

**From:** Tone Madsen  
**Sent:** 30 Apr 2015 11:15:03 +0200  
**To:** Anne-Marie Vægter Rasmussen; Nina Hanne Holst; Peter Moltesen; Yvonne Korup; Karsten Borg Jensen; Katja Scharmann; Stig Kjeldsen  
**Subject:** Endeligt udkast til skifergasanalysen - har I kommentarer? (MIM Id nr.: 1699088)

Kære jer

Vedlagt DTUs endelige forslag til projektbeskrivelse, disposition og budget. Der udestår 3 bilag (jf projektbeskrivelsen), som de fortsat bøvler med, men det skulle være teknikaliteter og på plads i næste uge. Vi skal naturligvis ha alle bilag til tjek inden vi kan skrive endeligt under på aftalen, men jeg håber, at vi - for at spare tid - allerede nu godt kan kvalitetssikre og godkende vedlagte. Som I kan se, har jeg selv tilføjet to rettelser i projektbeskrivelsen (med tc). Hvis I ændrer i den, skal det være med rettemarkeringer.

T.o. har jeg aftalt med DTU og internt her i dep, at vi svarer Folketinget (alm del), at vi forventer, at skifergasundersøgelsen går i gang i maj, og at det bliver DTU, DCE og GEUS, der kommer til at lave den.

Ring hvis spørgsmål. Mvh Tone

---

**Til:** Tone Madsen (tomad@mim.dk)  
**Fra:** Mads H Odgaard (maod@dtu.dk)  
**Titel:** RE:  
**Sendt:** 29-04-2015 12:34:49

## UDKAST

### Projektbeskrivelse for videnskabelig udredning af international viden om skifergas relateret til en dansk kontekst

29. april 2015

#### 1. Kort beskrivelse

Projekttitle: Videnskabelig udredning af international viden om skifergas relateret til en dansk kontekst

Resumé: Der skal udarbejdes en uvildig videnskabelig udredning, hvori specifikke forhold i Danmark, herunder særligt den danske geologi, sættes i relation til eksisterende viden om efterforskning og indvinding af skifergas på land. Det primære fokus er at belyse mulige miljøpåvirkninger i en dansk kontekst samt afdække i hvilket omfang, eksisterende viden om imødegåelse af mulige negative miljøpåvirkninger kan overføres til danske forhold.

Rekvirent: Naturstyrelsen, Miljøministeriet.

Kontaktperson: Peter Moltesen/Naturstyrelsen.

Deltagende institutioner: DTU er *lead* på opgaven, men det forudsættes at DTU inddrager den størst tilgængelige ekspertise på områder, herunder særligt GEUS på alle områder og niveauer og herudover også DCE. Det forudsættes, at der skal inddrages både geologisk, hydrogeologisk, anlægsteknisk samt driftsteknisk viden samt viden om miljøvurderinger.

Periode: Maj – 1. november 2015

#### 2. Baggrund

Miljøministeriet ved Naturstyrelsen er i henhold til VVM-bekendtgørelsen, VVM-myndighed for anlæg med direkte henblik på frakturering i forbindelse med efterforskning og indvinding af skifergas. Der forventes en VVM-anmeldelse af efterforskning af skifergas med frakturering i Frederikshavns Kommune fra det franske energiselskab Total.

Der er endnu ikke erfaringer med efterforskning og indvinding af skifergas på land i Danmark. Den viden, der foreligger på området, omhandler skifergasindvinding i andre lande, og denne viden kan ikke umiddelbart anvendes på danske forhold som følge af bl.a. geologiske forskelle. Da der samtidig er miljømæssige risici forbundet med skifergasindvinding, er der behov for at sikre, at en evt. indvinding tilpasses de geologiske forhold i Danmark, så miljøpåvirkningerne mindskes mest muligt. Der skal derfor udarbejdes en udredning, der beskriver danske forhold i forbindelse med skifergasindvinding.

Udredningen er til brug for myndighedsarbejdet med eventuel skifergasefterforskning og -indvinding med brug af frakturering, miljøkonsekvenserne herved og mulige afværgeforanstaltninger. Den viden DTU, GEUS og DCE opbygger på området, skal også efter udredningens afslutning stilles til rådighed for Miljøministeriet i forbindelse med konkrete henvendelser fra ministeriet vedrørende VVM-sagsbehandling af det konkrete projekt i Frederikshavns Kommune.

### 3. Opgavebeskrivelse

#### Overordnet formål

Der skal udarbejdes en videnskabelig udredning, hvori eksisterende viden om efterforskning og indvinding af skifergas sættes i relation til specifikke forhold i Danmark, herunder særligt de danske områder, hvor det er relevant i forhold til efterforskning efter og indvinding af skifergas. Konkret vil det si-ge Nordjylland og Nordsjælland.

Udredningens primære fokus er at belyse de mulige miljømæssige problemstillinger fra efterforskning og indvinding af skifergas i Danmark. Herunder mulige påvirkninger af jord, grundvand (drikkevand) og overfladevand, udledning til luften, spildevand, affald (herunder naturligt forekommende uorganiske-, organiske- og radioaktive stoffer) og jordskælv. Ligesom udredningen skal komme med bud på afværgeforanstaltninger til at imødegå eventuelle negative miljøpåvirkninger.

