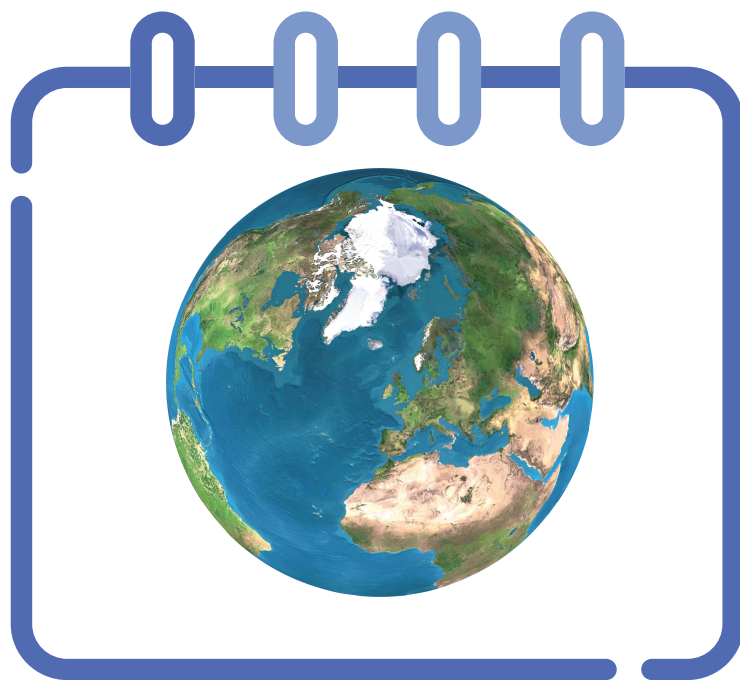


Faglige resultater 2020



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

Faglige resultater 2010

Redaktion: Lisbeth Flindt Jørgensen

Særudgivelse

Udgives kun elektronisk på www.geus.dk

- Marts 2021

ISSN: 1903-105X

ISBN: 978-87-7871-543-2

Rapporten har været forelagt GEUS' bestyrelse den 8. marts 2021.

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

Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Telefon: 3814 2000

E-post: geus@geus.dk

www.geus.dk

Indhold

Indledning.....	3
RESUME	4
Vores viden skaber værdi for samfundet	5
Klimaforandringer og -tilpasning.....	8
Naturen vi lever i	14
Vores vand.....	19
Grøn omstilling	25
Mineralske råstoffer til vækst	31
Værdiskabende data.....	34
Fremtidens GEUS.....	40
Kampagner i 2020.....	44
Kvantitative indikatorer.....	46
Forkortelser	47

Indledning

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) er en uafhængig forskningsinstitution under Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. GEUS er ansvarlig for den videnskabelige udforskning af de geologiske forhold i Danmark og Grønland med tilhørende sokkelområder. GEUS' aktiviteter har også en betydelig del af sine opgaver i tilknytning til andre danske ministerier og 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, 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 2020.

Denne faglige afrapportering følger strukturen i Resultatplan 2020–2023 og Arbejdsprogram 2020 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 2020 afrapporterer første år i Resultatplan 2020–2023.

RESUME

GEUS' medarbejdere har i løbet af 2020 arbejdet med ca. 700 faglige og organisatoriske projekter. De væsentligste aktiviteter er beskrevet i GEUS' Resultatplan 2020–2023 & Arbejdsprogram 2020. Aktiviteterne er organiseret efter strategiske temaer og mål defineret i GEUS' Strategi 2020–2023. Af i alt 139 aktiviteter vurderes 102 nået, 18 delvist nået mens 19 ikke blev nået.

Årets har naturligvis være præget af restriktioner som følge af COVID-19, hvilket medførte hjemsendelse af alle medarbejdere i en længere periode i foråret samt i en kort periode inden juleferien. 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. Store dele af det planlagte feltarbejde og flere tog måtte udsættes til 2021. Trods dette er det lykket at nå i mål med en stor del af de planlagte aktiviteter, mens størstedelen af de ikke fuldt nåede aktiviteter skyldes netop hjemsendelsen i forbindelse med virussen.

Af større aktiviteter kan nævnes det åbne center for *Carbon Capture, Utilisation and Storage* (CCUS), der ved årsskiftet 2019/2020 blev etableret i GEUS i samarbejdet med Energistyrelsen og GasStorage Denmark. Gennem 2020 har GEUS i regi af centret udarbejdet 30 tekniske rapporter og et stort antal notater om muligheder og potentiale for CCUS i Danmark, bl.a. om lagring og varigt deponi, omkostninger og sikkerhed, om infrastruktur samt om anvendelsespotentialet for CO₂ mv. Centret har desuden bidraget med adskillige bilag til CCS-sag til regerings grønne udvalg, og i september blev der i samarbejde med DI afholdt et stormøde med udvalgte klimapartnerskaber. Desuden kan nævnes, at udover fortsættelsen af bl.a. PROMICE, blev GEUS' klimamonitering af Grønlands Indlandsis i 2020 udbygget med *Greenland Climate Network* (CG-net), der især udbygger vidensniveauet på den indre del af indlandsisen. Endelig kan det nævnes, at GEUS har bidraget til færdiggørelse af SDFEs projekt om et Hydrologisk Informations- og Prognosesystem, og bl.a. leveret en DK-model HIP, der med en høj detaljeringsgrad på 100mx100m kan benyttes til beregninger af klimaeffekter på den terrænnære hydrologi.

Den organisatoriske udvikling af GEUS har i 2020 har især været fokuseret på implementeringen af en ny økonomiske styringsmodel for institutionen samt indkøring af de nye administrative systemer. Arbejdet med renovering af GEUS-laboratorierne i Øster Voldgade 10 komplekset er fortsat i 2020, men under vanskelige forhold på grund hjemsendelsen i forbindelse med COVID-19. Endelig har GEUS deltaget i analyser og forberedelse af overdragelse af It-driften til Statens IT og udliciteringen af *facility management* som en del af beslutningen om overdragelse af al service til private udbydere.

Måltallet for videnskabelige artikler med *peer-review*, hvor GEUS-medarbejdere er førsteforfattere, blev med 68 mod måltallet på 80 artikler ikke nået i 2020. Til gengæld var GEUS-medarbejder medforfattere på 133 mod måltallet på 90 artikler. Desværre blev målet om 25 artikler i egne serier ikke nået, idet der blev udgivet otte i 2020. Dette skyldes prioriteret af relancering af GEUS Bulletin med ny hjemmeside, nyt design, nye processer og systemer, rekruttering af faglige redaktører, tilgængeliggørelse af arkiv samt opfyldelse af internationale krav til *open access* til videnskabelige tidsskrifter. Hertil betød COVID-19, at forfattere måtte prioritere andre opgaver, hvilket både har betydet forsinkelser og indsendelse af færre artikler. Den relancerede GEUS Bulletin kan ses på geusbulletin.org.

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 45 studerende mod måltallet på 50. Derudover var GEUS-medarbejdere medvejledere for i alt 70 master-studerende, hvilket er over måltallet på 45.

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 2020:

I 2020 blev der indgået kontrakt om en publikationsdatabase, så den kan lanceres med GEUS' videnskabelige artikler og faglige rapporter i 2021, og dermed sikre videndeling samt nemmere adgang til og bedre promovning af GEUS' arbejde, publikationer og resultater. Videndelingen er ligeledes blevet styrket gennem afholdelse af et succesfuldt seminar om GRUMO og VAP, som har givet blod på tanden for at invitere til flere faglige arrangementer, når det bliver muligt efter COVID-19.

Resultater i 2020:

- Siderne om GEUS' data på geus.dk er blevet opdateret samt i højere grad målrettet interessenterne, og arbejdet med opdatering af indholdet på geus.dk fortsættes i 2021.
- I 2020 blev der afholdt et seminar med stor succes, men de planlagte morgenmøder, som også skulle give yderligere videndeling med fagfolk, måtte udsættes på grund af COVID-19.
- Udviklingen af beklædning med GEUS-logo til feltarbejde er i gang, og tøjet lanceres til felt-sæsonen i 2021.
- Implementering af publikationsdatabasen blev forsinket på grund af forlængede kontraktforhandlinger, men kontrakt om en publikationsdatabase er indgået, og denne lanceres i 2021, så GEUS' videnskabelige artikler og publikationer bliver mere synlige 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. 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 2020:

I 2020 blev GEUS' nye kommunikationsstrategi lanceret med tre overordnede sigtelinjer og otte konkrete indsatsområder, der vil være fokus på 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, dog inden for de begrænsninger, som COVID-19 medførte bl.a. i forhold til fysiske arrangementer.

Geoviden udkom med fire nye temaer i 2020: Pollen og sporer, Geopark Det Sydfynske Øhav, De danske dinosaurer, og CO₂-lagring. Hertil blev der udviklet en ny hjemmeside til Geoviden, så der i højere grad er et onlineunivers omkring hvert tema. Grundet COVID-19 måtte planlagte arrangementer med Geoviden-promovering udskydes til 2021.

Resultater i 2020:

- GEUS' nye kommunikationsstrategi er udviklet og implementeret.
- Der er gennemført to kommunikationskampagner, dog inden for de begrænsninger, som COVID-19 medførte i forhold til fysiske arrangementer m.m.
- Der blev udgivet fire udgaver af Geoviden, og en videreudvikling af onlineuniverset med yderligere indhold og brugervenlighed blev gennemført. Markedsføringsinitiativer målrettet gymnasieundervisning blev begrænset af COVID-19, da fx *Big Bang*-konferencen for naturvidenskabelig gymnasieundervisning, hvor Geoviden skulle have haft en stand, blev aflyst.

