



# NTNU

Kunnskap for en bedre verden

**TN 303212 - Hovedprosjekt**

**Mineralutvinning på havbunnen i norske havområder**

Kandidatnumre: 1615, 1633, 1603

Totalt antall sider inkludert forsiden: 54

Innlevert Ålesund, 2. juni 2016

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

## Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Runar Ostnes

### Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?  
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

ja  nei

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

ja  nei

Dato: 02.06.2016

## **Forord**

Vi er tre studenter ved NTNU i Ålesund som studerer Nautikk. Våren 2016 har vi skrevet denne oppgaven om mineralutvinning på havbunnen innenfor norske havområder.

Vi ønsker å takke Runar Ostnes for veiledning. Stor takk til Nordic Mining og ansatte ved NTNU i Trondheim /v Steinar Løve Ellefmo for å bidra med informasjon om temaet.

02.06.16 Ålesund.

## **Sammendrag**

Mineralutvinning på havbunnen innenfor norske havområder er et aktuelt og attraktivt felt i dag. Forskere ved NTNU i Trondheim og Universitetet i Bergen har kartlagt havområder mellom Jan Mayen og Svalbard, hvor de har analysert og estimert at det forekommer betydelige verdier i form av metaller og mineraler.

Gruppen ønsket derfor å vurdere om dette er en næring som det er verdt å satse på i Norge, slik som det gjøres i utlandet. For å vurdere om dette kan gjennomføres har det blitt sett på flere aspekter ved mineralutvinning, slik som miljø, regelverk, utstyr og marked.

For å gjøre en vurdering har gruppen samlet informasjon fra blant annet NTNU i Trondheim, Nordic Mining, GRID og Nautilus Minerals. Dette har blitt analysert og drøftet for å gi en konklusjon som svarer på problemstillingen. Konklusjonen er utelukkende vår mening om temaet basert på den informasjonen vi har funnet.

Det gruppen har konkludert med er at mineralutvinning på havbunnen innenfor norske områder har potensiale til å være lønnsomt, men at det kreves mer kartlegging av de aktuelle ressursene som finnes på havbunnen. Vi tror også at verdien på ressursene vil øke over tid, så det kan være strategisk lurt å vente med å initiere utvinning. Samtidig er det store muligheter for å bruke norsk subsea kompetanse til å utvikle nytt utstyr for bruk i denne næringen.

# Hovedoppgave i Nautikk, våren 2016

for

*Kandidanummert: 1603, 1615, 1633*

## **Mineralutvinning på havbunnen i norske havområder**

Utvinning av mineraler på havbunnen er et nyskapende og spennende marked med mange muligheter. Dette byr på økonomiske muligheter og teknologiske utfordringer samtidig som det påvirker det marine miljø. Prosjektets temaer vil være:

- Lover og regler angående mineralutvinning innenfor norsk jurisdiksjon.
- Beskrivelser av ressurser som finnes på og under havbunnen
- Gjennomgang av det viktigste utstyret som kreves for å utvinne mineraler på havbunn
- Aktuelle hindringer som vil oppstå ved utvinning som vær, klima og store dyp
- Om gruveutvinning på og under havbunn har en påvirkning på det marine miljø
- Lønnsomhetsaspektet hvor kostnader ved mineralutvinning settes opp mot mulig fortjeneste basert på tilgjengelige ressurser på og under havbunnen

NTNU vil besørge all nødvendig instrumentering, samt være behjelpelig med nødvendige kontrakter.

Besvarelsen skal redigeres mest mulig som en forskningsrapport med sammendrag, konklusjon, referanseliste, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal det legges vekt på å gjøre den så kort, oversiktlig, presis og etterrettelig som mulig. Oppgavens omfang skal reflektere en arbeidsbelastning på ca. 15 studiepoeng for hver av studenten.

Endelig besvarelse skal leveres i 1 eksemplar til innleveringsrommet på fronter senest 3. juni 2016, og det skal legges opp til presentasjon i plenum 3. juni 2016.

NTNU forbeholder seg retten til fritt å kunne benytte oppgaven i undervisning og utviklingsarbeid.

Ålesund, januar 2016.

Runar Ostnes  
Faglærer / Veileder

## **Innholdsliste**

Forord.....	4
Sammendrag.....	5
Kapittel 1 - Innledning .....	9
1.1 Bakgrunn .....	9
1.2 Situasjonbevissthet.....	9
1.3 Målsetting.....	10
1.4 Metode .....	11
1.5 Avgrensning .....	11
1.6 Oppbygging.....	11
Kapittel 2 - Ressurser på havbunnen.....	12
2.1 Introduksjon til geologi og mineraler.....	12
2.2 Havbunnsulfider.....	13
2.3 Manganknoll .....	16
2.4 Ferromangan skorpe.....	19
2.5 Forekomster i Norge .....	22
2.5.1 Forekomster på land.....	23
Kapittel - 3 Utvinning .....	25
3.1 Oversikt.....	25
3.2 Seafloor production tools.....	27
3.3 Riser and lift system.....	29
3.4 Production support vessel .....	29
3.5 Oppsummering.....	30
Kapittel 4 - Regelverk .....	31
4.1 Et sammendrag av internasjonale regelverk .....	31
4.2 Regelverk i norske områder .....	33
4.3 Norges maritime grenser i 2016.....	35
4.5 Oppsummering.....	36
Kapittel 5 - Miljøhensyn .....	37
5.1 Landbasert utvinning.....	37
5.2 Lover, regler og retningslinjer. ....	38
5.2.1 Lover .....	38
5.2.2 Code for enviromental management of marine mining .....	38
5.2.3 Environmental Assessment .....	39
5.3 Økosystemer.....	40
5.3.1 Lokale økosystemer rundt hydrotermale skorsteiner. ....	40
5.3.2 “Refugee areas”.....	42

5.4 Når ulykken inntreffer.....	43
5.5 Fremtiden.....	43
5.6 Oppsummering.....	44
Kapittel 6 - En drøfting om lønnsomhet .....	45
6.1 Ressurser .....	45
6.2 Miljø.....	46
6.3 Teknologi .....	47
6.4 Når bør utvinning skje?.....	48
6.5 Andre faktorer .....	48
6.6 Oppsummering.....	48
Kapittel 7 - Konklusjon.....	49
Referanseliste .....	50



# Kapittel 1 - Innledning

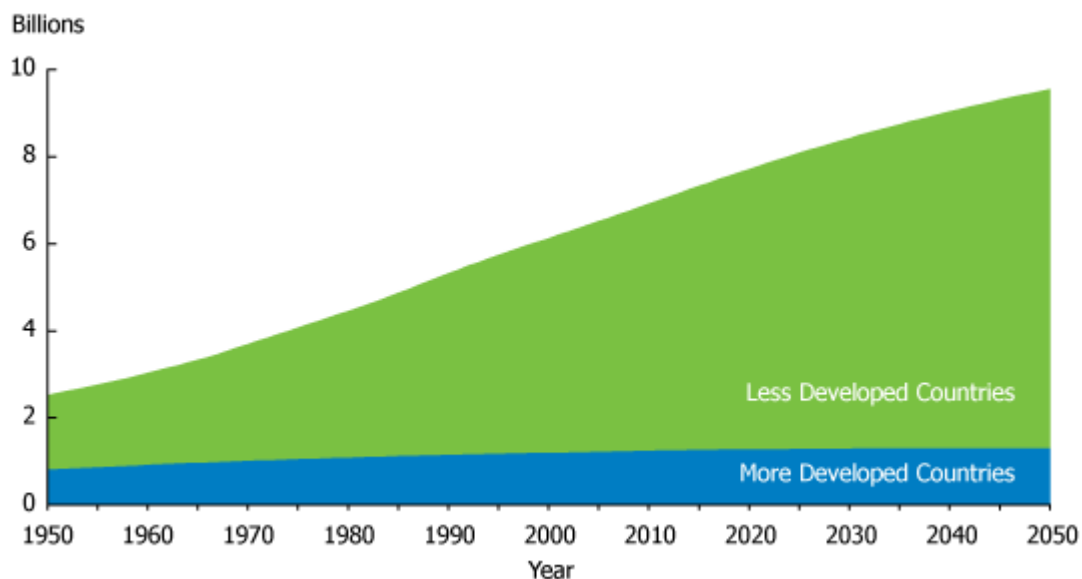
## *1.1 Bakgrunn*

Mineralutvinning på havbunnen ble valgt som tema for oppgaven fordi dette er en spennende og nyskapende næring. Det har lenge vært kjent at det ligger store verdier på og under havbunnen, men av flere årsaker har ingen aktører valgt å satse på utvinning før nå. Gruver på land har så langt dekket behovet for mineraler og metaller. De siste tiårene har store teknologiske sprang blant annet oljenæringen gjort det mulig å utvinne mineraler på en mer effektiv måte. Dette har økt interessen for kartlegging av ressursene på havbunnen flere steder i verden. Et prosjekt i Papau Ny Guinea har også startet arbeidet med å klargjøre for utvinning av metaller og mineraler i 2017.

Den norske kontinentalsokkelen er på 2,5 millioner kvadratkilometer i følge kartverket. Dette er nesten 7 ganger større en fastlandet og mesteparten av havbunnen er enda ikke kartlagt. Utredninger utført av forskere ved NTNU har antydnet store mengder gull, sølv, sink, kobber og andre mineraler langs havbunnen mellom Svalbard og Jan Mayen.

## *1.2 Situasjonbevissthet*

Det som må vurderes er om det burde startes utvinning nå eller vente på bedre marked. Anslag gjort i 2015, tyder på at det forekommer metaller og mineraler på opp til 1000 milliarder kroner i norske havområder. Disse verdiene kan øke med tiden og være mer verdt om, for eksempel 50 år. Befolkningsøkning og bedre levekår gjør at ressursene sannsynligvis blir mer ettertraktet i fremtiden. De Forente Nasjoner (FN) estimerer at i 2050 vil verdens befolkning være 9,7 milliarder mennesker . Befolkningsveksten vil foregå i dagens utviklingsland, som illustrert i figur 1.2.1 ( World Population Prospects, 2015), og det kan forventes at den materielle levestandarden og forbruket av ressurser vil øke betydelig i denne delen av verden. Metallene og mineralene assosiert med forekomster på havbunnen vil være viktig for utbygging og etablering av infrastruktur så vel som forbruksvarer. Dette vil føre til en økt etterspørsel av råvarene forsynt av gruveindustrien.



Figur 1.2.1: Forventet utvikling av verdens befolkning og dens fordeling (World Population Prospects, 2015)

Internasjonalt er det flere land som vender interessen mot havet. Det kan være et ønske om økonomisk vinning og mulighet for flere arbeidsplasser. Dårlige relasjoner med naboland eller ustabile marked kan også være en årsak. Et land som Japan importerer nesten all kobber og sink fra andre nasjoner. Ved å hente ressurser fra havbunnen innenfor sin egen økonomiske sone kan nasjonen spare penger og få en jevnere og mer uavhengig tilgang til mineraler. Det kan derfor være fordelaktig at land som Norge er tidlig med i prosessen og får ta en del i utviklingen og lønnsomheten dette kan medføre.

Nedgangen i oljenæringen har gitt ringvirkninger i flere deler av norsk næringsliv. Arbeidsledighet, opplag og lite aktivitet taler for en ny næring offshore og der stiller mineralutvinning på havbunnen sterkt. En eventuell utvinning vil føre til at nye skip må bygges, utrustes og bemannes, gjerne i Norge.

### ***1.3 Målsetting***

Målet med oppgaven er å vurdere om mineralutvinning på havbunnen er lønnsomt i norske havområder.

## ***1.4 Metode***

Måten oppgaven løses på er ved å samle inn data fra aktører i denne næringen og vurdere hvor store kostnader for drift vil bli i forhold til lønnsomhet. Det er ingen bedrifter som har startet utvinning enda så kostnader for drift vil bli vurdert ut i fra eksisterende data for servicefartøy i oljenæringen. Inntekter vil bli beregnet ved å se på eksisterende verdier på havbunnen og markedsprisen på ressursene i dag.

I slutten av oppgaven vil det bli presentert en konklusjon basert på den informasjon gruppen har skaffet. Det meste av stoffet vil være litteratur som allerede eksisterer på internett og i bøker. Gruppen har også tatt kontakt med forskere i NTNU og bedriftene Nautilus Minerals og Nordic Mining.

## ***1.5 Avgrensning***

Temaet for oppgaven er mineralutvinning på havbunnen. Det vil derfor bli gitt en introduksjon til de ressursene som finnes i verden og internasjonale regelverk. Når lønnsomhet skal vurderes vil oppgaven avgrenses til norske havområder og de ressursene som finnes der.

## ***1.6 Oppbygging***

Oppgaven er delt i to deler hvor den første delen er litteratur som beskriver eksisterende ressurser, regelverk, prosjekter, utstyr og påvirkning på det marine miljø. Den andre delen er en drøfting basert på informasjonen som er gitt i den første delen. Her vurderes lønnsomhet og andre aspekter ved utvinning før det gis en konklusjon som svarer på problemstillingen.

## **Kapittel 2 - Ressurser på havbunnen**

I dette kapittelet vil de bli gitt en oversikt over de ressurser som finnes på havbunnen, hvordan de dannes, og hvor de befinner seg i verden. Det vil også bli gjort et sammendrag av de ressursene som finnes i norske havområder og verdien på ressursene i dagens marked samt en kort introduksjon i geologi.

Det er primært tre typer mineralforekomster på havbunnen som er av økonomisk interesse per i dag.

- **Sea-floor Massive Sulphides** (havbunnsulfider)
- **Manganese/Polymetallic Nodules** (manganknoller)
- **Cobalt-rich Ferromanganese Crusts** (ferromangan skorpe)

Det finnes også andre potensielle forekomster på havbunnen, men per i dag ser de ut til å være relativt små og mindre aktuelle for kommersiell utvinning. De vil derfor ikke bli drøftet i denne oppgaven.

- Offshore diamanter
- Marine fosfater
- Jernholdig sand
- Metallholdige sedimenter
- Gasshydrater

### ***2.1 Introduksjon til geologi og mineraler***

For å kunne forstå oppgaven bedre kreves en kort introduksjon i geologi. To uttrykk som brukes ofte i oppgaven er metall og mineral. Det er ikke så lett å skille metaller fra mineraler siden enkelte råstoffer faller inn i begge kategoriene, slik som gull.