I udredningen redegøres for den eksisterende internationale viden om, hvordan eventuelle negative miljøpåvirkninger kan imødegås, herunder hvilke *best practice*-løsninger der findes indenfor olie- og gasindustrien og evt. sammenlignelige processer inden for andre brancher i forbindelse med udførelse af skifergasrelaterede aktiviteter. Denne viden skal omskrives til anvendelse under danske forhold. Der tages udgangspunkt i EU's henstillinger om skifergas, samt i IEA's *golden rules* samt i EU's BREF-dokumenter (om bedste tilgængelige teknik for forskellige sektorer og processer).

Udredningen bidrager til at kvalificere statens vidensgrundlag generelt og mere specifikt er udredningen et fagligt bidrag til Miljøministeriets VVM-sagsbehandling. Udredningen kan eventuelt indgå i Klima-, Energi- og Bygningsministeriets kommende evaluering til Folketinget.

Miljøministeriet skal efter udredningens afslutning kunne trække på DTU, GEUS og DCEs faglige, forskningsbaserede viden i forbindelse med konkrete spørgsmål, som udredningen eller ministeriets arbejde med VVM-sagsbehandlingen/-redegørelsen giver anledning til (i relation til den konkrete sag i Frederikshavns Kommune).

#### Fagligt omfang

Der er endnu ikke erfaringer med efterforskning og indvinding af skifergas på land i Danmark, men der er erfaring med frakturering offshore, dog ikke af skifergas. Disse erfaringer inddrages i udarbejdelsen af den videnskabelige udredning.

Udredningen belyser en række miljøforhold, herunder mulige miljømæssige konsekvenser, der bl.a. er identificeret på baggrund af EU-Kommissionens rapport fra august 2012 "*Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations invol-*

ving hydraulic fracturing in Europe" og Det tyske Miljøråd (SRU), som i maj 2013 udgav "Fracking for Shale Gas Production".

Erfaringerne fra andre lande har vist, at indvinding – og i mindre grad efterforskning – efter skifergas ved anvendelse af frakturering, rejser spørgsmål i relation til beskyttelse og anvendelse af grundvand, håndtering af affald fra borerne.

De miljømæssige konsekvenser vil på grund af det relativt beskedne omfang af borer/brønde formentlig være mindre i efterforskningsfasen end i en indvindingsfase, og derfor vil de særlige miljømæssige spørgsmål knyttet til frakturering især blive aktualiseret i sidstnævnte fase.

Nedenfor er beskrevet en række mulige påvirkninger, som udredningen som minimum skal belyse nærmere i en dansk kontekst, herunder risici for, at de indtræffer, samt metoder til kontrol af, om påvirkningerne vil finde sted i Danmark samt forslag til forholdsregler for at undgå/minimere negative miljøpåvirkninger kendt fra andre lande.

#### *Frakturering – kemikalier og forurening af jord, grundvand, søer og vandløb og hav*

For at kunne efterforske muligheden for produktion af naturgas fra skiferlagene anvendes frakturering, som er opsprækning af skiferlagene med vand tilsat kemikalier og små keramiske kugler eller sand. Herved frigøres gassen. I Danmark ligger de relevante skiferlag generelt set 2-3 km eller mere under grundvandsmagasinerne.

Frakturering nødvendiggør brug af vand i større mængder. Det kan påvirke grundvands-/drikkevandsmagasiner, såfremt der anvendes/indvindes denne type vand til frakturering. Ved etablering af produktionsanlæg med mange borer kan det vise sig at udgøre en væsentlig miljøpåvirkning. Endvidere kan overfladevandområder samt grundvandsafhængige terrestriske naturtyper blive påvirket af en vandindvinding.

Der kan muligvis anvendes brakvand eller havvand (som i Nordsøen) til frakturering, ligesom genbrug af vand er en mulighed. I stigende omfang gennemføres der genbrug af vand ved skifergasprojekter i USA og Canada. Både ved brug af brakvand, ferskvand eller havvand vil der kunne opstå risiko for forurening af søer og vandløb, samt kystområder bl.a. på grund af saltindholdet i det anvendte vand.

Risici, fordele og ulemper samt *best practice* belyses derfor for såvel grundvand som havvand og for så vel prøveproduktioner som egentlig kommerciel skifergasproduktion og sættes i relation til de danske forhold.

Procesvandet tilsættes kemikalier, og det kan give udfordringer i forhold til håndtering af frackingvæske, back flow, boremudder og borespåner. Der har været stort fokus på de kemikalier, som indgår i frackingvæsken, men det er ikke kun de tilsatte kemikalier, der kan give forureningsproblemer. Frackingvæsken vil også kunne opløse problematiske stoffer fra formationen, således at back flow kan indeholde både organisk og uorganisk forurening. Der kan derfor være risiko for forurening på borepladsen og i værste fald nedsivning til grundvandet eller udløb i nærliggende vandløb og søer.

Risikoen for en eventuel grundvandsforurening, samt påvirkning af grundvandsressourcen ved frakturering, belyses derfor nærmere sammen med risikoen for forurening af jord og overfladevand. Det belyses også, hvordan disse risici kan imødegås, fx ved en hensigtsmæssig indretning af borepladsen med en tæt membran under pladsen, og opsamlingsstanke for afledte væsker fra borepladsen el. lign.