Strategisk mål:

Vi vil øge den videnskabelige publikationsrate og -kvalitet til gavn for fagfeltet, så GEUS fortsat er en attraktiv samarbejdspartner.

Perspektiv:

For at nå målet vil vi implementere GEUS' professorplan og publikationsstrategi med fokus på at øge antallet af publikationer og citationer, især i *high-impact* 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.

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.

Status efter 2020:

GEUS Bulletinens nye hjemmeside er blevet lanceret, og de tekniske og formelle krav til videnskabelige tidsskrifter er nu opfyldt. Artiklerne er lettilgængelige og præsenteret nutidigt, og forfattere kan indsende bidrag via et nyt system. Der er desuden blevet arbejdet på at få alle tidligere udgivelser af GEUS Bulletin online, og de sidste kommer online primo 2021 med DOI'er osv.

Resultater i 2020:

- En ny webplatform til GEUS Bulletin blev lanceret, hvor de tekniske og formelle krav og standarder for videnskabelige tidsskrifter fra bl.a. EU, *Committee on Publication Ethics (COPE)* og *Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA)* er opfyldt.
- Fire digitale 1:100.000 kortblade over Karrat-området ved Uummannaq er færdiggjorte, men grundet COVID-19 er opsætning og trykning forsinket og udskudt til 2021. Der arbejdes på en årlig opdatering med områder karteret det seneste år; opdateringen i 2020 er dog forsinket ind i 2021 grundet COVID-19.
- Alle tidligere numre af GEUS Bulletin er tilgængelige online primo 2021, men resten af GEUS' tidligere videnskabelige publikationer bliver tilgængelige digitalt, når publikationsdatabasen lanceres senere i 2021.

Øvrige aktiviteter:

Der er blevet arbejdet videre med GEUS' brug af nye teknologier som *Virtual Reality* og *Augmented Reality* (kombination af data og *Virtual Reality*) samt 3D-printere og 3D-scannere ift. bl.a. fossiler. Der er formentlig blevet fundet lokaler, så der i 2021 kan etableres et *makerspace* (kreativt værksted), hvor der kan arbejdes med de nye teknologier på tværs af GEUS.

Klimaforandringer og -tilpasning

Strategisk mål:

Vi vil øge forståelsen af klimaforandringer i Arktis gennem engagement i langsigtede monitoringsprojekter med brug af de nyeste teknikker.

Perspektiv:

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 *GlacioBasis*-programmet under *Greenland Ecosystem Monitoring* (GEM) programmet. Derudover blev der i 2017 igangsat klimaovervågning ved Camp Century. Desuden deltager GEUS i projekter i regi af *European Space Agency* (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.

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.

Status efter 2020:

Monitoringsindsatsen er blevet stærkt forøget gennem overtagelsen af det amerikanske GC-net med 18 stationer på den indre del af indlandsisen. Øvrige aktiviteter er blevet opretholdt og in situ målestationer vedligeholdt på trods af udfordringerne med feltarbejde i Grønland grundet COVID-19. Der er blevet oparbejdet og publiceret dataprodukter baseret på satellitmålinger.

Resultater i 2020:

- PROMICE stationsnetværket er blevet vedligeholdt og data kvalitetssikring af data gennemført. Massetabsprodukter og isudbredelseskort er løbende blevet opdateret.
- Klimaovervågning ved Camp Century er fortsat med drift og kvalitetssikring af in situ målinger, der er gennemført modellering af firn-udviklingen fra 1960–2100. Der er indsendt et manuskript til publicering i et *peer-reviewed* tidsskrift.
- Der er udført overvågning af lokale gletsjere i regi af GEM, herunder årlig *GlacioBasis*-massebalance og servicering af klimastationer på AP Olsen-iskappe (Zackenberget) samt fortsat overvågning af Chamberlain-gletsjer (Disko).
- Der er gennemført målinger og modellering af permafrost i Vaigat-området, herunder indhentning af data, kalibrering af klima- og permafrostmodel. Desuden er der udført genberegning af model samt servicering af feltinstrumenter.
- GEUS har i 2020 deltaget i eller ledet projekter vedrørende nye sne- og albedo-produkter for Arktis baseret på satellitdata i regi af ESA og EU-Copernicus. Desuden blev der indsendt tre ansøgninger til ESA (to accepteret) samt en til EU (afvist) indenfor emnet.
- GEUS har arbejdet med integration af isovervågning i europæisk sammenhæng gennem deltagelse i EU-projektet INTAROS. Desuden er der indsendt en EU-projektansøgning om synergi mellem arktiske monitoringsystemer (ansøgning blev dog afvist).
- Med udgangspunkt i *GC-net Synergy*-projektet finansieret af DANCEA blev der samarbejdet med amerikanske og schweiziske forskningsinstitutioner med henblik på, at GEUS skal videreføre *Greenland Climate Network* (*GC-net*), og det blev fastlagt at GEUS overtager driften af netværket fra 2021.

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 2020:

Aktiviteterne forløber planmæssigt, dog med små forsinkelser grundet COVID-19. Der er blevet publiceret mange artikler og indsendt en række ansøgninger.

Resultater i 2020:

- Fire artikler, der omhandler studier af havis og primærproduktion i Arktis, er i 2020 indsendt til internationale *peer-reviewed* tidsskrifter. Desuden er to nye projekter igangsat om henholdsvis udvikling af en ny havis-proxy baseret på DNA fra alger, og rekonstruktion af sammenhængen mellem havis og arktisk marin biodiversitet.
- Der er publiceret fire *peer-reviewed artikler* om samspil mellem havstrømme og havis samt effekten på dynamiske forandringer af Grønlands Indlandsis over de seneste århundreder. Der arbejdes fortsat med yderligere analyser af marine sedimentkerner fra Nordøst-, Sydøst- og Vestgrønland med henblik på at forstå de regionale variationer samt klimatiske mønstre over større områder.
- Der er arbejdet på studier af Jakobshavn Isbræes reaktion på klimaforandringer. Et mindre feltarbejde med installation af GPS-instrumenter blev gennemført i oktober, og isflydemodellering af området er under udvikling. Feltarbejdet er dog begrænset og modelleringen forsinket grundet COVID-19.
- Der er udviklet et nyt prototypebor til målinger af Indlandsisens temperatur, til boring af temperatursensorer ned til 500 m's dybde, mens planlagt feltarbejde til testning af boret blev udsat grundet COVID-19.
- Der blev udarbejdet ti nye forskningsfondsansøgninger (fem til FNU, to til Villum Kann samt tre til Carlsberg), hvoraf to blev accepteret.

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 CO₂-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 2020:

Aktiviteter vedrørende Holocæn og Antropocæn forløber planmæssigt, dog med små forsinkelser grundet COVID-19. Der er blevet udvidet med et nyt FNU-projekt *GreenPlanning – depends on reliable seasonal to decadal climate predictions* i samarbejde med Niels Bohr Institutet.

Resultater i 2020:

- Der er arbejdet med rekonstruktion af primærproduktion og CO₂-flukse for Godthåbsfjord og Young Sund siden den lille istid, og der er gennemført dataanalyse og publiceret en artikel.
- Der er blevet arbejdet på etablering af et samlet datasæt af klimaproxies fra fjorde omkring Grønland. Analyserne er 90% gennemført, mens resten af arbejdet er forsinket grundet COVID-19.
- Analyser af marine sedimentkerner for rekonstruktion af Nordøstgrønlandsk polynya-dynamik i Holocæn er gennemført, og et manuskript er påbegyndt.
- Der er udarbejdet rekonstruktion og forudsigelse af afstrømning og massetab for Sydvest- og Nordøstgrønland.
- Der er gennemført et pilotstudium, hvor informationer fra geologiske analyser af sedimentkerner er inddraget i en glaciologisk model. En computerbaseret gletsjermodel er sammenlignet med gletsjervariationer uddraget fra sedimentkerneanalyser i et *case study* fra Helheim Gletsjer i Sydøstgrønland, og der er opstillet et *framework* til brug for lignende fremtidige studier. Publicering forventes klar tidligt forår 2021.
- Der er fortsat arbejdet med rekonstruktion af marine klimasvingninger, bundstrømsforhold og kobling til iskappe-dynamik i GeoCenter projekt om Holocæn palæooceanografi og udvikling af kontouritkomplekser i NØ-Baffin Bugt. I 2020 er der arbejdet med at generere paleoceanografiske resultater fra sedimentkerner, dog med forsinkelser, der især skyldes begrænsninger i adgang til laboratoriefaciliteter.
- Et projekt til belysning af Grønlands glaciale og palæoklimatiske historie gennem de sidste 10–15 millioner år på basis af eksisterende industrikerner og brønde er igangsat. Der er opnået enkelte resultater, men det planlagte arbejde, bl.a. geokemisk *provenance*-studie, er blevet forsinket på grund af begrænset adgang til laboratoriefaciliteter.

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 deres effekter.

Status efter 2020:

Der er publiceret 39 videnskabelige artikler. GEUS har deltaget aktivt i arbejdet med internationale assessment rapporter fra *IPCC* og *AMAP*. Der har været stor medie opmærksomhed omkring *PROMICE* og overtagelsen af *GC-net*.

