

Rapport 2020/23 | For Kystverket og Senter for oljevern og marint miljø



Gjennomgang av metode og forutsetninger for beregning av nyttevirkninger i KVVU om nytt testsenter for oljeverntechnologi på Fiskebøl

Andreas Skulstad, Inger Lande Bjerkmann, Anita Einarsdottir og Orvika Rosnes

# Dokumentdetaljer

Tittel	Gjennomgang av metode og forutsetninger for beregning av nyttevirksomheter i KVU om nytt testsenter for oljevern teknologi på Fiskebøl
Rapportnummer	2020/23
ISBN	978-82-8126-479-3
Forfattere	Andreas Skulstad, Inger Lande Bjerkmann, Anita Einarsdottir og Orvika Rosnes
Prosjektleder	Inger Lande Bjerkmann
Oppdragsleder	Haakon Vennemo
Kvalitetssikrer	Haakon Vennemo
Oppdragsgiver	Kystverket og Senter for oljevern og marint miljø
Dato for ferdigstilling	12. august 2020
Kilde forsidefoto	Pixabay.com
Tilgjengelighet	Offentlig
Nøkkelord	Olje og gass, forurensing, KVU, FoU, oljevern

## Om Vista Analyse

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk utredning, evaluering, rådgivning og forskning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaoråder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

# Forord

Rapporten dokumenterer metode og forutsetninger for beregning av nyttevirkninger i konseptvalgutredning om nytt testsenter for oljevern teknologi på Fiskebøl. Rapporten er et underlag til konseptvalgutredningen, som er utarbeidet i samarbeid med DNV GL. Kjersti Aarrestad i DNV har vært prosjektleder for arbeidet med konseptvalgutredningen. Vi takker DNV GL og oppdragsgiverne Kystverket og Senter for oljevern og marint miljø for godt samarbeid.

12. august 2020

*Haakon Vennemo*

Partner

Vista Analyse AS

# Sammendrag og konklusjoner

Tiltakene som utredes i KVU om nytt testsenter på Fiskebøl innebærer at den årlige veksten i metode- og teknologiutvikling innenfor innsatsområde oljevern kan styrkes, i tillegg til at innsatspersonell i oljevernaksjoner kan bli bedre trent, og dermed mer effektive. Det medfører at de samfunnsøkonomiske kostnadene tilknyttet akutte oljeutslipp kan reduseres gjennom at den forventede miljøskaden fra et akutt oljeutslipp blir lavere, og ressursinnsatsen som kreves for å gjennomføre en effektiv oljevernaksjon blir lavere. Dette dokumentet gjennomgår metoden og forutsetningene som ligger til grunn for utregningen av nyttevirksomheter av tiltakene.

## Konsekvensreducerende tiltak

I beredskaps- og forebyggingsammenheng skilles det mellom tiltak definert som er sannsynlighetsforebyggende og tiltak som er konsekvensreducerende. *Sannsynlighetsforbyggende* tiltak er tiltak med mål om å redusere sannsynligheten for at en katastrofal hendelse skal inntreffe. *Konsekvensreducerende* tiltak er tiltak med mål om å redusere konsekvensene dersom en katastrofal hendelse inntreffer. Oljevernberedskapen kan kategoriseres som konsekvensreducerende tiltak.

Nytten av konsekvensreducerende tiltak er i all hovedsak knyttet til verdien av at den skadelige konsekvensen reduseres når en hendelse inntreffer. For å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse må man både anslå sannsynligheten for at den negative konsekvensen vil inntreffe og anslå verdien av at omfanget av den negative konsekvensen reduseres. Som NOU 2016: 12 peker på, vil en mulig fremtidig katastrofe med store økonomiske konsekvenser kunne få relativt liten betydning i beregningen av forventet nåverdi. Selv om kostnaden ved katastrofen er svært stor, vil forventet kostnad, multiplisert med en tilhørende lav sannsynlighet for at katastrofen skal inntreffe, gi en sammenlagt liten nåverdi som i tillegg neddiskonteres.

For tiltakene som utredes i denne KVUen knytter det seg usikkerhet både til nyttetapene ved miljøskade fra akutte oljeutslipp, men kanskje i særlig grad usikkerhet til virkningene av tiltaket, altså i hvilken grad tiltakene har konsekvensreducerende virkninger.

## Gjennomsnittlig antall akutte oljeutslipp per år

Det gjennomsnittlige antallet skipsulykker som medfører akutte oljeutslipp er beregnet å være 1,17 hendelser per år. Den fagterminologiske betegnelsen for dette er *utslippsfrekvensen*. I denne analysen har utslippsfrekvensene blitt hentet fra AISyrisk som er et verktøy utviklet av DNV GL og Kystverket for å beregne risiko for ulykker og utslipp i norske farvann. Utslippsfrekvensen varierer for ulike utslippsstørrelser, der de veldig store og kostbare utslippene er estimert til å opptre med lavere frekvens enn de mindre.

Ettersom noen av tiltakene har konsekvensreducerende virkninger for utslipp som hender under kalde/arktiske forhold, har vi hentet ut separate utslippsfrekvenser for slike forhold betinget av hvor i de norske havområdene og når på året utslippene inntreffer. Slike utslipp har en frekvens på 0,23 per år.

## Samfunnsøkonomiske kostnader ved akutte oljeutslipp

Akutte oljeutslipp medfører skade på naturressurser, noe som kan innebære store kostnader for samfunnet i form av bortfall av direkte og indirekte verdsette tjenester som tilbys av naturressursen. Dette har innvirkning på verdier som oppstår som følge av økonomisk aktivitet i tilknytning til naturressursen, slik som fiskeri og

reiseliv, samt verdier fra tjenester som ikke omsettes i markedet, slik som naturressursens eksistensverdi og rekreasjonsverdi.

Den reduserte miljøskaden antas å ha en samfunnsøkonomisk virkning gjennom to kostnadsmekanismer. Den første er reduksjon av den direkte kostnaden befolkningen utsettes for når det forekommer utslipp som forårsaker ødeleggelse på naturverdier. Dette er fanget opp gjennom befolkningens betalingsvillighet for å unngå utslipp. Den neste er reduserte kostnader til å gjennomføre oljevernaksjoner og rense og rydde opp eksponerte kystområder. Ettersom det er billigere å gjennomføre aksjoner til sjøs enn etter at oljen treffer land, forutsettes det derfor at de samlede kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner faller dersom en større del av oljen hindres i å treffe land.

### Befolkningens nytte tap fra skader på natur- og miljøressurser

Befolkningens verdsettelse av nytte tapet fra skader på natur- og miljøressurser som følger av akutte oljeutslipp varierer avhengig av utslippets størrelse, miljøfølsomheten til de naturområdene som blir skadet og hvor mange som bor i det området av landet utslippet skjer. Kostnadsestimatene varierer fra omtrent 160 millioner for et lite utslipp i et område som har liten miljøfølsomhet og er tynt befolket, til over 2 milliarder for et stort utslipp i et område som er veldig miljøfølsomt og tett befolket.

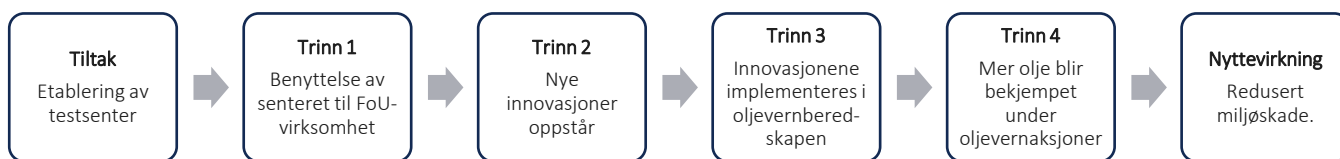
### Kostnader til å gjennomføre oljevernaksjoner

Kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner er i særlig grad betinget av utslippets størrelse. Mens oljevernaksjoner for å bekjempe små oljeutslipp kan variere fra 50-100 millioner kroner, kan bekjempelse av svært store utslipp innebære milliardkostnader.

### Virkningene av bedre test- og treningsfasiliteter innenfor oljevernområdet

Det er grunn til å forvente at det nye senteret fører til at den forventede bekjempelsesgraden øker og at kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner faller, men det er vanskelig å lage gode anslag på hvor mye. Vi har satt opp et rammeverk som gjør det mulig å analysere dette på en analytisk måte, men det understrekes at resultatene er usikre. Figur S.1 illustrerer prosessene som ligger til grunn for at tiltaket skal medføre nyttevirknninger for samfunnet.

Figur S.1 Realisering av nyttegevinster

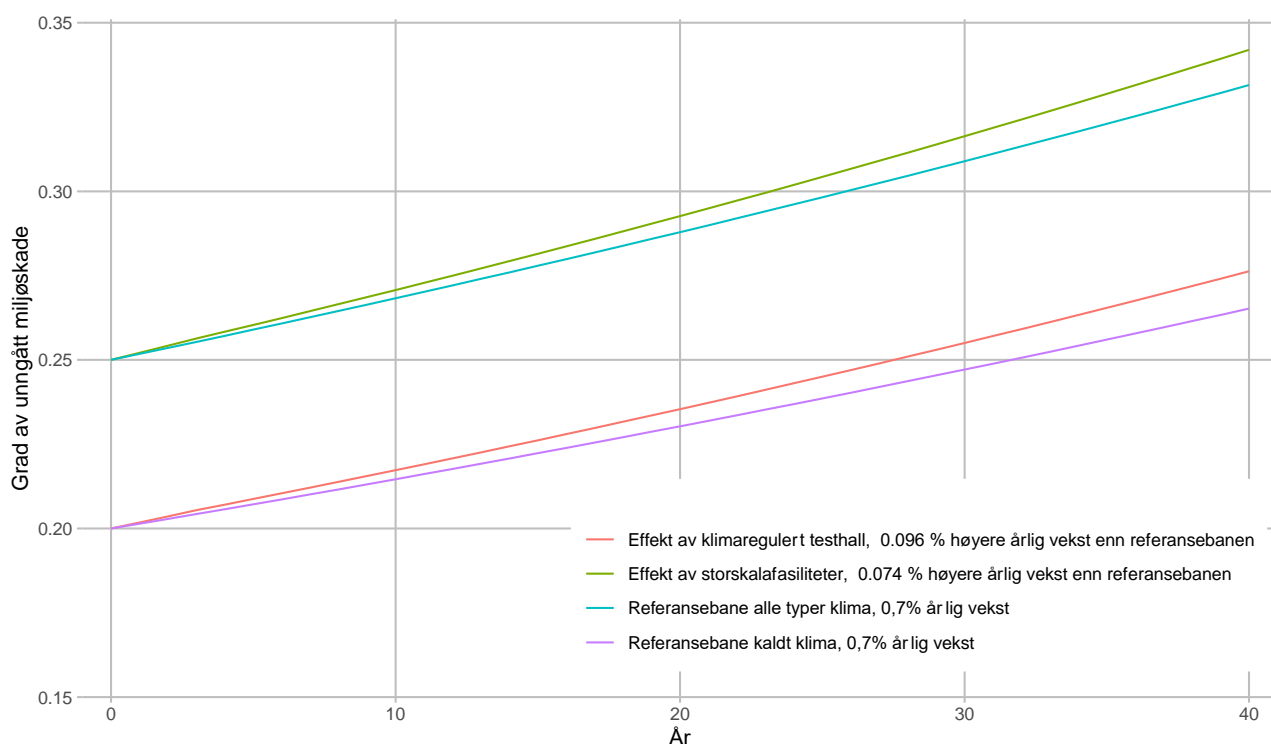


### Redusert miljøskade

Denne virkningen oppstår gjennom at senteret brukes til FoU-virksomhet som medfører nye innovasjoner som implementeres i oljevernberedskapen, og til syvende og sist medfører økt bekjempelse av oljeforurensning, og dermed en redusert forventet miljøskade, slik som illustrert i Figur S.1. Tallfesting av denne nyttevirkingen skjer gjennom å kvantifisere hvor mye den forventede miljøskaden reduseres, for så å multiplisere dette med befolkningens verdsettelse av denne reduksjonen i miljøskade og utslippsfrekvensen.