Vælges det at transportere back flow-vandet væk fra borestedet med lastbil, vil der være risiko for forurening fra spild ved påfyldning/tømning samt ved trafikuheld. Vælges bortledning gennem spildevandsrør, vil der bestå en risiko for forurening ved rørbrud. Risici og afværgeforanstaltninger udredes for dette.

#### *Radioaktive stoffer*

Skiferen, som der efterforskes efter på land i Danmark, er blandt andet alunskiferen. Alunskiferen indeholder tungmetaller og radioaktivt materiale, hvorfor håndteringen af borespåner bør overvåges/måles for deres indhold af naturlige radioaktive stoffer. Tilstedeværelse af naturligt forekommende radioaktive stoffer er ikke begrænset til efterforskning og indvindingsaktiviteter fra skiferlag, men kendes også i forbindelse med aktiviteter i traditionel olie og gasproduktion. I forbindelse med olie- og gasaktiviteter i den danske del af Nordsøen håndteres der naturligt forekommende radioaktive stoffer. Erfaringer fra andre lande samt Nordsøen, herunder håndtering og afværgeforanstaltninger, belyses.

#### *Metan og andre klimagasser*

Udslip af metan (som er hovedbestanden af naturgas) er en af de klimagasser som omtales i forbindelse med skifergasindvinding. Omfang, mulige miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger i forhold til sådanne udslip belyses.

#### *Jordskælv*

Afhængig af de geologiske forhold kan der også være risiko for (mindre) jordskælv ved gennemførelse af boringerne. Det skyldes, at frakturering kan reaktivere lokale forkastningszoner. Denne risiko belyses set i forhold til de geologiske forhold i Danmark.

#### Afgrænsning af udredningen

Der vil i undersøgelsen være primært fokus på en evt. kommende indvindingsfase med permanente anlæg mv.

Udredningen omfatter ikke:

- En human sundhedsrisikoanalyse, eller en generel folkesundsanalyse af mulige berørte naboer til skifergasanlæg. Det er dog klart at en fremtidig vurdering af anlæg skal inddrage sundhedsanalyser og risikovurdering.
- En vurdering af befolkningens opfattelse og acceptabilitet af indvinding og efterforskning af skifergas og miljøpåvirkninger forbundet hermed.
- En vurdering af miljøværgeforanstaltninger forbundet med landskab, trafik, støj, lys og vibrationer
- En risikovurdering. I stedet gennemføres en risikoscreening (heri inkluderet en kvantitativ "impact screening" ift. risici). I øvrigt er det nødvendigt at understrege, at mangelfuld information

om, hvilke kemikalier der bliver anvendt ifm. indvindingen, indebærer stor usikkerhed om, hvad der kan formodes at komme op fra undergrunden ifm. indvindingen af skifergas. Dette har betydning for kvaliteten af den risikoscreening, der beskrives i den videnskabelige udredning og dermed for de miljøvæргеforanstaltninger der beskrives i den videnskabelige udredning.

- Vurdering af de drivhusgasser, som produceres af maskiner, lastbiler, eller ved afbrænding af skifergas frem for de nuværende brændstoffer, der anvendes til energiproduktion.

Vurderingen af miljøafvæргеforanstaltninger skal omfatte det marine område, men kun fsva. problemstillinger, der vedrører efterforskning og indvinding på land (ikke til havs), eksempelvis miljørisici og afvæргеforanstaltninger ved anvendelse af havvand som procesvand ved frakturering.

Konsortieparterne forudser i øvrigt, at der vil være spørgsmål af relevans for opgaven, som pga. mangelfuldt datagrundlag i nogen grad vil stå ubesvarede i den færdige videnskabelige udredning.

#### **4. Fremgangsmåde og metode**

Kvaliteten og dokumentationen af den videnskabelige udredning sikres vha. følgende tiltag:

Koncerndirektør Niels Axel Nielsen, DTU er overordnet ansvarlig for leverancen.

Lektor Steffen Foss Pedersen, DTU Miljø er faglig koordinator for projektet som helhed og har ansvar for Kapitel 1 med den samlede fremstilling af miljøpåvirkninger og afvæргеforanstaltninger.

Statsgeolog Flemming Larsen, GEUS er faglig koordinator for GEUS' leverancer og delleverancer til den videnskabelige udredning.

Direktør Hanne Bach, DCE er faglig koordinator for DCEs leverancer og delleverancer til den videnskabelige udredning.

Seniorforsker Niels Schovsbo, GEUS er ansvarlig for Kapitel 2 om introduktionen til skifergas og geologisk karakterisering. Professor Ida Lykke Fabricius, DTU Byg er ansvarlig for Kapitel 3 om boring og frakturering. Professor Poul Løgstrup Bjerg, DTU Miljø er ansvarlig for Kapitel 4 om kemikalier og forurening af vandressourcer, spildevand og affald, vandressourcer og vandforbrug og radioaktive stoffer. Lektor Lotte Bjerregaard Jensen, DTU Byg er ansvarlig for Kapitel 5 om effekter på landskab og trafik.