Resultater i 2020:

- GEUS har bidraget til to kapitler i *IPCC's Sixth Assessment Report*.
- GEUS har deltaget i det indledende arbejde i forbindelse med den tematiske rapport *Trends, effects, and societal implications of Arctic climate change*, der udarbejdes under *Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*.
- GEUS har bidraget til *Arctic Report Card*, der udarbejdes under *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA's Arctic Program*.
- GEUS har deltaget i *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 begrænset til online møder grundet COVID-19
- *PROMICE*-websiden er opdateret med de nyeste dataprodukter, der er frit tilgængelige, og der er arbejdet på at etablere en ny platform til download af data (*DataVerse*).

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 2020:

I 2020 har vi udviklet nye metoder samt videreudviklet vores modelværktøjer til beskrivelse af det terrænnære hydrologiske system. Vi har skabt nye nationale data i høj opløsning for den terrænnære grundvandsstand og vandføring i vandløb for både historisk og fremtidigt klima, der er offentligt tilgængelige. Vi har søgt mere detaljeret viden til hjælp for værktøjerne ved både at indsamle nye terrænnære data og afprøve modelleringskoncepter på aktuelle problemstillinger. På baggrund af den nye viden har vi søgt nye forskningsprojekter.

Resultater i 2020:

- Der er opsat en ny version af den Nationale Vandressource Model (DK-model HIP (Hydrologisk Informations- og Prognosesystem)) med en højere detaljeringsgrad på 100mx100m. Modellen er benyttet som grundlag for nye afsluttede beregninger af klimaeffekter på den terrænnære hydrologi. Modellsimuleringerne er kombineret med *Machine Learning*-metoder til yderligere nedskalering og bias-korrektion.
- Der er opstillet og implementeret et monitoringsnetværk af terrænnært grundvand for at opnå større præcision i opstillede modeller for byområder. Der indsamles løbende data fra netværket.
- Der er i et EU-projekt udviklet nye metoder til mere detaljerede og mindre usikre forudsigelser af fremtidens klimaeffekter på det hydrologiske kredsløb, og resultaterne er afrapporteret.
- Der er færdiggjort en integreret model til at vurdere afhjælpning af klimaeffekter vha. naturbaserede løsninger i København; mere specifikt Ladegaardsåen. Resultaterne er afrapporteret.

Øvrige aktiviteter:

GEUS har fortsat internationalt samarbejde og projektarbejde omkring klimaeffekter på det hydrologiske kredsløb i andre lande (EU, Ghana).

GEUS har deltaget i *Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems* (PAGES ACME).

GEUS har deltaget i *International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology* (IASC NAG).

GEUS har deltaget i *Ilulissat Isfjordscenter advisory board*.

Naturen vi lever i

Strategisk mål:

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.

Perspektiv:

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 realiserbart for pilotområder i Danmark og Grønland i løbet af en firårig periode.

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.

Status efter 2020:

I bestræbelserne på udviklingen af en multifunktionel havbundsmodel blev der i 2020 søgt VELUX forskningsmidler til udvikling af en fulddækkende og detaljeret 4D-havbundskortlægning. Ansøgningen blev short listed, men fik i sidste ende ikke midler. Der er indgået en dialog med Velux om en mindre model.

I 2019 og 2020 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. Der er søgt forskningsmidler til en fortsættelse i 2021.

Resultater i 2020:

- Udvikling af samarbejde mellem Geodatastyrelsen og GEUS om fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning rettet mod opbygningen af en multifunktionel havbundsmodel blev sat i bero på grund af COVID-19.
- Der er udviklet automatiske og optimerede metoder til klassifikation af substrattyper, geomorfologiske enheder og habitattyper med anvendelse af *Machine Learning* i forbindelse med et BONUS-projekt.
- Der er udviklet konceptuelle geologiske og geomorfologiske modeller for to pilotområder i danske farvande samt udviklet *best practice* til kortlægning og monitorering af geodiversitet i det marine miljø på baggrund af fulddækkende og detaljeret havbundskortlægning mv. i forbindelse med et BONUS-projekt.

Strategisk mål:

Vi vil udbygge vores kompetencer og metodikker inden for fagområder såsom fjeldskred, kyst-erosion og lignende for at kunne bidrage med rådgivning og viden omkring geologisk betingende naturkatastrofer.

Perspektiv:

For at nå målet vedrørende fjeldskred vil vi med udgangspunkt i Grønland 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. Ved eventuel bevilling vil en indsendt ansøgning finansiere offshore tsunami- og klima- undersøgelser frem til 2023.

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

Status efter 2020:

Der er i løbet af 2020 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.

Resultater i 2020:

- Det meste feltarbejde i Vestgrønland i relation til fjeldskredsprojektet blev aflyst grundet COVID-19. Projektet er tilrettet og justeret, så den endelige vurdering af risikoen for fjeldskred vil foreligge i sommeren 2022.
- Modellering af, hvorledes potentielle tsunamier genereret af fjeldskred kan påvirke nærliggende bygder og byer, er igangsat.
- Arbejdet med vurdering af risikoen for fjeldskred på kritiske lokalitet langs kysterne i Grønland fortsatte i 2020, dog under den tilrettede tidsplan. Målet er dels at informere grønlandske myndigheder, hvis det vurderes, at der er akut fare for nye skred, dels i sommeren 2022 at gennemføre en langtidsvurdering af risici for de samme områder.
- Tolkning og processering er udført med henblik på publicering af et stort antal marine geofysiske data, indsamlet på et togt i efteråret 2019. Der arbejdes på et *peer-reviewed* manuskript.
- Togt finansieret af Dansk Center for Havforskning omkring fjeldskred, tsunamier og klima er udsat til sommeren 2021 på grund af COVID-19. Ny seismik og prøvetagninger vil give højopløselige data til anvendelse i forbindelse med tsunami- og aldersmodellering.
- GEUS deltog i 2020 i et større EU-projekt om udnyttelse af seismologiske infrastrukturer overalt i verden til forbedret jordskælvsbestemmelser og andre seismologiske hændelser; projektet fortsætter de kommende år. Herhjemme er der taget kontakt til og indgået dialog med tre kommuner med tegn på bevægelser i terrænet med bebyggelse eller infrastruktur og deraf risiko for landskred. Der er via Departementet formuleret et indspil til klimahandlingsplanen om kortlægning af landskredsområder i hele landet og eventuel koblingen til ændringer i klima.

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 forskellige 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 tidslige 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 videnbehov 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 2020:

I 2020 er der 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. 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. Sluttelig er der påbegyndt forskningsansøgninger, hvori reetablering af vådområder indgår.

Resultater i 2020:

- Der er foretaget en vurdering af klimaændringers påvirkning af vandmiljøet i forhold til ændringer af grundvandsstanden. Arbejdet er afrapporteret, og der er indsendt et manuskript til publicering i et *peer-reviewed* tidsskrift.
- En opdateret geologisk/hydrogeologisk model for Horsens fjordopland, der inkluderer grundvandsudstrømning til fjorden, er opdateret og færdigudviklet. Både marine og landbaserede geologiske og geofysiske data er inkluderet og integreret i kystzonenmodellen

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 CO₂ 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, inklusive reorganisering af økosystemer samt masseuddøen. Mange af disse konsekvenser, fx forsuring af havet, stratificering, svækket cirkulation, havbundsød, uddøen af koralrev, havstigning, intensivering 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 2020:

Der er taget initiativ til oprettelse af en stor klimagruppe på tværs af afdelinger. Gruppen har afholdt en række seminarer med præsentationer af klimaaspekter opnået i tidligere projekter, samt præsentationer fokuseret mod forskningsbehov. Der er endvidere identificeret et bredt bemandet kampagneinitiativ, der igangsættes i 2021, og som skal munde ud i en eller flere ansøgninger om eksterne midler.

Resultater i 2020:

- To Geocenter-projekter om havniveauændringer omkring Grønland er forløbet som planlagt.
- Arbejdet med biomarker-analyser af Kridtsedimenter fra Baffin Bay-kerner er forløbet som planlagt og der er indsendt et manuskript til publicering i et *peer-reviewed* tidsskrift.
- Arbejdet med vegetations-, kulstofisotop-, og biomarker-analyser af tidlig jurassiske sedimenter fra Bornholm for evaluering af *recovery* efter masseuddøen ved Trias–Jura grænsen fortsatte i 2020 og er tæt på afslutning. Der er indsendt et manuskript til publicering i et *peer-reviewed* tidsskrift.
- Ingen af tre projekter ansøgt i 2019 opnåede bevilling.

Øvrige aktiviteter:

Kontinentalsokkelprojektet fortsatte i 2020. Målet er at vedligeholde og optimere Kongerigets krav på kontinentalsoklen udover 200 sømil gennem indsamling og processering af nye data og publicering af forskningsresultater.

Arbejdet med at vurdere mulighederne for etablering af et geologisk slutdepot i ca. 500 meters dybde for Danmarks radioaktive affald fortsatte i 2020. På grundlag af eksisterende viden er der arbejdet videre med kortlægning af mulige områder for videregående geologiske undersøgelser i projektets næste fase.

Projektet vedrørende undersøgelse af fordele og ulemper ved ild som omkostningseffektiv naturpleje er fortsat, dog er feltarbejdet blevet udsat grundet COVID-19.

Indsamling og bearbejdning af historiske og recente data fra Draved Skov fra 1948 og frem er fortsat, med henblik på analyse af jordbunds- og vegetationsforandrings signalværdi til brug for klimatilpasning.

Der er arbejdet med en mere nøjagtig beskrivelse af, hvordan strukturer af vegetation i forskellige arealanvendelser kontrollerer interceptionstab og tilførslen af vand til jordens umættede zone.