Vi har funnet det mest hensiktsmessig å modellere nyttevirkningene fra konseptene som en økning i veksttakten i metode- og teknologiutvikling relativt til nullalternativet. Vi har brukt statistikk på opptakseffektivitet under NOFO-øvelser de siste 40 årene for å anslå den underliggende veksten, og finner at denne tilsvarer 0,7%. Dette brukes som anslag på veksten i bekjempelsesgrad under nullalternativet. Vi har videre brukt erfaringene fra testsenteret i Horten og anslag på bruksuker av de ulike fasilitetene til å anslå tiltakenes effekt på den årlige vekstraten i bekjempelsesgrad, som vi anslpt til å være lik 0,096% for den klimaregulerte testhallen, og 0,077% for storskalafasilitetene. Dette er illustrert i Figur S.2. Her ser vi hvordan den forventede bekjempelsesgraden forventes å stige gjennom analyseperioden innenfor henholdsvis kaldt/arktisk klima (rød og lilla kurver), og under alle typer klima (blå og grønn kurver). Figuren viser utviklingen under nullalternativet for de to typene klima (referansebanen), og under de ulike tiltakene.

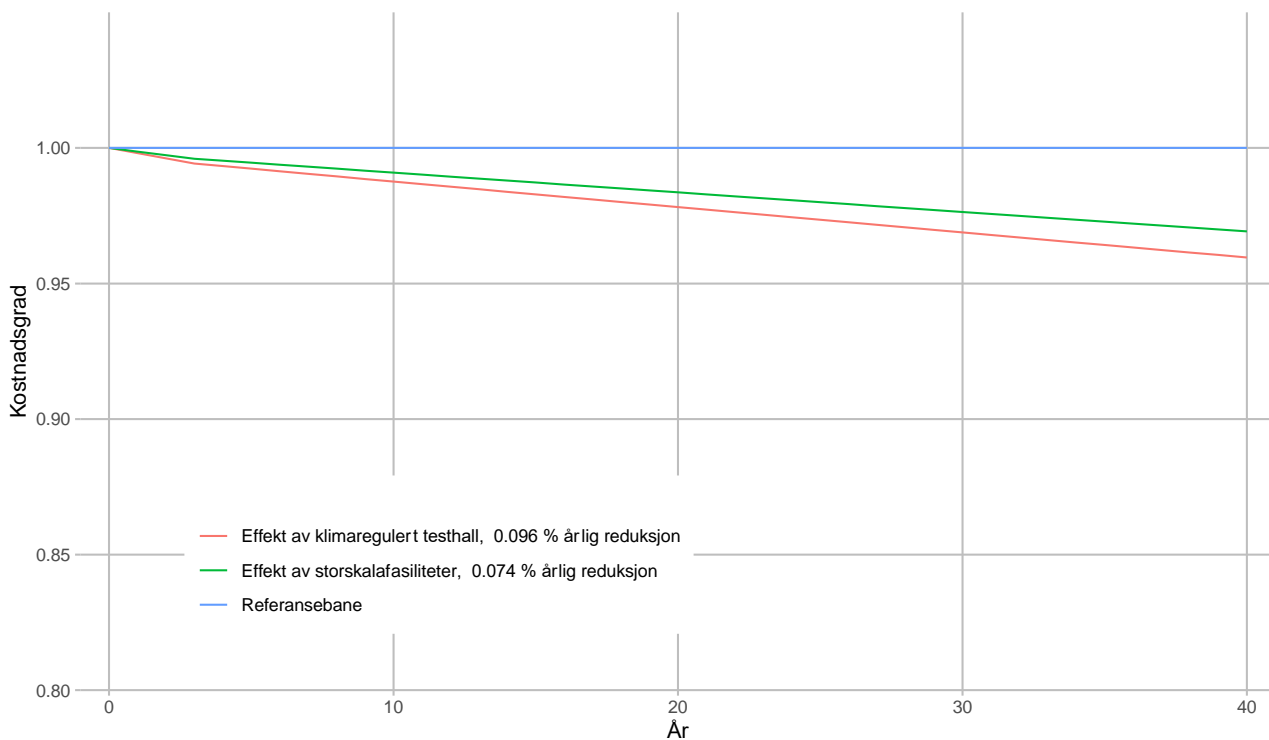
Figur S.2 Utviklingsbanene bekjempelsesgrad



### Reduserte oljevernaksjonskostnader

Likedan oppstår denne nyttevirkningen gjennom at senteret benyttes til FoU-virksomhet og trening, som medfører nye innovasjoner som deretter implementeres i oljevernberedskapen og så medfører at oljevernaksjoner kan gjennomføres til en lavere ressursinnsats. Denne nyttevirkningen modelleres som et vedvarende fall i kostnadsgradskurven gjennom analyseperioden, og er illustrert i Figur S.3. Vi anslår at den klimaregulerte testhallen vil føre til en 0,096% årlig reduksjon i kostnadsgraden, og storskalafasilitetene 0,077%.

Figur S.3 Utviklingsbanene bekjempelsesgrad



## Resultater nåverdiberegninger

Tabell S.1 oppsummerer nåverdiberegningene for de ulike nyttevirkningene fra konsept 1b, nytt klimaregulert testsenter for oljevern teknologi på Fiskebøl, og konsept 3b, nytt klimaregulert testsenter og storskalafasiliteter på Fiskebøl. Nytt av tiltakene er forbundet med besparelser av høye samfunnsøkonomiske kostnader som påføres samfunnet gjennom akutte oljeutslipp, kombinert med nokså moderate virkninger (forstått som økt bekjempelsesgrad og lavere kostnader ved oljevernaksjoner), og lave forekomster av utslippshendelser som gjør at tiltaket kommer til nytte (lave utslippsfrekvenser).

Tabell S.1 Samlet nåverdi for konseptene. (MNOK)

Nyttevirkning	Nåverdi Konsept 1b*	Nåverdi Konsept 3b**
Redusert miljøskade	9	63
Reduserte oljevernaksjonskostnader,	29	49
<b>SUM</b>	<b>38</b>	<b>112</b>

\* Konsept 1b: består av fasiliteten klimaregulert testhall for oljevern teknologi på Fiskebøl

\* Konsept 3b: består både av klimaregulert testhall og storskalafasiliteter på Fiskebøl

Kilde: Vista Analyse

# Ordliste

---

<b>Utslippsfrekvens</b>	Hyppigheten av skipsulykker som medfører akutte oljeutslipp (antall ganger det skjer et akutt oljeutslipp per år).
<b>Bekjempelsesgrad</b>	Andelen av oljeutslippet som hindres i å volde skade på naturen gjennom menneskelig innsats.
<b>NOFO</b>	Norsk Oljevernforening For Operatørselskap (NOFO) er en medlemsorganisasjon for operatørselskap på norsk sokkel som har som hovedoppgave å oppfylle medlemmenes behov for en effektiv og robust oljevernberedskap.

---



# Innhold

Sammendrag og konklusjoner .....	4	
<b>1 Innledning .....</b>	<b>11</b>	
1.1 Konseptene	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b>	
1.2 Leseveiledning	13	
<b>2 Overordnet modelloppsett .....</b>	<b>15</b>	
2.1 Redusert miljøskade	16	
2.2 Reduserte oljevernaksjonskostnader	17	
<b>3 Tallfesting av utslippsfrekvenser og kalkulasjonspriser .....</b>	<b>18</b>	
3.1 Utslippsfrekvenser for ulike utslippskilder og mengder i ulike regioner	18	
3.2 Kalkulasjonspriser for eksterne kostnader ved akutt oljeutslipp	23	
3.3 Kostnader ved oljevernaksjoner	25	
<b>4 Effekt av tiltakene: endrede utviklingsbaner .....</b>	<b>27</b>	
4.1 Referansebanen	28	
4.2 Konseptbanene	30	
4.3 Oppsummering utviklingsbanene	34	
<b>5 Nåverdiberegning .....</b>	<b>36</b>	
5.1 Forutsetninger	36	
5.2 Nåverdiberegninger	39	
5.3 Sensitivitetsanalyser	41	
<b>Referanser .....</b>	<b>44</b>	
<b>Figurer</b>		
Figur 1.1	Utviklingsbanene bekjempelsesgrad .....	6
Figur 1.2	Illustrasjon av klimaregulert testhall på Fiskebøl .....	12
Figur 1.3	Illustrasjon av alternativ 3b.....	13
Figur 3.1	Kystverkets regioninndeling.....	18
Figur 3.2	Temperatur i norske havområder i mars (venstre) og september (høyre) .....	22
Figur 3.3	Betalingsvillighet for å unngå utslipp av råolje i Midt-Norge Som funksjon av antall tonn som slippes ut. (MNOK).....	25
Figur 4.1	Opptakseffektivitet ved oljevernøvelser i regi av NOFO .....	29
Figur 4.2	Utviklingsbanene bekjempelsesgrad for konseptene og referansealternativet .....	34
Figur 4.3	Utviklingsbanene kostnadsgrad oljevernaksjoner for konseptene og referansealternativet.....	35
<b>Tabeller</b>		
Tabell S.1	Samlet nåverdi for konseptene. Basisverdier. (MNOK).....	7
Tabell 1.1	Nyttevirksomheter fra konseptene .....	13
Tabell 2.1	Variabler i modellen .....	15
Tabell 3.1	Mengdekategorier for ulike utslippskilder (i tonn) .....	19
Tabell 3.2	Utslippsfrekvens i 2019 for ulike utslippsmengder og utslippskilder i ulike regioner .....	19