Af Bilag 1 fremgår, hvilke ressourcepersoner der er ansvarlig for de enkelte delafsnit af hvert kapitel. Antallet af ressourcepersoner kan forekomme at være højt. Begrundelsen for antallet er, at kvaliteten af den videnskabelige udredning afhænger af, at viden, som kun meget specialiserede ressourcepersoner har, indgår i udredningen.

Udover ovenstående forankring af kvalitetssikringen anvendes de deltagende institutioners kvalitetssikringsprocedurer (se Bilag 5). Desuden sikres kvaliteten vha. en fremlæggelse, drøftelse og beslut-

ninger om ændringer af udkast til den videnskabelige udredning i projektgruppen, styregruppen og i følgegruppen.

Løsningen af flere af enkeltopgaverne, sammenskrivningen af afsnittene pr. kapitel og af selve kapitlerne i den samlede fremstilling i Kapitel 1 forudsætter, at forskere på tværs af interne enheder i GEUS, DCE og DTU arbejder sammen. For at imødegå denne udfordring afholdes 1 heldagsseminar med skrivegrupper og fremlæggelse i plenum af indsigter og sammenhænge skabt i hvert delafsnit og i hvert kapitel.

Produktionen af flere af afsnittene i den videnskabelige udredning afhænger af produktionen af andre afsnit. Aht. at forebygge at der opstår "flaskehalsproblemer" er det integreret i projektplanen, hvornår det enkelte afsnit, der er en forudsætning for et eller flere andre afsnit, skal foreligge i en udgave, som den pågældende forsker, der har ansvar for sidstnævnte afsnit, kan støtte sit arbejde på eget afsnit på.

Faglig troværdighed af den videnskabelige udredning er selvsagt afgørende som kvalitetskriterie. Den faglige troværdighed afhænger bl.a. af dokumentation for, hvilket baggrundsmateriale de enkelte afsnit baserer sig på. Dokumentationen heraf sikres gennem etablering af et fælles referencesystem, som alle forskere anvender til at dokumentere baggrundsmateriale med.

Udredningen sikrer en afdækning af, hvorledes enkelte dele i et skifergasprojekts levetid udføres, herunder udførelse af borer, løsninger i forbindelse med bortskaffelse af spildevand etc. og hvilke *best practice*-løsninger, der findes i de enkelte relevante delfaser i et skifergasprojekt indenfor olie- og gasindustrien. Dette skal danne grundlag for vurdering af mulige miljømæssige påvirkninger og afværgeforanstaltninger i de forskellige faser i et skifergasprojektets levetid.

#### Eksisterende litteratur

Der findes en omfattende mængde rapporter og videnskabelige artikler om skifergas – i europæisk sammenhæng foranlediget af bl.a. Europa-Kommissionen, UK og Polen, som kan indgå i den videnskabelige udredning, bl.a. (men ikke begrænset til):

- Support to the identification and potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe, report for European Commission DG Environment, 10. august 2012
- Shale gas extraction in the UK, a review of hydraulic fracturing, The Royal Society & Royal Academy of Engineering, juni 2012
- Climate impact of potential shale gas production in the EU, report for European Commission DG Climate, 30. juli 2012
- Hydrofracking Risk Assessment, Executive Summary, Study concerning the safety and environmental compatibility of hydrofracking for natural gas production from unconventional reservoirs, Panel of experts, april 2012 (Tyskland)
- Environmental Aspects of Hydraulic Fracturing Treatment Performed on the Łebień LE-2H Well, november 2011.
- "Fracking for Shale Gas Production", Det tyske Miljøråd (SRU), maj 2013

- "Environmental Impacts of Shale Gas Extraction in Canada", maj 2014, foranlediget af the Council of Canadian Academies
- Nyeste videnskabelige review-artikler på området.

### Erfaringer med frakturering

Fraktureringsteknikken kendes allerede fra Nordsøen, hvor frakturering har været anvendt til i ca. 130 borer i den danske del af Nordsøen. Frakturering har desuden været anvendt i 10.000-vis af borer på verdensplan. Udredningen inddrager erfaringerne fra både danske og udenlandske borer med frakturering. Klima-, Energi- og Bygningsministeriet bidrager til afgrænsning af kilder, der kan være relevant at inddrage i udredningen.

## 5. Tidsplan og ressourcer

**Tidsplan:** Projektet færdiggøres senest den 1. november 2015, hvor den endelige videnskabelige udredning afleveres.

Den overordnede tidsplan fremgår af nedenstående skema.