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 søge at etablere nye tværfaglige forskningsprojekter for herigennem at understøtte de krav, der stilles til en moderne vandressourceforvaltning – jf. fx Nitratdirektivet, Grundvandsdirektivet og Vandrammedirektivet. 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 samarbejdspartners kompetencer inden for fx kunstig intelligens, forvaltning, sundhed og miljøeffekter.

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 2020:

Der er i samarbejde med Miljøstyrelsen etableret en række nye forsknings- og udviklingsprojekter med fokus på metodeudvikling og tilstandsvurdering for kemisk tilstand af de danske grundvandsforekomster med hensyn til pesticider, miljøfremmede forurenende stoffer, sporstoffer og salte. Der er i projekterne fokus på høj grad af tværfagligt samarbejde omkring geologi, hydrogeologi, grundvandskemi. Tilsvarende tværfagligt indhold har indgået i flere ansøgninger om eksternt finansierede forskningsprojekter. Desuden er en række planlagte projektaktiviteter gennemført i regi af Miljøstyrelsens grundvandskortlægning. Driften af VAP er videreført i sin nuværende form, og der er leveret forskellige bidrag til de kommende forhandlinger om den nye pesticidstrategi, der skal gælde fra 2022, og som VAP i givet fald skal finansieres fra. I både VAP og grundvandsovervågningen arbejdes kontinuerligt med at effektivisere og modernisere processer samt arbejdsgange. Endelig er der udarbejdet og indsendt en række ansøgninger indenfor feltet.

Resultater i 2020:

- Der er gennemført metodeudvikling for Miljøstyrelsen vedr. kemisk tilstandsvurdering af grundvandsforekomster i forhold til pesticider, sporstoffer og salte, og i samarbejde med DTU vedr. øvrige organiske miljøfarlige forurenende stoffer. Efterfølgende er der gennemført tilstandsvurdering.
- Der er indsendt ti projektansøgninger med tværfagligt indhold dækkende aspekter inden for hydrogeologi, mikrobiologi og hydrogeokemi. I syv af disse har GEUS været hovedansøger. To ansøgninger er blevet accepteret; et om udarbejdelse af værktøj til at skelne pesticidpunktkilder fra -fladekilder (finansieret af Miljøstyrelsens teknologiudviklingspulje) og et om MAR-løsninger i Sydafrika (finansieret af Danida). En tredje ansøgning om MAR løsninger generelt i Europa (ansøgt hos Water JPI) er gået videre til fase II. Tre ansøgninger afventer svar og fire ansøgninger er afvist. To af de afviste ansøgninger forventes revideret og genansøgt i 2021.

- Driften af VAP er videreført i sin nuværende form, og der er leveret forskellige bidrag til de kommende forhandlinger om den nye pesticidstrategi, der skal gælde fra 2022. VAP skal i givet fald finansieres fra den nye strategi.
- Der er opstillet en model for afrapportering af de mange data for Miljøstyrelsens screening for pesticider, og denne er anvendt i den årlige rapport for grundvandsovervågning.
- GEUS har assisteret Miljøstyrelsens grundvandskortlægning med indlæsning af deres FOHM-model for Jylland i GEUS' nye 3D database og med kvalitetssikringsproces for opdateringer samt med kriterier for sammenlægning med tilsvarende regionale modeller for Fyn og Sjælland. Desuden er der assisteret med opdatering af maskinelt udarbejdet kort over redox-grænsen, kortlægning af begravede dale og bedre kvantificering af effektive porøsitetseværdier i kalk. Endelig har Miljøstyrelsen og GEUS været i dialog om GEUS' bidrag til opgaven på længere sigt.

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 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 hydro-stratigrafiske 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 2020:

I 2020 fortsatte udviklingen af den Nationale Vandressourcemodel, bl.a. målrettet forskellige forvaltningsbehov. Her kan nævnes behov om mere data til brug for klimatilpasning samt et behov om et nationalt kvælstof retentionskort opdelt i oplande på 15 km² til brug i forberedelserne for vand-områdeplanerne 2021-2027. Derudover er der leveret store mængder data fra modellen til udstilling i to offentlige portaler. Disse data kan anvendes i forbindelse med klimatilpasning.

Resultater i 2020:

- Der er opbygget en ny version af den Nationale Vandressource Model i en hidtil uset høj detaljeringsgrad på 100mx100m for hele landet med fokus på vandføring og det terrænnære grundvand. Udviklingen er målrettet et forvaltningsbehov om mere data til brug for klimatilpasning.
- Den nationale kvælstofmodel er opdateret baseret på den Nationale Vandressource Model og modeller, der beskriver udvaskning samt omsætning af nitrat i overfladevandet.
- I år er de nye nationale data i 100mx100m for den terrænnære grundvandsstand og vandføring i vandløb for både historisk og fremtidigt klima udstillet i to offentlige portaler sammen med hydrologiske randbetingelser til brug for lokale modeller. Derudover er simuleringsdata fra den Nationale Vandressource Model leveret til bl.a. GrundRisk, der er Miljøstyrelsens beregningsmodel til risikovurdering af grundvandstruende forureninger. Udstilling af data er næste skridt.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til udvikling af det faglige grundlag for en målrettet og differentieret regulering og indsats rettet mod en reduktion af næringsstoffabet 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 2020:

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 nitrat anvendelse gennem karakterisering af redox-forhold, modellering af transport og forståelse af tidlige variationer af nitratomsætningen. Ligeledes er der arbejdet med kortlægnings- og vurderingskoncepter for nitratsårbarhed i to europæiske forskningsprojekter.

Resultater i 2020:

- Med lidt forsinkelse grundet det våde vejr i foråret samt COVID-19, er der i efteråret gennemført geokemisk feltarbejde i to udvalgte demo-områder i eksisterende Innovationsfondsprojekt. Det planlagte laboratoriearbejde er startet og fortsætter i 2021.
- I regi af eksisterende Innovationsfondsprojekt er der arbejdet med geologisk detail-tolkning og tolkning af redoxforhold i 3D, statistisk tolkning af laboratoriebestemte N-reduktionsrater samt generering af træningsbilleder til stokastisk modellering. Der er indsendt fire manuskripter til publicering i *peer-reviewed* tidsskrifter.
- Der er arbejdet med interessentinddragelse omkring drikkevandsbeskyttelse og landbrug i regi af et EU-projekt, men en planlagt workshop med interessenter i Aalborgområdet har måttet udskydes til senere på grund af COVID-19. Der er indsendt et manuskript til publicering i *peer-reviewed* tidsskrift.
- Der er gennemført en sårbarhedsanalyse på en dansk case i Tønder-området med værktøjet *DRASTIC* i et stort samarbejdsprojekt på tværs af de europæiske geologiske undersøgelser. Der er indsendt et manuskript til publicering i *peer-reviewed* tidsskrift, og yderligere et manuskript om naturlige baggrundsværdier i grundvand er under udarbejdelse.
- Metoder er udviklet og analyser gennemført til vurdering af, hvorledes vandføringsdata kan udnyttes mere optimalt som input til modelkalibrering for estimering af drænstrømning fra landbrugsjord. Den bedre beskrivelse af drænstrømning benyttes til at vurdere transport af nitrat via dræn. Der foreligger udkast til videnskabelig *peer-reviewed* artikel.

- Forskellige modelkoncepter er udviklet og testet til beskrivelse af lokal variation af kvælstofomsætning i ånære områder. Desuden er en foreløbig metodik for kobling til den nationale kvælstofmodel udviklet.
- Der er gennemført monitoring af drænmålinger med involvering af lodsejere, og en hydrologisk model er anvendt til vurdering af alternative strategier for beskyttelse af grundvand til lokalt vandværk scenarier. Et manuskript herom er accepteret til publicering i et *peer-reviewed* tidsskrift.
- Feltobservationer er gennemført i et nyt projekt, og der er udviklet et indledende koncept for kvantificering af terrænnær nitratomsætning.

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 inden for et år, 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, der er rettet mod 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 2020:

HRMS-faciliteten er under etablering. 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 to forskningsansøgninger til DFF.

Resultater i 2020:

- Der indkøbt og installeret udstyr til etablering af HRMS-faciliteten. Grundet COVID-19 fortsætter optræning af personale og endelig etablering af tilhørende rentrumsfacilitet i 2021.
- Analysefaciliteten kunne grundet forsinket optræning af personale ikke anvendes på VAP-markerne i 2020.
- Analysefaciliteten indgik i 2020 i fire større ansøgninger på grundvandsområdet.
- Der er etableret et opdateret kvalitetssikret landsdækkende datasæt om nitrateksponering i drikkevand, som nu indgår i samarbejdsprojekter med det miljømedicinske forskningsmiljø omkring epidemiologiske analyser af sammenhænge mellem drikkevand og sundhed.
- Et kvalitetssikret landsdækkende datasæt om pesticideksponering i drikkevand er etableret, og der er indsendt et manuskript til GEUS' Bulletin. Datasættet vil indgå i epidemiologiske analyser om drikkevand og sundhed i samarbejde med det miljømedicinske forskningsmiljø.
- Der er etableret et kvalitetssikret dansk grundvandskemisk datasæt som indgår i et stort forskningsprojekt på tværs af de europæiske geologiske undersøgelser om naturlige baggrundsværdier i grundvandet og sundhed.

Øvrige aktiviteter:

Satellitdata er løbende anvendt til bestemmelse af rumlige mønstre af evapotranspiration og til at forbedre hydrologiske modeller.

Der er udført borehulslogging i forbindelse med en række forsknings- og udviklingsprojekter.

