvt århundrede suppleres med moderne analyser og levendegøres på Grønlandsportalen og gennem publikationer.</p> <p>Gennem ny kortlægning vil vi indsamle og compilere geodata til at oparbejde og udvide den eksisterende viden om Grønlands geologi. Dette vil ske gennem oparbejdelse af geologiske viden og etablering af nye geologiske modeller for væsentlige geologiske miljøer med det vigtige mål at fortsætte publikationsrækken af 1:100.000 geologiske kort.</p> <p>Vi vil udvikle nye arbejdsmetoder, der effektiviserer og udvider dataindsamlingen – både under feltarbejde og det efterfølgende laboratoriearbejde, bl.a. ved at udvikle brugen af spektrale data til geologisk kortlægning og udbygning af og koordination med stereofototeknikken i fotogeologisk laboratorium. Desuden vil vi arbejde med udvikling af <i>split-stream</i> analyseteknik til samtidig analyse af isotopforhold og grundstofkoncentrationer i mineraler, samt udbygning af SEM-laboratoriets arbejdsområder inden for materiale og bjergarts karakterisering.</p> <p>Det ovennævnte arbejde vil ske gennem samfinansiering/samarbejde med Naalakkersuisuts Departement for Mineralske Råstoffer, gennem finansiering søgt ved danske forskningsfonde, gennem EU-programmer (herunder <i>EIT Raw Materials KIC</i>), og gennem samarbejde med industrien.</p> <p><b>Status efter 2020 og 2021:</b></p> <p>Udover fire nye 1:100.000 kort over Karrat Group i Nordvestgrønland er der arbejdet på to nye kortblade over Upernavik-området. De i alt seks kortblade bliver udgivet i 2022 og er ledsaget af videnskabelige publikationer og rapporter. Hertil kommer digitalisering og redigering af seks 1:100.000 geologiske kort over Thule Supergroup i Qaanaaq-området, Nordgrønland. Disse samlede kortblade forventes udgivet i 2022.</p> <p>Det geologiske kortlægningsprogram i Nordøstgrønland, der videreføres i samarbejde med Departementet for Råstoffer under Naalakkersuisut, indeholder en række underprojekter om kritiske råstoffer i Hudson Land-området, Nordøstgrønland, og deres tilknytning til granitiske intrusiver og strukturer. En stor del af arbejdet er forberedelser til feltarbejde i 2022 og 2023, da det planlagte feltarbejde i 2021 blev aflyst grundet COVID-19.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fire 1:100.000 kortblade over Karrat Group i Nordvestgrønland er færdiggjort, trykt og udgivet, inkl. tilhørende kortbladsbeskrivelse, samt et sømløst, digitalt kort.</li><li>• Der er arbejdet på færdiggørelse, tryk og udgivelse af seks 1:100.000 kortblade over Thule Supergroup, Nordgrønland, inklusiv et sømløst, digitalt kort, men udgivelsen er lettere forsinket grundet COVID-19, hvorfor kortene udgives i starten af 2022.</li><li>• Arbejdet med nye 1:100.000 kortblade i Nordøstgrønland (et nyt kort udgives i 2022) fortsatte i 2021, herunder feltarbejde i Hudson Land-området. Arbejdet vil bl.a. bidrage til vurdering af</li></ul>

mineraliseringspotentialet for kritiske råstoffer vigtige for den grønne omstilling – eksempelvis litium, tantal, tin, wolfram, kobber og antimon.

- Der er sammenstillet et stort datasæt fra Nordøstgrønland (>15.000 prøver) med data fra både industri og GEUS. Datasættet er offentliggjort som en selvstændig datapakke og gjort tilgængelig på Grønlandsportalen ([www.greenmin.gl](http://www.greenmin.gl)) til brug for eksterne aktører med henblik på vurderinger af udvindingspotentialet.
- Der er indkøbt nye instrumenter til uorganiske analyser, og disse er installeret og færdigkalibrerede. Desuden er der med udgangspunkt i de nye instrumenter etableret nye analysemetoder, der tillader samtidige sporelement- og isotopforholdsanalyser.
- Der er udgivet en rapport om det økonomiske grundlag for udnyttelse af gletsjer-genereret grus og sand. Rapporten blev forelagt Naalakkersuisut før udgivelsen.
- Der er etableret et samarbejdsforum mellem Departementet for Råstoffer under Naalakkersuisut og GEUS rettet mod planlægning af vores arbejde i Grønland.

**Strategisk mål:**

*Vi vil bidrage til udvikling af et klassifikationssystem for råstofferne sand og grus for at optimere ressourceevalueringer og planlægning af en bæredygtig udvikling.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi udvikle en harmoniseret og international klassifikation af sand- og grusråstoffer i Danmark i samarbejde med forskningsinstitutioner, myndigheder og råstofindustri. GEUS vil arbejde for dette både nationalt og internationalt.

I Danmark er klassifikationen af sand- og grusråstoffer i dag opdelt i to systemer, som dækker henholdsvis landressourcer og marine ressourcer. De landbaserede ressourcer klassificeres efter mulige produkter så som perlesten mv., mens de marine ressourcer klassificeres efter råstoffernes sammensætning i ressourceområderne, fx grus, sand mv. Der er behov for et nyudviklet harmoniseret, nationalt klassifikationssystem, som samtidig er afstemt med internationale standarder.

GEUS vil indgå i internationalt arbejde om test af *United Nations Framework Classification* (UNFC-klassifikation) af sand-, grus- og karbonatressourcer, samt på det nationale plan tage initiativ til dialog mellem råstof erhverv, regioner og Miljøstyrelsen omkring etablering af et nationalt klassifikationssystem.

En fælles sand- og grusråstofklassifikation er en nødvendighed for etablering af en national råstofdatabase på GEUS, som ligeledes er en forudsætning for en kommende national råstofstrategi.