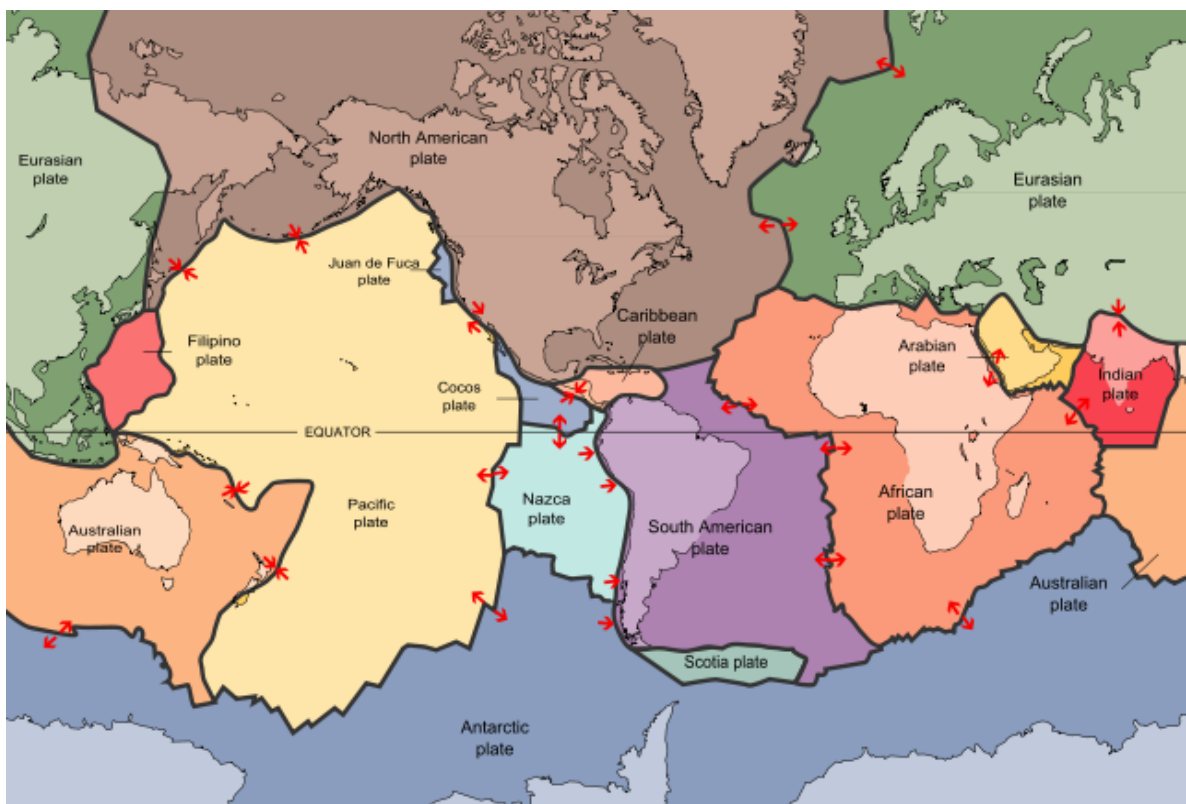
Metall er en fellesbetegnelse på metalliske grunnstoffer. De danner en egen gruppe i periodesystemet. Kjente metaller er gull, jern, kobber, mangan, nikkel, sink og sølv. Det finnes svært mange ulike metaller og de har flere egenskaper avhengig av konsistens. Felles for de fleste metaller er at de leder elektrisitet og varme relativt godt (Haraldsen, 2009). Mineraler er

naturlig forekommende grunnstoffer eller kjemiske sammensetninger. Berggrunnen og løsmasser er bygd opp av mineraler som kvarts og feltspat (Raade, 2016).

## 2.2 Havbunnsulfider

Hydrotermale ventiler ble først oppdaget i 1977 utenfor Galapagosøyene. Ved ventilene ble det observert massive sulfide konsentrasjoner rike på metaller, ofte kalt havbunnsulfider. Ventilene som spyr ut vann kalles hydrotermale skorsteiner (black smokers) (Baker, 2013).

Litosfæren utgjør jordskorpen og den øverste delen av mantelen. Litosfæren er delt opp i tektoniske plater som er i relativ bevegelse til hverandre, og er en viktig drivkraft i geologiske og vulkanske prosesser. Det er to typer litosfærisk bevegelse som forårsaker hydrotermale ventiler: konvergerende og divergerende bevegelser. Nesten alle hydrotermale ventiler er funnet på eller ved de tektoniske plate-grensene. Havbunnsulfider, også kjent som *Seabed Massive Sulphides* (SMS) på engelsk, er områder med relativ høy konsentrasjon av utfelte mineraler og metaller som er blitt dannet av nærliggende hydrotermale skorsteiner (Hannington et. al, 2011). Det er havbunnsulfidene som er aktuelle for utvinning av mineraler og metaller i norske farvann.

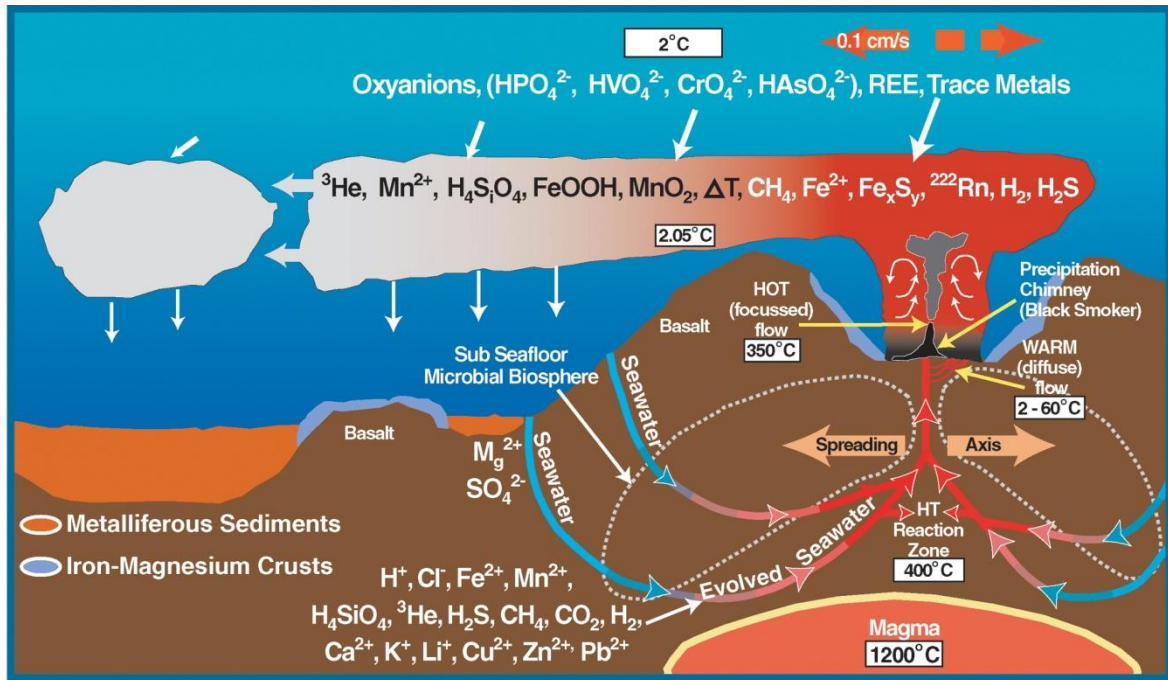


Figur 2.2.1: Litosfærens oppdeling i tektoniske plater (USGS, 1996)

Divigerende, eller “spredende” tektoniske plater danner midthavsryggene, som er verdens lengste fjellkjeder. Ved spredningssenteret vil press fra mantelen føre magma nært havbunnen, og i enkelte tilfeller kan magmaen bryte havbunnen og flyte utover, og danne ny jordskorpe. Det kan være verdt å merke seg at Island ligger langs midthavsryggen, og er svært markant i sin høyde over omkringliggende havbunn. Konseus per i dag er en lokal magmatisk søylestrøm under øya som forårsaker den relativt hurtige veksten (Weisenberger, 2010). Disse divergerende plate-grensene har en utstrekning på omtrent 64 000 km, og man kan forvente å finne magmatisk aktivitet eller spor av magmatisk aktivitet langs hele plate-grensen i varierende tetthet. Disse divergerende platene, eller spredningssenterene, går store distanser Nord/Sør i Stillehavet, Atlanterhavet og det indiske hav, og utgjør for eksempel atlanterhavsryggen, som illustrert i figur 2.2.1 (Ritter, 2016).

Den andre formen for litosfærisk bevegelse som assosieres med hydrotermale skorsteiner er konvergerende bevegelse; de tektoniske platene beveger seg mot hverandre, eller en plate som beveger seg mot en stasjonær plate. I møtetpunktet vil typisk den bevegende platen pressen ned mot mantelen, under den mer stasjonære platen. Konvergerende bevegelse vil i mange tilfeller danne dyphavsgroper. Magmatisk aktivitet forekommer på den mer stasjonære platen, nært grensen som markeres ved dyphavsgropen. Hastigheten og omfanget på denne magmatiske aktiviteten er varierende avhengig av geografien, og kan foregår svært langsomt. Konsekvensene er alt fra relativt små hauger på dypt under vann (fig 2.2.1), til hele øygrupper slik som Indonesia (Ritter, 2016).

Havbunnsulfider dannes på stort dyp rundt hydrotermale ventiler. Sjøvann trenger ned i jordskorpen, og blir varmet opp til 350-400°C. I prosessen blir vannet mettet med mineraler og metaller, og får oppdrift, og tvinges gjennom hydrotermale ventiler ved havbunnen. Når det mineralrike vannet kommer i kontakt med kaldt sjøvann, utfelles mineralene over havbunnen, som illustrert i figur 2.2.2. Selv om en hydrotermal skorstein vil dannes på nytt innen noen få dager, er ikke havbunnsulfider regnet som fornybare ressurser. Det vil ta flere tusen år før et område blir kommersielt attraktivt for utvinning på nytt (Clark et. al, 2013).



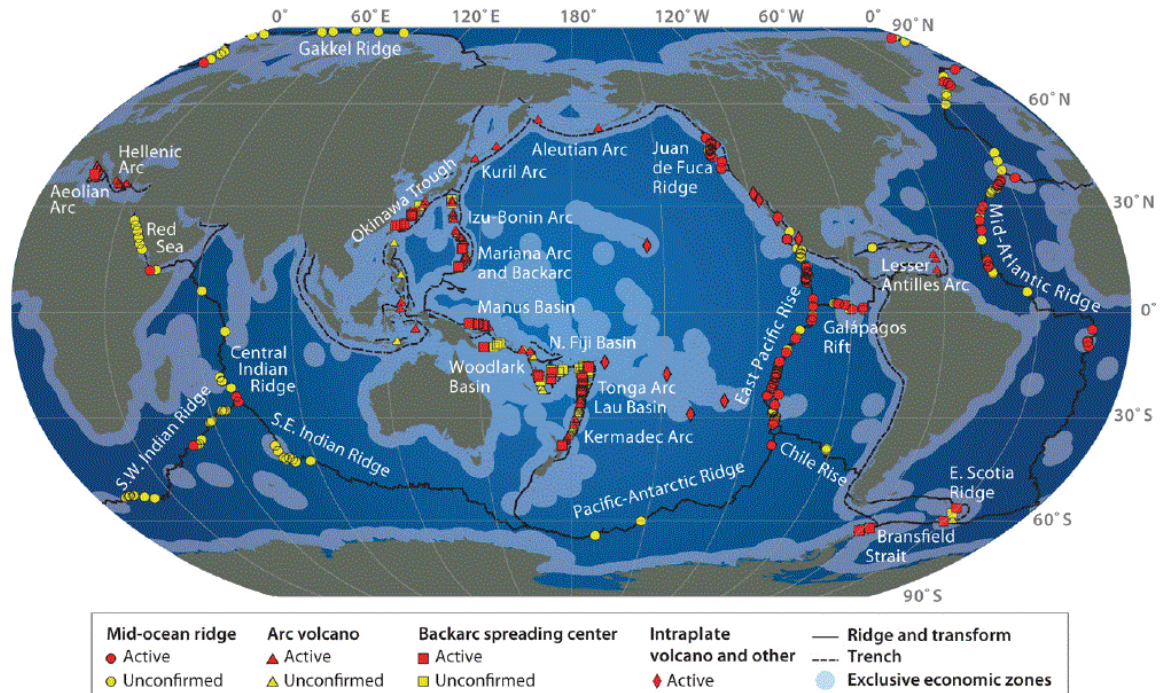
Figur 2.2.2: Dannelse av havbunnsulfider ved en hydrotermal skorstein langs en spredningsakse (NOAA, 2016)

Det er kjent at samme prosess som beskrevet over er grunnlaget for mange av gruvene på land. Felles for alle er forekomster av kopper, sink og bly, men flere av gruvene på land inneholder betydelige mengder gull og sølv. Kunnskapen fra land kan være motiverende for kommersielle aktører til å etablere utvinning under vann.

Det er identifisert over 300 aktive, høy-temperatur (black smoker) skorsteiner globalt. Av disse har 165 akkumulert betydelige mengder sedimenter i områdene rundt skrosteinene. Størsteparten av disse hydrotermale skorsteinene og tilhørende felt med utfelte mineraler, finnes langs spredningssentrene som er midthavs-ryggene, og utgjør 65% av forekomstene. Vulkanske øybuer, som formes over subduksjonssoner, også kjent som konvergerende bevegelse, utgjør 12% av SMS forekomstene. De siste 22% utgjøres i "backarc spreading centers" (Hanington et al, 2011).

De største havbunnsulfidene finnes langs de langsomt divigerende platene. Her er vulkaner sporadisk, og man har lange perioder med stabil tektonisk aktivitet. Dette fører langvarig aktivitet fra hydrotermale skorsteiner, som gir relativt store havbunnsulfider. Spredningssenteret som utgjør atlantehavsryggen er saktegående. Atlantehavsryggen har en sprednings-hastighet

på 1-4 cm/år, i motsetning til 4-6 cm/år for det Indiske hav, og det østlige stillehav på over 8 cm/år (Hannington et al, 2011).



Figur. 2.2.3: Fordeling av hydrotermale skorsteiner i verdenshavene (Hannington et.al. 2011)

Informasjonen presentert ovenfor er basert på estimater fra 554 hydrotermale skorsteiner og 165 havbunnsulfider over 100 m<sup>2</sup>. I en rapport fra NTNU Trondheim tar for seg en del av atlantehavsryggen mellom Jan Mayen og Svalbard, nærmere bestemt Mohn og Knipovich-ryggen. De estimerer 6,4 millioner tonn kopper, 6,5 millioner tonn sink, 9900 tonn sølv og 170 tonn gull. Det er i likhet med estimatene fra Hannington et al. knyttet store usikkerheter til estimatene.