Grøn omstilling

Strategisk mål:

Vi vil understøtte den grønne omstilling og bidrage til målet om en 70% reduktion af CO₂-udledningen i 2030 med ny viden om mulighederne for lagring af drivhusgassen CO₂.

Perspektiv:

For at nå målet vil GEUS udføre forskningsaktiviteter med henblik på at vurdere mulighederne inden for fangst, lagring og anvendelse af CO₂ for at bidrage til at Danmark kan nå regeringens mål om 70% reduktion i udledningen af CO₂ i 2030. En del af disse aktiviteter vil blive igangsat under det nye CCUS-center oprettet på GEUS. Forskningsaktiviteterne skal bidrage til at det geologisk-tekniske grundlag er til stede for effektiv og sikker deponering (permanent) og lagring (midlertidig) af CO₂.

Desuden skal aktiviteterne bidrage til, at aktører i Danmark kan udarbejde og indsende en veldokumenteret ansøgning til EU's Innovation Fund i 2020 eller 2021 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 aquiferer samt hæve det geologisk-tekniske niveau.

Status efter 2020:

Det etårige CCUS2020-projekt er gennemført med udarbejdelse af mere end 30 tekniske rapporter og et stort antal notater vedr. lagring, omkostninger, sikkerhed etc. udarbejdet som baggrundsmateriale til Departement og Energistyrelsen. Projektet har genbesøgt en lang række strukturer og vurderet usikkerheder i datadækning og på den baggrund vurderet lagringspotentialer. Desuden har GEUS bidraget til et EUDP-projekt om kvalificering af et udtjent oliefelt i den danske del af Nordsøen til CO₂-lagring.

Resultater i 2020:

- En række forskningsaktiviteter finansieret af det nyetablerede CCUS-center ved GEUS er stort set forløbet efter planen og afsluttet, dog justeret i forhold til COVID-19. Der er afholdt et internt stormøde samt et offentligt webinar i samarbejde med Dansk Industri. Desuden passerede to af tre ansøgninger gennem første nåleøjle til ACT-III programmet, og der skal udarbejdes fase 2 ansøgninger primo 2021
- I samarbejde med relevante partnere er der indsendt en anbefaling til EU med henblik på at opnå støtte til en testboring af Gassum Formationen på Havnsø-strukturen.
- Der er udarbejdet ansøgning i samarbejde med Sinteff til EU H2020 vedr. modning af Hanstholm strukturen i Skagerrak til CO₂-lager. Ansøgningen blev dog ikke imødekommet.
- Mulighederne for yderligere forskningsmidler fra Innovationsfonden og EUDP vedr. fangst, permanent geologisk deponering og midlertidig lagring samt anvendelse af CO₂ blev afsøgt, og to ansøgninger indsendt til Innovationsfonden. Det ene projekt fokuserede på mulighederne for lagring af varme i mellemdybde kalkstensformationer i Københavnsområdet, mens det andet sigtede mod at udarbejde et katalog, som dokumenterer mulighederne for geologisk lagring af forskellige energiformer i forskellige formationer, dybder og områder. Ingen af ansøgningerne blev dog imødekommet.

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 væsentlig viden om geologiske og hydrogeologiske forhold, som øger vores viden 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 2020:

Der er udarbejdet og indsendt EUDP-ansøgning om opdatering WebGIS-geotermi portal samt om udvikling af et beregningsværktøj i samarbejde med partnere. Desuden er der indsendt to ansøgninger til Innovationsfonden om henholdsvis varmelagring i kalkstenformationer i Københavnsområdet og om udarbejdelse af et katalog over mulighederne for geologisk lagring af forskellige energiformer i forskellige formationer, dybder og områder. Ingen af disse tre ansøgningerne blev dog imødekommet. Efterfølgende er der indledt dialog med udvalgte interessenter om muligheder for kommende projektaktiviteter og ansøgninger indenfor varmelagring, og dialogen vil fortsætte og evt. konkretiseres i 2021.

I regi af eksisterende forskningsprojekter er der arbejdet videre med analyse af mulighederne for varmelagring generelt og overfladenære geotermiske løsninger i byområder.

Resultater i 2020:

- GEUS har i 2020 i GeoERA-regi stået for udarbejdelse af en hvidbog om krav til Web-funktionalitet og -struktur af projektdata med henblik på at kunne publicere bl.a. data for overfladenær geotermi på informationsplatformen *European Geological Data Infrastructure* (EGDI). Herudover er der bidraget med danske erfaringer inden for kortlægningskoncepter og retningslinjer for kortlægning og teknisk overvågning af overfladenære geotermiske ressourcer, som vil blive indarbejdet i en fælles europæisk rapport.
- Der har i et europæisk projekt om varmelagring i 2020 primært været fokus på analyse af mulighederne for geologisk lagring af varme i fem områder i dialog med lokale interessenter, mens arbejdet med et *roadmap* for implementering af varmelagring i undergrunden i Europa blev igangsat i efteråret og fortsættes i 2021. Arbejdet med en *best practice* guideline blev påbegyndt i slutningen af året og fortsættes i 2021.
- Det lykkedes ikke i 2020 at skaffe midler til opdatering af WebGIS geotermi-portalen med nye data, viden og konceptet om undergrundens geoprovinser og rangordnede geotermiprospekter.

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 Selvstyrets Departement for Erhverv, Energi, Forskning og Arbejdsmarked og Nukissiorfiit (Grønlands Energiforsyning). Vi vil fortsat støtte eventuelle markedsføringsaktiviteter fra Selvstyrets 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:

Aktiviteterne har i 2020 været på vågeblus især 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.

Resultater i 2020:

- Der er udarbejdet et udkast til en rapport om kortlægning af vandressourcer til vandkraft Fase 3 i samarbejde med ASIAQ.
- Forhandling om Kortlægning af vandressourcer til vandkraft Fase 4 er endnu ikke igangsat grundet omstrukturering i Selvstyret og Nukissiorfiit.
- Fortsat kommunikation med Selvstyret og Nukissiorfiit om planer for vandkraftværker, og det eventuelle behov for forundersøgelser har været begrænset grundet COVID-19, men et møde er aftalt til februar 2021.
- Afstrømningsdataserier fra Watsonfloden ved Kangerslussuaq oparbejdes løbende gennem overvågningsprogrammet PROMICE og projektansøgning til Horizon2020. Der er arbejdet på en plan for opgradering af dataserien, og i denne forbindelse deltog GEUS i en EU-ansøgning (afvist) samt en national forskningsinfrastrukturansøgning *Greenland Integrated Observing System*, GIOS (accepteret) om udvidelse af denne aktivitet. ASIAQ udfører i regi af PROMICE fortsat beregninger af afstrømningen fra Tasersiaq-oplandet, der har det største potentiale i Grønland.

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:

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. Der er i EU stor bevågenhed på regionens afhængig af mineralske råstoffer og i efteråret 2020 blev der oprettet en råstofalliance 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, slagger 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.

Resultater i 2020:

- Der analyseres fortsat på muligheder for ekstraktion af relevante råstoffer (eks. Li, Cu, Co) fra geotermiske anlæg. De foreløbige resultater af denne analyse antyder, at der ikke er tilstrækkeligt med data til at konkludere vedr. mulighederne i en dansk sammenhæng. En endelig konklusion ventes i foråret 2021.
- Formidling om behovet for specielle råstoffer i den grønne omstilling har været udfordret af COVID-19. Deltagelse i Naturvidenskabsfestival blev dog gennemført i løbet af sommeren og formidlingsarbejdet fortsætter med udgivelse af Geoviden om Grøn omstilling i 2021.
- Kortlægning og karakterisering af forekomster af sekundære råstoffer (affaldsmaterialer) og deres potentiale for udnyttelse er undersøgt med MiMa-rapport om muligheder og udfordringer ved *landfill mining*. Desuden er der udgivet to *peer-reviewed* artikler; én om brug af geofysik til at undersøge råstofpotentialet i lossepladser og en artikel om undersøgelse af råstofstrømme af metaller i skot i Danmark. Der er etableret et nyt projekt med Esbjerg Kommune, som kortlægger et deponi med henblik på *landfill mining*.

- Kortlægning af materialebehovet for accelereret grøn omstilling i dansk perspektiv er påbegyndt med analyse af batteriråstoffer litium og kobolt, begge råstoffer som er afgørende for elektrificering af batterimoduller i el-køretøjer
- Planlagt rapport om de sjældne jordartsmetaller samt deres forekomster og værdikæder er blevet forsinket grundet COVID-19 og publiceres først i 2021.
- GEUS fortsatte i 2020 arbejdet med karakterisering og vurdering af metaller i slagge og flyveaske fra forbrændingsanlæg fortsatte med henblik på ekstraktion af metaller og bedre nyttiggørelse af disse restprodukter. Der har været dialog med flere parter i industrien om nye samarbejdsprojekter, men indtil videre er der ikke indgået aftaler.
- GEUS har udført skrivebordsstudier for Energinet og Energistyrelsen, der beskriver geologiske modeller for henholdsvis energiømråder i Nordsøen og Hesselø vindmøllepark. Dette indgår som forundersøgelser til brug for optimering af detaljerede undersøgelser og til risikovurderinger i forbindelse med placering af potentielle vindmølleparker i de danske havområder.

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 klimaændringers vekselvirkning med strømningsmønstre ud fra de geologisk dokumenterede forhold, men også for at afsøge mulighederne for endnu uopdagede ressourcer på den grønlandske østkyst.