**Status efter 2021:**

GEUS har deltaget i et europæisk projekt om udvikling af UNFC-klassifikation af sand- og grusråstoffer, og bidraget med *test cases* for marine sand- og grusressourcer samt kalkressourcer på land. Dette arbejde er ligeledes tilpasset de nationale behov ved rapportering til Miljøstyrelsen. GEUS er i dialog med Miljøstyrelsen og de Danske Regioner om harmonisering af klassifikationen af sand- og grusråstoffer.

**Resultater i 2021:**

- GEUS har i 2021 testet UNFC-klassifikation af to udvalgte danske råstofressourcer i samarbejde med Miljøstyrelsen og europæiske partnere. Der er udarbejdet en rapport til Miljøstyrelsen og to *test cases* til det europæiske projekt.
- Den marine råstofdatabase Marta er i 2021 i samarbejde med Miljøstyrelsen udbygget med mulighed for indlæsning af kornstørrelsesanalyser, og der er indlæst data fra råstofkortlægning i perioden 2017-2019.
- GEUS deltog januar i en digital konference om bæredygtig råstofforsyning med Danske Regioner, Dansk Industri, Danske Råstoffer samt flere kommuner og har fortsat dialogen omkring harmonisering af klassifikation af sand- og grusråstoffer. En påtænkt workshop blev udsat til 2022 grundet COVID-19.

**Strategisk mål:**

*Vi vil udbygge den forskningsbaserede viden og dataregistrering af geologiske råstoffer i Danmark med henblik på en bæredygtig udnyttelse af ressourcerne samt rådgivning af myndigheder og industri.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi fortsat sætte fokus på forskningsbaseret rådgivning af myndigheder og råstofindustri, hvor især maringeologisk kortlægning er central, men hvor også viden om landbaserede råstoffer inddrages. Den hidtidige forvaltningsmæssige opdeling mellem land- og havbaserede råstoffer er en udfordring. GEUS vil arbejde for en national råstofdatabase ved GEUS, med henblik på tilvejebringelse af et samlet overblik over mængden og kvaliteten af de danske sand- og grusråstoffer.

Etablering af større infrastrukturprojekter, som fx energiøer, kræver et indgående kendskab til havbundsgeologien og storskalaforstyrning med sandressourcer. På baggrund af den marine råstofkortlægning vil GEUS i samarbejde med Miljøstyrelsen søge at skabe basis for en systematisk screening af potentielle byggeområder og etablering af sandressource-reservationsområder til forsyning af fremtidige infrastrukturprojekter i Nordsøen.

Der er et stigende behov for at kunne kortlægge og kvantificere forskellige typer af marine råstofressourcer med stor nøjagtighed. For at imødekomme dette vil GEUS videreudvikle sit arbejde med 3D kortlægning af havbunden.

I arbejdet for en forbedret kortlægningsnøjagtighed er der behov for etablering af konkrete målbare inddelinger af niveauer for kortlægning, som skal implementeres i Martadatabasen.

**Status efter 2021:**

GEUS' råstofdatabase er udbygget med laboratoriedata som et led i forberedelserne til en mulig national database for råstoffer. Kortlægningsmæssigt har der dels været fokus på Nordsøen med henblik på at øge viden om relevante ressourcer til mulige energiøer og et øget behov for grusressourcer, og dels på indre danske farvande med henblik på bedre viden om sand- og grusressourcer. Samtidig er der arbejdet videre med forbedret kortlægningsnøjagtighed og implementering af resultater i den marine råstofdatabase Marta.

**Resultater i 2021:**

- Der er i 2021 i samarbejde med Miljøstyrelsen arbejdet videre med Fase 1 råstofkortlægning af udvalgte områder i Nordsøen. Arbejdet var baseret på seismiske data indsamlet i 2019 og vibrationsboringer udført i 2020, og målet er at kunne udpege områder til mere detaljeret råstofkortlægning. Arbejdet fortsætter i 2022.
- Der er ligeledes i 2021 arbejdet videre med tolkning af data og råstofkortlægning i indre danske farvande med henblik på udpegning af områder til mere detaljeret råstofkortlægning. Dette arbejde fortsætter ligeledes i 2022.
- GEUS har løbende dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv om etablering af en national råstofdatabase på GEUS og har i 2021 deltaget i en workshop arrangeret af Danske Regioner, mens Regeringen har udskudt forhandlinger om en national råstofplan til 2023.

*Øvrige aktiviteter:*

Fortsat engagement i EU-baseret forskningssamarbejde inden for mineralske råstoffer og deres rolle i den cirkulære økonomi, bl.a. gennem engagement i *EIT Raw Materials KIC*, Horizon 2020 og det efterfølgende Horizon Europe. Desuden har GEUS været medinitiativtager til en revurdering af EIT RM KIC's rolle for partnerinstitutionerne.