### 2.3 Manganknoll

Manganese nodules på engelsk, også kjent som polymetalliske (fler-metalliske) noduler har potensialet for å være kommersielt lønnsomt. Manganknoller var den første ressursen som ble oppdaget og det skjedde på HMS Challenger ekspedisjonen mellom 1872 og 1876. De ble ikke sett på som verdifulle før 1960- tallet, når det ble oppdaget at de inneholdt nikkel, kobber og andre mineraler. Rundt 1970 ble det derfor jobbet med å utvikle utstyr som kunne hente opp manganknoller fra bunnen.

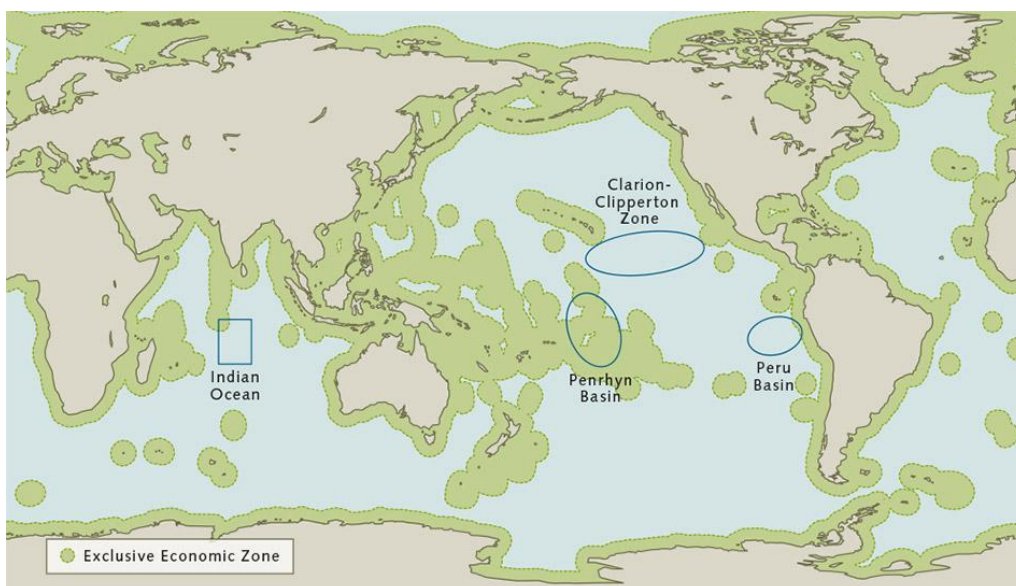


Manganknoller har omtrent samme størrelse som en potet, men forskjellige områder har ulik fordeling av størrelse. Manganknoll, også kalt noduler, er sirkulære og irregulære masser (Store Norske Leksikon, 2009b).



Figur 2.3.1: Tversnitt av en manganknoll (World Ocean Review, 2015)

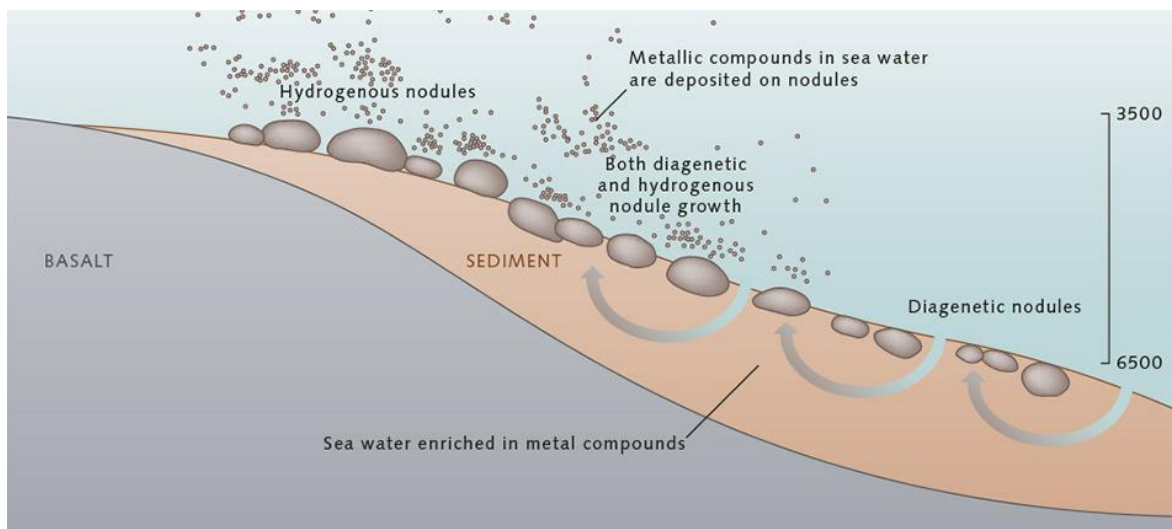
De inneholder for det meste mangan og jern, men også nikkel, kobber og kobolt. Det finnes også spor av molybdenum, lithium og yttrium i manganknollene i alle de kartlagte områdene (Clark et. al. 2013). Det er kartlagte forekomster i Stillehavet og det Indiske hav, som vist på figur 2.3.2. De største konsentrasjonene er i Stillehavet, mer spesifikt Clarion-Clipperton Zone, hvor konsentrasjonene er rundt  $15 \text{ kg/m}^2$ , mot  $5 \text{ kg/m}^2$  utenfor Cook Islands ved New Zealand og det Indiske hav. Det er lite informasjon om forekomster i andre havområder. (Clark et. al. 2013).



Figur 2.3.2: De fire sonene med størst konsentrasjon av manganknoller (World Ocean Review, 2015)

Manganknollene starter med en kjerne som utfelte mineraler kan feste seg på, for eksempel en del av et snegleskjell. Dette kan man se på figur 2.3.1, hvor kjernen er en liten stein. Nodulene vokser i størrelse ved en hydrogenetisk eller diagenetisk prosess som vist på figur 2.3.3.

Hydrogenetisk prosess vil si at oppløste metallforbindelser i havet legger seg rundt en kjerne på bunnen. Deretter vil mineralet vernadite gjøre at metaller fester seg til en kjernen. Hvis forholdene er stabile vil denne kjernen vokse med en rate på 10mm per million år. Diagenetisk prosess er når sedimenter presses sammen under stort trykk. De går fra å være løse til faste bergarter uten stor varmeutvikling. Dette omfatter også omdannelse av organiske materialer til olje og gass (Store Norske Leksikon, 2009a). Sjøvann som er rikt på metallpartikler trenger ned i havbunnen og metallene fordeles i sedimentet. Mineralene todorokite og birnessite vil gjøre slik at metallene fester seg til en kjerne. Dette vil fortsette å vokse med en rate på opptil 100 mm per million år. Manganknoller regnes derfor ikke som en fornybar ressurs (World Ocean review, 2015). Andre forhold som er viktige for dannelsen er lav sedimentasjonsrate slik at manganknollene ikke dekkes til på havbunnen. Det kreves også oksygenrikt vann.



Figur 2.3.3: Dannelse av manganknoller (World Ocean Review, 2015)

Siden manganknollene ligger løst på havbunnen er det i teorien lett å utvinne dem. Vanligvis ligger de på store sletter i dyphavet mellom 3500m og 6500m. Verdien på de ulike ressursene endres stadig avhengig av markedet (Mining, 2016).

Tabell 2.3.1: Oversikt over verdi på ressurser (Mining, 2016).

Metall/Mineral	Pris
Molybdenum	100 kr/kg
Kobber	38 kr/kg
Nikkel	69 kr/kg
Kobolt	201 kr/kg

Metallene som eksisterer i en manganknoll har mange anvendelser. Kobber er svært viktig i elektronikk og industri. Molybdenum er et metall som tåler svært høye temperaturer uten å forandre konsistens. Dette er derfor svært ettertraktet for bruk i motorer, flydeler og som panser i stridsvogner. Kobolt brukes mye i legeringer i skjæreverktøy for å bearbeide andre metaller. Nikkel brukes mye i legeringen for å gi bedre korrosjon-egenskaper, og i nikkel-cadmium batterier.

Kobolt, molybdenum, mangan og nikkel brukes også som legeringsmetall for å skape varme og harde superlegeringer. Superlegeringer har bedre egenskaper enn enkeltmetaller.

## ***2.4 Ferromangan skorpe***

Interessen rundt manganknoller på 60-tallet førte også til interesse for ferromangane skorper som kilde til kobolt. Det har vist seg å være krevende å utvinne ferromangan skorpe fra havbunnen, og det sees ikke på som kommersielt viabelt med dagens teknologi.

Ferromangan skorpe er den tredje kategorien av mineralforekomster med økonomisk interesse på havbunnen. Navnet kommer av at skorpen består av jern (Fe) og mangan (Mn) samt kobolt (Co) (Clark et. al, 2013). Skorpen inneholde også andre mineraler slik som nikkel og platinum. Denne typen mineralforekomst er vanskeligere å hente opp enn andre mineralforekomster fordi skorpen fester seg svært godt til bunnen, slik som bilde 2.4.1. Teknologi for å utvinne dette vil lage mye unyttig avfall og sediment-skyer.



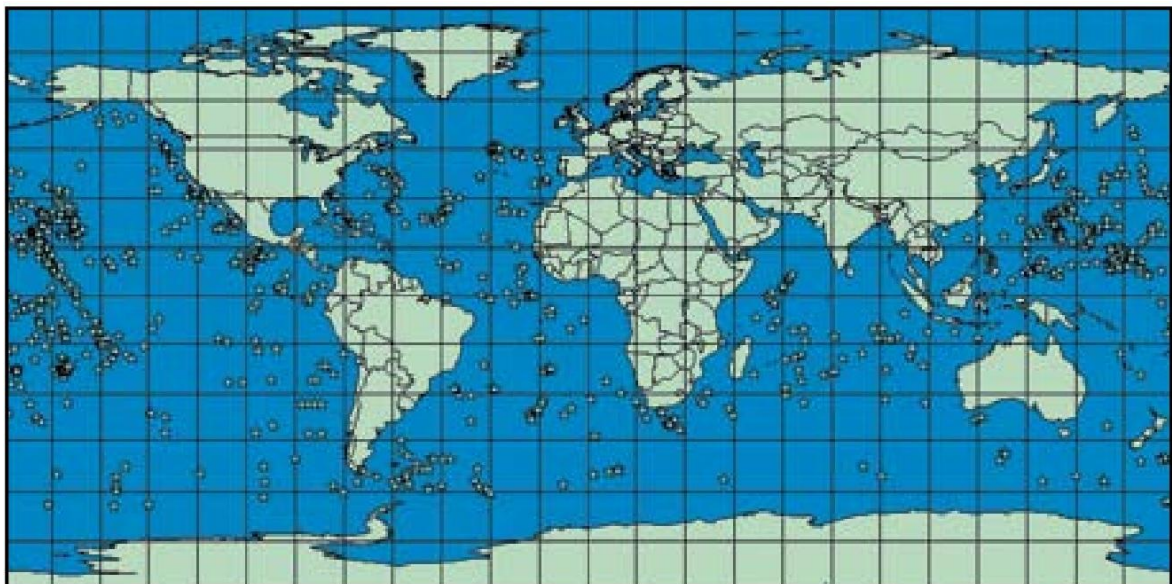
Figur 2.4.1: Ferromangan skorpe utenfor Japan (Jamstec, 2016).

Skorpen kan oppstå over hele verden og varierer i tykkelse fra 1mm til 260mm. De forekomstene med økonomisk interesse ligger mellom 800-2500m dyp. Det tar millioner av år før en skorpe utvikles. Skorpen kan oppstå ved hydrotermal sirkulasjon eller hydrogenetisk absorpsjon (Clark et. al. 2013). En enkel forklaring på dette er at erosjon tilfører havet sedimenter som blir transportert med havstrøm og med tiden legger seg ned og fester seg til bunnen. Det er primært løsmasser som forvitres fra berg (Store Norske Leksikon, 2015). Dette danner så en skorpe med blanding av metaller. Figur 2.4.2 viser et tverrsnitt av en skorpe funnet utenfor Japan. Det er bare de hydrogenetiske konsentrasjonene som er av økonomisk interesse og de finnes primært i stillehavet. Grunnen til dette er at hydrotermal sirkulasjon fjerner de mineralene som er av økonomisk interesse i ferromangane skorper.



Figur 2.4.2: Ferromangan skorpe over leire (Jamstec, 2016)

Det er i Stillehavet de rikeste konsentrasjonene er funnet. Det er ikke samlet inn like mye prøver i Atlanterhavet men likevel beregner International Seabed Authority at 1.7% av havbunnen til å være dekket av slike skorper (International Seabed Authority, 2008). Skorpen kan vokse med 1-6 mm per million år. De vokser bare på områder uten andre sediment. Figur 2.4.3 viser tydelig at det ikke er noen kjente ferromangane skorper i norske havområder.



Figur 2.4.3: Kjente posisjoner til ferromangane skorper (International Seabed Authority, 2008)

Metall som finnes i slike skorper har flere ulike bruksområder, slik som å tilføre ulike egenskaper til stål (hardhet). De brukes også i magneter, solceller, lasersystem og verktøy (International Seabed Authority, 2008).

Det har vært flere prosjekter knyttet til ferromangane skorper. Så tidlig som i 1981 utførte en koalisjon av land ledet av USA, Kina og Japan, et prosjekt i Stillehavet hvor målet var å kartlegge skorper og ta prøver av mineralene. Flere andre land har også forsket i Stillehavet og så sent som i ferbruar 2016 drev forskere fra JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) og Kochi Universitetet, en ekspedisjon med undervannsfartøy. Målet var 1800km sørøst for Japan og JAPIC (Japan Project-Industry Council) har beregnet at det kan ligge verdier for så mye som 100 trillioner yen (90 milliarder USD, Mai 2016) innenfor deres økonomiske sone (Jamstec, 2016). Slik situasjonen er nå vil det ikke startes utvinning av mineraler før det forskes mer på innvirkning på det marine miljø.

Tabell 2.4.1: Verdien på mineralene i ferromangane skorper (Mining, 2016)

Kobber	38 kr / kg
Molybdenum	100 kr / kg
Nikkel	69 kr / kg
Kobolt	201 kr / kg
Platinum	262.000 kr / kg
Titanium	120 kr / kg

Som det kommer fram av tabell 2.4.1 er det snakk om svært store verdier som ligger på havbunnen. Flere av metallene finnes også i manganknoller slik som nikkel, kobolt og kobber.

## ***2.5 Forekomster i Norge***

Seksjonen av den midtatlantiske ryggen som går mellom Jan Mayen og Svalbard, mer spesifikt Knipovich-og Mohn ryggen, er av interesse. Dette kommer frem i en rapport som var et samarbeid mellom NTNU og selskapet Nordic Mining.