Derudover vil vi udvikle vores kompetencer bl.a. gennem konsulentarbejde for især den norske olieindustri indenfor *late-life* udnyttelse af de eksisterende oliefelter og den dertil hørende eksisterende infrastruktur, men også ved at puste nyt liv i en effektiv og mindre miljøbelastende efterforskning og produktion i den danske del af Nordsøen gennem udvikling af nye modeller. Via vores store viden om Nordsøen og de grønlandske shelf-områder vil vi bidrage med viden om alternative energiudnyttelser af undergrunden.

Status efter 2020:

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 2020:

- Arbejdet med ressourceevaluering af olie/gas potentialet i Grønland fortsatte i 2020. De første tre af i alt syv delområder er afrapporteret og præsenteret i form af *fact sheets* og på webGIS platform. Arbejdet forventes helt afsluttet i 2022.
- Der er publiceret flere artikler og rapporter om undergrundens geologiske forhold og af olie/gas potentialet i både Danmark og Grønland baseret på både nye og ældre endnu ikke publicerede resultater.
- Der er i 2020 arbejdet på at modne større forskningscenteransøgninger med nordiske kolleger omkring den tektoniske udvikling af Nordatlanten, og dette fortsætter i 2021.
- Afsøgning af mulighederne for konsulentarbejde for især den norske olieindustri inden for bæredygtig og effektiv udnyttelse af energiressourcerne i Nordsøen blev sat i bero på grund af COVID-19 og generel afmatning i olieindustrien.

Øvrige aktiviteter:

Perm-Trias projektet i Nordøstgrønland er afsluttet.

Et forskningstogt ud for Sydøstgrønland for at vurdere hidtil dårligt kendte sedimentbassiner er grundet COVID-19 udsat til foråret 2021.

Mineralske råstoffer til vækst

Strategisk mål:

Vi vil styrke datagrundlaget for mineralefterforskning i Grønland, udbygge den geologiske kortlægning samt tilgængeliggøre data og forskningsresultater om bl.a. dannelse af mineralerne.

Perspektiv:

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.

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.

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 *split-stream* analyseteknik til samtidig analyse af isotopforhold og grundstofkoncentrationer i mineraler, samt udbygning af SEM-laboratoriets arbejdsområder inden for materiale og bjergarts karakterisering.

Det ovennævnte arbejde vil ske gennem samfinansiering/samarbejde med Selvstyrets Departement for Råstoffer, gennem finansiering søgt ved danske forskningsfonde, gennem EU-programmer (herunder *EIT Raw Materials KIC*), og gennem samarbejde med industrien.

Status efter 2020:

Der er påbegyndt nyttegning af to 1:100.000 kortblade over Upernavik området nordøst for det igangværende Karrat-område, og de to kortblade forventes færdiggjort i 2021. Hertil kommer digitalisering og nyudgivelse af seks 1:100.000 geologiske kort over Thule Supergroup i Qaanaaq området, Nordgrønland. De samlede kortblade forventes udgivet i 2022.

Resultater i 2020:

- Fire 1:100.000 kortblade over Karrat Group i Nordvestgrønland er færdigkompilede og tegnede. Trykning og kortbladsbeskrivelse er grundet COVID-19 forsinket men sker i 2021.
- Arbejdet med nye 1:100.000 kortblade i Nordøstgrønland er igangsat, og der foreligger et første udkast til de væsentligste dele af Clavering Ø-kortbladet.
- Modernisering af instrumenter til uorganiske analyser samt etablering af nye analysemetoder, der tillader samtidige sporelement- og isotopforholdsanalyser er iværksat. To nye instrumenter, en quadropol ICPMS (som erstatning for et mere end 20 år gammelt instrument) og et nyt OES-instrument er indkøbt. Tilhørende laboratorieombygning er under planlægning.
- En redegørelse for det økonomiske grundlag for udnyttelse af gletsjer-genereret grus og sand er afsluttet, og blev inden sommerferien afrapporteret til Departementet for Mineralske Råstoffer. Rapporten er foreløbig fortrolig og kan først offentliggøres, når den er blevet behandlet af Naalakkersuisut i løbet af efteråret 2021.

Strategisk mål:

Vi vil bidrage til udvikling af et klassifikationssystem for råstofferne sand og grus for at optimere ressourcevurderinger 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 2020:

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

Resultater i 2020:

- Der er bidraget til test af UNFC-klassifikation i Europa med udvalgte danske råstofressourcer. Arbejdet udføres i samarbejde med europæiske partnere, og med Miljøstyrelsen i forbindelse med styrelsens ønske om en national råstofstrategi.
- Den marine råstofdatabase MARTA er udbygget i samarbejde med Miljøstyrelsen med integration af eksisterende kornstørrelsesdata, mineralogiske data m.m., og med resultater fra råstofkortlægninger fra perioden 2017–2019.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv omkring harmonisering af klassifikation af sand- og grusråstoffer er på grund af COVID-19 udsat til foråret 2021.

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 storskalaforsyning 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 2020:

GEUS' råstofdatabase er i 2020 udbygget med laboratoriedata som et led i forberedelserne til en mulig national database. Kortlægningsmæssigt har fokus i 2020 været rettet mod Nordsøen med henblik på at øge viden om relevante ressourcer til mulige energiøer og et øget behov for grus ressourcer. Der vil blive arbejdet videre med forbedret kortlægningsnøjagtighed og implementeringen i databasen.

Resultater i 2020:

- Tolkning af seismiske data indsamlet i Nordsøen i 2019 blev udført som baggrund for udpeging af positioner til borekampagne udført i sommeren 2020.
- Der er udført fase 1 råstofkortlægning af fem områder i Nordsøen med henblik på udpeging af områder til mere detaljeret råstofkortlægning.
- Dialog med Miljøstyrelsen, Regioner og råstof erhverv om etablering af national råstofdatabase på GEUS er indledt med Miljøstyrelsen og vil blive bredt ud i 2021.

Øvrige aktiviteter:

Engagementet i EU-baseret forskningssamarbejde inden for mineralske råstoffer og deres rolle i den cirkulære økonomi, bl.a. gennem i *EIT Raw Materials KIC* og H2020-HE, fortsatte i 2020.

Værdiskabende data

Strategisk mål:

Vi vil fortsat understøtte forskning og forvaltning i Danmark og Grønland, hvor geologiske data indgår, og øge mængden, kvaliteten og tilgængeligheden af data.

Perspektiv:

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.

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 igennem web-grænseflader, som vi løbende udvikler rettet mod brugernes nye og ændrede behov. Endelig vil vi arbejde på at øge datakvaliteten igennem implementering af procedurer, værktøjer og målrettet kvalitetssikringsarbejde.

Status efter 2020:

Der arbejdes kontinuert med lagring af data fra forskningsprojekter og andre relevante aktiviteter i GEUS' centrale databaser. Bl.a. kan nævnes, at en del data fra regionernes databaser i årets løb er blevet lagret i Jupiter-databasen, hvor de efterfølgende er blevet brugt i vandplansarbejdet, Grundrisk og HIP. Der arbejdes desuden kontinuerligt med initiativer, der skal højne kvaliteten af både danske og grønlandske data i databaserne. Som noget nyt er der implementeret et system (GEUS Dataverse) til distribution af forskningsdata i henhold til FAIR-principperne. Systemet er allerede taget i brug til distribution af bl.a. PROMICE data og er samtidig ved at blive udbredt til alle GEUS' faglige afdelinger, hvorfor mængden af udstillede datasæt forventes at stige kraftigt i de kommende år. Der blev i 2020 arbejdet ihærdigt på at skaffe midler til Jupiter-reformationen over FL21, men dette mislykkedes, og der er derfor gjort forskellige tiltag for at spille projektet ind til både den Fællesoffentlige Digitaliseringsstrategi (FODS) og den kommende finanslov. På samme måde arbejdes der målrettet på at finde frikøbsmidler, der kan muliggøre frisættelse af de dybe undergrundsdata, som GEUS har i sine arkiver.

Resultater i 2020:

- Bestræbelserne på at finde finansiering til en modernisering af Jupiter-reformationen via finansloven for 2021 slog fejl. Dette blev afrapporteret til Styregruppen i december måned, hvor der også blev fremlagt en plan for iværksættelse af initiativer til at støtte op om projektet, herunder mulige fremtidige finansieringsmuligheder (bl.a. FODS og FFL22).
- Systemet *DataVerse* til udstilling af forskningsdata via DOI'er er blevet implementeret og klar til drift. Forskningsdata fra Afdelingen for Glaciologi & Klima samt fra artikler publiceret i GEUS' Bulletin er gjort tilgængelige via systemet, og systemet er samtidig ved at blive bredt ud til GEUS' øvrige afdelinger via forskningsudvalget.
- Der har været arbejdet målrettet med kvalitetssikring af data om mineralforekomster i Grønland. *Greenland Mineral Occurrence Map* databasen om alle væsentligste mineralforekomster i Grønland. I den forbindelse er databasen bl.a. blevet opgraderet til ny version.
- Geofysiske AEM og Aeromag-data fra Grønland blev gjort gratis fra og med marts måned.