	Maj					Juni					August					September				Oktober			
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
<b>Delfase A: Mobilisering af projekt</b>																							
Kick-off møde																							
Milepæl 1: Synopsis for Kapitel 1-5																							
Kernegruppemøde 1																							
Milepæl 2: Første udkast til Kapitel 2-5																							
<b>Delfase B: Gennemførelse</b>																							
Kernegruppemøde 2																							
Styregruppemøde 1																							
Milepæl 3: Første udkast til Kapitel 1 og andet udkast til Kapitel 2-5																							
Følgegruppemøde 1																							
<b>Delfase C: Færdiggørelse og overlevering af færdig udredning</b>																							
Kernegruppemøde 3																							
Milepæl 4: Første udkast til samlet rapport																							
Kernegruppemøde 4																							
Milepæl 5: Færdigt udkast til samlet rapport																							
Styregruppemøde 2																							
Følgegruppemøde 2																							
Kernegruppemøde 5																							
Milepæl 6: Samlet rapport til fremlæggelse for følgegruppe																							
Styregruppemøde 3																							
Følgegruppemøde 3																							
Kernegruppemøde 6																							
Milepæl 7: Endelig færdiggørelse af fagligt indhold, struktur og aflevering																							

**Bemandingsplan:** Bilag 1 indeholder en oversigt over arbejdsopgaveansvar/-fordeling og budget. I Bilag 2 er opstillet et udspecificeret budget inklusiv timeantal og timesatser for de tilknyttede medarbejdere [er under udarbejdelse]. Bilag 3 [er under udarbejdelse] indeholder en beskrivelse af faglige





kompetencer og relevante erfaringer hos de medarbejdere, som er ansvarlige for løsningen af de(n) specifikke opgave(r), med særlig vægt på projektlederen. Bilag 4 er en oversigt over CV'er **er under udarbejdelse** som dokumentation for medarbejdernes kompetencer.

Projektbudget: 1,7 mio. kr. til den videnskabelige udredning.

Der er aftalt en overordnet betalingsplan, hvor DTU fakturerer Naturstyrelsen, Miljøministeriet med 50 % af honoraret efter første følgegruppemøde og 50 % efter endelig godkendt afrapportering. Det er aftalt mellem DTU, GEUS og DCE, at GEUS og DCE fakturerer DTU med 50 % af deres særskilte honorar, efter Miljøministeriet har betalt DTU de første 50 % af honoraret, og at GEUS og DCE fakturerer DTU de sidste 50 % efter endelig godkendt afrapportering.

Ønsker Miljøministeriet at gøre brug af rådgivningsoptionen (se afsnittet "Leverancer, slutprodukt og indholdsmæssige struktur" under pkt. 6) kan der rekvireres for op til 100.000 kr. rådgivning i 2016.

## **6. Leverancer, fremdriftssikring og organisering**

Projektets organisation og fremdriftssikring:

Der nedsættes en følgegruppe, som består af:

- Katja Scharmann (geolog, Energistyrelsen)
- Stig Kjeldsen (specialkonsulent, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet)
- Nina Holst (funktionsleder, Naturstyrelsen)
- Anne-Marie Vægter Rasmussen (kontorchef, Naturstyrelsen)
- Yvonne Korup (kontorchef, Miljøstyrelsen)
- Karsten Borg (civilingeniør, Miljøstyrelsen)
- NN (Sundhedsstyrelsen)
- NN (Sundhedsministeriet)
- Tone Madsen (chefkonsulent, Miljøministeriet)

Følgegruppens medlemmer holder møde i august og september måned og et afsluttende møde i oktober med DTU med afrapportering af den endelige udredning. På møderne redegør DTU kort for fremdriften og om opmærksomhedspunkter fremadrettet.

DTU, GEUS og DCE nedsætter en styregruppe, der består af:

- Koncerndirektør Niels Axel Nielsen, DTU (formand)
- Instituddirektør, professor Michael H. Faber (DTU Byg)
- Instituddirektør, professor Thomas H. Christensen (DTU Miljø)
- Statsgeolog Flemming Larsen, GEUS
- Statsgeolog Peter Britze, GEUS
- Direktør Hanne Bach, DCE
- Kontorchef Jan E. Molzen, DTU (sekretær)



Styregruppens medlemmer holder møde i juni, september og oktober måned. På møderne redegør sekretæren for fremdriften og for opmærksomhedspunkter fremadrettet og foreslår indstillinger om handlinger, som styregruppen beslutter om.

DTU har som lead det overordnede ansvar for projektet. Dette indebærer retten til at omdisponere opgaveansvar og budgetforhold, såfremt der ikke leveres af tilpas kvalitet og til aftalt tid. Alle evt. ønsker om omdisponeringer skal fremlægges og motiveres på et styregruppemøde, så alle konsortiepartnere før en evt. effektivering har mulighed for at fremføre synspunkter herom.

Adskillige delafsnit er afhængige af indsigter i andre delafsnit, hvilket igen betyder, at kvaliteten af delafsnit og kapitler er afhængig af kvaliteten af andre delafsnit og kapitler. Forskerne på tværs af GEUS, DCE og på DTU har dermed en interesse i på forkant at kunne følge med i, hvad indholdet i andre delafsnit tegner sig til at blive samt i, hvordan indhold de deltagende forskere har ansvar for bliver anvendt i andre delafsnit/kapitler.

Som konsekvens af dette er der behov for, at der på tværs af GEUS, DCE og DTU bliver lejlighed til at forholde sig til delafsnit undervejs i tilblivelsesprocessen.