Rapporten gjør en estimasjon av forekomster av kobber, sink, sølv og gull.

Estimert mengde er i metriske tonn utvinnbart metall (tabell 2.5.1), og er fordelt utover de aktuelle SMS akkumulasjonene. SMS akkumulasjoner beskriver områdene med utfelte mineraler på havbunnen rundt de hydrotermale skorsteiene.

Tabell 2.5.1: Ressurser i Norge (Sinding-Larsen, R, Ellefmo, S, 2013).

Forekomst/metall/mineral	Estimert mengde (tonn)	(Antall havbunnsulfider)
Kopper	$6.4 \times 10^6$	155
Sink	$6.5 \times 10^6$	155
Sølv	9901	153
Gull	170	155

Havbunnsulfidene vil være rike på edelmetallene gull og sølv, samt basemetallene kobber og sink. Prøvene de har tatt har gitt gode resultater og de vurderer verdien på metallene til å være mellom 430-1000 milliarder norske kroner.

### 2.5.1 Forekomster på land

For å kunne vurdere om det er behov for mineralutvinning på havbunnen i Norge må det først gis en oversikt over situasjonen på land. Norges geologiske undersøkelse (NGU) har laget et sammendrag for næringen i 2014 i samarbeid med Direktoratet for mineralforvaltning (DMF). Den viser at bergindustrien i Norge omsatte for 12.9 milliarder kroner og eksporterte for 7 milliarder kroner. Det skilles videre mellom 5 kategorier; industrimineraler, naturstein, byggeråstoffer, metalliske malmer og energimineraler. Det er kalkulert at hver nordmann brukte 13 tonn norske mineralske råstoffer i 2014.

I 2015 fantes bare 4 gruver som utvinner metaller i Norge og dette var jern/nikkel gruver. Noen av de gruvene produserer kobber og sink som biprodukter av den egentlige produksjonen. Det finnes altså ingen gruver som utvinner gull, sølv, kobber eller sink som hovedprodukt. Dette er til tross for at det finnes 14 kjente konsentrasjoner av kobber, 8 med sink, 7 med gull og 3 med

sølv. Opp gjennom historien har det vært drevet gruver med slike metaller men det ble ikke økonomisk forsvarlig. Kongsberg sølvgruve ble for eksempel lagt ned i 1957 på grunn av underskudd. Der hadde man 15-30 gram sølv per tonn avfall.

NGU regner med at det finnes metaller for en verdi på 1388 milliarder kroner i Norge i dag. Dette inkluderer gull, sølv, kobber og sink samt andre metaller som titan, jern, fosfor, arsen, rutil, niob, selen, jern, molybdenum og nikkel. Selv om det er klart at det finnes store mengder gull, sølv, kobber og sink på fastlandet og havbunnen, eksisterer det for lite informasjon om mengde, verdi, posisjon og utvinningsgrad i dag.



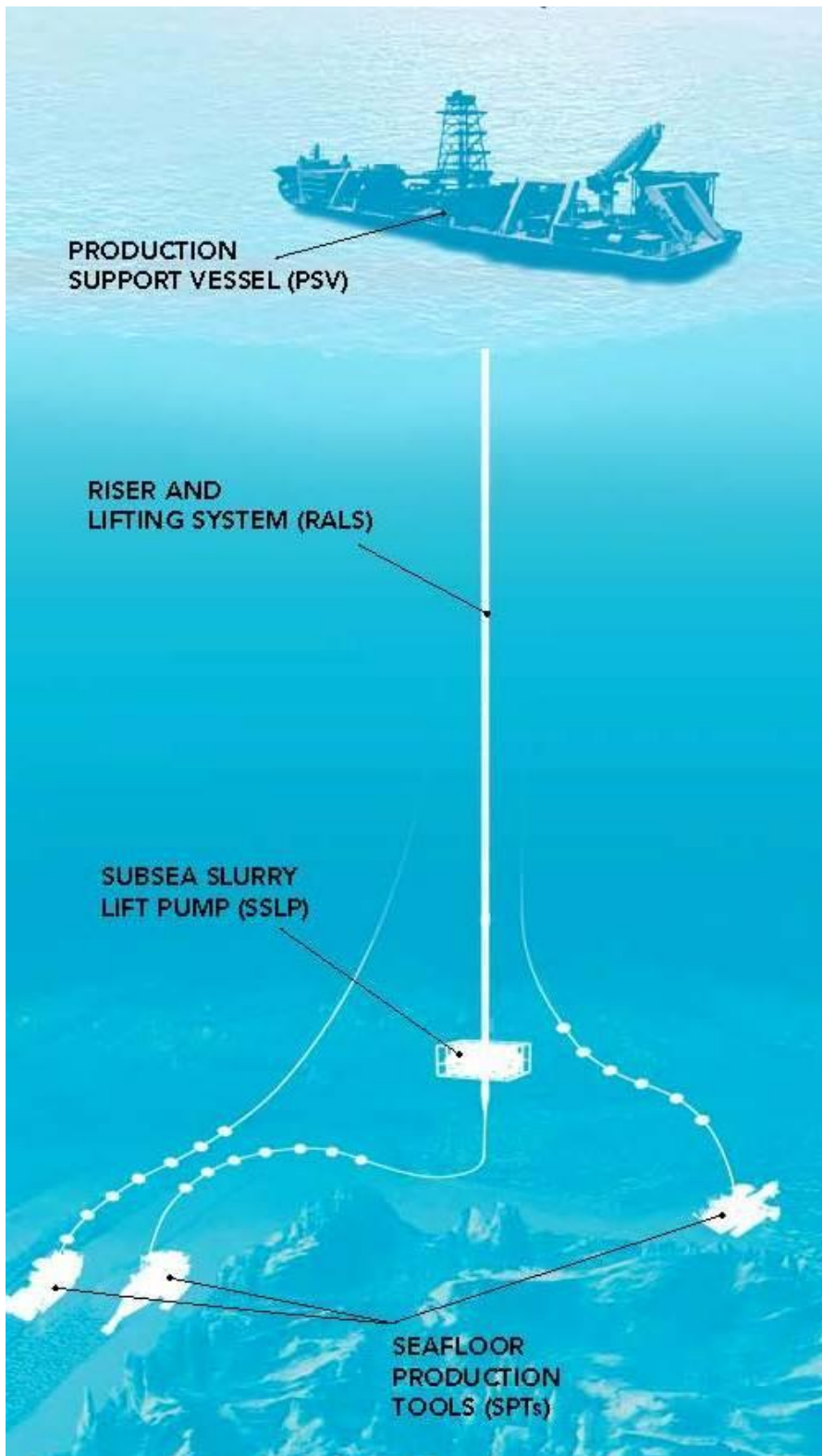
## Kapittel - 3 Utvinning

I dette kapitlet vil det bli gitt en oversikt over utvinning av havbunnsulfider. Utvinning av manganknoller og ferromangane skorper omtales ikke, fordi dette er ikke aktuelt i norske havområder. Oversikten tar også utgangspunkt i at ressursene allerede er kartlagt og vurdert. Teknologien som muliggjør utvinning er i stor grad basert på løsninger fra offshore olje og gass, samt eksisterende utstyr fra gruver på land. Enda er det ingen aktører som utvinner SMS akkumulasjoner, men mange bedrifter utvikler løsninger som kan være aktuelle i fremtiden.

Nautilus Minerals er et selskap som ønsker å utvinne mineraler på havbunnen i Stillehavet. De har flere pågående prosjekter og ett av dem er utvinning av SMS akkumulasjoner utenfor Papau Ny Guinea. Dette prosjektet heter Solwara 1 og selskapet har kommet svært langt i utvikling av utstyr som kreves for utvinning. Nautilus Minerals regner med å starte utvinning i 2017 (Nautilus Minerals, 2016a). Deres løsning for utvinning av SMS akkumulasjoner vil bli presentert her.

### 3.1 Oversikt

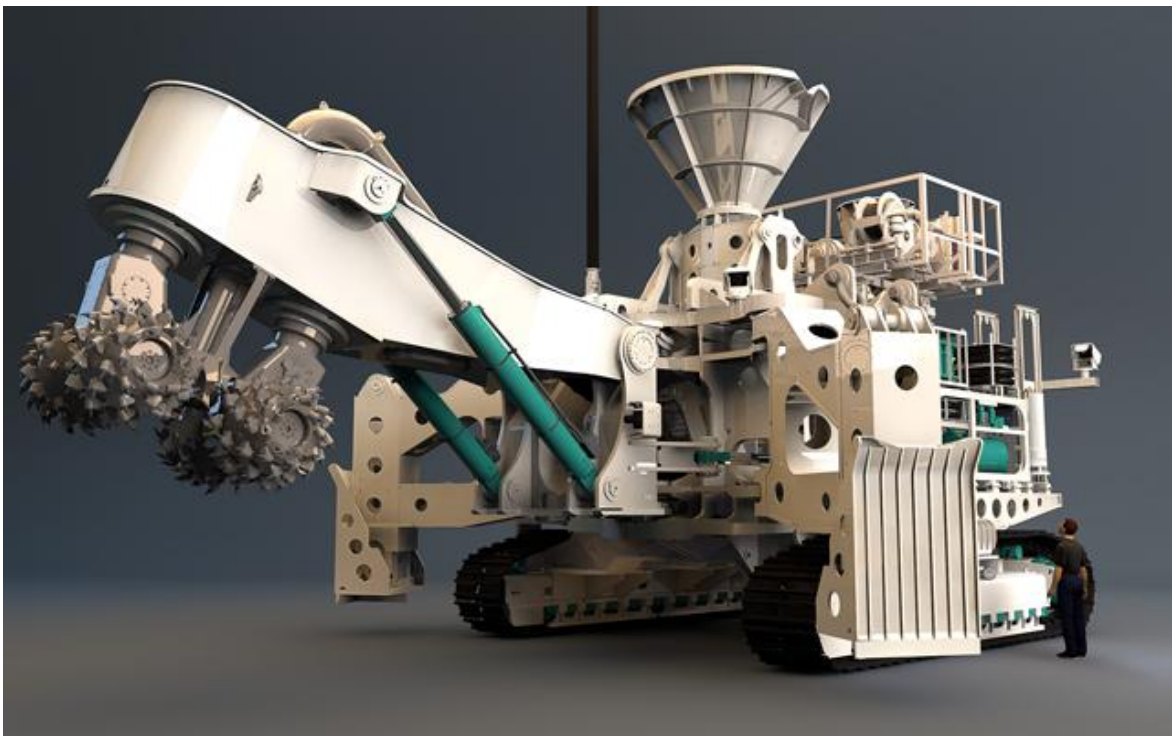
Som det står beskrevet i figur 3.1.1 har Nautilus Minerals delt operasjonen i flere kategorier. På bunnen arbeider *Seafloor Production Tools* (SPT) med aggregering av havbunnsulfidene og oppsamling av løsmasser. De er fjernstyrt fra skipet og pumper løsmassene til en *Subsea Slurry Lift Pump* (SSLP). Pumpen hjelper materialene opp til skipet via *Riser and Lift System* (RALS). Når dette er kommet til skipet separeres vann og mineraler. Vannet pumpes ned til havbunnen for å hindre forurensning av vannsøylene, mens mineralene lagres i skipet før de hentes av lasteskip (Nautilus Minerals, 2016d).



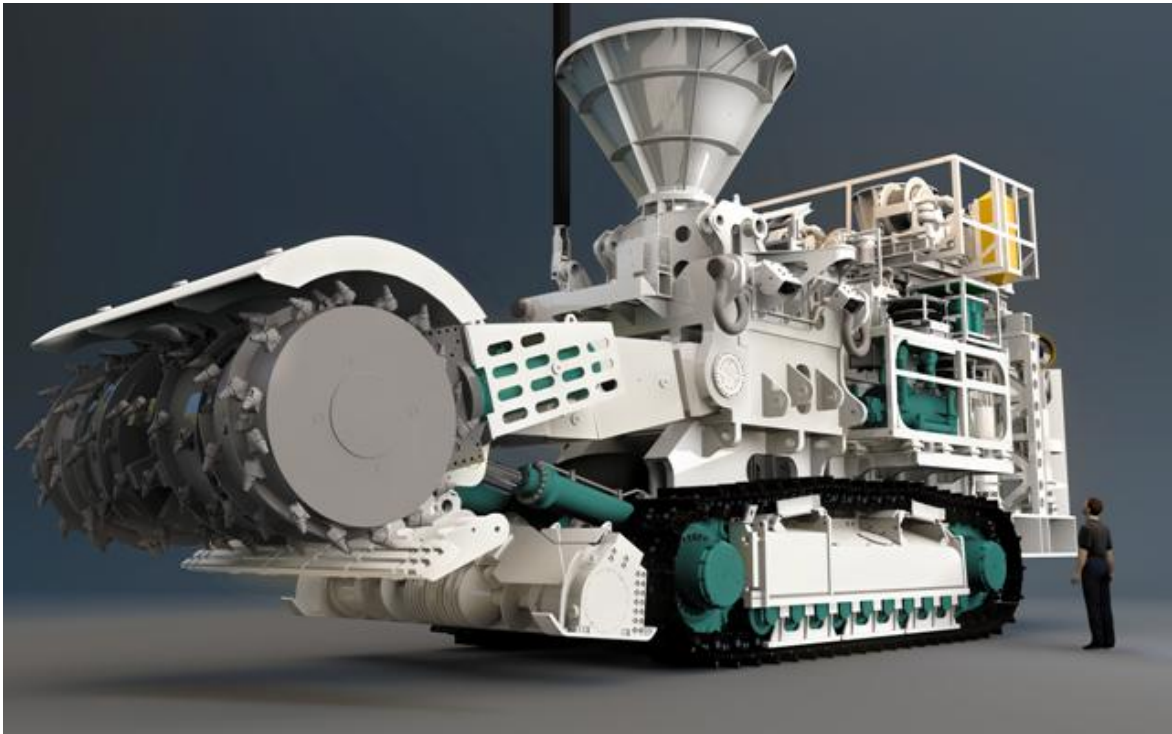
Figur 3.1.1: En illustrasjon av utvinning av havbunnsulfider (Nautilus Minerals, 2016d)