## Værdiskabende data

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi vil fortsat understøtte forskning og forvaltning i Danmark og Grønland, hvor geologiske data indgår, og øge mængden, kvaliteten og tilgængeligheden af data.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>Som nationalt geologisk datacenter er det GEUS' rolle at lagre og tilgængeliggøre data om den danske og grønlandske undergrund. GEUS stræber mod, at data i så høj grad som muligt skal digitaliseres og være lettilgængelige for interessenter via vores digitale platforme. Ikke alle data er dog på nuværende tidspunkt frikøbt, så vi vil fortsætte arbejdet i strategiperioden med at søge midler til at gøre alle data frit tilgængelige og dermed understøtte KEFM's Udviklingsstrategi og Datastrategi samt den Fællesoffentlige Digitaliseringsstrategi. Vi vil desuden forsætte bestræbelserne på at finde finansiering til renovering af Jupiter-databasen baseret på den grundige analyse, der foreligger efter for-projektet i 2018 og 2019.</p> <p>For at nå målet vil vi desuden arbejde målrettet for at få samlet flere relevante data fra GEUS' forskningsaktiviteter og fra eksterne interessenter i de centrale databaser, hvorfra de vil blive udstillet gennem web-grænseflader, som vi løbende udvikler rettet mod brugernes nye og ændrede behov. Vi vil desuden højne datakvaliteten igennem implementering af procedurer, værktøjer og målrettet kvalitetssikringsarbejde.</p>
<p><b>Status efter 2021:</b></p> <p>Der arbejdes kontinuert med lagring og kvalitetsforbedring af danske og grønlandske data fra forskningsprojekter og andre relevante aktiviteter i GEUS' centrale databaser. Desuden bliver der løbende lagt nye data ind i systemet 'GEUS <i>Dataverse</i>', hvor formålet er distribution af forskningsdata i henhold til FAIR-principperne. Systemet blev taget i brug i 2021 og bruges bl.a. til distribution af data fra PROMICE, geologiske kort og geofysiske data fra Grønland. Systemet er udbredt til alle GEUS' faglige afdelinger, hvorfor mængden af udstillede datasæt forventes at stige kraftigt i de kommende år. Der er både i 2020 og 2021 arbejdet ihærdigt på at skaffe midler til Jupiter-reformationen i samarbejde med Miljøstyrelsen. Dette har indtil videre udmøntet sig i en del-finansiering via FL22, der skal klargøre Jupiter til det nye europæiske drikkevandsdirektiv, men håbet om fuld finansiering af Jupiter-reformationen i en nær fremtid lever stadig. På samme måde arbejdes der stadig målrettet på at finde midler, der kan muliggøre frisættelse af de dybe undergrundsdata, som GEUS har i sine arkiver.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• GEUS' Jupiter-hjemmeside blev i 2021 udvidet til nu også kunne udstille sediment- og luftkemi fra borer og prøvesteder.</li><li>• GEUS' INSPIRE-forpligtelser gennemførtes i 2020, og der har i 2021 ikke været behov for yderligere udstilling af datasæt. GEUS sikrer dog til stadighed tæt dialog med SDFE og de europæiske myndigheder med henblik på at følge udviklingen og eventuelle nye krav.</li><li>• Den fællesoffentlige Jupiter-datamodel (PCJUPITERXL) blev i 2021 stillet til rådighed via REST-services.</li><li>• Der blev i 2021 arbejdet på en opdateret udgave af det geologiske kort fra Grønland i 1:500.000. Grundet COVID-19 blev arbejdet lettere forsinket, men kortet vil blive færdiggjort og stillet til rådighed på Grønlandsportalen (<a href="http://www.greenmin.gl">www.greenmin.gl</a>) i starten af 2022, hvor det også vil blive lagt ud til fri download i GEUS <i>Dataverse</i>.</li></ul>



**Strategisk mål:**

*Vi vil skabe grundlag for en effektiv forvaltning til støtte for interessenters aktiviteter i den danske undergrund, som til stadighed udfordres med nye formål.*

**Perspektiv:**

Stigende interesse for udnyttelse af undergrunden til nye formål som geotermi, lagring af energi, deponering af radioaktivt materiale og lagring af CO<sub>2</sub> samt stigende fokus på bæredygtig vandressourceforvaltning og grundvandsbeskyttelse øger behovet for værktøjer til en effektiv forvaltning af undergrunden. I flere europæiske lande er der således i disse år igangsat initiativer for at udvikle nationale, digitale geologiske tredimensionale modeller af undergrunden, som kan understøtte forvaltningen af ressourcerne. GEUS ønsker at understøtte en tilsvarende udvikling i Danmark.

For at nå målet vil vi fortsat arbejde for at skabe grundlag for udvikling af en digital 3D geologisk model for Danmark samt videreudvikle GEUS' 3D-database til at blive en egentlig national database. Vi vil desuden arbejde målrettet med integration af denne database med data fra eksisterende, men af historiske årsager adskilte databaser, og med at gøre disse tilgængelige i nye brugerrettede former på tværs af traditionelle branche-skel. Dette kan understøtte myndighedernes arbejde og fungere som et afsæt for entreprenører og rådgivere til planlægning af deres arbejde i den danske undergrund.

**Status efter 2021:**

Der er løbende arbejdet på mulighederne for at skaffe finansiering til arbejdet med etablering af en national digital 3D geologisk model for Danmark. Med indlæsning af Miljøstyrelsens hydrostratigrafiske FOHM-model i GEUS' 3D database er der taget et vigtigt skridt i forhold til at demonstrere værdien af denne type fællesoffentlig infrastruktur og anvendeligheden af 3D databasen til formålet.

**Resultater i 2021:**

- Miljøstyrelsens hydrostratigrafiske FOHM-model er indlæst i GEUS' nye 3D database og udstilles via GEUS' hjemmeside med mulighed for download af udsnit af modellen.
- Der blev i 2021 lagt sidste hånd på etablering af en *on-site* enterprise portal for ArcGIS, der muliggør udstilling af 3D GIS-data online fra *ArcGIS Pro* i form af '*high-availability & high-performance*' web-tjenester. Som en del af en GEUS-kampagne, der arbejder med at etablere et virtuelt forskningsmiljø, blev det i 2021 demonstreret, hvordan systemet kan benyttes til visualisering af 3D-data via browser-løsninger, ligesom det nu er muligt at downloade de samme data til brug på mobile applikationer i felten.
- Der er i årets løb givet input til beskrivelse af KEFM-initiativer til Digitaliseringspartnerskaber, Den fællesoffentlige datastrategi (FODS)-II/Ny fællesoffentlig digitaliseringsstrategi og Finanslov for 2022 med henblik på mulig finansiering til etablering af en detaljeret national digital 3D geologisk model for Danmark.