Tabell 3.3	Prosentvis økning i utseilt distanse mellom 2013 og 2040 .....	20
Tabell 3.4	Avgrensning av hvilke måneder som defineres som kaldt klima .....	22
Tabell 3.5	Kalkulasjonspriser for miljøskadelige utslipp. MNOK.....	23
Tabell 3.6	Avgrensning av geografi og tidsrom som defineres som kaldt klima. ....	24
Tabell 3.7	Kostnader per tonn ved oljevernaksjon for gitte utslippsintervaller. ....	26
Tabell 4.1	Grad av unngått miljøskade fordelt på kilder .....	28
Tabell 4.2	Økning i forbedringsratene fra innendørsfasilitetene .....	32
Tabell 4.3	Økning i forbedringsratene fra utendørsfasilitetene .....	33
Tabell 2.2	Kalkulasjonsrente og justert kalkulasjonsrente for ulike år i perioden .....	36
Tabell 5.1	Forutsetninger (basisverdier) .....	38
Tabell 5.2	Nåverdi redusert miljøskade. Basisverdier. (MNOK).....	39
Tabell 5.3	Nåverdi reduserte oljevernaksjonskostnader. Basisverdier. (MNOK) .....	40
Tabell 5.3	Samlet nåverdi for konseptene. Basisverdier. (MNOK).....	40
Tabell 5.6	Sensitivitetsanalyse konsept 1b. Nåverdi nytte. MNOK.....	41
Tabell 5.7	Sensitivitetsanalyse konsept 3b. Nåverdi nytte. MNOK.....	41
Tabell 5.8	Dekningspunktberegning testsenterandelen, <i>andelH</i> .....	42

# 1 Innledning

Det nye testsenteret på Fiskebøl muliggjør at det kan utvikles teknologi, kunnskap og metoder som, dersom det implementeres, fører til bedre bekjempelse av olje som slippes ut som følger av akutte oljeutslipp. Å forsøke å tallfeste befolkningens nytte av denne virkningen er en krevende øvelse. Nyttevirksomheten er i seg selv en abstrakt størrelse, og framskrivninger langt frem i tid og begrenset tilgang på tallmateriale, gjør at usikkerheten er stor. Å kvantifisere noe som er abstrakt innebærer at det må gjøres strenge antakelser og forenklinger.

En slik forenkling i analysen er at vi opererer med en størrelse vi kaller for forventet grad av unngått miljøskade, eventuelt forventet bekjempelsesgrad. Ulike tiltak i en oljevernaksjon kan medføre at miljøskaden etter et utslipp reduseres. Forholdet mellom mengden oljeutslipp som forårsaker miljøskade etter en oljevernaksjon, og den mengden som ville ha forårsaket miljøskade dersom ingen innsats hadde blitt ytt, forstås som bekjempelsesgrad. I analysen regner vi på den samfunnsøkonomiske nytten av å la denne variabelen øke.

Hvor mye olje som faktisk kan bekjempes (samles opp, dispergeres eller brennes) avhenger av en rekke faktorer, som for eksempel værforhold, temperatur, distanse fra land, årstid osv. I analysen er vi kun interessert i de isolerte effektene fra tiltakene, slik som bedre metoder og teknologi, og vi forholder oss derfor til den gjennomsnittlige graden av unngått miljøskade. Det vil si at under noen aksjoner er forholdene veldig gode og man får samlet opp mye, under andre aksjoner er forholdene dårligere og man får samlet opp lite. Det vi er interessert i er den forventede mengden olje som lar seg bekjempe med de metodene og den teknologien som til enhver tid er tilgjengelig, gitt sannsynlighetsfordelingen til alle de stokastiske variablene som ikke kan kontrolleres.

Vi mener det er grunn til å forvente en økning i metode- og teknologiutviklingen på feltet som følge av tiltakene. Dette medfører i særlig grad to nyttevirksomheter: redusert miljøskade (forårsaket av økt forventet bekjempelsesgrad) og reduserte kostnader til å gjennomføre selve oljevernaksjonene (forårsaket av bedre kunnskap om effektive metoder, bedre teknologi og bedre trent innsatspersonell). For å beregne den forventede nytten et gitt år multipliseres de forventede besparelsene med den forventede forekomsten av utslippshendelser som gjør at tiltaket kommer til nytte (utslippsfrekvensen) det aktuelle året.

## 1.1 Konseptene som analyseres

I dokumentet utredes nytten av to ulike konsepter: konsept 1b og konsept 3b. Konseptene opptar i seg etablering av ulike fasiliteter for trening og testing innenfor innsatsområde oljevern på Fiskebøl i Nordland.

### **Konsept 1b: Innendørs testhall for oljevern teknologi i kaldt klima**

Testfasilitetene i alternativ 1b vil i hovedsak dreie seg om en klimaregulert testhall hvor lufta kan kjøles ned til minus 30 grader celsius og vannet til minus 1 grad celsius. Testhallen vil inneholde en dobbeltbunnet 4 meter dypt basseng på 5x5 meter. Det vil bli tilrettelagt for å simulere bølger og

strøm opp til 4 knop og testing med is og slush i bassenget. Bassenget er også planlagt med en 10 m strandlinje.

Figur 1.1 Illustrasjon av klimaregulert testhall på Fiskebøl



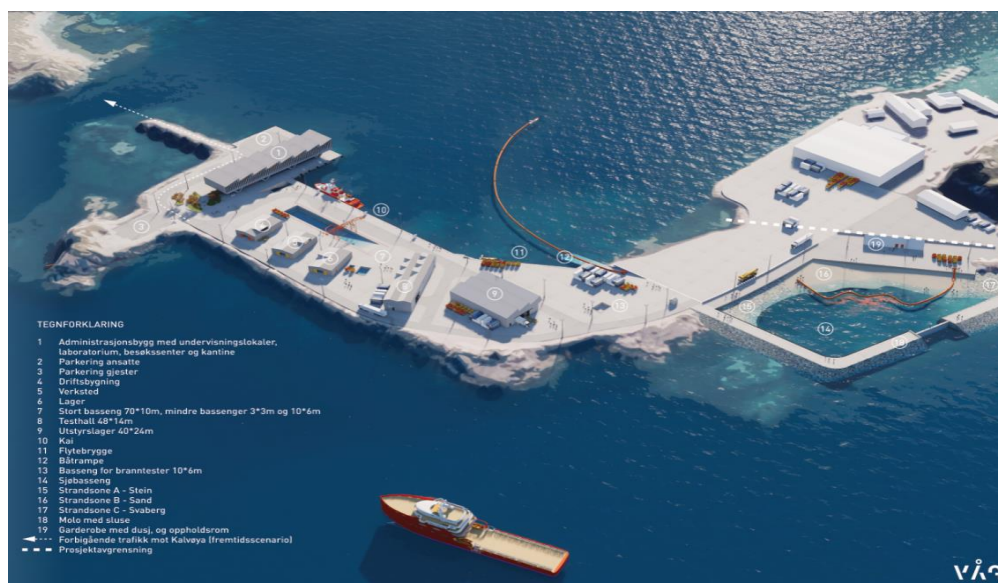
Ved byggingen av testsenteret på Fiskebøl må det også bygges en del andre bygg og infrastruktur. Det største bygget vil være administrasjonsbygget hvor det vil være kontorer, klasserom, kantine og garderobes. Av annen infrastruktur inneholder alternativ 1b også en vei med kommunal standard frem til anlegget fra fylkesveien i området. Videre vil det bli bygget en båttrampe, brygge og flytebrygge.

### Konsept 3b: Innendørs og utendørs storskala testfasiliteter for oljevernteknologi

I alternativ 3b vil den samme klimaregulerte testhallen som i alternativ 1b inngå. I tillegg vil det legges til rette for to store nye fasiliteter: et stort innendørsbasseng, samt et utendørs molobasseng med strandsoner. Her vil tilsvarende fasiliteter som i den lille testhallen med oljelagrings- og blandingstanker, slepebro, renseanlegg osv være tilgjengelig.

Molobassenget vil ha et vannspeil på om lag 40x40 meter, samt ha en om lag 10 meter dyp strandlinje med tre forskjellige typer strand, f.eks sand, rullestein og svaberg. Moloen rundt bassenget vil være om lag 120 meter lang og høy nok til å ta hensyn til tidevann og flom. I tillegg vil det anskaffes fasiliteter for forskning, testing og utvikling forbundet med in-situ brenning og dispergering. Disse fasilitetene er planlagt til å være så fleksible som mulig, slik at det for eksempel kan være mulig å utføre tester for slike metoder inne i den klimaregulerte testhallen.

Figur 1.2 Illustrasjon av alternativ 3b



### Nyttevirksomheter fra konseptene

Som sagt har vi identifisert to sentrale nyttevirksomheter fra konseptene: redusert miljøskade ved oljeutslipp, og reduserte kostnader tilknyttet å gjennomføre oljevernaksjoner. Nytt knyttes til bruken av de ulike fasilitetene i de ulike konseptene til forskning og trening. Det forutsettes at begge fasilitetene, altså både den klimaregulerte testhallen og storskalafasilitetene, fører til begge nyttevirksomhetene, altså både redusert miljøskade og reduserte oljevernaksjonskostnader. Tabell 1.1 oppsummerer hvilke nyttevirksomheter fra hvilke fasiliteter som inkluderes i hvilke konsepter.

Tabell 1.1 Nyttevirksomheter fra konseptene

Fasilitet	Nyttevirksomhet	Konsept 1b	Konsept 3b
Klimaregulert testhall	Redusert miljøskade	✓	✓
	Reduserte oljevernaksjonskostnader	✓	✓
Storskalafasiliteter	Redusert miljøskade	-	✓
	Reduserte oljevernaksjonskostnader	-	✓

## 1.2 Leseveiledning

Dokumentet er strukturert på følgende måte: I kapittel 2 følger en overordnet gjennomgang av modelloppsettet som brukes i beregningene. I kapittel 3 tallfestes de eksogene parameterne som presenteres i kapittel 2, altså utslippsfrekvenser, de eksterne kostnadene ved oljeutslipp og kostnader til å gjennomføre oljevernaksjoner. I kapittel 4 gjøres det anslag på hva effektene av tiltakene forventes å være. Dette kapittelet starter med å gjøre anslag på hvordan metode- og teknologiutviklingen på feltet vil forløpe under nullalternativet gjennom analyseperioden. Deretter brukes innsikter fra disse anslagene til å anslå hva det vil være rimelig å forvente seg av effekt fra tiltakene gjennom

analyseperioden. I kapittel 5 gjøres nåverdiberegningene basert på alle forutsetningene som presenteres gjennom hele dokumentet.