### ***3.2 Seafloor production tools***

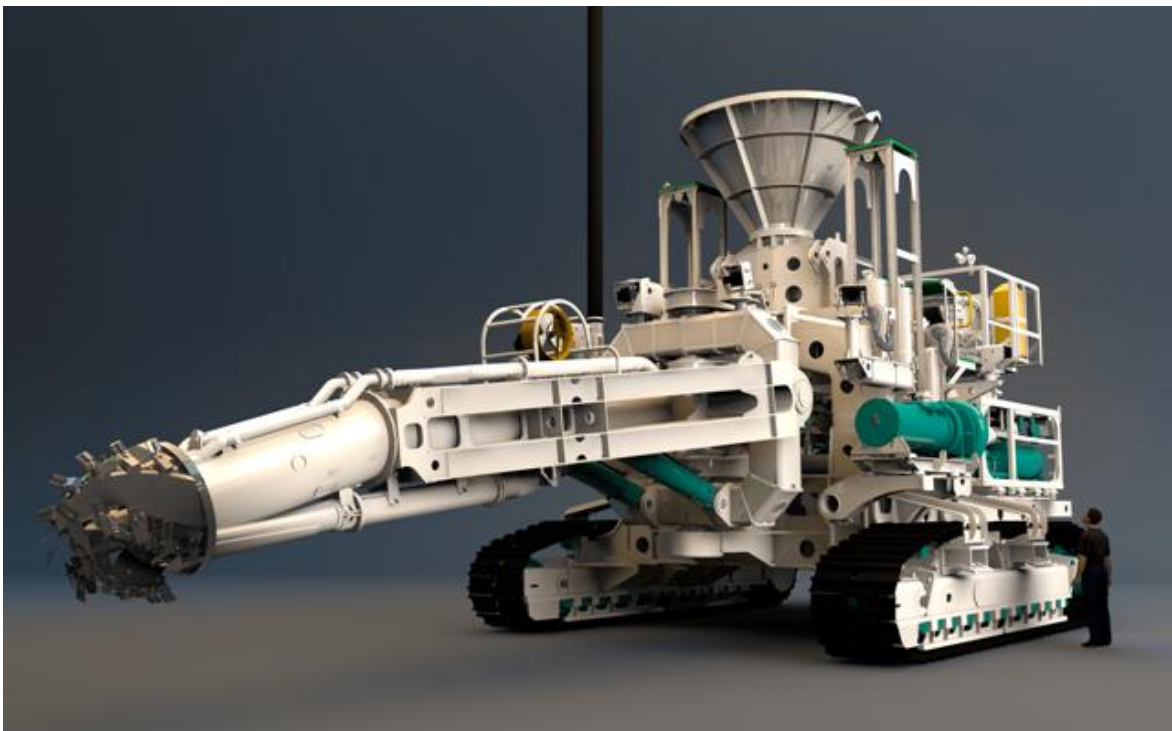
På havbunnen jobber tre fjernstyrte maskiner med aggregering og oppsamling av mineraler. Den knuste massen blir så fanget opp med et sugesystem, som frakter det videre i rør opp til moderskipet. Alle maskinene styres via strømkabelen fra skipet. De kan operere på dyp opptil 2500m og veier nesten 310 tonn hver. Kapasitet og produksjonshastighet er enda ikke kjent siden utstyret ikke er ferdig testet før 2017 (Nautilus Minerals, 2016d). Maskinene bruker et eget løftesystem for å settes ut på havbunnen kalt Launch and Recovery System (LARS). De tre maskinene som brukes er:



Figur 3.2.1: Auxiliary cutter - Brukes til å lage flater hvor de to andre maskinene kan jobbe. (Nautilus Minerals, 2016d)



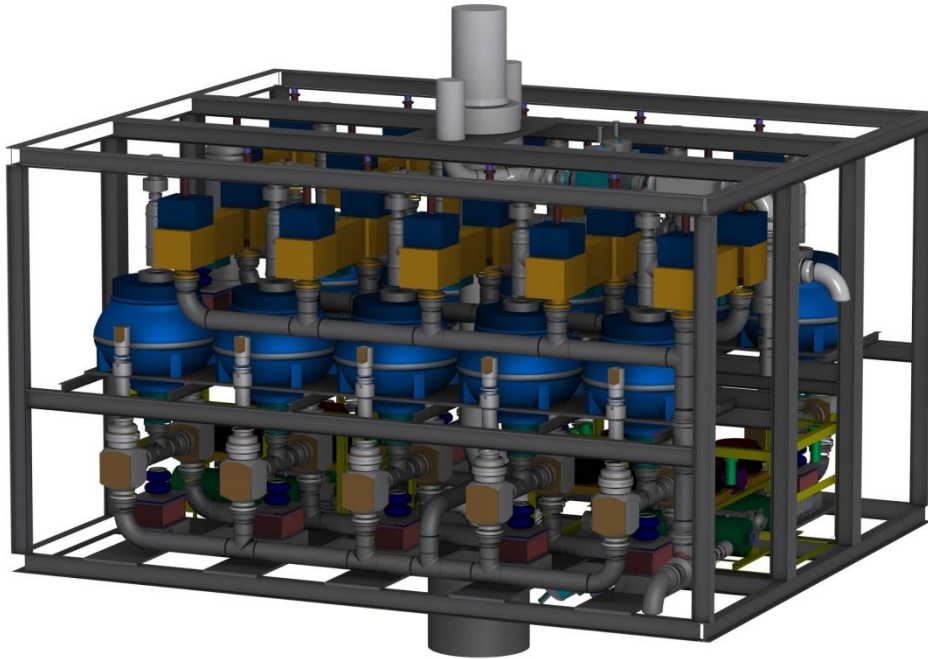
Figur 3.2.2: Bulk Cutter - Knuser mineraler til mindre biter slik de får plass i stigerøret.  
(Nautilus Minerals, 2016d)



Figur 3.2.3: Collecting Machine - Samler alt som de to nevnte maskiner har knust og sender det til pumpen via en fleksibel rørledning. (Nautilus Minerals, 2016d)

### ***3.3 Riser and lift system***

Det vil bli brukt et stigerør fra utvinningsutstyret på havbunnen opp til moderskipet, hvor aggregatmassen vil bli utskilt fra vannet for videre produksjon. Sjøvannet som nå er rensset for aggregatmassen vil bli pumpet ned til havbunnen i en riser for å unngå blanding og forurensing av den øvrige delen av vannsøylen (Nautilus Minerals, 2016c).



Figur 3.3.1: Subsea Slurry Lift Pump (Nautilus Minerals, 2016c).

### ***3.4 Production support vessel***

Utvinningsoperasjonen vil styres fra et moderskip, også kalt production support vessel (PSV). Skipet vil være utstyrt med kraner for å håndtere utstyret på havbunnen, ROV-kapasitet og dynamisk posisjonering for å holde posisjonen. Det vil også ha utstyr for å skille vann fra løsmassene og skylle avfall ut i havet igjen.

Skipet bygges i Kina av Marine Assets Corporation og leies til Nautilus Minerals med en dagrate på 199 910 USD i minimum 5 år. Det er ikke ferdig før 2017, men Nautilus Minerals har laget

figur 3.4.1 for å vise hvordan skipet som er bestilt av Nautilus Minerals vil se ut. Skipet skal være 227m langt, 40m bredt og ha plass til 180 personer (Nautilus Minerals, 2016b).



Figur 3.4.1: PSV i Solwara 1 prosjektet (Nautilus Minerals, 2016b)

Når skiper er i operasjon skal det ligge stille med hjelp av dynamisk posisjonering. Hver 5-7 dag vil et lasteskip komme å hente mineralene som er utvunnet. Dette skal så fraktes til land for å bearbeides. Skipet utrustes med utstyr flere norske bedrifter, blant annet Rolls Royce og Kongsberg som leverer henholdsvis framdriftssystem og kontrollsystem (Nautilus Minerals, 2016b).

### ***3.5 Oppsummering***

I dette kapitlet er løsningen til Nautilus Minerals for mineralutvinning på havbunnen blitt presentert. Det finnes andre løsninger i konseptfasen, men ingen har startet utvinning enda. Om dette er en aktuell løsning i norske havområder er usikkert fordi utstyret er enda i testfasen. Utstyret er også begrenset til 2500m dybde, noe som må økes til 3500m i norske havområder.

## Kapittel 4 - Regelverk

Dette kapittelet gir en oversikt over internasjonalt regelverk for utnyttelse av ressurser på havbunnen og en kort beskrivelse av de internasjonale organer som arbeider med dette.

Regelverk i norske havområder vil også bli gjennomgått. Til slutt vil Norges maritime grenser i 2016 bli beskrevet. Lovverk som tar stilling til vern av det marine miljø vil bli drøftet i kapittel 5.

### ***4.1 Et sammendrag av internasjonale regelverk***

Når FN ble opprettet etter 2. verdenskrig fantes det ikke noe internasjonalt regelverk som regulerte ressursene i havet mellom stater. FN holdt derfor en havrettskonferanse i Geneve i 1958 hvor 4 konvensjoner ble vedtatt (Regjeringen, 2014):

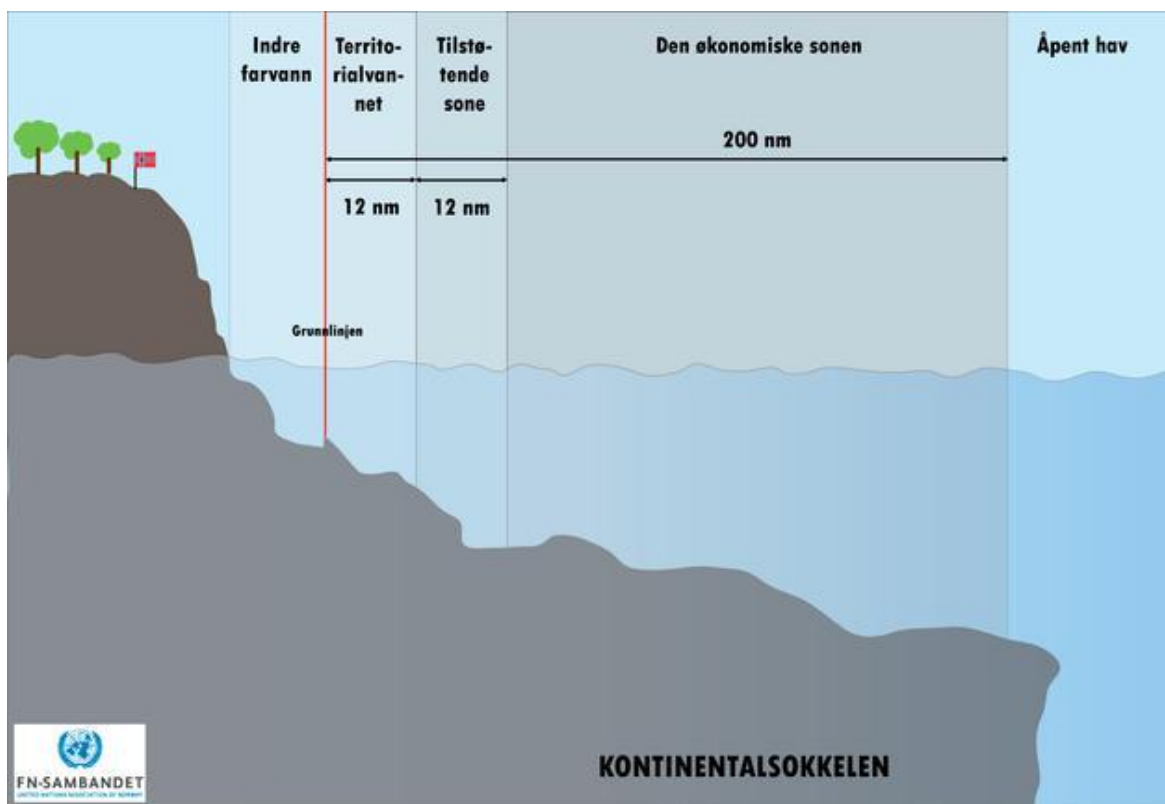
- Konvensjon om sjøterritoriet og tilstøtende sone
- Konvensjon om det åpne hav
- Konvensjon om fiske og bevaring av de levende ressurser på det åpne hav
- Konvensjon om kontinentalsokkelen

Mange spørsmål ble uløst og en ny havrettskonferanse ble holdt i 1973. Etter flere år med forhandlinger ble FNs havrettskonvensjon av 10. desember 1982 ferdigstilt. Denne bygde videre på de fire konvensjonene som ble laget i 1958. Konvensjonen trådte i kraft 16. november 1994 og i 2003 hadde 143 stater ratifisert konvensjonen. Denne behandler all utnyttelse av havet utenom militære forhold. Dette gjelder også luftrommet over havet og det som ligger under bunnen.

Konvensjonen er bygd opp av flere artikler. *Artikkel 76* definerer kontinentalsokkelen som hele den naturlige forlengelsen av landmassene som omfatter alt utenom dyphavssletta med oseaniske rygger og undergrunner. Kontinentalsokkelen kan ikke strekke seg lenger enn 350 nautiske mil fra grunnlinjen eller 100 nautiske mil fra dybdekurven 2500 meter.

Konvensjonen tillater en maksimal bredde på sjøterritoriet på 12 nautiske mil fra grunnlinjen og en økonomisk sone på 200 nautiske mil. En forutsetning for dette er at grensene ikke går inn i territoriet til andre stater. Land med kontinentalsokkel ut over 200 nautiske mil har mulighet til å

utnytte ressurser utenfor grensene sine. Etter *artikkel 77* har kyststaten suverene rettigheter over kontinentalsokkelen.



Figur 4.1.1: Oversikt over maritime grenser (Forente Nasjoner, 2013)

To viktige organer ble opprettet som følge av konvensjonen, “Den Internasjonale Havbunnsmyndighet” og “Den internasjonale Havrettsdomstolen”.

Den internasjonale Havbunnsmyndigheten holder til på Jamaica. Denne myndigheten overvåker at konvensjonen følges og har flere oppgaver. Den viktigste er å fordele konsesjoner til organisasjoner eller land som vil forske eller utnytte ressurser i det åpne hav (Globalis, 1982). Det åpne hav er felles eie for alle land og defineres som alt hav utenfor nasjonale økonomiske soner.





Figur 4.1.2: ISA (Unesco, 2007)

Den andre store internasjonale aktøren er Havrettsdomstolen i Hamburg. Domstolen har som formål å løse tvister som oppstår i forbindelse med tolkning av Havrettskonvensjonen. Den ble opprettet i 1996 og kan behandle tvister mellom land, organisasjoner eller personer (Hallenstvedt og Henriksen, 2013).