**Strategisk mål:**

*Vi vil videreudvikle vores viden om og kompetencer inden for nye teknologier for at kunne håndtere store datamængder til løsning af komplekse opgaver bedre.*

**Perspektiv:**

Der er stigende efterspørgsel efter mere detaljerede geologiske og hydrologiske modeller i forbindelse med løsning af en lang række samfundsopgaver. For at imødegå dette vil GEUS etablere nye – og videreføre eksisterende – projekter, der bidrager til kvantificering og modellering af geologisk heterogenitet med fokus på bl.a. usikkerhed af tolkninger og stokastisk modellering, integration af mange datatyper samt den komplekse sammenhæng mellem geofysiske måledata og litologiske enheder.

Vi vil desuden videreføre arbejdet med etablering af systemer til automatiseret modtagelse og formidling af dynamiske data opsamlet fra sensorer, fx realtidsmålinger af vandspejl, salinitet (ledningsevne) og nitrat i borer. Vi vil desuden tage nye effektive værktøjer såsom *machine learning* og kunstig intelligens i brug til forbedring af modeller, og til at sikre datakontrol, identificere fejl og etablere sammenhænge i store, komplekse datamængder.

**Status efter 2021:**

Der er arbejdet med kvantificering og modellering af geologisk heterogenitet med fokus på bl.a. usikkerhed af tolkninger og stokastisk modellering i tre forskningsprojekter med finansiering fra DFF, Innovationsfonden og Geocenter Danmark. Desuden er der hjemtaget et enkelt forsknings- og udviklingsprojekt indenfor området og bidraget til andre forskningsansøgninger, dog indtil videre uden succes. Der er desuden arbejdet videre med at etablere et system til modtagelse af online sensordata fra dataloggere, og disse er bl.a. gjort tilgængelige på den nye hjemmeside [grundvandsstanden.dk](http://grundvandsstanden.dk)

**Resultater i 2021:**

- Der er i regi af et Geocenter Danmark projekt udgivet en *peer-reviewed* artikel om sammenligning af, hvordan valget af geologisk modelleringsmetode (lagmodellering kontra voxelmodellering) kan påvirke udfaldet af den efterfølgende grundvandsmodellering. Herudover er endnu et manuskript accepteret til publicering, udarbejdet i fælles regi af et DFF-projekt og Geocenter Danmark projekt omkring en probabilistisk metode til at indarbejde tolkningsusikkerheder i 3D geologisk modellering. Desuden er der arbejdet på et manuskript om, hvorledes geologiske tolkningsusikkerheder kan propageres over i grundvandsmodellering. I Geocenter Danmark projektet er der endvidere arbejdet på et manuskript om usikkerhederne forbundet med tolkningerne i traditionel geologisk modellering, mens der i DFF-projektet er arbejdet på et manuskript, der beskriver, hvordan resistivitet-litologi relationer kan opstilles ud fra resistivitetslogs og et manuskript, der beskriver, hvorledes prior information fra borer kan beskrives og indbygges i probabilistiske workflows.
- Den automatisk kobling mellem Sensornet og Jupiter er etableret. Pejledata, der kommer ind via opsamlingsystemet til Sensornet, bliver derefter automatisk og med maksimalt en times forsinkelse indlæst i Jupiter.
- Pejlinger, anvendt til HIP-modellen, er vurderet ved forskellige statistiske metoder og *machine learning*. Resultaterne af disse vurderinger er lagret i Jupiter og udstilles via services på SDFEs Hydrologiske Informations- og Prognoseplatform. Brugere kan dermed se, hvilke pejlinger der er brugt til modelleringen samt hvilke, der er sorteret fra og hvorfor.
- Der blev i 2021 startet et såkaldt 'MRS-lab' som en gruppe medarbejdere på tværs af afdelinger, der skal koordinere *multiscale remote sensing*-initiativer på GEUS og afsøge nye teknologiske muligheder. Gruppen af rapporterede årets arbejde i slutningen af 2021, herunder bl.a. kortlægning af hardware, software, data og metoder af relevans for *multiscale remote sensing*.

- Der er udviklet en prototype af et europæiske pejlenetværk for realtidsmålinger af grundvandsspejl, og en test-version med eksempler fra Danmark og Sverige er etableret og vist på EGD I som en del af et europæisk projekt.

**Strategisk mål:**

*Vi vil videreudvikle GEUS' ledende rolle som dataformidler i EuroGeoSurvey-samarbejdet for at sikre etablering af udviklende partnerskaber i EU.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi konsolidere vores rolle som toneangivende i projekter inden for udvikling af informationssystemer og harmonisering af data på europæisk plan. Vi vil søge at få EGDI-plattformen, og dermed GEUS, centralt placeret i et eventuelt *Horizon Europe Partnership* for en geologisk service for Europa (EP-GSE) eller en anden potentiel efterfølger for det igangværende samarbejdsprojekt på tværs af de europæiske geologiske undersøgelser (GeoERA). Vi vil derudover forstærke samarbejdet med andre geologiske undersøgelser om videreudvikling af GEUS' 3D modeldatabase for at gøre denne så generelt anvendelig som muligt.

Vi vil desuden forsætte vores aktive virke i forskningsinfrastrukturen EPOS (*European Plate Observing System*), hvor vi sammen med vores britiske og franske søsterorganisationer (*British Geological Survey* samt *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*) vil sikre, at systemet overgår til et stabilt driftsmiljø med henblik på at kunne supportere samarbejdet med disse institutioner i de kommende år. Vi vil også bruge vores centrale placering i henholdsvis EPOS og EGDI til at øge synergien mellem de to systemer.

**Status efter 2021:**

GEUS har bibeholdt sine toneangivende rolle i koordinering og udvikling af EGDI (*European Geological Data Infrastructure*), hvilket i de forløbne år er sket i regi af de europæiske samarbejdsprojekter under GeoERA-programmet. I 2021 blev der udarbejdet en stor projektansøgning til det europæisk finansieringsinstrument CSA (*Coordination and Support Action*) som fortsættelse af GeoERA, og denne blev indleveret i januar 2022. EGDI er endnu engang valgt til at være informationsplatformen med GEUS som koordinator. GEUS samarbejder desuden fortsat med vore britiske og franske søsterorganisationer om at etablere et stabilt driftsmiljø for de centrale dele af forskningsinfrastrukturen EPOS.