## 2 Overordnet modelloppsett

Definer følgende variabler:

Tabell 2.1 Variabler i modellen

Variabel	Definisjon
$q$	Antall tonn olje som slippes ut ved en akutt oljeutslippshendelse.
$h_t$	Frekvensen av ulykker som medfører akutt oljeutslipp i år $t$ (frekvensene er brutt ned på ulike utslippsmengdeintervaller).
$h_t^k$	Frekvensen av ulykker som medfører akutt oljeutslipp i år $t$ under kalde/arktiske forhold (frekvensene er brutt ned på ulike utslippsmengdeintervaller).
$w(q)$	Befolkningens verdsettelse av nyttetapet fra oljeutslipp som en funksjon av utslippsmengden $q$ . Verdsettelsesfunksjonen er en stigende, konkav kurve som er marginalt avtakende i antall tonn utslipp.
$x_{0,t}^k$	Bekjempelsesgrad av oljeutslipp ved oljevernaksjon i kaldt/arktisk klima i år $t$ under nullalternativet. (Referansebanen)
$x_{1,t}^k$	Bekjempelsesgrad av oljeutslipp ved oljevernaksjon i kaldt/arktisk klima i år $t$ dersom den klimaregulerte testhallen etableres.
$x_{0,t}^a$	Bekjempelsesgrad av oljeutslipp i alle typer klima ved oljevernaksjon i år $t$ under nullalternativet. (Referansebanen)
$x_{2,t}^a$	Bekjempelsesgrad av oljeutslipp i alle typer klima ved oljevernaksjon i år $t$ dersom storskalaanlegget etableres.
$c_0(q)$	Kostnader tilknyttet å gjennomføre oljevernaksjoner som en funksjon av utslippsmengden $q$ under nullalternativet.
$c_{1,t}(q)$	Kostnadsfunksjonen tilknyttet å gjennomføre oljevernaksjoner dersom den klimaregulerte testhallen etableres
$c_{2,t}(q)$	Kostnadsfunksjonen tilknyttet å gjennomføre oljevernaksjoner dersom storskalaanlegget etableres
$t \in \{1, 2, \dots, T\}$	Et gitt år i analyseperioden. $T$ det siste året i analyseperioden.

Gjennomgående indekseres den klimaregulerte testhallen med 1, og storskalafasilitetene med 2.

## 2.1 Redusert miljøskade

Beskrevet verbalt verdsettes nytten av denne virkningen som verdien av den økte mengden olje som blir bekjempet i en oljevernaksjon sammenlignet med den mengden som ville ha blitt bekjempet i en oljevernaksjon dersom tiltaket ikke hadde blitt iverksatt, multiplisert med den årlige frekvensen for oljeutslipp – altså verdien det har for befolkningen at en større del av oljen forventes å bli bekjempet som følge av tiltaket.

### Klimaregulert testhall

Det forutsettes at den klimaregulerte testhallen kun har effekt på redusert miljøskade i kaldt/arktisk klima. Dette begrunnes i at fasilitetenes primære merbidrag sammenlignet med fasilitetene som allerede finnes i dag, er muligheten til å gjøre tester i lave temperaturer med og uten is.

Strandfasilitetene muliggjør testing av kjemiske stoffer og metoder for å rense strender og kyst eksponert for oljesøl, samt trening av innsatspersonell. Vår vurdering er at denne effekten i hovedsak vil slå ut i lavere oljevernaksjonskostnader, og ikke først og fremst redusert miljøskade. Derfor sorteres effektene fra strandfasilitetene under reduserte oljevernaksjonskostnader i neste underkapittel.

Anledning til å kunne teste komponenter i kaldt vann med is og lave temperaturer forutsettes å på sikt kunne medføre at oljevernaksjoner under kalde/arktiske forhold kan bli mer effektfulle, altså at miljøskaden reduseres (unngått miljøskade øker fra  $x_{0,t}^k$  til  $x_{1,t}^k$ ). Den reduserte miljøskaden forutsettes å ha en samfunnsøkonomisk virkning gjennom to kostnads mekanismer. Den første er den direkte kostnaden befolkningen utsettes for når det forekommer utslipp som forårsaker ødeleggelse på naturverdier. Dette er fanget opp gjennom befolkningens betalingsvillighet for å unngå utslipp, altså  $w(\cdot)$ . Den neste er kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner og rense og rydde opp eksponerte kystområder,  $c(\cdot)$ . Ettersom det er billigere å gjennomføre aksjoner til sjøs enn etter at oljen treffer land, forutsettes det derfor at, for en gitt kostnadsfunksjon, at de samlede kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner faller dersom en større del av oljen hindres i å treffe kysten.

Effekten av tiltaket er altså at den gjenværende oljen etter en oljevernaksjon reduseres fra  $q[1 - x_{0,t}^k]$  til  $q[1 - x_{1,t}^k]$ . Dette betyr at befolkningen får en nytteøkning lik:

$$w(q[1 - x_{0,t}^k]) - w(q[1 - x_{1,t}^k])$$

Og at kostnadene til å gjennomføre oljevernaksjoner fordi mindre olje treffer land reduseres med:

$$c_0(q[1 - x_{0,t}^k]) - c_0(q[1 - x_{1,t}^k])$$

Den forventede nytteøkningen et gitt år er produktet av verdien av den økte bekjempelsen av utslipp av olje, og frekvensen for utslipp av olje dette året. Den samlede nytten gitt utslippsfrekvensen i kaldt/arktisk klima,  $h_t^k$ , skrives derfor på formen:

$$X_{1,t} = h_t^k \left[ w(q[1 - x_{0,t}^k]) - w(q[1 - x_{1,t}^k]) + [c_0(q[1 - x_{0,t}^k]) - c_0(q[1 - x_{1,t}^k])] \right]$$



### Storskalafasilitetene

Storskalafasilitetene forutsettes å kunne medføre reduserte miljøskader fra oljeutslipp både i kaldt/arktisk klima, og alle typer klima. Molobassenget og det store bassenget muliggjør å gjøre tester på utstyr i stor skala. Dette forutsettes å ha effekt for oljevernaksjoner i alle typer klima. In-situ-brenning i tilknytning til is forutsettes kunne ha effekt fortrinnsvis under kalde/arktiske forhold. Nytteten regnes på samme måte som for den klimaregulerte testhallen, men effekten er nå  $x_{2,t}^a$  og gjelder for alle typer klima.

$$X_{2,t} = h_t \left[ [w(q[1 - x_{0,t}^a]) - w(q[1 - x_{2,t}^a])] + [c_0(q[1 - x_{0,t}^a]) - c_0(q[1 - x_{2,t}^a])] \right]$$

## 2.2 Reduserte oljevernaksjonskostnader

Nytten av denne virkningen verdsettes som besparelsen tiltaket medfører knyttet til å gjennomføre oljevernaksjoner multiplisert med antall ganger man kommer til å gjennomføre oljevernaksjoner – altså den forventede besparelsen. Merk at kostnadsreduksjonen modellert i avsnitt 2.1 (der virkningen er redusert miljøskade) innebærer at selve kostnadsfunksjonen er lik som under nullalternativet, de lavere kostnadene skyldes at mindre olje treffer land og må ryddes opp. Nå holdes mengden olje som treffer land konstant, mens vi ser på den isolerte effekten av å la selve kostnadsfunksjonen skifte nedover. I realiteten vil det også være interaksjonseffekter fra de to nyttevirkningene sammen. Det vil si at dersom utslippet reduseres på grunn av den første virkningen, reduseres også verdien av denne av denne virkningen. Interaksjonseffektene er lave i absolutte tall, og blir derfor sett bort fra.

### Klimaregulert testhall

Strandfasilitetene medfører anledning til å utvikle metoder for å rense områder eksponert for oljesøl mer effektivt, samt legger til rette for trening og opplæring av innsatspersonell som inngår i oljevernaksjoner. Dette forutsettes å kunne føre til at kostnadsfunksjonen skifter nedover fra  $c_0(\cdot)$  til  $c_{1,t}(\cdot)$ . Tiltaket antas å ha effekt for utslipp i alle typer alle typer klima. Nytteten kan skrives som:

$$C_{1,t} = h_t [c_0(q[1 - x_{0,t}]) - c_{1,t}(q[1 - x_{0,t}])]$$

### Storskalafasilitetene

Bassengene muliggjør testing av utstyr i stor skala og utvikling av teknologi for deteksjon av olje, samt legger til rette for trening og opplæring av innsatspersonell som inngår i oljevernaksjoner. Dette forutsettes å kunne føre til at kostnadsfunksjonen skifter nedover til  $c_{2,t}(\cdot)$ . Tiltaket antas å ha effekt for utslipp i alle typer klima.

$$C_{2,t} = h_t [c_0(q[1 - x_{0,t}]) - c_{2,t}(q[1 - x_{0,t}])]$$

## 3 Tallfesting av utslippsfrekvenser og kalkulasjonspriser

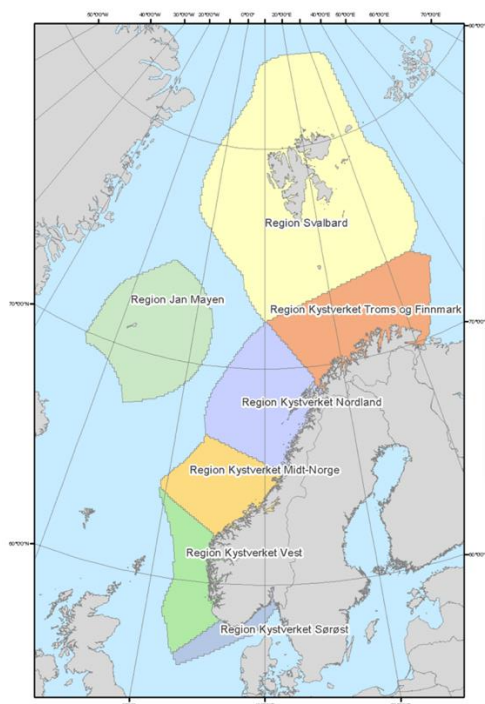
I dette kapittelet tallfestes parameterne i likningene fra forrige kapittel. Avsnitt 3.1 tar for seg utslippsfrekvensene i henholdsvis alle typer klima,  $h_t$ , og utslippsfrekvensene i kaldt/arktisk klima,  $h_t^k$ . Avsnitt 3.2 tar for seg kalkulasjonsprisene for de eksterne kostnadene ved oljeutslipp, altså  $w(q)$ , og avsnitt 3.3 tar for seg kostnader tilknyttet å gjennomføre oljevernaksjoner,  $c(q)$ .

### 3.1 Utslippsfrekvenser for ulike utslippskilder og mengder i ulike regioner

Utslippsfrekvensene er hentet fra AISyRisk som er et verktøy utviklet av DNV GL og Kystverket for å beregne risiko for ulykker og utslipp i norske farvann. Vi bruker frekvenser for 2019, og bruker så skipstrafikkprognoser for å framskrive disse ut analyseperioden. Beregningene av frekvensene er fordelt på 10x10 kilometers gridceller, og er videre fordelt på måned, utslippstype, utslippsmengdeintervall, utslippsprodukt, skipstype og skipslengde.

Utslippsfrekvenser, miljøfølsomhet, værforhold, skipstrafikk og befolkningens verdsettelse av oljeutslipp varierer mye mellom ulike landsdeler. Det tas utgangspunkt i Kystverkets regioninndeling for å ta hensyn til geografiske forskjellene. Utslippsfrekvensene aggregeres derfor opp fra 10x10 kilometers gridceller til hver av regionene.