#### ***4.2 Regelverk i norske områder***

Norge har ratifisert havrettskonvensjonen og regelverket bygger videre på de internasjonale bestemmelsene i den konvensjonen. Regelverk for maritime grenser, suverenitet, vitenskapelige undersøkelser og utnyttelse av ressurser i norske havområder blir gitt av følgende lover:

- Lov om Svalbard, 1925.
- Lov om Jan Mayen, 1930.
- Lov om vitenskapelig utforskning og undersøkelse etter og utnyttelse av andre undersjøiske naturforekomster enn petroleumsforekomster, 1963 (Forkortet: Lov om undersjøiske naturforekomster ).
- Resolusjon om vitenskapelige undersøkelser etter naturforekomster på den norske kontinentalsokkel, 1969 (Forkortet: Resolusjon om vitenskapelige undersøkelser).
- Forskrift (midlertidig) for undersøkelse etter visse andre undersjøiske naturforekomster enn petroleum på den norske kontinentalsokkel m.v, 1970 (Forkortet: Forskrift om undersjøiske naturforekomster).
- Lov om Norges Økonomiske Sone, 1976 (Forkortet: Soneloven).

Lov om undersjøiske naturforekomster sier at retten til ressurser på og under havbunnen tillegges staten innenfor en grense fastsatt ved lov. Denne grensen er 200 nautiske mil fra grunnlinjen så lenge det ikke går ut over midtlinjene til andre stater. Kongen kan gi utenlandske personer, stiftelser eller selskaper adgang til å undersøke eller utnytte naturforekomster (Lassen og Aarbakke, 1990). Dette gjøres ved avtaler med bestemte villkår. Denne loven bygger mye på Havrettskonvensjonen.

Lov om Jan Mayen og Svalbard bestemmer at øyene er en del av Kongeriket Norge. Norsk lovgivning gjelder derfor her på lik linje som fastlandet (Lassen og Aarbakke, 1990).

En grunn til forvirring er forskjellen på de ulike sonene som Norge (fastlandet), Jan Mayen og Svalbard har i dag. Soneloven har samme grenser som lov om undersjøiske naturforekomster men dreier seg i hovedsak om viltlevende marine ressurser. Selv om Norge har full rett til å opprette økonomiske soner rundt Jan Mayen og Svalbard, eksisterer bare en økonomisk sone rundt fastlandet. Norge har opprettet en fiskerisone rundt Jan Mayen og en fiskevernzone utenfor Svalbard (Lassen og Aarbakke, 1990). Begge ble opprettet med bakgrunn i soneloven men er ikke fulle økonomiske soner.

Resolusjon om vitenskapelige undersøkelser utarbeidet for Nærings og Fiskeridepartementet. Bestemmelsene i denne resolusjon kommer til anvendelse for vitenskapelige undersøkelser av naturforekomster på havbunn eller under og gis til blant annet vitenskapelige institusjoner. Denne resolusjon kommer altså til anvendelse for de som ønsker å kartlegge ressurser på havbunnen (Lassen og Aarbakke, 1990).

Forskrift om undersjøiske naturforekomster bestemmer at Nærings og Fiskeridepartementet kan gi tillatelse til norske statsborgere, selskaper, stiftelser eller andre sammenslutninger som vil undersøke havbunnen etter visse naturforekomster i inntil 2 år. For å få tillatelse må man oppfylle visse krav:

- Årlig avgift på 15.000 kr.
- Godkjent undersøkelsesområde og metode
- Sannsynlig tidsrom og omfang

Alle resultater skal være tilgjengelig for den norske stat. Undersøkelsene skal ikke gå ut over

miljøet og alltid være i tråd med gjeldende sikkerhetsregler. Ved skader kommer norske erstatningsregler til å gjelde. Departementet kan overvåke alle undersøkelser og avslutte tillatelsen ved grove overtredelser. Tillatelse til å undersøke havbunn gir ingen rett til å utnytte eventuelle funn (Lassen og Aarbakke, 1990).

### ***4.3 Norges maritime grenser i 2016***

På den nordlige halvkule har Norge suverenitet over fastlandet, Jan Mayen og Svalbard. Bouvetøya, Dronning Maud Land og Peter I Øy på den sørlige halvkule tas ikke med i denne oversikten. Den maritime grensen med Russland drøftes heller ikke her.

Den viktigste maritime grensen er territorialgrensen som går 12 nautiske mil. Her har Norge full suverenitet men utenlandske skip har rett på uskyldig gjennomfart. 12 nautiske mil utenfor territorialgrensen ligger tilstøtende sone hvor Norge kan forfølge og kontrollere overtredelser gjort innenfor territorialgrensen. Slike soner finnes rundt fastlandet, Jan Mayen og Svalbard. Norge bestemmer også over luftrommet i denne sonen (Kartverket, 2015). Grunnlinjen er målt ved lavvann og skrevet i kart som er offisielt anerkjent av kyststaten i stor målestokk.

Norges økonomiske sone strekker seg 200 nautiske mil fra grunnlinjen. Her har Norge rett til alle ressurser i havet og på havbunnen.

Rundt Jan Mayen er det opprettet en fiskerisone på 200 nautiske mil fra grunnlinjen. Dette er ikke en økonomisk sone men begrenset til fiskeri. Rundt Svalbard er det opprettet en fiskevernsonen på 200 nautiske mil for å bevare de levende ressursene i havet og regulere fisket (Kartverket, 2015).

Kontinentalsokkelen er den undersjøiske forlengelsen av fastlandet hvor Norge har rettigheter på ressursene på havbunnen og under havbunnen. Dette gjelder fastlandet, Svalbard og Jan Mayen. Internasjonalt farvann er felles eie og ingen stat kan kreve området inn under dens suverenitet (Kartverket, 2015).

Stater med kontinentalsokkel ut over 200 nautiske mil kan søke om å utvide grensen inntil 350 nautiske mil. Norge gjorde dette og fikk i 2009 utvidet kontinentalsokkelen med 235.000 kvadratkilometer av FN. Norge har rett på ressursene på og under havbunnen.

Dette skjedde etter at Norge kartla egen kontinentalsokkel og framla dette for den internasjonale havbunnsmyndigheten (Regjeringen, 2014). Den nye grensen vises på figur 4.3.1.



Figur 4.3.1: Ulike grenser i norske farvann (Kartverket, 2015)

#### 4.5 Oppsummering

I dette kapitlet har de viktigste artiklene i havrettskonvensjonen blitt gjennomgått. Denne konvensjonen gir Norge rett til ressursene som befinner seg på og under havbunnen langs vår kontinentalsokkel. I utgangspunktet skal dette være innenfor 200 nautiske mil men i 2009 fikk Norge innvilget søknad om utvidet sokkel. Ressurser rundt Svalbard og Jan Mayen tilhører derfor Norge.

## Kapittel 5 - Miljøhensyn

Dette kapittelet omhandler ulike områder innenfor miljø. Det omhandler primært lover og regler om miljøhensyn, de lokale økosystemene i arbeidsområdene, og hvilke konsekvenser som kan forekomme ved gruvedrift på havbunnen.

### 5.1 Landbasert utvinning.

Frem til i dag har gruvedrift vært en landbasert industri. Med store gruver og anlegg verden rundt er det godt kjent hvordan disse påvirker naturen og miljøene rundt.

De største og mest lønnsomme gruvene på land er allerede i full utvinning. Nye dagbrudd og gruver må etableres for å møte fremtidig etterspørsel.

Når forekomster på land skal utvinnes kreves det at store masser med jord og stein må flyttes, som etterlater store avtrykk i naturen både visuelt og ved klimautslipp. Miljømessig finnes det flere store problemer ved å drive konvensjonell mineralutvinning, både ved gruver og åpne gruvefelter, (open-pit mines). Dette kan være alt fra miljøhensyn blant lokalbefolkning som for eksempel forflytting av mennesker, til forurenset grunnvann og skade på det lokale miljø og dyreliv.



Figur 5.1.1: Verdens største *open-pit mine*, eller dagbrudd. Bingham Canyon Mine, USA, er 970 meter dyp og 4 kilometer bred. (Musick, 2013)

## **5.2 Lover, regler og retningslinjer.**

### **5.2.1 Lover**

På grunn av at undervanns gruvedrift er et forholdsvis nytt konsept, finnes det veldig få konkrete lover og regler om dette, i motsetning til for eksempel skipsfart som har mange konkrete og forskjellige lovverk og forholde seg til. I “The international convention for the prevention of pollution from ships” (MARPOL), står det om forebyggende arbeid for å unngå forurensning fra skip. MARPOL er en del av International Maritime Organization’s (IMO) regler, og er ratifisert av de aller fleste sjøfartsnasjoner. Denne delen av det som omhandler miljølover er godt kjent og blir strengt fulgt opp.

Det er få relevante og konkrete lover, regler og/eller konvensjoner som er spesifisert inn mot gruvedrift på havbunnen. I havrettskonvensjonen (1982) artikkel 145 står det; “Beskyttelse av det marine miljø. Nødvendige tiltak skal bli tatt i henhold til denne konvensjonen, (...) for å effektivt beskytte det marine miljø mot skadelige handlinger som kan oppstå under slikt arbeid.” Dette er veldig vagt og gir ingen konkrete tiltak som skal gjøres for å beskytte miljøet.

Videre i havrettskonvensjonen finnes ulike regler som omhandler miljøhensyn, men de handler hovedsaklig om fartøy, og dette legges det ikke vekt på i dette kapittelet, da det er operasjonene og utvinning under havoverflaten som er lite dokumentert angående lovverkene.

### **5.2.2 Code for environmental management of marine mining**

Code for environmental management of marine mining (CEMM) er et forslag til regler om miljøhensyn ved mineralutvinning. Dette dokumentet er satt sammen av International Marine Minerals Society (IMMS), en profesjonelt non-profit organisasjon som jobber uavhengig av de store aktørene (Verlaan, 2010) CEMM er et dokument satt sammen som et forslag for de store aktørene til hjelp for å kunne utføre arbeide så miljøsikkert som mulig. Samt å engasjere forskere til å forske mer på dette temaet. Dokumentet er frivillig, det vil si at det ikke er implementert i noe regelverk, så det er opp til hver enkelt bedrift om de vil bruke denne eller ikke.

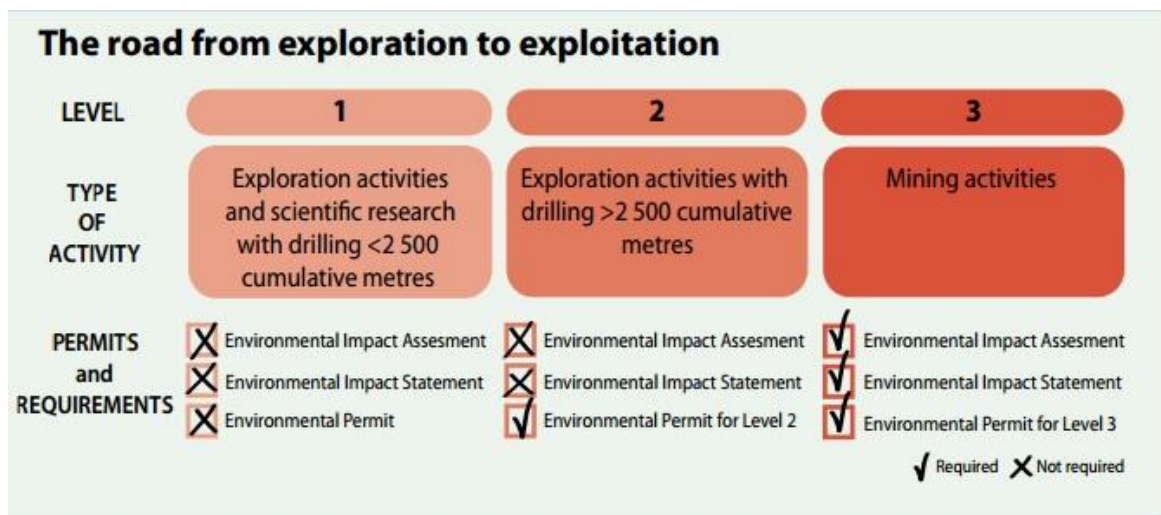
CEMM gir retningslinjer på blant annet:

- Rapportering.
- Implementering av kurs innenfor miløssikkerhet.
- Etablere en utpekt sjef for miløssikkerhet.
- hvordan løse problematikken rundt rehabilitering av økosystemene som blir påvirket.
- Innsamling av data og innrapportering av disse.

### **5.2.3 Environmental Assessment**

Før, under og etter utført arbeid ved mineralutvinning er det ulike dokumenter, søknader og rapporter som skal utfylles. Dette for å sørge for at de retningslinjer som er satt blir fulgt. Søknadene omhandler prosessen fra planlegging, kartlegging og hele veien gjennom selve utvinningen. (SPC, 2013)

- Environmental Inception Report (EIR) :
  - Denne rapporten skal beskrive kommende prosjekt og hvilke studier som skal utføres i løpet av perioden frem til Environmental Impact Statement (EIS) skal legges frem.
- Environmental Impact Assessment (EIA):
  - Viser til mulige konsekvenser på miljøet i og rundt området som skal utforskes, samt legge frem hvordan dette skal overvåkes, forhindres, reduseres og/eller kompenseres for. Denne rapporten er grunnlaget til om de som har jurisdiksjon i gitt område gir tillatelse til å starta aktiviteten.
- Environmental Impact Statement (EIS):
  - En omfattende rapport som skal inneholde det som er kommet frem i løpet av prosessen. Rapporten skal være tilgjengelig for myndigheter og offentligheten. Denne rapporten legger grunnlaget for en åpen høring som skal kartlegge hva den lokale befolkning og andre med interesse synes om mulig aktivitet.
- EIS Review:
  - Relevante autoriteter skal i denne delen av prosessen legge frem sine synspunkter og forslag til EIS'en, basert på den informasjon som ble samlet under høringen.
- Environment Permit:
  - Når alt har blitt godkjent og alle parter har blitt enige vil søker motta en Environment Permit som gir tillatelse til å starte aktivitet.