Med formålet at strømline denne proces med gensidig kvalitetssikring af delafsnit og for at etablere et frugtbart samarbejde om indholdet af Kapitel 1 etableres der en kernegruppe, der består af:

- Chefkonsulent Poul Nordemann Jensen, DCE (medansvarlig)
- Forsker Anders Johnsen, GEUS (medansvarlig)
- Lektor Steffen Foss Hansen, DTU Miljø (ansvarlig)
- Specialkonsulent Mads H. Odgaard, DTU (sekretær)

Projektet gennemføres via følgende kapitler. Bilag 1 uddyber hvert kapitel:

Kapitel 1	Samlet fremstilling af miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger
Kapitel 2	Skifergas og regional geologisk karakterisering
Kapitel 3	Boring og effekter af frakturering
Kapitel 4	Påvirkninger på miljø og vandressourcer
Kapitel 5	Effekter på landskab og trafik

#### Leverancer, slutprodukt og indholdsmæssige struktur:

Projektet har en leverance samt en option på yderligere rådgivning:

- En endelig projektbeskrivelse, som skal afklares i et samarbejde mellem DTU, GEUS og DCE Dokumentation og afrapportering i en teknisk rapport, som affattes på dansk. Rapporten offentliggøres af Miljøministeriet senest 4 måneder efter, at konsortieparterne har afleveret en godkendt rapport. De deltagende institutioner kan samtidig offentliggøre rapporten på deres respektive hjemmesider.
- Efter udredningens afslutning har Miljøministeriet en option for i 2016 at rekvirere for op til 100 timers á kr. 1.000 yderligere rådgivning.

**Slettet:** vedrørende VVM-sagsbehandling af det konkrete projekt i Frederikshavns Kommune.

Den tekniske rapport struktureres over et indledende afsnit (Kapitel 1) med en samlet fremstilling af miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger samt en kronologisk analyse af efterforsknings- og indvindingsfasen på tværs af 3 faglige hovedområder (Kapitel 2-5). Ressourcerne til udarbejdelsen af rapporten anvendes som følger:

1. 8,8 pct. til overordnet projektkoordinering
2. 9,9 pct. til møder og overordnet kvalitetssikring (QA)
3. 12,1 pct. til rapporten: Samlet fremstilling af miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger (Kapitel 1)
4. 62,4 pct. af rapporten: Skifergas og geologisk karakterisering, borer og effekter af frakturering, påvirkninger på miljø og vandressourcer (Kapitel 2-4)
5. 6,8 pct. af rapporten: Effekter på landskab og trafik (Kapitel 5)

Analysen af risici forbundet med efterforskning og indvinding af skifergas vil blive håndteret under de enkelte delelementer. En overordnet beskrivelse af risici ved efterforskning og indvinding af skifergas indgår i den overordnede fremstilling.

## **UDKAST**

### **BILAG 1 – Skifergas videnskabelig udredning**

#### **Formål**

1. At afklare den eksisterende viden.
2. At afklare mulige afværgeforanstaltninger for at reducere negative miljøpåvirkninger.
3. At afklare om det er muligt at overføre dette til danske forhold.
4. At afklare hvor der mangler viden.

Disse punkter forventes at blive løst for hvert emne.

#### **Leverance**

Videnskabelig udredning baseret på studie af litteraturen.

## Oversigt over opgaveindhold

### Indhold

KAPITEL 1 Samlet fremstilling af miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger.....	3
1.1. Overordnet, kortere procesbeskrivelse af skifergasproduktion både i en efterforskningsfase og en indvindingsfase .....	3
1.2. Overordnet beskrivelse af risici ved efterforskning og indvinding af skifergas.....	3
KAPITEL 2 Skifergas og regional geologisk karakterisering .....	4
2.1 Introduktion til skifergas.....	4
2.2. Regional geologisk karakterisering.....	4
KAPITEL 3 Boring og effekter af frakturering .....	4
3.1. Frakturering i skifer .....	4
3.2. Seismisk aktivitet .....	4
3.3. Brøndintegritet .....	4
KAPITEL 4 Påvirkninger på miljø og vandressourcer .....	5
4.1 Vandressourcer og vandforbrug .....	5
4.2 Kemikalier og forurening af vandressourcer.....	5
4.3 Spildevand og affald .....	6
4.4. Radioaktive stoffer .....	6
KAPITEL 5 Effekter på landskab og trafik .....	6
5.1. Landskab og trafik .....	6

## **KAPITEL 1 Samlet fremstilling af miljøpåvirkninger og afværgeforanstaltninger**

Ansvarlig: Lektor Steffen Foss Pedersen DTU Miljø. Medansvarlig: Chefkonsulent Poul Nordemann Jensen, DCE og forsker Anders Johnsen, GEUS

Samlet fremstilling af de forskellige trin i skifergasindvinding fra efterforskning til produktion med det formål at understrege de kritiske aktiviteter, som kan føre til negative påvirkninger af miljøet. Herunder en beskrivelse af, hvad skifergas er, hvor den findes i Danmark, samt den geologiske karakterisering af den relevante danske skiferformation.