Figur 3.1 Kystverkets regioninndeling



Kilde: DNV GL (2014a)

## Mengdekategorier

Ulykkesfrekvensene er som sagt brutt ned på frekvenser for ulike mengdekategorier. Mengdekategoriene oppgis i intervaller for henholdsvis drivstoff (marin diesel og bunkersolje), og råolje (som fraktes på tankskip). I analysen benyttes midtpunktet i intervallene. Dette er oppsummert i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Mengdekategorier for ulike utslippskilder (i tonn)

	Drivstoff (marin diesel og bunkers)		Råolje	
	Intervall	Midtpunkt	Intervall	Midtpunkt
M1	10 – 99	55	10 – 99	55
M2	100 – 199	150	100 – 999	550
M3	200 – 399	300	1.000 - 9.999	5.500
M4	400 – 999	700	10.000 – 99.999	55.000
M5	> 100	1.500	> 100.000	150.000

Til sist deles utslippsfrekvensene opp på de ulike utslippskildene (marint diesel, råolje og bunkersolje). Tabell 3.2 oppsummerer utslippsfrekvensene i 2019 for hver region, hver utslippskilde og hver mengdekategori.

Tabell 3.2 Utslippsfrekvens\* i 2019 for ulike utslippsmengder og utslippskilder i ulike regioner

Region	Kilde	M1	M2	M3	M4	M5	Totalt
Sørøst	Marin diesel	0,008831887	0,00162412	0,0009555	0,000820731	5,59208E-05	0,012288158
	Råolje	0,009911255	0,001071561	0,000567274	0,000226262	0,000120306	0,011896658
	Bunkers	0,138413004	0,040130607	0,023613504	0,003213359	0,001037088	0,206407563
Vest	Marin diesel	0,246142567	0,022434157	0,005212732	0,004349726	0,000198046	0,278337228
	Råolje	0,009622153	0,000727536	0,000665792	0,000803557	0,000240676	0,012059713
	Bunkers	0,220636736	0,027695459	0,01031489	0,005702873	0,001643253	0,26599321
Midt-Norge	Marin diesel	0,098232779	0,004930966	0,001711309	0,000874117	6,35058E-05	0,105812677
	Råolje	0,004296876	0,000274017	0,000180292	9,09454E-05	6,42463E-05	0,004906378
	Bunkers	0,049897527	0,010153814	0,004263095	0,002167104	0,00081595	0,06729749
Nordland	Marin diesel	0,071983961	0,00097205	0,000776866	0,000248204	3,07579E-05	0,074011838
	Råolje	0,002097891	7,73965E-05	0,000114598	5,84514E-05	6,31885E-05	0,002411525
	Bunkers	0,050360163	0,009036452	0,002705324	0,001502397	0,000877088	0,064481425

Troms og Finnmark	Marin diesel	0,036453685	0,000944295	0,001464314	0,000315945	5,3449E-05	0,039231688
	Råolje	0,000760182	0,00010453	0,000107802	7,46094E-05	7,6086E-05	0,001123209
	Bunkers	0,014556427	0,003542861	0,001065224	0,001284523	0,000876849	0,021325883
Jan Mayen	Marin diesel	7,99746E-05	8,5481E-06	3,37914E-05	6,29562E-06	2,74185E-06	0,000131352
	Råolje	0	0	0	0	0	0
	Bunkers	2,15608E-05	2,23271E-05	8,55647E-06	5,13037E-06	2,09342E-06	5,96682E-05
Svalbard	Marin diesel	0,002766924	0,000390957	0,000804257	0,000109454	1,67116E-05	0,004088303
	Råolje	7,55866E-05	1,56038E-05	5,62793E-06	5,12196E-06	2,84224E-06	0,000104783
	Bunkers	0,000255923	0,000170941	7,06296E-05	9,68166E-05	7,34968E-05	0,000667807
Sum		0,956565175	0,122704079	0,053685878	0,021134892	0,006258375	1,170348398

\* Utslippsfrekvens er antall forekomster av utslippshendelser per år.

Kilde: AISyRisk

### 3.1.1 Framskrivninger av utslippsfrekvenser

For å framskrive utslippsfrekvensene gjennom analyseperioden knyttes utslippsfrekvensene til trafikkmengden, og det benyttes så prognoser på skipstrafikk for å anslå utviklingen i antall ulykker med utslipp. Tabell 3.3 viser anslag på utviklingen i skipstrafikken mellom 2013 og 2040 fra DNV GL (2014d).

Tabell 3.3 Prosentvis økning i utseilt distanse mellom 2013 og 2040

Fartøystype	Sørøst	Vest	Midt-Norge	Nordland	Troms og Finnmark	Svalbard	Jan Mayen
Råoljetankere	52 %	15 %	157 %	184 %	300 %	40 %	0 %
Produkttankere	99 %	91 %	197 %	251 %	282 %	0 %	28 %
Kjemikalietankere	99 %	91 %	197 %	251 %	282 %	0 %	0 %
Gasstankere	242 %	128 %	417 %	424 %	340 %	0 %	0 %
Bulkskip	31 %	19 %	30 %	26 %	-14 %	373 %	36 %
Stykkgodsskip	81 %	62 %	74 %	73 %	49 %	40 %	31 %
Konteinerskip	89 %	166 %	217 %	413 %	6296 %	0 %	0 %
Ro-Ro lasteskip	81 %	62 %	74 %	73 %	49 %	0 %	31 %
Kjøle-/fryseskip	115 %	122 %	111 %	75 %	71 %	18 %	24 %
Cruise	122 %	122 %	122 %	122 %	122 %	170 %	23 %
Passasjer	24 %	24 %	24 %	24 %	24 %	170 %	23 %

Offshore supply skip	-100 %	-36 %	-35 %	-36 %	-2 %	0 %	0 %
Andre offshore service skip	-100 %	-36 %	-35 %	-36 %	-2 %	0 %	49 %

Kilde: DNV GL (2014d)

DNV GL (2015) skriver at den forventede veksten i utslippsmengden mellom 2013 og 2040 er tilnærmet lineær. Dette baseres på at veksten i trafikkmengden også er tilnærmet lineær. Det antas som en forenkling at utslippsfrekvensene fortsetter å vokse lineært også videre etter 2040 ut analyseperioden. Det er to viktige og motstridende faktorer som har betydning for hvordan frekvensene vil utvikle seg. Det ene er energieffektivisering og overgang til nye energiformer og teknologi, som hydrogen og batteri. Dette vil trekke i retning av lavere utslippsfrekvenser fremover i tid. På den annen side antas skipstrafikken å vokse både på grunn av økt handel og økonomisk vekst, og på grunn av åpning av nordøstpassasjen. Dette trekker i retning av høyere utslippsfrekvenser fremover i tid. Det er knyttet stor usikkerhet til prognosene, og leseren henvises derfor til sensitivitetsanalysene i kapittel 5.3. De viser at nåverdiene ikke er særlig sensitive til endrede forutsetninger om utslippsfrekvensene.

Matematisk formuleres utslippsfrekvensene et gitt år på følgende måte:

$$h_{t,l,m,e} = h_{0,l,m,e} + t\eta_{l,m,e}$$

$$h_{t,l,m,e}^k = h_{0,l,m,e}^k + t\eta_{l,m,e}^k$$

Der indeks  $l$  forteller hvilken region det er snakk om, indeks  $m$  hvilken mengdekategori, og indeks  $e$  hvilken utslippskilde. Utslippsfrekvensen i år  $t$  er altså lik utslippsfrekvensen i år null pluss et årstillegg  $\eta$ . Det regnes ut den årlige veksten,  $vekst/27$  (i Tabell 3.3 er den totale veksten for 27 år). Så regnes utslippsfrekvensene i 2060 for de ulike skipstypene i de ulike regionene ut ved å multiplisere den årlige veksten med 41 år og frekvensene i 2019. Årstillegget  $\eta$  regnes så ut på følgende måte:

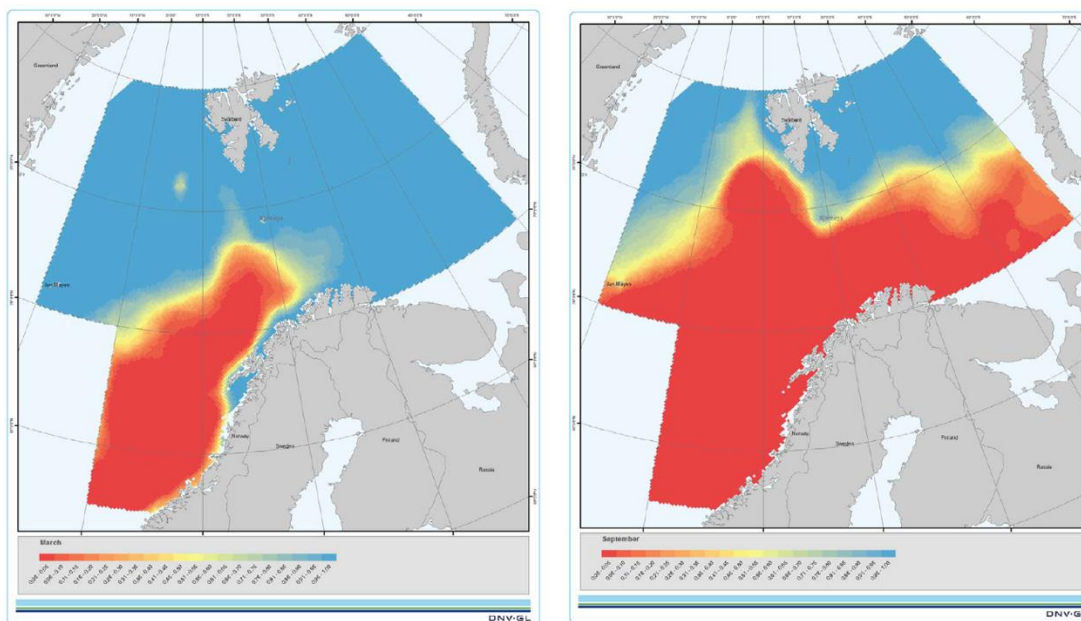
$$\eta = \frac{h_t - h_0}{t} = \frac{h_{2060} - h_{2019}}{41}$$

Med disse forutsetningene for utslippsfrekvenser og framskrivninger anslås den totale utslippsfrekvensen over alle regionene til å være 1,17 utslipps hendelser i 2019 og 1,96 hendelser i 2060.

### 3.1.2 Avgrensning av kaldt/arktisk klima

Noen av tiltakene forutsettes å bare ha effekt for utslipp som forekommer i kaldt/arktisk klima, og det er derfor nødvendig å gjøre avgrensninger for å skille ut disse frekvensene

Figur 3.2 Temperatur i norske havområder i mars (venstre) og september (høyre)



Figur 1 Kartet gir en oversikt over hvilke områder som i prosent har vanntemperatur lavere enn 5 °C i mars måned. Blått område indikere lavere temperatur enn 5 °C opp mot 100% av tiden, mens områder med rød farge har høyere temperatur enn 5 °C mesteparten av tiden.

Figur 2 Kartet gir en oversikt over hvilke områder som i prosent har vanntemperatur lavere enn 5 °C i september måned. Blått område indikere lavere temperatur enn 5 °C opp mot 100% av tiden, mens områder med rød farge har høyere temperatur enn 5 °C mesteparten av tiden.