**Resultater i 2021:**

- EGDI er blevet udvidet væsentligt både med hensyn til data og funktionalitet igennem GeoERA-projektet GIP-P, som GEUS koordinerede og var hovedaktør i udviklingen af, og resultaterne af GIP-P blev vurderet overordentligt positivt af et uafhængigt evalueringspanel efter projektet afslutning i oktober 2021. GEUS har derudover arbejdet aktivt for at positionere EGDI som den centrale IT-plattform i den kommende *Horizon Europe* støttede efterfølger til GeoERA, CSA'en (*Coordination and Support Actions*) der skal udvikle *A Geological Services for Europe*. GEUS vil her også være koordinerende for EGDI.
- GEUS er indgået i det nye EMODNet *geology program* med en stærk indsats inden for morfologi og dynamiske havbundsformer samt i EMODNet *habitat* omkring klassifikation. Derudover deltager GEUS i alle tekniske og koordinerende møder i både EMODnet *Geology* og EMODnet generelt. Næste fase af projektet er netop godkendt, hvor første store opgave vil være en tættere integration af de forskellige portaler. Her indgår GEUS som en vigtig partner med EGDI som bagvedliggende platform.
- Der har ikke været ressourcer til at gå væsentligt videre med at forbedre visualiseringen af skala-specifikke GIS-data i EGDI-plattformen, så brugerne oplever dynamiske data og legender ved forskellige skalaer, men dette vil er prioriteret højt i den kommende CSA.

*Øvrige aktiviteter:*

GEUS har i 2021 fortsat arbejdet med den systematiske geologiske kortlægning (jordartskartering) af Danmark, hvor der er kortlagt ca. 675 km<sup>2</sup> ved Nørre Snede, Glenstrup Sø og på Salling.

GEUS' boreprøvelaboratorium modtager og beskriver prøver via lovpligtig indberetning af boreprøver fra vand- og råstofboringer. I laboratoriet er der i 2021 beskrevet mere end 11.000 prøver.

GEUS' borearkiv modtager og indlæser løbende tekniske oplysninger om vand- og råstofboringer via lovpligtig indberetning samt anden ikke-lovpligtig indberetning.

## Fremtidens GEUS

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>GEUS skal til stadighed udvikle sig som en dynamisk organisation, hvor medarbejdere og ledere trives.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet vil vi have fokus på implementering af GEUS' strategi i hverdagen, hvilket bl.a. understøttes gennem fleksible og dynamiske arbejdsformer, som danner rammen om et højt fagligt niveau, kreativitet, engagement og samarbejde. Projektarbejdsformen i GEUS suppleres således med tværgående kampagner, som opsamler faglige tiltag på ændringer i omverdenen, som GEUS bør forholde sig til. Samtidig vil vi have fokus på en løbende tilpasning af strategiens indhold, så samfundets udvikling og internationale tendenser imødekommes. Medarbejdernes viden vil være en vigtig kilde til at afdække behovet for løbende tilpasninger, og efter omstændighederne vil det kunne have den effekt, at et nyt strategisk tema indarbejdes i strategien.</p> <p>GEUS skal være en synlig, attraktiv og udviklende arbejdsplads og en professionelt ledet virksomhed. Det kræver en organisation i bevægelse, som hurtigt opfanger, tolker og reagerer hensigtsmæssigt på signaler i omverden. Derfor skal der arbejdes aktivt med forandringsledelse og strategisk kompetenceudvikling. Dette kræver, at der løbende tages stilling til både GEUS' organisering og kompetenceniveau i forhold til strategiske indsatsområder som grøn omstilling mv.</p>
<p><b>Status efter 2021:</b></p> <p>Efter de første to år af strategiperioden er en fastholdelse af målet som en synlig, attraktiv og udviklende arbejdsplads godt på vej. Størstedelen af de initiativer, der blev opstillet for strategiperiodens første to år, er opfyldt. Implementering fortsætter i løbet af den resterende del af strategiperioden med særligt fokus på den videnskabelige stillingsstruktur og andre resterende initiativer i HR-strategien. Især implementeringen af den videnskabelige stillingsstruktur kan være med til at gøre GEUS attraktiv for forskere, både nationale og internationale.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Implementeringen af HR-strategien er i fuld gang, idet der arbejdes med konkrete indsatser nævnt i strategien. Strategien er dog firårig. Af konkrete initiativer kan nævnes, at der bl.a. er gennemført en involverende værdiproces, udarbejdet en handlingsplan for ligestilling, implementeret et nyt MUS/LUS-koncept og udarbejdet et nyt koncept for <i>pre-, on- og offboarding</i>.</li><li>• Der er gennemført en involverende værdiproces, der blev afsluttet med fernisering d. 23. september 2021.</li><li>• Der er udført aktiviteter som opfølgning på <i>HR in Excellence</i>, herunder har HR haft fokus på opslag af videnskabelige stillinger på <i>Euraxess</i>, karriereudvikling for forskere, mentorprogram, skriveprojekt, nyt MUS/LUS-koncept samt nye koncepter for <i>preboarding, onboarding og offboarding</i>. Der udestår fortsat oversættelse af relevante dokumenter samt gennemgang af eksisterende informationsmateriale målrettet nye udenlandske medarbejdere.</li><li>• Som nævnt ovenfor er der udarbejdet koncepter for <i>preboarding, onboarding og offboarding</i>. Der udestår en GDPR-mæssig afklaring før konceptet for <i>offboarding</i> kan implementeres.</li><li>• Processen med implementering af ny stillingsstruktur har været forsinket, idet Medarbejder- og Kompetencestyrelsen først i slutningen af året havde ressourcer til at påtage sig opgaven. GEUS har løbende henvendt sig til Medarbejder- og Kompetencestyrelsen.</li></ul>

- Som følge af ny struktur for opgaveløsning er der gennemført en række personalemæssige ændringer i enheden for Økonomi og kontraktjura.