### **1.1. Overordnet, kortere procesbeskrivelse af skifergasproduktion både i en efterforskningsfase og en indvindingsfase**

- Hvad er skifergas i en dansk sammenhæng, og hvordan dannes den?
- Geologisk karakterisering af relevante danske skiferformationer
- Gennemgang af metoder til vurdering af størrelse og estimater af størrelse af skifergas ressourcer i danske områder
- Beskrivelse af brønde
- 
- Beskrivelse af fraktureringsprocessen i undergrunden
- Beskrivelse af de vigtigste mekanismer for transport af gas og væske i skiferens porerum ifm. skifergasproduktion
- Beskrivelse af fraktureringsvæsker og "proppants" (afstivningsmaterialer) og baggrunden for valget af disse
- Beskrivelse af vandbehov
- Beskrivelse af problematikkerne ved flowback-væske, produktionsvæske og andet affald og spildevand
- Beskrivelse af påvirkning af undergrunden
- Tidshorisonter for efterforskning og indvinding

### **1.2. Overordnet beskrivelse af risici ved efterforskning og indvinding af skifergas**

Ansvarlig: Seniorforsker Igor Kozine, DTU Man Eng. og lektor Steffen F. Hansen, DTU Miljø

- Risikoscreening af:
  - Lækage af gas fra brønden eller gas udslip ved blowout
  - Lækage af væsker fra brønden
  - Spild af flowback-væske og boremudder
  - Spild under generel håndtering af væsker, kemikalier på borepladsen
  - Påvirkning af vandressourcen herunder drikkevand, overfladevand og grundvandsafhængig natur
  - Forurening af grundvand og overfladevand, herunder grundvandsforurening fra fraktureringen via uønsket videre frakturdannelse i undergrunden
  - Påvirkning af miljøkvalitet i overfladevand og påvirkning af beskyttet natur
  - Seismologisk aktivitet
  - Miljøpåvirkning af radioaktive stoffer
  - Emission af metan og andre klimagasser og luftforurening
  - O.a.
- Overførsel af risikovurderinger fra andre lande til danske forhold?

- Hvilke afværgeforanstaltninger findes for de pågældende risikoområder og kan de overføres til danske forhold. Herunder forslag til monitorering før, under og efter skifergasproduktion og evt. forslag til yderligere forskning på disse områder.

## **KAPITEL 2 Skifergas og regional geologisk karakterisering**

Ansvarlig: Seniorforsker Niels Schovsbo, GEUS

### **2.1 Introduktion til skifergas**

- Hvad er skifergas (hvad består det af)? (GEUS)
- Hvad er skifergas i den danske sammenhæng? (GEUS)
- Hvordan dannes skifergas? (GEUS)

### **2.2. Regional geologisk karakterisering**

- Geologisk karakterisering af relevante danske skiferformationer, herunder udbredelse, stratigrafi, geokemi, thermal historie, prospektive områder med videre (GEUS)
- Gennemgang af metoder til vurdering af skifergas ressourcens størrelse og estimater heraf for danske områder (GEUS)

## **KAPITEL 3 Boring og effekter af frakturering**

Ansvarlig: Professor Ida L. Fabricius, DTU Byg

### **3.1. Frakturering i skifer**

- Beskrivelse af state-of-the-art fraktureringsprocessen for lerskifer (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen)
  - Beskrivelse af de vigtigste mekanismer for transport af gas og væske i skiferens porerum ifm. skifergasproduktion (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen i dialog med DTU Miljø, Steffen Foss Pedersen)
  - Overførsel af erfaringer fra frakturering i Nordsøen og resten af verden (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen)
- Geomekaniske egenskaber af den danske skifer (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen)
- Potentialet for at anvende forskellige typer af vand i fraktureringsvæsken (brakvand, saltvand, etc.) (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen)
- Udbredelse/forstørrelse af sprækker mod eksempelvis overfladen, til vandmagasiner, forkastninger, større naturlige sprækker eller til undergrund med større permeabilitet for gas og væske (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen i samarbejde med GEUS, Trine Dahl-Jensen)
- Beskrivelse af mulige afværgeforanstaltninger (GEUS, Trine Dahl-Jensen)

### **3.2. Seismisk aktivitet**

- Beskrivelse af seismologisk aktivitet i DK. Herunder en tabel over registrerede jordskælv i Danmark, deriblandt følte jordskælv (GEUS, Trine Dahl-Jensen)
- Induceret seismologisk aktivitet i forbindelse med frakturering og mulig injektion af spildevand til undergrunden (GEUS, Trine Dahl-Jensen)
- Beskrivelse af mulige afværgeforanstaltninger, herunder monitorering (GEUS, Trine Dahl-Jensen)

### **3.3. Brøndintegritet**

- Erfaringer fra Nordsøen for brønde (DTU Byg, Björn Johannesson)
- Sikker konstruktion af brønde for at undgå lækage af gas og væsker både under produktion og efter dekommissionering (DTU Byg, Björn Johannesson)

- Eventuel påvirkning af brøndenes integritet ifm. seismologisk aktivitet (DTU Byg, Björn Johannesson)
- Beskrivelse af forebyggende foranstaltninger for brøndlækage og for overfladeinstallationer, herunder monitorering, særligt mhp. at forebygge og overvåge udslip af metan (DTU Byg, Björn Johannesson, dialog med DTU Miljø, Charlotte Scheutz)