Kilde: DNV GL (2015)

Figurene viser temperatur i henholdsvis mars og september og er hentet fra DNV GL (2015). Kaldt/arktisk klima i de ulike regionene defineres i henhold til Tabell 3.4. Implikasjonen av dette er at kun utslippsfrekvenser innenfor disse månedene er inkludert i utregning av nytte av tiltak som har effekt på utslipp i kaldt/arktisk klima.

Tabell 3.4 Avgrensning av hvilke måneder som defineres som kaldt klima

Region	Relevante måneder
Sørøst	Januar - februar
Vest	Januar - februar
Midt-Norge	Januar - februar
Nordland	Desember - mars
Troms og Finnmark	November - april
Svalbard	Januar - desember
Jan Mayen	Januar - desember

Med disse forutsetningene er frekvensen for utslippshendelser i kaldt/arktisk klima 0,23 i 2019 og 0,39 i 2060.

## 3.2 Kalkulasjonspriser for eksterne kostnader ved akutt oljeutslipp

Det tas utgangspunkt i kalkulasjonspriser utarbeidet av Vista Analyse (2016). I studien brukes 5 case langs norskekysten. Respondentene i spørreundersøkelsen svarer på hva deres betalingsvillighet er for å unngå et oljeutslipp av fire ulike størrelser for det utslippscaset de bor nærmest. Betalingsvilligheten forstås som et engangsbeløp som respondentene er villige til å betale for å unngå utslippet og de konsekvensene det har gjennom hele perioden utslippet ville hatt konsekvenser.

Når betalingsvillighetene per husstand i de ulike regionene aggregeres opp til kalkulasjonspriser for befolkningen for øvrig, ble det utøvd en skjønnsmessig vurdering av hvilke landsdeler som anses som berørt og dermed inkludert avhengig av utslippets størrelse. Kalkulasjonsprisene beregnes til syvende og sist ved å multiplisere den gjennomsnittlige betalingsvilligheten med antall husstander man mener er berørt av et utslipp av en gitt størrelse i et gitt område. Når vi har aggregert tallene opp på regionnivå har vi tatt gjennomsnittet av de fylkesvise kalkulasjonsprisene i det aktuelle fylket. Tabell 3.5 presenterer kalkulasjonsprisene som vil bli benyttet i analysen, justert til prisnivået i 2020.

Tabell 3.5 Kalkulasjonspriser for miljøskadelige utslipp. MNOK

Region	Liten skade	Middels skade	Stor skade	Svært stor skade
Sørøst	338	735	1400	2266
Vest	291	389	870	1477
Midt-Norge	213	285	639	935
Nordland	185	245	684	987
Troms og Finnmark	164	218	454	655

Kilde: DNV GL (2016)

Studien har ikke undersøkt betalingsvillighet for utslipp i sonene rundt Svalbard og Jan Mayen, og det mangler altså kalkulasjonspriser her. Det antas at kostnadene her er like som for Troms og Finnmark, men at miljøfølsomheten er større på Svalbard. En annen svakhet ved undersøkelsen er at den bare tar høyde for betalingsvillighet for å unngå utslipp man selv blir berørt av. Den berørte befolkningen avhenger av utslippets størrelse og varierer fra 3 fylker for den minste miljøskaden, til to regioner for den største miljøskaden. Dette innebærer for eksempel at husholdninger på Østlandet sin betalingsvillighet for å unngå miljøskade i Nord-Norge ikke er medregnet. Dette fører til en nedvurdering av betalingsvilligheten, og dermed også lavere nåverdianslag. Det henvises til sensitivitetsanalysene i kapittel 5.3 som viser hvordan endringer i forutsetningene om betalingsvillighet påvirker nåverdien.

For å vurdere hvilken skadestørrelse et utslipp av en gitt størrelse faller innenfor ser vi hen til matrisen nedenfor hentet fra Vista Analyse (2016). Figuren (miljøskadematrisen) brukes til å kategorisere kostnadene ved et utslipp fra en gitt skipsstørrelse. Lys gul indikerer liten skade, mørkegul indikerer middels skade, oransje indikerer stor skade og rød indikerer svært stor skade.

**Tabell 4.4 Miljøskadematrixe for vurdering av miljøskade og valg av riktig kalkulasjonspris**

Utslipps-type	Volum (tonn)	Miljøførsårbarhet				Sprednings-radius (bufferzone)* (km)
		Liten	Moderat	Høy	Svært høy	
Marin diesel	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Råolje	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Bunkers	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2000-10 000					75
	10 000-50 000					100

Noter: Fargekodene tilsvarer liten (lys gul), middels (mørkere gul), stor (brun/oranjs) og svært stor (rød) miljøskade

\*Se forklaring i teksten i avsnittet «miljøførsårbarhet vurderes innen en spredningsradius (bufferzone)» nedenfor.

Kilde: Vista Analyse (2016)

Tabell 3.6 viser hvordan den generelle miljøførsårbarheten i de ulike regionene defineres i analysen. Dette er en litt sjablongmessig tilnærming, et utslipp langt til havs i sonen rundt Svalbard kan være mindre skadelig enn et tett på kysten i region Sørøst, men det er en nødvendig forenkling i en slik top down-tilnærming vi tar i denne analysen. Dette innebærer at for eksempel i region Sørøst, som defineres til å ha liten miljøførsårbarhet, vil det i utregningene av nyttegevinstene av bedre oljevernberedskap bli brukt den første kolonnen i miljøskadematrixen.

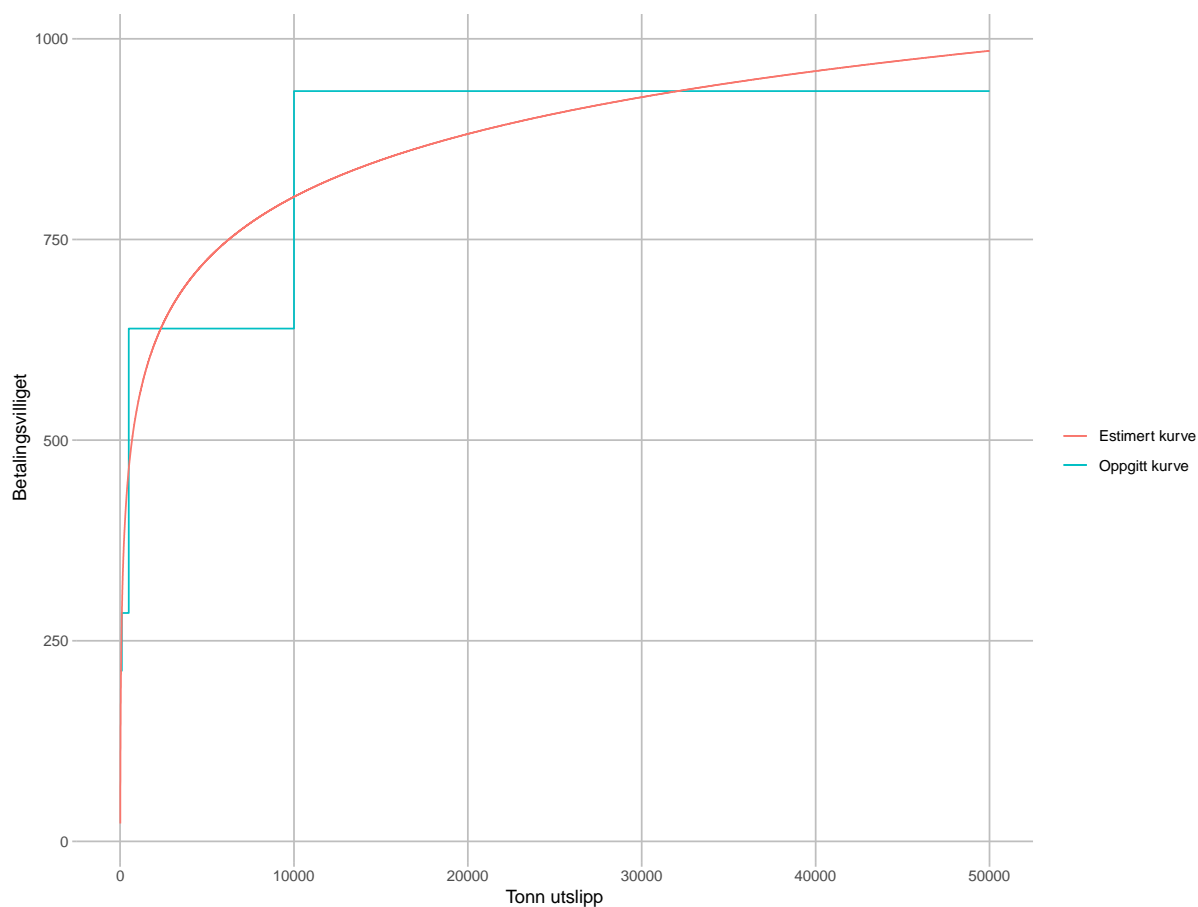
**Tabell 3.6 Avgrensning av geografi og tidsrom som defineres som kaldt klima.**

Region	Miljøførsårbarhet
Sørøst	Liten
Vest	Moderat
Midt-Norge	Moderat
Nordland	Høy
Troms og Finnmark	Høy
Svalbard	Svært høy
Jan Mayen	Svært høy



Som vi ser av Tabell 3.5 er ikke betalingsvilligheten lineær i mengde utslipp, men marginalt avtakende. Dette betyr at jo større utslippet er, jo mindre er befolkningen villige til å betale for å unngå den per tonn. Figur 3.3 viser hvordan betalingsvillighetskurven ser ut i henhold til Tabell 3.5 (blå kurve). I vår analyse bruker vi en estimert glatt kurve til å beregne nyttevirkningene av lavere miljøkonsekvens (rød kurve). Den er estimert ved å minimere avstanden mellom hvert punkt i den oppgitte kurven og den estimerte kurven ved å bruke en normal-log regresjonsmodell. Dette er gjort for alle skadeomfang i alle regionene.

**Figur 3.3**      **Betalingsvillighet for å unngå utslipp av råolje i Midt-Norge**  
Som funksjon av antall tonn som slippes ut. (MNOK).



Kilde: Vista Analyse

### 3.3 Kostnader ved oljevernaksjoner

Det er innhentet kostnadstall fra Full City-ulykken i 2009 og Godafoss-ulykken i 2011 fra Kystverket. De samlede oljevernaksjonskostnadene ved de to ulykkene lød på henholdsvis 110 millioner og 70 millioner kroner. Tabell 3.7 presenterer anslag på oljevernaksjonskostnader hentet fra Vista Analyse og Holte Consulting (2012). I analysen benyttes disse tallene prisjustert til 2020-nivå (siste kolonne) som estimater på hva det koster å gjennomføre oljevernaksjoner ved akutte utslipp.

Tabell 3.7 Kostnader per tonn ved oljevernaksjon for gitte utslippsintervaller.