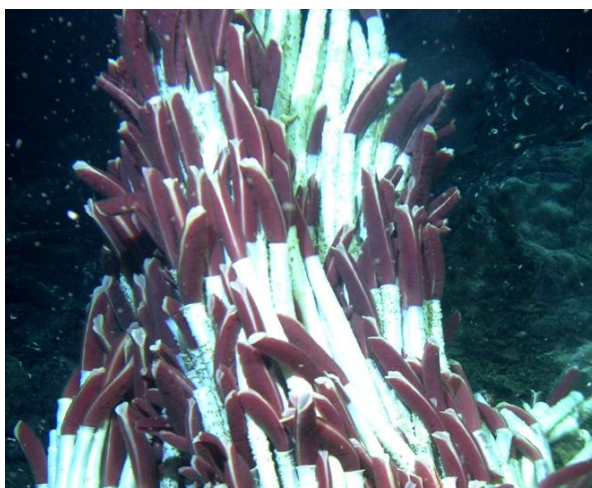
Figur 5.2.1 : oversikt over søknader som må sendes inn ved de ulike stadiene av prosessen. (SPC, 2013)

### 5.3 Økosystemer.

#### 5.3.1 Lokale økosystemer rundt hydrotermale skorsteiner.

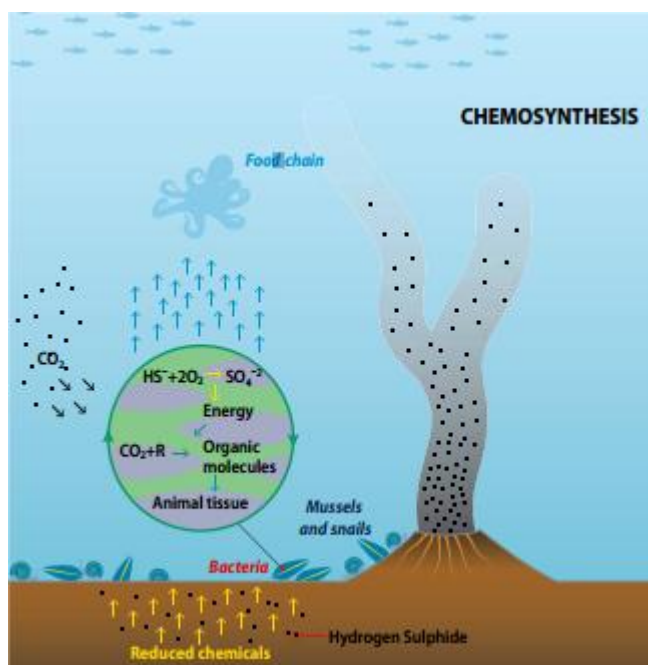
Omkring de hydrotermale skorsteinene finnes ulike økosystem. I hvert enkelt økosystem er det forskjellige typer fisk, skalldyr og anemoner, det er og store forskjeller og variasjoner fra hvor i verden skorsteinene ligger. I det nordlige Stillehavet finner man blant annet tubeworms, en type mark som lever i et korallignende skall i og rundt skorsteinene. I Atlanterhavet lever det ulike typer av dypvannsreker rundt de aktive områdene. I India er det funnet en type snegl som produserer ett skall av jernsulfid, og er dermed det eneste dyret i verden som har et skall (rustning) av metall (Simon, 2015). Dette viser at mineralutvinning og gruvedrift på havbunnen kan påvirke de ulike økosystemene forskjellig, da det er store variasjoner fra sted til sted.





Figur 5.3.1: Giant Tube Worms. Lever blant hydrotermale skorsteiner på 2500 meters dyp (Gollner, 2010)

I stedet for å bruke fotosyntese, har faunaen rundt skorsteinene utviklet seg til å livnære seg av kjemosyntese. Rundt de hydrotermale områdene finnes det bakterier som bruker energi fra oksideringen av metaller og gasser, og omdanner dette til karbonforbindelser. (Andersen, 2013). Disse bakteriene er matkilden til faunaen som er i økosystemene, enten direkte eller som ett ledd i en matkjede.



Figur 5.4.1: Illustrasjon av hvordan kjemosyntese fungerer (SPC, 2013)

I dag er det usikkert hvor mange områder med hydrotermale skorsteiner som eksisterer, det er derfor veldig vanskelig å avgjøre om hvor vidt artene som lever i disse økosystemet er utrydningstruet eller ikke. En mulighet er å kunne flytte de ulike artene over større distanser, for å spre de eller samle flere arter i et vernet område, lignende et naturreservat. Det er ikke blitt dokumentert at en slik prosess er blitt gjennomført, men det kan være en mulighet.

Hydrotermale skorsteiner vil ikke alltid være en konstant kilde til svovelrikt vann og varme. Nautilus Minerals uttrykker i sin rapport at den hydrotermale aktiviteten er dynamisk, og er et system med naturlige endringer. Livsformene som lever rundt vil av nødvendighet være tilpasningsdyktige til endringer i forholdene (Nautilus minerals, 2008).

De hydrotermale skorsteinene har stor betydning på hvordan de lokale strømforholdene er, enten direkte eller inndirekte. Ved gruvedrift vil det kreves store ressurser for å kunne forutsi hvordan de nye strømmene vil bli etter hvert som skorsteinene blir hugget ned. En eventuell endring i strøm kan ha stor påvirkning på ulike strømforhold, ikke bare i umiddelbar nærhet men også inndirekte på andre økosystemer et stykke unna. Problematikken som kan oppstå er retningsforandring av strøm og/eller temperaturendring. Og det er godt kjent at små endring av temperatur i havet kan føre til stor skade på fauna og økosystemer rundt om i verden.

### **5.3.2 “Refugee areas”**

Det vil ikke være mulighet til å drive utvinning av hele den angitte sonen til enhver tid. Når utvinning foregår i et begrenset område av havbunnsulfiden, kan nærliggende områder gi midlertidig trygghet til artene som trues. Etterhvert som utvinningen i en sektor blir ferdig, vil økosystemet gå tilbake til “normalen” innen “noen få år” (Nautilus minerals, 2008). Lokale arter vil da rekruteres fra hittil urørte områdene, og etablere økosystemet på nytt. Det vil og være mulig å teste ut hvor vidt arter kan fraktes fra et område til ett annet en annen plass i verden som har samme dybde, temperatur og vannkvalitet.

## **5.4 Når ulykken inntreffer.**

Ved et stort prosjekt som mineralutvinning fra havbunnen, så vil det være mange ulike scenario hvor ting kan gå galt. Det er derfor ekstra viktig å ha en plan for å sørge for at miljøet blir påført minst mulig skade viss ulykken har skjedd. Noen av de ulike hendelsene som kan forekomme er:

- lekkasje av hydraulikkolje fra havbunnsredskap
- Skip til skip kollisjon
- Søl av materiale under lastning av båter for transport av mineralmasser
- Stigerørs-/samlebåndsfeil
- Tap av posisjon på Mining Support Vessel

Om en ulykke skulle inntreffe, er det viktig at det er tilgjengelige ressursjer i nærheten for å stoppe eller redusere skaden mest mulig. I oljeberedskap finnes det allerede teknologi som kan brukes i til et slikt formål, for eksempel oljevern rundt overflatefartøy, beredskapsbåter, og lignende. Det vanskeligste vil være å stoppe eventuelle utslipp eller andre hendelser som skjer under havoverflaten og ned til dyp på opptil 3500 meter.

Før storskala utvinning fra havbunnen kan begynne, bør det være på plass et redundans som vil gi god beskyttelse for det marine miljø. Ulike metoder kan være å ha dobbelt deksel på stigerøret opp til skipet, et komplett lukket system eller bruk av trykkluft på maskineri. Hvor vidt alt dette lar seg gjøre på 3500 meters dyp er usikkert.

## **5.5 Fremtiden.**

Det er vanskelig å forutsi alle mulige scenarioer som kan forekomme da dette er forholdsvis nytt og det finnes ingen tidligere ulykker å se tilbake på. Men det forskes kontinuerlig på ny teknologi og måter som kan forhindre eller redusere de miljømessige farene ved denne typen industri.

Det skal i løpet av sommeren 2016 klargjøres for en ekspedisjon langs den midtatlantiske ryggen mellom Spitsbergen og Jan Mayen, som skal starte i august samme år (Haugstad, 2016). Denne ekspedisjonen vil gi en bedre forståelse for hvordan miljøene og økosystemene er i dag, og hvordan de vil reagere på en mulig utvinning av disse havområdene. Frem til en rapport fra denne ekspedisjonen blir lagt frem er det vanskelig å kunne si noe om hvordan fauna, havstrømmer og temperaturendringer faktisk vil bli påvirket. Etterhvert som pilotprosjektet

utenfor Papua Ny-Guinea kommer i gang, vil dette gi svar og være til hjelp for en fremtidig utvinning i norsk sone.

## **5.6 Oppsummering.**

Miljø er et stort og vanskelig tema når det kommer til industri. Det omhandler alt fra mennesker til dyr og jordens fremtid. Før en storskala produksjon kan begynne i norsk sone er det viktig at en miljøplan blir lagt frem og fulgt nøye. Derfor bør hovedfokus være å sette retningslinjer og lover for å verne miljøet. IMO og ISA er hovedaktørene som det bør lyttes til, med innspill fra nasjonalt nivå. Det er mulig å beskytte seg mot de fleste ulykker, men historien viser at det er umulig å beskytte seg mot alt.

De lokale økosystemene er tilpasningsdyktige, i fremtiden vil det komme ny vitenskap og teknologi som forenkler prosessen med å verne disse områdene og som sørger for at utrydningstruede dyre- og plantearter ikke går tapt.

Det er fortsatt tidlig i utredningsfasen for utvinning på havbunnen i Norge, men etterhvert som rapporter blir lagt frem vil det forenkle det generelle arbeid med kartlegging og utgreiing av hvor vidt det lar seg gjøre i norsk sone.

## **Kapittel 6 - En drøfting om lønnsomhet**

For å kunne vurdere om mineralutvinning på havbunnen innenfor norske grenser er mulig å gjennomføre, bør det være flere runder med diskusjoner og drøftinger i det offentlige miljø. Blant annet er det store variasjoner i ressurser, påvirkning på det marine miljø og andre faktorer som vil bli vurdert opp mot konvensjonell gruvedrift på land. I denne oppgaven har det blitt lagt frem informasjon som omhandler disse temaene og hvilken påvirkning en eventuell utvinning vil ha.

### **6.1 Ressurser**

Dette delkapittelet vil omhandle ressurser på havbunnen og fastlandet i Norge. Havbunnsulfidene som er omtalt i kapittel 2 vil være rike på edelmetallene gull og sølv, samt basemetallene kobber og sink. Det finnes flere metaller på havbunnen men det er de fire som regnes som mest verdifulle. Forskere ved NTNU og Universitetet i Bergen har kartlagt deler av havbunnen mellom Svalbard og Jan Mayen. Prøvene de har tatt har gitt gode resultater og de vurderer verdien på metallene til å være mellom 430-1000 milliarder norske kroner. Som nevnt tidligere er det knyttet stor usikkerhet til tallene. Uansett vil det være gode muligheter for å tjene penger på mineralutvinning når verdien er så stor.

Problemet er at det eneste som er kjent er verdien per kilo på den enkelte ressurs. Ingen vet enda hva utvinning og raffinering vil koste og hvor god utvinningsgraden er. Skal man vurdere lønnsomhet må man kjenne driftskostnader til utstyret, skip og mannskap, samt utvinningsgrad. Prisen på utvikling av nytt utstyr må også regnes med. Det kan gjøres estimater basert på rater for subsea skip i Nordsjøen, men tallene vil være usikre.

For å kunne vurdere om det er behov for mineralutvinning på havbunnen i Norge må det også gis en oversikt over situasjonen på land. Som nevnt i kapittel 2.5 har Norges geologiske undersøkelse (NGU) laget et sammendrag for næringen i 2014 i samarbeid med Direktoratet for mineralforvaltning (DMF).

I 2015 fantes bare 4 gruver som utvinner metaller i Norge og dette var jern/nikkel gruver. Noen av de gruvene produserer kobber og sink som biprodukter av den egentlige produksjonen, men det finnes ingen gruver som utvinner gull, sølv, kobber eller sink som hovedprodukt. Dette er til tross for at det finnes 14 kjente konsentrasjoner av kobber, 8 med sink, 7 med gull og 3 med sølv.

Opp gjennom historien har det vært drevet gruver med slike metaller men det ble ikke økonomisk forsvarlig. Kongsberg sølvgruve ble for eksempel lagt ned i 1957 på grunn av underskudd. Der hadde man 15-30 gram sølv per tonn avfall, en utvinningsgrad på 0.0015 til 0.003.

NGU regner med at det finnes metaller for en verdi på 1388 milliarder kroner i Norge i dag. Dette inkluderer gull, sølv, kobber og sink samt andre metaller og mineraler som titan, jern, fosfor, arsen, rutil, niob, selen, jern, molybdenum og nikkel. Selv om det er klart at det finnes store mengder gull, sølv, kobber og sink på fastlandet og havbunnen, eksisterer det for lite informasjon om mengde, verdi, posisjon og utvinningsgrad i dag. For å gi en god vurdering kreves mer kartlegging av både havbunnen og fastlandet.

Det ligger altså store verdier på havbunnen, men det ligger enda større verdier på fastlandet som ikke er utnyttet. Grunnen til at de ikke er utnyttet er fordi det ikke er lønnsomt ifølge gruveøkonomien. NGU har ingen statistikk som forteller hvorfor gull, sølv, kobber eller sink ikke satses på. Dette kan komme av flere årsaker som at forekomstene er utilgjengelige på grunn av befolkning eller bygninger. Likevel bør det nevnes at det sannsynligvis er lavere etableringskostnader og krav til kompetanse og utstyr på fastlandet enn havbunnen.

Ser man på Nautilus Minerals, ønsker de å drive mineralutvinning ved havbunnen fordi de forventer en økning i pris på kobber og bedre utvinningsgrad på havbunnen enn konvensjonelle gruver. Grunnen til at Nautilus Minerals kan gjøre denne vurderingen er fordi de har brukt mye tid og ressurser på kartlegging og vurdering av havområder utenfor Papua Ny Guinea. Skal gruppen klare å gjøre en slik vurdering trengs mer informasjon enn det som er tilgjengelig i dag.

## **6.2 Miljø**

Påvirkning på det marine miljø omtales i kapittel 4. Kort oppsummert kan man si at det biologiske mangfoldet på havbunnen vil påvirkes i stor grad. Fisk og levende organismer har en viss mulighet til å tilpasse seg andre områder, men planter og sedimenter på bunnen vil knuses og spres ut i vannmassene.

Likevel kan man si at det vil være mer miljøvennlig å drive slik utvinning, enn konvensjonelle gruver. Det første problemet som oppstår på land er ofte at folk må flytte eller at dyrket mark må ødelegges. Samtidig har det vært flere tilfeller hvor tungmetaller har havnet i drikkevann nært

gruver, noe som er svært skadelig og kostbart for lokalbefolkningen. I blant annet USA har man opplevd jordskred som en direkte følge av gruveutvinning. At mineralutvinning er et risikoyrke er godt kjent, men ved mineralutvinning på havbunnen vil det ikke være arbeidere i øyeblikkelig nærhet for utvinningen og dermed kan enkelte skader som forekommer ved landbaserte prosjekter utelukkes. Det vil alltid være en arbeidsrisiko men da mer relatert til daglig arbeid om bord på moderfartøyet.

Andre problemer er de store avtrykkene som en gruve vil sette igjen i naturen. Skog må fjernes, dyreliv utryddes og luftkvaliteten blir dårligere som følge av støv ved utvinning.