**Strategisk mål:**

*Vi skal fortsætte og udbygge det tværfaglige samarbejde og sikre et værdiskabende samspil mellem de administrative funktioner og den faglige produktion.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi have fokus på administrative systemer og processer samt fremadrettet organisering med det formål at øge de samlede administrative funktioners værdi for den faglige produktion. Inden for den samlede periode vil der indledningsvist være stærkt fokus på at konsolidere implementeringen af de nye administrative systemer, der blev taget i brug i 2020. Der vil være fokus på at realisere forudsatte gevinster af implementeringen via reorganisering og udvikling af administrative funktioner og opgaver, sådan at disse optimeres til de nye systemer og i højere grad leverer understøttende service og *controlling* til den faglige produktion. Samtidig vil strategi, aktiviteter og økonomi over perioden blive sammentænkt gennem nye processer. Der vil også være behov for et fokus på en række fællesstatslige og koncernfælles enheder, som GEUS vil blive en del af eller anvende på nye måder i de kommende år. Det vil være et fokuspunkt at sørge for en gnidningsfri tilslutning til nye enheder og for, at anvendelsen af enhederne/institutionerne sker sådan, at GEUS drager fordel heraf.

Der vil ligeledes være fokus på at opnå et optimalt samarbejde mellem Afdelingen for Presse og Kommunikation og resten af GEUS, så den eksterne kommunikation gennemføres professionelt og med størst mulig nytteværdi. Der bliver desuden arbejdet med den interne kommunikation, så medarbejderne har de rette informationer på de rette tidspunkter samt for at understøtte samarbejde på tværs af organisationen.

**Status efter 2021:**

De nye administrative grundsystemer er i normal drift bortset fra budgetsystemet, og der har i 2021 især været arbejdet med at udrulle nye funktionaliteter og tilrette enkelte fejl i rapporteringslaget (PowerBI).

Statens Budgetsystem (SBS), der er tiltænkt som GEUS' nye budgetsystem, kunne fortsat ikke implementeres i 2021, da systemet fra Økonomistyrelsens side fortsat ikke er operationsdueligt. GEUS vil i starten af 2022 endeligt vurdere, om systemet kan bringes i en tilstand, hvor det er operationsdueligt, foreneligt med GEUS' behov for økonomistyring, herunder om det har en brugergrænseflade, der gør det anvendeligt i praksis. Såfremt dette vurderes muligt, vil systemet blive implementeret i løbet af 2022. Såfremt det ikke er tilfældet, vil systemet forventeligt blive implementeret i en minimumsmodel, der retter sig mod ekstern budgettering og lønbudgettering og der vil blive afsøgt muligheder for implementering af alternativ løsning i forhold systemunderstøttelse af budgettering.

**Resultater i 2021:**

- Der har været afholdt adskillige workshops i løbet af 2021 med henblik på at afklare SBS' funktionsduelighed og kompatibilitet med GEUS' behov for økonomistyring. Status ultimo 2021 er, at systemet fortsat har fejl og mangler, der gør, at implementering udestår. Som nævnt ovenfor vil GEUS træffe en endelig beslutning om implementering af SBS i løbet af første kvartal 2022.
- Det samlede LIS (PowerBI-løsning) er konsolideret i en v1.5 pr. ultimo andet kvartal 2021. Der har været fornyet undervisning i brug af systemet for chefgruppen i andet halvår 2021. Der er ultimo 2021 taget beslutning om at sanere systemet i starten af 2022 med henblik på dels at udbygge systemet med enkelte nye funktioner, dels at driftsoptimere systemet for at øge brugeroplevelsen.
- Organisationsændringer er beskrevet under forrige strategiske mål.



- Et nyt koncept for kontraktstyring samt et nyt system til understøttelse (*House of Control*) er implementeret og taget i brug i organisationen. Der blev i første halvår af 2021 afholdt to workshops, og alle relevante kontrakter er indsamlet og registreret i systemet. Desuden er der implementeret en proces for registrering og journalisering af relevante kontrakter i systemet.
- Overgangen til Statens IT som følge af Kgl. Resolution er i gang, men ikke uden udfordringer, bl.a. med hensyn til opgavesnit og interne organiseringer.
- I forbindelse med overgang til Facility Management i regi af Bygningsstyrelsen har GEUS afleveret alle input data til udbud af opgaven, og udbuddet er overstået. Coor A/S har vundet udbuddet, og fra februar 2022 vil GEUS (Øster Voldgade 10) blive gennemgået med henblik på opgaveoverlevering og planlagt opstart i maj 2022.

**Strategisk mål:**

*Vi vil sikre, at GEUS gennem videreudvikling af såvel ledere som medarbejdere er rustet til fremtidens opgaver og de krav, der stilles af samfundet.*

**Perspektiv:**

For at nå målet vil vi arbejde med strategisk kompetenceudvikling af ledere og medarbejdere med udgangspunkt i centrale strategiske indsatsområder som grøn omstilling, digitalisering, nye laboratorier, ny økonomimodel, nye administrative systemer mv.

Kernen i strategisk kompetenceudvikling i GEUS er vedligeholdelse og udvikling af faglig viden på grundlag af fastsatte principper beskrevet i en HR-strategi sammenholdt med udviklingen i samfundet og de ændringer, disse måtte medføre for opgavevaretagelsen i GEUS. Dette skal være med til at sikre et vedvarende fokus på kompetenceudvikling i organisationen og rammesætte den nødvendige dialog mellem medarbejder og chef og på tværs i ledergruppen. Udviklingen i samfundet og de krav, der stilles til ledelse af medarbejdere, betyder også, at udvikling af lederne er en vigtig faktor, både med hensyn til det personlige lederskab og med hensyn til ledergruppen som en helhed med fælles principper og værdier for ledelse – strategisk, fagligt og personalemæssigt.