Utslippsmengde, tonn	NOK per tonn (2012)	NOK per tonn (2020, 4% kalkulasjonsrente)
1 – 1000	400.000	550.000
1000 – 2000	300.000	410.000
2000 – 20000	200.000	274.000
20000 – 100000	100.000	137.000

Kilde: Vista Analyse og Holte Consulting (2012).

## 4 Effekt av tiltakene: endrede utviklingsbaner

I dette kapittelet anslår vi hva effekten av tiltakene vil være for de to nyttevirkningene vi har identifisert: høyere bekjempelsesgrad og lavere oljevernaksjonskostnader. Kapittelet starter med å presentere forutsetningene som ligger til grunn for teknologi- og metodeutviklingen gjennom analyseperioden for nullalternativet, deretter gjøres anslag på hva de ulike tiltakene i konseptene forventes å føre til av forbedringer relativt til nullalternativet.

Vi mener at effekten av tiltaket best lar seg modellere gjennom en økt vekstrate i teknologi- og metodeutvikling på feltet relativt til nullalternativet. Dette innebærer at de ulike konseptene får ulike utviklingsbaner gjennom analyseperioden. Den isolerte effekten av et gitt konsept et gitt år vil være differansen mellom utviklingsbanen til konseptet og referansebanen (nullalternativet) dette året. Se Figur 4.2 og Figur 4.3 for illustrasjon.

Det forutsettes at den oljen som tas opp eller fjernes forårsaker ingen eller minimalt med miljøskade. Det er først og fremst den gjenværende oljen som treffer landområder eller sjøis og påvirker dyrestammer og naturmiljøer som forårsaker skader som samfunnet har betalingsvillighet for å unngå.

Grad av unngått miljøskade defineres som den andelen av det forventede oljeutslippet som ikke forårsaker noen miljøskade. Dette kan uttrykkes matematisk som:

$$x = \frac{q_0 - q_1}{q_0}$$

Der  $q_0$  er den mengden olje som i forventning slippes ut ved en ulykke dersom ingen innsats ytes,  $q_1$  er den mengden av utslippet som i forventning treffer landområder og dyreliv og forårsaker miljøskade dersom innsats ytes, og  $x$  er grad av unngått miljøskade.

Det er mange faktorer som bidrar til at  $q_1$  er forskjellig fra  $q_0$ . For det første vil noe av oljen fjernes naturlig gjennom fordamping og dispergering. Videre vil innsats fra skadevolder og beredskapspersonell kunne fjerne olje eller hindre den fra å forårsake miljøskade. Å fjerne oljen innebærer å fysisk samle opp oljen mekanisk. Dette kan gjøres gjennom å omlaste drivstoff-/lastetanken før innholdet renner ut, eller å samle den opp mens den flyter på sjøen via mekaniske systemer. Å hindre oljen fra å forårsake miljøskade innebærer å håndtere oljen uten å fysisk samle den opp. Dette gjøres ved å brenne den eller å sprøyte kjemikalier på den som får den til å dispergere. Begge disse metodene medfører en større konsekvens for miljøet enn å fysisk samle den opp. Brenning medfører utslipp av CO<sub>2</sub>, mens dispergering vil påvirke naturmiljøene og organismene som utsettes for de nedbrutte oljepartiklene. Det forutsettes derimot som en forenkling at miljøskaden etter denne typen innsats er neglisjerbar sammenlignet med miljøskaden som ville forekommet dersom innsatsen ikke hadde blitt utøvd.

Den forventede graden av unngått miljøskade følger av sannsynlighetsfordelingen til alle de stokastiske variablene som ikke lar seg kontrollere, og den til enhver tid tilgjengelige kunnskapen og teknologien. Denne størrelsen forteller ikke hva graden av unngått miljøskade vil være i hvert enkelt

utslippstilfelle, men forteller hva den i gjennomsnitt vil være over for utslipp under ulike værforhold, avstand til kysten osv. Det er krevende å fastslå hva den forventede graden er, men Tabell 4.1 oppsummerer tall som Kystverket operer med.

Tabell 4.1 Grad av unngått miljøskade fordelt på kilder

Kilde	Prosess/aktivitet	Bekjempelsesgrad
Naturlige prosesser	Naturlig dispergering	5%
	Fordamping	
Menneskelig innsats	Omlasting av drivstofftank	15-20%
	Mekanisk opptak	
	Brenning	
	Kjemisk dispergering	
<b>Sum:</b>		<b>20-25%</b>

Den forventede graden av unngått miljøskade ved et akutt oljeutslipp i startåret settes til 25% for alle typer klima og 20% for kaldt/arktisk klima.<sup>1</sup> Disse prosenttallene må anses mer som beregningstekniske verdier som brukes til utregningene, heller enn faktiske anslag på hva den forventede graden er. Som vi kan se av sensitivitetsanalysene i kapittel 5.3 har disse startpunktene for utviklingsbanene lite å si for beregningene av nytte, det er differansen mellom banene som har stor betydning.

## 4.1 Referansebanen

Referansebanen formuleres med et startpunkt for graden av miljøskade som unngås i år null i analyseperioden, justert for den underliggende, årlige veksttakten i et gitt år. Det forutsettes altså at det også vil drives innovasjoner og forbedringer på feltet dersom tiltakene ikke realiseres. La referansebanen for grad av unngått miljøkonsekvens skrives på formen:

$$x_{0,t}^a = x_0^a (1 + \alpha_0)^t$$

For kaldt klima skrives det som:

$$x_{0,t}^k = x_0^k (1 + \alpha_0)^t$$

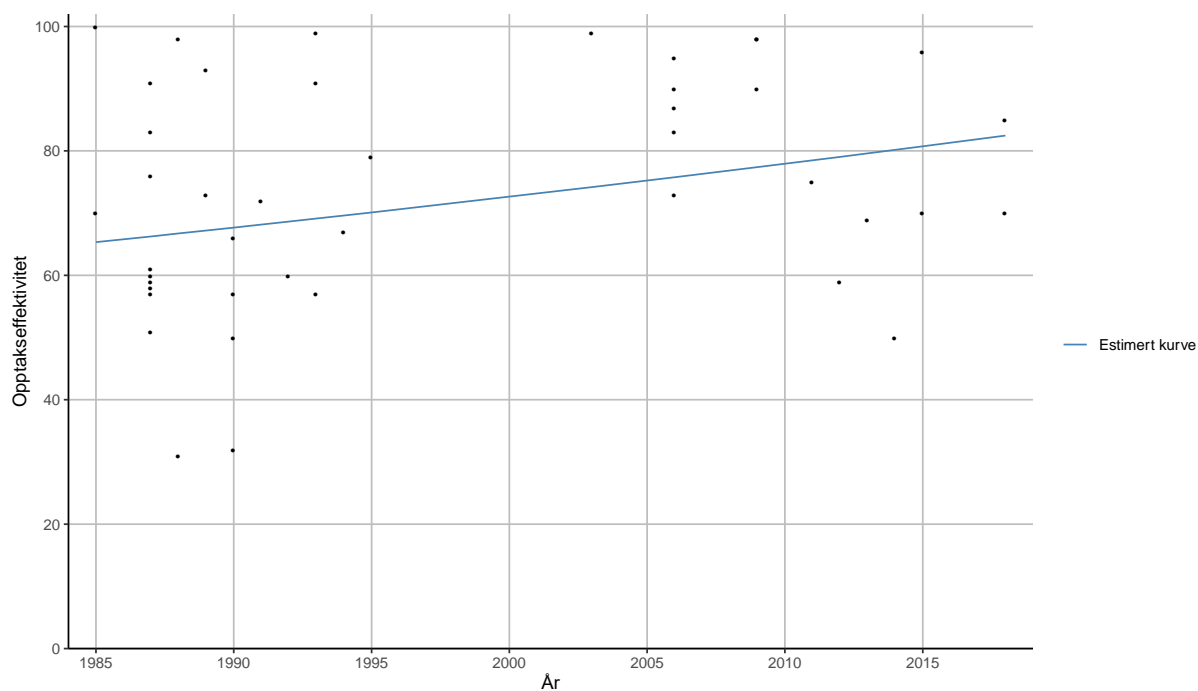
Der det forutsettes at  $x_0^k < x_0^a$ , altså at grad av unngått miljøskade i startåret er høyere for normale forhold enn i kaldt/arktisk klima. Den underliggende veksten,  $\alpha_0$ , er lik under begge forhold.

NOFO fører statistikk over hvor stor opptakseffektiviteten ved oljevernøvelser har vært tilbake til 1980-tallet (NOFO,2018). Opptaksgraden varierer mellom 30% og 100%, med et gjennomsnitt på

<sup>1</sup> I tråd med Vista Analyse (2016) som satte bekjempelsesgrad til 25%. Bekjempelsesgraden er lavere i kaldt/arktisk klima enn under andre forhold, og graden settes dermed til den lavere enden av intervallet for disse forholdene.

75%. Dette er mye høyere opptaksgrad enn under virkelige, ikke-kontrollerte hendelser, men tallene kan lære oss noe om den årlige forbedringsraten.  $\alpha_0$  i likningen over kan estimeres på tallene fra NOFO ved å bruke en log-normal regresjonsmodell. Figur 4.1 under viser tallene på opptaksgrad et gitt år under NOFO-øvelser og den estimerte vekstfunksjonen som minimerer avstanden mellom kurven og punktene.

Figur 4.1 Opptakseffektivitet ved oljevernøvelser i regi av NOFO



Regresjonsmodellen er en logtransformert omskrivning av likningen over, der konstantleddet i regresjonen gir oss den logtransformerte  $x_0$ , og koeffisienten til forklaringsvariabelen gir oss log av  $(1 + \alpha_0)$ , altså 1 pluss den årlige vekstraten. Vi gjør altså en regresjon av log-bekjempelsesgrad mot antall år etter 1985 ( $t = \text{år}$ ).

$$\log x_{0,t} = \log x_0 + t \log(1 + \alpha_0)$$

Regresjonen gir følgende resultater:

- Konstantledd: 4,179
  - 1% signifikansnivå
- Årskoeffisient: 0,00706
  - 10% signifikansnivå

Vi kan deretter regne oss fram til forbedringstakten  $\alpha_0$ :

$$\alpha_0 = e^{0,00706} - 1 = 0,00708 \approx 0,007$$

Sagt med andre ord, opptakseffektiviteten under NOFOs øvelser har økt med 0,7% hvert år mellom 1985 og 2017.

Vi testet også om en vekstfunksjon som forutsetter lineær vekst ville forklart dataene bedre. Dette ble estimert med en ordinær lineær regresjonsmodell (ols). Resultatene fra denne estimeringen var at koeffisientene hadde samme signifikansnivå, men at modellen forklarte dataene marginalt dårligere. R2 sank fra 0,078 i den første modellen til 0,073 i den lineære. Vi beholder derfor antakelsen om eksponentiell vekst.

Det må kommenteres at den estimerte funksjonen er å forstå som en lokal approksimasjon. En prosentandel kan selvfølgelig ikke vokse eksponentielt i det uendelige, og kurven vil ha et infleksjonspunkt der veksten vender fra å tilta til å avta. Det forutsettes at dette punktet befinner seg etter analyseperiodens slutt.