## **KAPITEL 4 Påvirkninger på miljø og vandressourcer**

Ansvarlig: Professor Poul Løgstrup Bjerg, DTU Miljø

### **4.1 Vandressourcer og vandforbrug**

- Kvantificering af vandforbrug til frakturering og gasproduktion sammenlignet med vandressourcen (GEUS, Jacob Kidmose)
- Effekt af vandindvinding på overfladevandsområder og grundvandsafhængig natur (DCE, Poul Nordemann Jensen, Jes Rasmussen og Jesper Fredshavn)
- Rumlig karakterisering af områder med særlige drikkevandsinteresser og potentielle skifergasområder for at identificere potentielle interessekonflikter (GEUS, forsker Jacob Kidmose)
- Fordele og ulemper ved anvendelse af andre typer vand så som genbrugt vand, brakvand eller havvand for at reducere vandforbruget (GEUS, forsker Jacob Kidmose)
- Forudgående og efterfølgende monitorering af grundvandsstand, vandføring mv. (GEUS, forsker Jacob Kidmose)

### **4.2 Kemikalier og forurening af vandressourcer**

- Beskrivelse af stofgrupper i fraktureringsvæske (DCE, Hans Sanderson, i samarbejde med DTU Miljø, Poul L. Bjerg, Steffen F. Hansen)
- Beskrivelse af transporten af (metan)gas og væske undergrunden for at afdække risikoen for forurening
  - Beskrivelse af transporten i skiferlaget efter frakturering (DTU Byg, Morten Kanne Sørensen)
  - Beskrivelse af transporten i grundvandszonen (DTU Miljø, Poul L. Bjerg)
- Beskrivelse af forurenende stofgruppers skæbne i miljøet
  - Transport og skæbne af miljøfremmede stoffer (DTU Miljø, Poul L. Bjerg)
  - Transport og geokemiske processer for uorganiske stoffer (fra evt. tilført vand og uorganiske stoffer frigivet fra skiferformationen) (GEUS, Jakob B. Kidmose)
- Beskrivelse af miljøpåvirkningen af metan emission (DTU Miljø, Charlotte Scheutz)
  - Metan i dansk grundvand (GEUS, Troels Laier)
  - Metan fra skifergasproduktion i grundvand (DTU Miljø, Charlotte Scheutz)
- Mulige påvirkninger af jord ved spild (DCE, Anne Winding)
- Mulige miljøpåvirkninger af gas og forurenende stoffer i grundvandsmagasiner (DTU Miljø, Poul L. Bjerg)
- Mulige påvirkninger af overfladevand , herunder udledte kemikalier, termisk påvirkning og hydraulisk effekt af udledning af procesvand (DCE, Poul Nordemann Jensen, Jes Rasmussen, NN)
- 
- Afværgemekanismer for at reducere metan emissioner fra brønden/installationer (DTU Miljø, Charlotte Scheutz)
- Beskrivelse af afværgeforanstaltninger for at undgå spild og negative påvirkninger af miljøet (DTU Miljø, Poul L. Bjerg, GEUS, Jakob B. Kidmose,, DCE, Poul Nordemann Jensen)Forudgående og efterfølgende monitorering af grund- og overfladevand (DCE, Poul Nordemann Jensen, Jes Rasmussen, GEUS, Jakob B. Kidmose, DTU Miljø, Poul L. Bjerg)



### 4.3 Spildevand og affald

- Beskrivelse af udfordringer ved og strategier for oprensning af spildevand fra skifergasproduktion, evt. med afdækning af muligheden for deponering af spildevand i undergrunden og miljøpåvirkninger (DTU Miljø, Henrik Andersen)
- Håndtering af deponering af boremudder og borespåner (DTU Miljø, Peter Kjeldsen)

### 4.4. Radioaktive stoffer

- Beskrivelse af radioaktive stoffer frigivet fra skiferformationen (GEUS, Peter Gravesen)
- *Best practice* for håndtering og deponering af radioaktive stoffer (GEUS, Peter Gravesen)
  - Borespåner
  - Opløst i spildevand
  - På gasform (radon)

## KAPITEL 5 Effekter på landskab og trafik

Ansvarlig: Lektor Lotte Bjerregaard Jensen, DTU Byg

### 5.1. Landskab og trafik

Ansvarlig: Lektor Lotte Bjerregaard Jensen, DTU Byg

- Beskrivelse af borepladsen, dens infrastruktur, og rumlige udbredelse fra anlæggelse til dekommissionering, og det potentielle antal af borepladser ved kommerciel produktion, samt efterfølgende reetablering af borepladsens areal (DTU Byg, Lotte Bjerregaard Jensen)
- Beskrivelse af påvirkning på landskab, herunder borepladsens (-ernes) størrelse i forhold til landskabets struktur, arealanvendelse, kulturlandskab, og øvrige beskyttelsesforhold, herunder særlige hensyn til beskyttede naturtyper – akvatiske og terrestriske, samt mulige afværgemekanismer for at modvirke den negative (miljø)påvirkning (DCE, Pia Frederiksen)
- Beskrivelse af visuel påvirkning og mulige afværgemekanismer, for at modvirke den negative (miljø)påvirkning (DTU Byg, Lotte Bjerregaard Jensen )
- Beskrivelse af trafik og påvirkningen deraf samt afværgemekanismer for at modvirke den negative (miljø)påvirkning (DTU Transport, Thomas Sick Nielsen)