På havbunnen slipper man de fleste problemene knyttet til gruver på land. Arbeidere har tryggere arbeidsforhold, folk trenger ikke å flytte på seg, samt at matjord og drikkevann bevares.

Utvinningsgrad må også tas hensyn til. De beste gruvene på land er allerede brukt og de eksisterende gruvene må gradvis hente opp mer masse per tonn ferdig produkt. Typisk utvinningsgrad for en kobbergruve ligger mellom 0,7%-1%. Dette betyr at man henter opp mot 140 tonn bergmasse for å produsere 1 tonn kobber. Overliggende masse for dagbrudd tas ikke med i denne beregningen. På havbunnen er utvinningsgraden på 7% og med mye mindre masse over ressursene. Karbonutslipp per tonn råvare blir da mye lavere ved utvinning av havbunnsulfider fordi mindre masse må flyttes.

### **6.3 Teknologi**

Skal man utvinne mineraler på havbunnen kreves helt ny teknologi. Nautilus Minerals har som nevnt tidligere allerede startet sitt prosjekt, men dette er begrenset til 2500 meters dybde.

Utvinning i norske områder vil skje på opptil 4000 meters dybde, så her kreves det enda mer robust utstyr. Norge har flere bedrifter som allerede nå produserer utstyr til Nautilus Minerals. Kongsberg, Rolls Royce og MacGregor leverer dynamisk posisjonering, maskinkraft og kraner til Nautilus sitt mining support vessel, som nevnt i kapittel 3.

Kompetansen Norge har innenfor offshore og subsea burde gi en fordel med tanke på utvikling av ny teknologi innenfor mineralutvinning på havbunnen. Basert på mangefull kunnskap er det usikkert om det er direkte lønnsomt å utvinne mineraler på havbunnen i Norge per dags dato, men det vil mest sannsynlig være mulig å utvikle og levere utstyr til andre bedrifter i utlandet med mulig gevinst.

## **6.4 Når bør utvinning skje?**

Det er fastslått at det er ressurser på havbunnen i Norge, at det kan være miljøvennlig å utvinne, og at deler av den nødvendige teknologien og kompetansen som behøves allerede eksisterer hos norske bedrifter. Ser man på lønnsomhet må det også vurderes hvilket tidspunkt det er mest gunstig å starte utvinning. Inntektene er låst til markedsverdien på de ulike ressursene.

Som nevnt i innledningen er det rimelig å anta at etterspørselen for mineraler og metaller vil øke etterhvert som befolkningen i utviklingsland øker, og deres økonomi blir mer industrialisert.

Internasjonalt er det flere land som vender interessen mot havet. Store land som Kina og India er avhengig av å importere ressurser, noe som kan gjøre nasjonaløkonomien sårbar ved handels-sanksjoner eller fluktueringer i pris og tilgjengelighet. Begynner store økonomiske land med utvinning av mineraler på havbunnen, kan man risikere at disse landene utvikler teknologi som Norge kunne ha bidratt med å utvikle, samt at verdien på mineralene kan endre seg etter hvert som disse landene får flere forekomster å utvinne. Det kan derfor være hensiktsmessig at Norge er med fra starten av, spesielt på utviklingen av teknologi, og senere ved utvinning i norsk sone.

## **6.5 Andre faktorer**

Nedgangen i oljenæringen har gitt ringvirkninger i flere deler av norsk arbeidsliv.

Arbeidsledighet, opplag og lite aktivitet taler for en ny næring offshore. Mineralutvinning på havbunnen vil kunne føre til at nye skip må bygges og utrustes. Dette kan gi ny aktivitet for skipsverft og utstyrsleverandører i Norge, og skape nye arbeidsplasser. Det er rimelig å anta det vil ha positive ringvirkninger for norsk næringsliv. Aktører som kan se en økning i omsetning vil være bedrifter som verft, offshorerederier, havner og terminaler, kurstilbydere og logistikk på land.

## **6.6 Oppsummering**

I dette kapitlet har gruppen drøftet ulike aspekter ved mineralutvinning på havbunnen i norske havområder. Aktuelle ressurser har blitt beskrevet, påvirkning på det marine miljø er diskutert, samt teknologi og andre faktorer.



## Kapittel 7 - Konklusjon

Gruppen har nå drøftet de viktigste faktorene som omhandler mineralutvinning på havbunnen i norske områder. Mineralutvinning på havbunnen har mulighet til å være lønnsomt, men bare om det kan gjøres billigere enn hva en tilsvarende utvinning ville kostet på land. Det vil sannsynligvis være mer lønnsomt å starte gruvedrift på land framfor å bevege seg til havbunnen.

Tilsynelatende virker det som en tryggere investering å starte utvinning på land i Norge.

Årsakene er bedre kjennskap til omfang og lokasjon av ressursene, teknologi, og utstyr for utvinning.

Det gruppen har kommet fram til er at ressursene i havet må kartlegges i enda større grad enn de er gjort så langt, slik at man mer nøyaktig vet hvor mye ressursene er verdt. Samtidig tror gruppen at verdien på ressursene vil holde seg stabilt eller øke de neste årene som følge av befolkningsvekst og bedre materiell levestandard for flere. Miljøpåvirkning er også drøftet, hvor gruppen har kommet fram til at det er mer hensiktsmessig å utvinne mineraler i havet enn på land fordi påvirkningen på miljø sannsynligvis er mindre. Norge har også gode forutsetninger for å utvikle teknologien som kreves, samtidig som arbeidslivet kunne trenge en ny næring å omstille seg til etter oljekrisen.

Norge disponerer over store havområder med mye ressurser. Gruppen anser det som teknologisk gjennomførbart å utvinne disse ressursene, men det råder stor usikkerhet om denne typen utvinning i norske farvann kan konkurrere med landbasert utvinning.

## Referanseliste

Andersen, G.S. (2013) *Luke 20: Yeti med egen bakterie-farm*. Tilgjengelig fra:

<http://marinbiologene.no/luke-20-yeti-med-egen-bakterie-farm/#more-126> (Hentet: 14. april 2016).

Baker, E. et al. (2013) *Deep Sea Minerals and the Green Economy*. Arendal: GRID

Broad, W. J. (2010) *Mining the seafloor for Rare-Earth Minerals*

Tilgjengelig fra: [http://www.nytimes.com/2010/11/09/science/09seafloor.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2010/11/09/science/09seafloor.html?_r=0) (Hentet 03. mars 2016).

Clark, M. et al. (2013) *Cobalt-rich Ferromanganese Crusts - A physical, biological, environmental and technical review*. Arendal: GRID

Clark M.R. et. al. (2013) *Sea-Floor Massive Sulphides - A physical, biological, environmental, and technical review*. Arendal: GRID

Forente Nasjoner (2013) *Havrett*. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Tema/Folkerett/Viktige-temaer-i-folkeretten/Havrett> (Hentet: 14. mai 2016).

Globalis (1982) *Havrettkonvensjonen*. Tilgjengelig fra:

<http://www.globalis.no/Avtaler/Havrettskonvensjonen> (Hentet: 1. april 2016).

Gollner, S. (2011) : Diversity of Meiofauna from the 9°50'N East Pacific Rise across a Gradient of Hydrothermal Fluid Emissions. Tilgjengelig fra:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gollner\\_Riftia\\_pachyptila.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gollner_Riftia_pachyptila.png)

Hallenstvedt, A. og Henriksen, T. (2013) *Havrettsdomstolen*. Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/Havrettsdomstolen/ITLOS> (Hentet: 01. april 2016).

Hannington, M et al. (2011) *The abundance of seafloor massive sulfide deposits*. Geological Society of America

Haraldsen, H. (2009) *Metaller*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/metaller> (Hentet: 01. april 2016).

Haugstad, T. (2016) Teknisk Ukeblad. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/artikler/i-august-gar-startskuddet-for-jakten-pa-potensielle-billion-verdier-pa-norsk-sokkel/345681> (Hentet: 20. mars 2016)

International Seabed Authority (2008) *Cobalt-Rich Crusts*. Tilgjengelig fra: <https://www.isa.org.jm/files/documents/EN/Brochures/ENG9.pdf> (Hentet: 9. mars 2016).

Jamstec (2016) *Cobalt-rich Ferromanganese Crust. Extended beyond 5,500m Depth in Ocean*. Tilgjengelig fra: [http://www.jamstec.go.jp/e/about/press\\_release/20160209/](http://www.jamstec.go.jp/e/about/press_release/20160209/) (Hentet: 9. mars 2016).

Kartverket (2015) *Norges Maritime Grenser*. Tilgjengelig fra: [http://www.kartverket.no/Kunnskap/Norges-grenser/Maritime\\_grenser/](http://www.kartverket.no/Kunnskap/Norges-grenser/Maritime_grenser/) (Hentet: 1. februar 2016).

Lassen, B.S. og Aarbakke, M. (1990) *Norges Lover. 1685-1989*. Studentutgave. Oslo: Lovsamlingsfondet ved Universitetet i Oslo.

Mining (2016) *Market data*. Tilgjengelig fra: <http://www.mining.com/market-data/> (Hentet: 12. mai 2016).

Musick, S. (2013) : Tilgjengelig fra: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bingham\\_mine\\_5-10-03.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bingham_mine_5-10-03.jpg) (Hentet 3. mai 2016)

Nautilus Minerals (2016a) *About Nautilus Minerals*. Tilgjengelig fra: <http://www.nautilusminerals.com/irm/content/overview.aspx?RID=252&RedirectCount=1> (Hentet: 29. april 2016).

Nautilus Minerals (2008) *Environmental Impact Statement, Solvra 1 project*. Tilgjengelig fra: [http://www.nautilusminerals.com/irm/content/pdf/environment-reports/Environmental%20Impact%20Statement%20Executive%20Summary%20\(English\).pdf](http://www.nautilusminerals.com/irm/content/pdf/environment-reports/Environmental%20Impact%20Statement%20Executive%20Summary%20(English).pdf) (Hentet: 25. mars 2016).

Nautilus Minerals (2016b) *Production Support Vessel*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.nautilusminerals.com/irm/content/production-support-vessel.aspx?RID=264>  
(Hentet: 11. april 2016).

Nautilus Minerals (2016c) *Riser and Lifting System*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.nautilusminerals.com/irm/content/riser-and-lifting-system.aspx?RID=267>  
(Hentet: 11. april 2016).

Nautilus Minerals (2016d) *Seafloor Production Tools*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.nautilusminerals.com/irm/content/seafloor-production-tools.aspx?RID=333> (Hentet:  
11. april 2016).

Norges Geologiske Undersøkelse (2014) *Mineralressurser i Norge*. Tilgjengelig fra:  
[https://www.ngu.no/sites/default/files/Mineralressurser%20i%20Norge%202014\\_screen.pdf](https://www.ngu.no/sites/default/files/Mineralressurser%20i%20Norge%202014_screen.pdf)  
(Hentet: 3. mars 2016).

Norges Geologiske Undersøkelse (2015) *Nyttige Mineraler*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.ngu.no/emne/nyttige-mineral> (Hentet: 1. april 2016).

Raade, G. (2016) *Mineraler*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/mineraler> (Hentet 1. april 2016).

Raade, G. og Nesse, N. (2009) *Hydrotermale prosesser*. Tilgjengelig fra:  
[https://snl.no/hydrotermale\\_prosesser](https://snl.no/hydrotermale_prosesser) (Hentet: 1. april 2016).

Regjeringen (2014) *Historien til Havrettskonvensjonen*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiske-og-havbruk/rydde-internasjonalt/havrettskonvensjonen/id445763/> (Hentet: 1. februar 2016).

Regjeringen (2014) *Kontinentalsokkelen*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.regjeringen.no/no/tema/utenrikssaker/folkerett/kontinentalsokkelen-sporsmal-og-svar/id448309/> (Hentet: 12. april 2016).

Ritter, M (2016) *The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography*.  
Tilgjengelig fra: [http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe\\_3e/title\\_page.html](http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe_3e/title_page.html)  
(Hentet: 20.04.2016)

Sea-Floor Massive Sulphides

A physical, biological, environmental, and technical review

2013 (?) ISBN: 978-82-7701-119-6

Malcolm R. Clark et. al.

<http://www.grida.no/publications/deep-sea-minerals/>

(hentet 25.02.16)

Store Norske Leksikon (2009a) *Diagenese*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/diagenese> (Hentet: 1. april 2016).

Store Norske Leksikon (2009b) *Noduler*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/noduler%2Fgeologi>  
(Hentet: 1. april 2016).

Store Norske Leksikon (2015) *Sediment*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/sediment/geologi>  
(Hentet: 1. april 2016).

*Simon* (2015) Tilgjengelig fra: <http://www.wired.com/2015/02/absurd-creature-of-the-week-scaly-foot-snail/> (Hentet: 20. april 16)

Sinding-Larsen, R, Ellefmo, S (2013) *Seabed massive sulphide resource assessment of undiscovered potentially recoverable Copper, Zinc, Silver, and Gold related to hydrothermal vent fields on the Mid-Atlantic ridge within the Norwegian Economic Exclusive Zone*, NTNU Trondheim, Tilgjengelig fra  
<http://www.nordicmining.com/getfile.php/Bilder/Operations/NORA/Reports%20NORA/Seabed%20massive%20sulphide%20%28SMS%29%20resource%20assessment%20within%20the%20Norwegian%20Economic%20Exclusive%20Zone%20%28NEEZ%29..pdf>  
(Hentet 03.03.16)

SPC (2013). Deep Sea Minerals: Sea-Floor Massive Sulphides, a physical, biological, environmental, and technical review. Baker, E., and Beaudoin, Y. (Eds.) Vol. 1A, Secretariat of the Pacific Community ISBN 978-82-7701-119-6

Unesco (2007) *International Seabed Authority*. Tilgjengelig fra:

<http://portal.unesco.org/culture/en/ev.php->

[URL\\_ID=18567&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/culture/en/ev.php-URL_ID=18567&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html) (Hentet: 1. april 2016).

*United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division*

(2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables

[http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)

Hentet 26.04.16

Verlaan, P. (2010) *Code for Environmental Management*. Tilgjengelig fra:

[http://www.immsoc.org/IMMS\\_code.htm](http://www.immsoc.org/IMMS_code.htm) (Hentet: 12. mars 2016).

Weisenberger, T (2010) *Introduction to the geology of Iceland*

Tilgjengelig fra: <http://www.tobias-weisenberger.de/6Iceland.html>

(Hentet 25.04.16)

World Ocean Review (2015) *Manganese nodule treasure*. Tilgjengelig fra:

<http://worldoceanreview.com/en/wor-3-overview/mineral-resources/manganese-nodules/>

(Hentet: 10. mars 2016).