- Der er udarbejdet et notat vedr. samfundsgevinster i relation til frikøb af de dybe undergrundsdata (olie- og gas-dataene) i samarbejde med Energistyrelsen og Nordsøenheden. Notatet er tiltænkt Departementet i forhold til at finde fremtidige økonomiske ophæng til frikøbet, herunder bl.a. i relation til den grønne omstilling

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 CO₂ samt stigende fokus på bæredygtig vand-ressourceforvaltning 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 brancheskel. 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 2020:

Der er løbende, når relevant, arbejdet på mulighederne for finansiering af arbejdet med etablering af en national digital 3D geologisk model for Danmark. Med indlæsning af Miljøstyrelsens hydrostratigrafiske FOHM-model for Jylland 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 2020:

- Miljøstyrelsens hydrostratigrafiske FOHM-model for Jylland er indlæst i GEUS' 3D-database, og der er givet input til sammenlægning med tilsvarende modeller for Fyn og Sjælland. Udstilling afventer Miljøstyrelsen.
- De vigtigste regionale laggrænser fra Danmark er blevet udstillet i en interaktiv web-grænseflade direkte fra GEUS' 3D-database.
- GEUS er løbende i dialog med KEFM om relevante muligheder for finansiering af arbejdet med en national digital 3D geologisk model for Danmark, og har bl.a. givet input i regi af 'Strategi for offentlige data'.

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. Endelig vil vi 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 2020:

Der er i 2020 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 bidraget til nye ansøgningsaktiviteter indenfor området, indtil videre dog uden succes. Der er desuden arbejdet videre med at etablere et system til modtagelse af online sensordata fra dataloggere.

Resultater i 2020:

- Der er i to forskningsprojekter arbejdet med *Multi-Point Statistics* (MPS) og Gaussisk simulering af tolkningspunkter. Dette sker ved konstruktion af en geologisk lagmodel, resistivitet-litologi-relationer i forhold til kvantificering af usikkerhed og simulering af geologi og redox-forhold i én arbejdsangang ved brug af bivariate træningsbilleder i MPS. Der er indsendt to manuskripter til publicering i *peer-reviewed* tidsskrifter, og yderligere fire manuskripter er under udarbejdelse.
- Der er etableret et system til modtagelse af online sensordata fra dataloggere i borer. Der er i den forbindelse blevet sat webtjenester op, der kan modtage datapakker og gemme disse i databasen, ligesom der er lavet en webbrugergrænseflade, hvor de indberettede data kan ses.

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-GS) 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 i løbet af 2020 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 2020:

GEUS bibeholder sine toneangivende rolle i koordinering og udvikling af EGDI (European Geological Data Infrastructure), hvilket p.t. specielt sker i regi af de europæiske samarbejdsprojekter under GeoERA-programmet. Planen om at etablere et fremtidigt *Horizon Europe Partnership* er droppet og erstattes af et andet europæisk instrument (*CSA – coordination and supporting action*). Det er meget sandsynligt, at EGDI bliver centralt i dette, og GEUS deltager som ledende partner i arbejdet med at få EGDI indarbejdet i denne CSA. GEUS samarbejder fortsat med vore britiske og franske søsterorganisationer om at etablere et stabilt driftsmiljø for de centrale dele af forskningsinfrastrukturen EPOS.

Resultater i 2020:

- Planen om at etablere et *Horizon Europe Partnership* er droppet og bliver erstattet af et andet europæisk instrument (*CSA – Coordination and Supporting Action*). EGDI bliver centralt i dette, og da GEUS stadig har en ledende rolle som koordinator af EGDI, deltager GEUS også med en central rolle i udformningen af CSA'en.
- Både SGU fra Sverige, GTK fra Finland og senest GeoZS fra Slovenien er meget interesseret i at bruge GEUS' 3D database i deres respektive datacentre, og de arbejder aktivt på en afklaring af, hvorvidt modellen skal bruges nationalt i de tre lande. Derudover har NGU fra Norge, SwizzTopo fra Schweiz og TNO fra Holland også udvist interesse.
- I 2020 er der blevet udarbejdet en 3D model på tværs af kystzonen fra Horsens Fjord i regi af et BONUS-projekt. Modellen er lagret i GEUS' 3D-database og visualiseres igennem EGDI-portalen.
- GEUS har sammen med SGU udviklet kode til at visualisere tidsserie-data. Koden er indarbejdet i EGDI-plattformen, hvor der p.t. kan visualiseres pejletidsserier fra sensorer i borerer fra Danmark og Sverige.

Øvrige aktiviteter:

GEUS har i 2020 fortsat arbejdet med den systematiske geologiske kortlægning (jordartskartering) af Danmark og der er gennemført kartering af 366 km², primært i et område nord for Silkeborg samt mindre områder vest for Horsens.

I GEUS' boreprøvelaboratorium, som modtager og beskriver prøver via lovpligtig indberetning af boreprøver fra vand- og råstofboringer, er der i 2020 beskrevet mere end 10.000 prøver.

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

Der er udarbejdet en foreløbig beskrivelse af et projekt omkring digitalisering af scannede borerapporter i Jupiter-databasen, og der arbejdes kontinuerligt på at finde passende finansieringskilder.

Opdatering af den nationale undergrundsdatabase SAMBA med funktionalitet til modtagelse af produktionsdata i henhold til ny bekendtgørelse er færdiggjort efter planen.

Fremtidens GEUS

Strategisk mål:

GEUS skal til stadighed udvikle sig som en dynamisk organisation, hvor medarbejdere og ledere trives.

Perspektiv:

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.

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 omverdenen. 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.

Status efter 2020:

Efter det først år af strategiperioden er en fastholdelse af målet som en synlig, attraktiv og udviklende arbejdsplads er godt på vej. Størstedelen af de initiativer, der blev opstillet for 2020 er opfyldt. Nu vendte implementering i løbet af 2021. Især implementeringen af den videnskabelige stillingsstruktur kan være med til at gøre GEUS attraktiv for forskere, både nationale og internationale.

Resultater i 2020:

- Der er udarbejdet en HR-strategi for GEUS, og denne er godkendt af Direktionen samt forelagt bestyrelsen til orientering.
- Der er udført en række aktiviteter i 2020 i regi af *HR in Excellence*: HR har opslået relevante ledige stillinger på *Euraxess'* jobportal, og 'Skriveprojektet' blev afsluttet i 2020. Desuden er et nyt digitalt MUS- og LUS-koncept godkendt og taget i brug. Endelig er materialet til modtagelse af nye medarbejdere på engelsk blevet opdateret, ligesom vigtige dokumenter løbende er oversat til engelsk. To planlagte aktiviteter (relancering af mentorordning og introduktion af REFLEX - et koncept for karriereafklaring) blev ikke nået grundet COVID-19.
- Grundet COVID-19 samt sygdom og travlhed i HR blev der ikke som planlagt udarbejdet et nyt koncept for *preboarding*, *onboarding* og *offboarding*. Dog har HR som noget nyt afholdt *offboarding* samtaler i 2020, og der er udarbejdet en spørgeramme for disse samtaler, som vil blive systemunderstøttet.
- En ny stillingsstruktur er udarbejdet, og denne er godkendt af Direktionen samt forelagt bestyrelsen til orientering.

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 færdiggøre implementeringen af de nye administrative systemer, taget i brug fra 1. januar 2020, som gennem 2020 fortsat skal færdig- og efterimplementeres. 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 2020:

Med en enkelt undtagelse er de nye grundsystemer i normal drift, og der udrulles løbende nye funktionaliteter. Økonomistyrelsens udvikling af Statens Budgetsystem er dog forsinket, men med løbende udviklingsdialog forventes dette løst primo 2021. Dermed, også grundet COVID-19, er realiseringen af gevinster af implementeringen via omorganisering og udvikling også forsinket.

I 2020 blev der arbejdet med at opdatere informationerne på GEUS' intranet om bl.a. de nye administrative IT-programmer, og arbejdet fortsætter ind i 2021 i takt med at projektet afsluttes. Der blev ligeledes sat nye initiativer i gang på intranettet som månedlige portrætter af medarbejdere, der både er eftertragtet indhold og inspirerer til samarbejde på tværs af GEUS. På grund af COVID-19 måtte planlagte afdelingsbesøg om kommunikationsarbejde udskydes.

Resultater i 2020:

- Statens Budgetsystem blev ikke som forventet implementeret i 2020. Det er forventningen, at der kan tages endelig beslutning om implementering i starten af 2021, hvorefter GEUS kan indgå i et implementeringsforløb, såfremt vi vælger systemet til. Alternativt skal GEUS finde implementere et stand-alone system i 2021.
- Der er udviklet et nyt koncept for ledelsesinformation (LIS) og øvrig information og afrapportering.
- Nyt rejsebestillingsmodul blev ikke taget i brug, og opgavesnit mellem GEUS og den koncernfælles rejseenhed er ikke etableret. Der var ikke ressourcer til opgaven i 2020, der fortsætter i 2021.
- Koncept for forretningsorienteret økonomistyring er udarbejdet, mens implementering i Kontor for Økonomi & kontraktjura først sker i 2021.
- Opdatering af indholdet på IntraGEUS i forbindelse med indførelse af nye administrative IT-programmer er delvist gennemført, og flere initiativer for at øge brugen af IntraGEUS er sat i søen.
- Afdelingsbesøg m.m. om ekstern kommunikation og samarbejde med Afdelingen for Presse og Kommunikation måtte udsættes til 2021 på grund af COVID-19.

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 2020:

Det er kun lykkedes at fuldføre dele af de initiativer, der blev igangsat i starten 2020. Det skyldes i stor grad situationen omkring COVID-19 og hjemsendelsen. Dette har især påvirket arbejdet med værdier og ledelsesgrundlag, da det ikke har været muligt at gennemføre seminarer mv. En vigtig milepæl har dog være implementeringen af et nyt digitalt MUS- og LUS-koncept, der allerede er taget i brug.