**Status efter 2021:**

Situationen omkring COVID-19 og hjemsendelsen har også i 2021 påvirket mulighederne for målopfyldelse, herunder gennemførelse af seminarer mv. Vigtige milepæle har dog været implementeringen af et nyt digitalt MUS- og LUS-koncept, der allerede er taget i brug, og gennemførelse af lederseminar med fokus på ledelse, herunder økonomistyring.

**Resultater i 2021:**

- Der er implementeret et nyt digitaliseret MUS- og LUS-koncept.
- Der er i tredje kvartal gennemført et lederseminar med fokus på ledelse, herunder økonomistyring, og GEUS' ledelsesgrundlag.
- Udarbejdelse af fælles grundlag for værdier for ledelse blev sat i gang i efteråret 2021.
- Et af initiativerne i firårige HR-strategi er udarbejdelse af en revideret værdibaseret personalepolitik. Initiativet var planlagt igangsat i 2021, men udskydes til 2022, idet mange andre konkrete initiativer i strategien har været prioriteret højere. Personalepolitikken afhænger af værdiprocessen, som er udskudt på grund af COVID-19.
- HR-relaterede sider på intranettet er i al væsentlighed opdateret.
- De dele af Overenskomstforhandlinger 2021, som trådte i krav i 2021, er alle sat i værk.
- Der er gennemført serviceeftersyn af projektmodellen, idet en medarbejder har testet projektlederuddannelsen, og der er udarbejdet notat herom. Der er endvidere planlagt kurser i GEUS' projektmodel til afholdelse i 2022.
- En række driftsmæssige processer er gennemgået og beskrevet, herunder hele rekrutteringsprocessen. HR-relaterede politikker og retningslinjer for GDPR er løbende blevet opdateret.

<p><b>Strategisk mål:</b></p> <p><i>Vi skal udvikle vores speciallaboratorier med fokus på at understøtte de fremtidige behov.</i></p>
<p><b>Perspektiv:</b></p> <p>For at nå målet gennemføres opstartsprojektet for anvendelse af Unilab-midlerne (midler til modernisering af laboratorierne) i tæt samarbejde med Bygningsstyrelsen. Der vil blive gennemført en proces, der involverer relevante chefer, forskere og laboratorieteknikere med henblik på udarbejdelse af kravspecifikation for moderniseringen af GEUS' laboratorier. Kravspecifikationen vil blive udarbejdet med henblik på at kunne opfylde såvel nuværende som kommende behov gennem en fleksibel indretning af laboratorierne. Arbejdet med kravspecifikationen vil udmønte sig i, at der udarbejdes et byggeprogram, og dette skal danne grundlag for udarbejdelse af et udbud af selve ombygningsarbejdet.</p> <p><b>Status efter 2020 og 2021:</b></p> <p>Projektet er forsinket i forhold til den oprindelige tidsplan grundet COVID-19. Udbud forventes afsluttet sidst i 2022, hvorefter den egentlige modernisering kan sættes i gang.</p>
<p><b>Resultater i 2021:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unilab-projektet er forsinket, bl.a. grundet COVID-19 samt udgiftsstop hos Bygningsstyrelsen. Brugerinddragelse og efterfølgende projekteringsforslag vil blive henholdsvis gennemført samt udarbejdet primo 2022 med licitation i slutningen af året og forventet byggestart i 2023.</li> <li>• Gennemførelse af udbud er tilsvarende forsinket.</li> </ul>

*Øvrige aktiviteter:*

GEUS gennemfører forskningsevalueringer hvert andet år af et af de fire geofaglige programområder, således at hhv. programområde 2, 3, 4 og 5 evalueres hvert ottende år. Evalueringerne sker i henhold til bekendtgørelse nr. 104 af 20. januar 2009. I oktober måned 2021 blev der gennemført en forsknings-evaluering af programområde 5: Natur og Klima. Evalueringen blev udført af et eksternt panel bestående af fire internationale og uafhængige eksperter fra hhv. Icelandic Meteorological Office, NASA, Norges Geologiske Undersøgelse og University of Edinburgh. Panelet har udarbejdet en rapport med en særdeles positiv evaluering af programområdet. Rapporten og dens anbefalinger er forelagt GEUS' bestyrelse i december 2021 samt for ministeren for Klima, Energi og Forsyning i februar 2022. GEUS vil i 2022 arbejde med at implementere anbefalingerne i den kommende otteårsperiode.

Der er i løbet af 2021 udpeget en ny placering for GEUS' udrustning og magasin, og der er indgået lejeaftale om lokaler i Tåstrup. Disse lokaler er under indretning og udflytningen i gang. Totals kernelager, som GEUS har overtaget, er flyttet til midlertidig placering. Endelig fraflytning af lokalerne i Rødovre forventes at være pr. 1 april 2022.

Indkøbskoordinator på GEUS er udpeget, og de grundlæggende snitflader mellem GEUS og Koncernindkøb (KI) er på plads. Der er publiceret vejledninger fra og kontaktinformation til KI, der således er introduceret til hele organisationen. GEUS er begyndt at bruge enheden til især udbudsjuridiske problemstillinger. Der er introduceret et øget fokus på *compliance*-afrapporteringer gennem 2021. Ændringer i den kontraktjuridiske funktion på GEUS er under overvejelse og vil blive besluttet og gennemført i løbet af første halvår 2022.

Aflevering til Rigsarkivet (ældre seismogrammer, papirarkivalier mv.) er gennemført som planlagt.

## Kampagner i 2021

GEUS arbejder med kampagner, et instrument der skal være med til at gøre GEUS' strategi og Resultatplan mere levende og fleksibel. Kampagner kan igangsættes undervejs i strategiperioden, løber over en kortere periode (typisk et år), kræver et tværgående samarbejde mellem områder og afdelinger, og kan i visse situationer give input til et ny strategisk tema eller mål, der indarbejdes i strategien. Dermed sikres, at GEUS' arbejde og strategi løbende tilpasses den samfundsmæssige udvikling.