Resultater i 2020:

- Et nyt digitaliseret MUS- og LUS-koncept er implementeret og taget i brug.
- Grundet COVID-19 var det ikke muligt at gennemføre et lederseminar med fokus på ledelse, GEUS' ledelsesgrundlag og ledernes personlige lederskab med udgangspunkt i Ledelseskommisionens rapport. Seminaret vil blive søgt afholdt i 2021.
- Der er bidraget til HR-strategien med principper og metoder for strategisk kompetenceudvikling.
- Udarbejdelse af fælles grundlag for værdier for ledelse er udskudt til senere grundet COVID-19.
- Ledelsesgruppens udarbejdelse af 'Dit personligt lederskab' blev nedprioriteret i forbindelse med hjemsendelsen i marts, og samtidig med at processen omkring udarbejdelse af nye værdier ligeledes blev sat i stå.

Strategisk mål:

Vi skal udvikle vores speciallaboratorier med fokus på at understøtte de fremtidige behov.

Perspektiv:

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.

Status efter 2020:

Projektet er forsinket i forhold til den oprindelige tidsplan grundet COVID-19. Udbud forventes afsluttet i starten af 2022, hvorefter den egentlige modernisering kan sættes i gang.

Resultater i 2020:

- Analyse af behovene på laboratorieområdet er udført på baggrund af data indsamlet via brugergrupper.
- Udarbejdelse af et færdigt byggeprogram for en modernisering af GEUS' laboratorier er forsinket grundet COVID-19. Desuden viste det sig, at økonomien ikke kunne række til de forventninger og ønsker, som GEUS blev stillet i udsigt, hvorfor processen med indretning måttet gentages to gange.
- Ombygningen kunne ikke som forventet startes op i slutningen af 2020. Forsinkelsen skyldes COVID-19, men et endeligt byggeprogram forventes at foreligge med udgangen af 2021, og ombygningen igangsat i 2022.

Øvrige aktiviteter:

GEUS igangsatte i 2020 arbejdet med at gennemføre en flytning af GEUS' kernemagasin og udrustning til mere moderne lokaler, der blandt andet på betryggende vis kan sikres mod brand. Der er udarbejdet en kravspecifikation, der både rummer behovene fra GEUS nuværende magasin/udrustning og for *Total's* magasin i Nordhavnen, der bliver nedlagt med udgangen af 2021, hvilket øger kapacitetskravene til GEUS' kernelager med op til 30%. Med udgangen af 2020 er der fundet en egnet lokalitet i Tåstrup, og der er påbegyndt en undersøgelse af de tekniske og brandtekniske forhold med henblik på at indgå en lejeaftale i starten af 2021.

Der er bidraget til etablering af en indkøbsenhed i koncernen.

Der arbejdes løbende med aflevering til Rigsarkivet (ældre seismogrammer, papirarkivalier mv.).

Kampagner i 2020

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 nyt strategisk tema eller mål, der indarbejdes i strategien. Dermed sikres, at GEUS' arbejde og strategi løbende tilpasses den samfundsmæssige udvikling.

I 2019 blev der igangsat tre kampagner. En kampagne skulle afdække hvorvidt *Machine Learning* og *Artificial Intelligence* kan anvendes til løsning af vores opgaver med håndtering af store datasæt, og samtidig kortlægge anvendelsen af metoderne i GEUS. En anden kampagne havde til formål at sikre en koordineret og effektiv anvendelse af *Remote Sensing* data, mens en tredje kampagne skulle opbygge en tværfaglig koordinering af GEUS' viden og indsats indenfor CCS, som forventes at blive et fremtidigt kerneområde.

Status for de tre kampagner:

Machine learning:

Efter en indledende kortlægning af brugen af *Machine Learning* er tre delprojekter igangsat:

- *Reservoir characterization with automated mineral identification including complex phases*
- *Machine Learning in palynology*
- *Machine Learning in provenance analysis: Unravelling the genetic code of sediments.*

De to førstnævnte er gjort klar til projektansøgningerne, mens det sidste allerede er finansieret gennem igangværende samarbejdsprojekt.

Multiscale Remote Sensing:

Kampagnen har samlet viden om brugen af *Remote Sensing* i GEUS' ti forskningsafdelinger, herunder anvendelse af metode, udstyr, indsamling eller nedtagning af data samt processering, håndtering og tolkning af data. Seks afdelinger arbejder videre med at etablere et virtuelt *Remote Sensing*-laboratorie, med det formål at sikre en optimal spredning af viden om metodernes anvendelsesmuligheder samt en økonomisk optimal anvendelse af ressourcer.

Tekniske barrierer for CCUS i Danmark:

Denne kampagne blev igangsat, men relativt hurtigt omdannet til et center med eksterne partnere (Energistyrelsen og Gas Storage Danmark), idet GEUS fik tildelt midler hertil fra Forskningsreserven. Arbejdet fortsatte i dette center, som havde som overordnet formål at sikre danske muligheder for at kunne anvende CCUS-teknologien fra 2024. Se øvrigt under det strategiske mål

Yderligere to kampagner blev igangsat eller forberedt i 2020:

Effekter af ændret arealanvendelse og dyrkningspraksis på klimagas-emission og vandmiljø

Kampagnen blev igangsat i marts 2020 og er foreløbigt afsluttet med en statusrapport i august 2020. Litteratursøgning og kommunikation med eksterne partnere viste, at der allerede eksisterer stærke forskningsmiljøer indenfor fagområdet, og at processen med at udtage lavbundslande allerede er i fuld gang. Det vurderes dog, at ved at koble GEUS ekspertise indenfor hydrologi og mikrobiologi kan vi bidrage til nye løsninger for en mere klimaeffektiv udtagning af lavbundslande baseret bl.a. på kontrol af grundvandsstanden. Kampagnen forventes at fortsætte i 2021 med fokus på at vurdere mulighederne for tilvejebringelse af fondsmidler til forskning indenfor området.

Palæoklima:

En mindre studiegruppe igangsatte et initiativ på GEUS med det formål at højne kommunikation og samarbejde mellem de forskningsgrupper på GEUS, der har interesse i at forstå palæoklima. Under hjemsendelse blev der afholdt en række seminarer, hvor relevante forskningsidéer og initiativer blev præsenteret. På basis af dette blev der udarbejdet et forslag til direktionen om en egentlig kampagne.

I oktober 2020 blev der indkaldt idéer til nye kampagner. Palæoklima-initiativet nævnt ovenfor blev sammen med en kampagne om Virtuelle forskningsmiljøer udvalgt og startes op i begyndelsen af 2021.

Kvantitative indikatorer

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

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

GEUS nåede ikke helt i mål med hensyn til antal videnskabelige artikler, idet der blev udgivet 68 artikler med GEUS-ansatte som førsteforfatter i 2020 mod målet på 80. Modsat er målet om 90 artikler, hvor GEUS-medarbejdere var medforfatter overopfyldt med 133. I 2020 blev det desværre kun til otte artikler i GEUS egen bulletin mod et mål på 25. Dette skyldes prioritering af relancering af GEUS Bulletin med ny hjemmeside, nyt design, nye processer og systemer, rekruttering af faglige redaktører, tilgængeliggørelse af arkiv samt opfyldelse af internationale krav til *open access* for videnskabelige tidsskrifter. Hertil betød COVID-19, at forfattere måtte prioritere andre opgaver, hvilket både har betydet forsinkelser og indsendelse af færre artikler. Den relancerede GEUS Bulletin kan ses på geusbulletin.org.

Seks professorer var i 2020 ansat ved GEUS, heraf var én adjungeret ved Københavns Universitet. Derudover havde GEUS i 2020 to adjungerede professorer ved henholdsvis Århus og Københavns universiteter, heraf er det i Århus nyt, mens et adjungeret professorat ved University of the Faroe Islands faldt bort grundet pension. Måltallet på otte er dermed nået.

Ti ph.d.-studerende med GEUS-medvejleder opnåede grad i perioden 1. november 2019 til 31. oktober 2020, hvilket svarer til målet. Tre ph.d.-studerende med GEUS-medvejleder frafaldt studiet i perioden, mens GEUS var medvejleder for yderligere 45 ph.d.-studerende ved udgangen af oktober 2020, hvilket er fem under målet på 50.

I samme periode var GEUS medvejleder for i alt 70 master-studerende, hvilket er over målet på 45. 39 af disse opnåede grad i perioden 1. november 2019 til 31. oktober 2020.

Forkortelser

AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme
BONUS	Joint Baltic Sea Research and Development Programme
CliC	Climate and Cryosphere
COPE	Committee on Publication Ethics
CV	Curriculum Vitae
DataVerse	Digital platform til download af data
DOI	Digital Object Identifier (unik nummer for en videnskabelig artikel)
EGDI	European Geological Data Infrastructure
EPOS	European Plate Observing System
ESA	European Space Agency
GEM	Greenland Ecosystem Monitoring
GeoERA	Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe
GEUS	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
GRUMO	Den landsdækkende grundvandsovervågning (i NOVANA – det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen)
GrundRisk	Miljøstyrelsens beregningsmodel til risikovurdering af grundvandstruende forureninger
HIP	Hydrologisk Informations- og Prognosesystem
HRMS	High Resolution Mass Spectrometry
IASC NAG	International Arctic Science Committee Network of Arctic Glaciology
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KEFM	Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OASPA	Open Access Scholarly Publishers Association
PAGES ACME	Working Group on Arctic cryosphere changes and coastal marine ecosystems
PROMICE	Program for Overvågning af Grønlands Indlandsis
SDFE	Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering
VAP	Varslingssystemet for Udvaskning af Pesticider
WCRP	World Climate Research Programme