I 2021 blev to nye kampagner iværksat:

### **Virtual Research Environment:**

I denne kampagne blev der etableret et onlinesystem med et virtuelt forskningsmiljø for geologiske modeller og 3D digitaliserede feltlokaliteter. Systemet kan styrke tværfaglig forskning, innovation og samarbejde på tværs af institutioner og geografiske placeringer, idet brugere kan udforske digitaliserede feltlokaliteter og rumlige 3D geologiske modeller med disciplinspecifikke værktøjer, såsom dataanalyser, simuleringer og visualiseringer. Dette giver mulighed for at dele geovidenskabelig information og forskningsresultater på en ny og innovativ måde, fx kan geologien nærstudies og videreformidles i både forskningsmæssig og samfundsmæssig sammenhæng. Der er udarbejdet fem 'Use Cases', så potentielle brugere kan få et indtryk af systemets muligheder. Systemet er fuldt implementeret men kan kun tilgås med adgangskode.

### **Building Paleoclimate Synergies:**

Denne kampagne sigter mod at øge forståelsen for nutidige klimaforandringer gennem øget viden om klimaændringer tidligere i den geologiske historie. Kampagnen vil udbygge samarbejdet i den allerede etablerede Palæoklimagrube på GEUS, så tværfagligt samarbejde indenfor forskellige aspekter af GEUS' palæoklimaforskning i endnu højere grad kan konkretiseres, knyttes sammen og styrkes. Det endelige formål med kampagnen er at sikre det faglige grundlag, så GEUS kan udarbejde og deltage i ansøgninger om eksterne forskningsmidler indenfor emnet. Kampagnen blev forsinket grundet COVID-19 og hjemsendelse, og den er derfor forlænget seks måneder ind i 2022.

## Kvantitative indikatorer

Følgende indikatorer er opstillet for henholdsvis langsigtet videnopbygning og forskeruddannelse ved GEUS:

	Indikatorer	Mål (antal)				Resultat	
		2020	2021	2022	2023	2020	2021
Langsigtet videnopbygning	Videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter med <i>peer-review</i> - førsteforfatterskaber	80	80	85	85	68	67
	Videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter med <i>peer-review</i> - medforfatterskaber	90	90	95	95	133	124
	Videnskabelige artikler i egne serier	25	30	35	40	8	12
Forskeruddannelse	Forsknings- og samarbejdsprofessorer	8	10	12	14	8	8
	Ph.d.-grader med GEUS-vejleder	10	10	8	8	10	10
	Igangværende ph.d.-studerende med GEUS vejleder pr. 1. november	50	50	45	45	45	43
	Vejledning af masterstuderende	45	40	35	30	70	62

Måltallet for videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, blev med 67 mod måltallet på 80 artikler ikke nået i 2020. Til gengæld var GEUS-medarbejder medforfattere på 124 artikler mod måltallet på 90. Desværre blev målet om 30 artikler i egne serier heller ikke nået, idet der blev udgivet 12 i 2021, heraf dog flere større monografier. Måltallet på ti professorer blev heller ikke nået med otte professorer på GEUS, hvilket primært skyldes at intern udnævnelse af nye professorer afventer implementering af den nye stillingsstruktur. Medarbejdere på GEUS bidrog i 2020 til vejledning af ti ph.d.-studerende, der opnåede grad, hvilket svarer til måltallet. Som følge af en omprioritering fra de bevilgende myndigheder, lægges der i forskningsprojekter nu mindre vægt på uddannelse af ph.d.-kandidater, og GEUS-medarbejdere medvejledte ved udgangen af oktober 2020 43 studerende mod måltallet på 50. Derudover var GEUS-medarbejdere medvejledere for 62 master-studerende (heraf opnåede 33 grad), hvilket er over måltallet på 40.

## Forkortelser

AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme
CLiC	Climate and Cryosphere
CPIM	Northern Centre for Planning and Investigation of Marine Resources & Environment
COP	Copenhagen Offshore Partners
COPE	Committee on Publication Ethics
CSA	Coordination and Support Action, program under Horizon 2020
CV	Curriculum Vitae
DFF	Danmarks Frie Forskningsfond
DK-model	Nationale Vandressource Model
EGDI	European Geological Data Infrastructure
EMODnet	The European Marine Observation and Data Network
EIT KIC	European Institute of Innovation & Technology, Knowledge and Innovation Communities
EPOS	European Plate Observing System
EP-GSE	European Partnership for a Geological Service for Europe
ERMA	European Raw Materials Alliance
ESA	European Space Agency
EuroGeoSurveys	The Geological Surveys of Europe (Interesseorganisation)
FOHM	Miljøstyrelsens fælles offentlige hydrologiske modeller
GC-net	Greenland Climate Network
GEM	Greenland Ecosystem Monitoring
GeoERA	Netværksorganisation (ERA-NET) med en række forskningsprojekter, der udføres i samarbejde mellem en lang række europæiske geologiske undersøgelser
GEUS	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GIOS	Greenland Integrated Observing System
GRUMO	Den landsdækkende grundvandsovervågning (i NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen)
HRMS	High Resolution Mass Spectrometry
Horizon Europe	EU's forsknings- og innovationsprogram 2021-2027
Horizon 2020	EU's forsknings- og innovationsprogram 2014-2020
IASC NAG	International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology
INTAROS	Pan-Arctic Observation System
IODP	International Ocean Discovery Program
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MAR	Managed aquifer recharge
MRS	Multiscale remote sensing
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OASPA	Open Access Scholarly Publishers Association
PAGES ACME	Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems
PNE	Pure New Energy
PROMICE	Program for Overvågning af Grønlands indlandsis
SDFE	Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering
SGD	Submarine grundvandsudstrømninger
UNFC	United Nations Framework Classification System
VAP	Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider
WCRP	World Climate Research Programme