I analysen videre legger vi til grunn at den underliggende forbedringsraten vil fortsette med samme størrelse gjennom analyseperioden uavhengig av om tiltakene realiseres eller ikke. Realisering av konseptene medfører en forbedring oppå denne underliggende veksten. Vi forutsetter også at den årlige forbedringsraten for opptaksgrad videre kan generaliseres til forbedringsraten knyttet til teknologiutvikling og kunnskapsvervelse på feltet generelt sett.

Det må også kommenteres at denne analysen ikke kan brukes til å fastslå at den generelle teknologiutviklingen faktisk har vært 0,7%. For det første er resultatet statistisk signifikant på 10%, for det andre viser tallene resultater fra tester med ulike typer utslippskilder og ulik benyttelse av teknologi. Det er altså usikkert om den økningen vi ser faktisk skyldes bedre teknologi eller andre faktorer. Når vi allikevel velger å bruke det i analysen skyldes det mangel på bedre tallmateriale.

## 4.2 Konseptbanene

### 4.2.1 Testsenterfaktoren: forholdet mellom brukstid av testsenter og vekst i metode- og teknologiutvikling

Tiltakene som utredes har ikke noen nytteeffekt i seg selv, det er først når fasilitetene brukes til å utvikle nye metoder og teknologi som senere blir implementert i oljevernberedskapen, at tiltaket fører til en nytte for befolkningen. Vi er derfor avhengig av å anslå forholdet mellom antall uker fasilitetene til senteret brukes og effekten det har for veksttakten i teknologiforbedringen på området. For å gjøre dette brukes erfaringer fra testsenteret på Horten.

Den underliggende veksten i referansebanen de siste 30-40 årene skyldes en rekke faktorer som internasjonal FoU-virksomhet, erfaringer fra hendelser, og eksisterende testsentre internasjonalt, i tillegg til bidraget fra testsenteret på Horten. Vi kan således dele opp  $\alpha_0$  i to komponenter:  $\alpha_H$  som representerer det isolerte bidraget fra at testsenteret i Horten har blitt brukt til fou-virksomhet, og  $\alpha_U$  som representerer bidraget fra alle andre kilder:

$$\alpha_0 = \alpha_H + \alpha_U$$

La så  $\alpha_H$  være en funksjon av antall uker senteret er i bruk per år, og en faktor,  $\theta$ , som forteller hvor mye en ukes bruk av testsenteret bidrar til den årlige veksten i teknologi- og metodeutviklingen:

$$\alpha_H = \text{bruksuker}_H * \theta$$

Vi kan så finne  $\theta$  ved å dele Hortens isolerte bidrag til veksttakten på gjennomsnittlig antall uker det er i bruk per år:

$$\theta = \alpha_H / \text{bruksuker}_H$$

For å gjøre et anslag på hva den isolerte effekten av å bygge testsenteret på Fiskebøl vil være for veksttakten, multipliserer vi så  $\theta$  med antall uker testsenteret på Fiskebøl anslås å være i bruk per år:

$$\alpha_F = \text{bruksuker}_F * \theta$$

Det kritiske punktet i denne delen av analysen er å anslå hvor stor andel av den underliggende, årlige veksten som kan tilskrives testsenteret på Horten. Dette lar seg ikke anslå analytisk på noen meningsfull måte (men som vi kan se i sensitivitetsskapittelet under må denne andelen være høyere enn 100% for at testsenteret på Fiskebøl skal være lønnsomt). For å ha noen veldig usikre tall å bruke i analysen går vi fram med en veldig overordnet metode der vi ser på Hortens andel av fasiliteter/faktorer som muliggjør læring og forskning på feltet. Dette innebærer andre testfasiliteter, i tillegg inkluderer vi erfaringer fra hendelser i seg selv som en siste faktor, ettersom faktiske akutte oljeutslipp medfører stor læring. Vi inkluderer i alt 6 fasiliteter/faktorer: Horten, havlaboratoriet i Trondheim, Cedre, Ohmsett, Hirtshals og erfaringer fra tidligere hendelser.

Hortens andel av den underliggende veksten settes altså til en sjettedel ( $\frac{1}{6} \approx 17\%$ ). Testsenteret på Horten er i gjennomsnitt i bruk 4 uker i året. Altså regnes faktoren som knytter antall uker et testsenter i Norge er i bruk,  $\theta$ , med vekstraten til 0,03

$$\theta = \frac{0,708}{6 * 4} = 0,0295$$

Ved å anta at dette er en generell faktor som forteller oss sammenhengen mellom brukstimer av testsenter for oljeverntechnologi og den årlige vekstraten, kan vi regne ut effekten av å etablere testsenteret på Fiskebøl.

## 4.2.2 Økt bruk de første tre årene

Det anslås at fasilitetene kommer til å være mer i bruk de første tre årene. Som en forenkling modelleres dette ved at forbedringsraten er tilsvarende større disse årene. Dette konkretiseres under.

## 4.2.3 Klimaregulert testhall

### Redusert miljøskade

Et av de prosjektutløsende behovene for etablering av en innendørs testfasilitet er at dagens utstyr og teknologi fungerer dårligere under kalde/arktiske forhold, enn under normale forhold. En effekt av å etablere fasiliteten kan være at muligheten til å teste utstyr under slike forhold muliggjør at man etter et gitt antall år kan ta igjen nivået man ligger på under normale forhold. I tillegg kan fasilitetene forutsettes å medføre en kontinuerlig fou-virksomhet som innebærer en kontinuerlig vekst,  $\alpha_1$ , som er større enn under nullalternativet. Dette kan formuleres som:

$$x_{1,t} = x_{1,t-1}(1 + \alpha_0 + \alpha_{1,t})$$

### Reduserte oljevernaksjonskostnader

Den klimaregulerte testhallen utstyres med innendørs strand som medfører potensial for fou av teknologi og metoder for å håndtere olje som har tilgriset ulike typer kystområder. Strandfasilitetene muliggjør også bedre trening av innsatspersonell. Begge disse momentene antas å kunne medføre lavere oljevernaksjonskostnader. Denne effekten antas å være relevant for alle typer klima, og å ta form som en kontinuerlig forbedringsbane:

$$c_{1,t} = c_{1,t-1}(1 - \beta_{1,t})$$

### Bruksuker

Det anslås at bruken av innendørshallen vil være mellom 6-7 uker per året. Vi benytter videre 6,5 som et anslag på årlig bruk.

Vi fanger opp to effekter i modellen, nemlig redusert miljøskade og reduserte oljevernaksjonskostnader. Som en forenkling antas det at ukene fordeler seg likt mellom aktiviteter som har effekt for disse to virkningene.

### Økning i forbedringsrate fra den klimaregulerte testhallen

Den klimaregulerte testhallen anslås å bli brukt 6,5 uker per i konsept 1b og 6 uker per i konsept 3b. Avviket skyldes at strandfasilitetene i molobassenget antas å gjøre strandfasilitetene i den klimaregulerte testhallen mindre relevant, og at brukstid dermed flyttes herfra til molobassenget. Dette anslås å medføre en økning i den årlige forbedringsraten i metode- og teknologiutvikling som medfører redusert miljøskade i kaldt/arktisk klima lik 0,096% i konsept 1b:

$$(0,0295 * 6,5)/2 = 0,096$$

I konsept 3b anslås økningen i forbedringsraten i metode- og teknologiutviklingen å være lik 0,0885.

$$(0,0295 * 6)/2 = 0,0885$$

Der 0,0295 er vekstbidraget per uke fra Horten og 6,5 er antall uker den klimaregulerte testhallen forventes å være i bruk per år. Dette deles på to fordi virkningen antas å fordele seg likt mellom nytteeffektene *økt bekjempelsesgrad* og *reduerte oljevernaksjonskostnader*. Med andre ord antar vi at virkningen på opptakseffektivitet tas ut likt mellom økt bekjempelsesgrad (for gitt kostnad) og lavere kostnad (for gitt bekjempelsesgrad). Merbidraget fra denne fasiliteten sammenlignet med fasilitetene som allerede eksisterer, er muligheten til å kunne gjøre tester og øvelser under kalde klimatiske forhold med og uten is. Nytttevirkningene fra dette tiltaket anslås derfor til å oppstå gjennom aksjoner i kaldt/arktisk klima.

De første 3 årene antas fasilitetene å bli brukt dobbelt så mye. Altså forventes forbedringsratene disse årene å tilsvare 0,192% i konsept 1b.

$$(0,0295 * 13)/2 = 0,192$$

I konsept 3b anslås økningen i forbedringsraten i metode- og teknologiutviklingen å være lik 0,177.



$$(0,0295 * 12)/2 = 0,177$$

Tabell 4.2 Økning i forbedringsratene fra den klimaregulerte testhallen

År i analyseperioden	Konsept	Antall bruksuger per år	Forbedringsrate $\alpha_{1,t} = \beta_{1,t}$
$t \in \{1,2,3\}$	1b	13	0,192%
	3b	12	0,177%
$t \in \{3,4, \dots, T\}$	1b	6,5	0,096%
	3b	6	0,89%

#### 4.2.4 Storskalafasilitetene

##### Redusert miljøskade

Storskalafasilitetene gjør det mulig å teste ut utstyr i stor skala. Særlig utvikling av deteksjonsteknologi kan ha føre til at en større del av oljeutslippet kan oppdages og dermed oppsamles eller håndteres på andre måter. Effekten av tiltaket på bekjemping av akutte oljeutslipp,  $\alpha_2$ , antas å være relevant for alle typer klima og ta form av en kontinuerlig forbedringsbane:

$$x_{2,t} = x_{2,t-1}(1 + \alpha_0 + \alpha_{2,t})$$

##### Reduserte oljevernaksjonskostnader

Den klimaregulerte testhallen muliggjør bedre trening og opplæring av personell som inngår i den akutte oljevernberedskapen. I tillegg vil utvikling av metoder og teknologi som følge av muligheten til å teste det i stor skala medføre at aksjonene kan gjennomføres med lavere ressursinnsats. Effekten antas å være relevant for alle typer klima, og å ta form som en kontinuerlig forbedringsbane:

$$c_{2,t} = c_{2,t-1}(1 - \beta_{2,t})$$

##### Bruksuger

Det anslås at storskalafasilitetene vil bli brukt 4,5 uker per år.

##### Økning i forbedringsrate fra den klimaregulerte testhallen

Storskalafasilitetene inkluderer fasilitetene det store innendørsbassenget og molobassenget i konsept 3b, i tillegg til den klimaregulerte testhallen i konsept 1b. Det anslås at bruken av storskalafasilitetene være 5 uker per år. Fasilitetenes merbidrag sammenlignet med eksisterende fasiliteter er mulighet til å teste utstyr og komponenter i stor skal og utvikle deteksjonsteknologier, noe som forutsettes å ha virkninger for aksjoner under alle klimatiske forhold.

Storskalafasilitetene anslås å medføre en økning i den årlige forbedringsraten i metode- og teknologiutvikling som medfører redusert miljøskade i alle typer klima lik 0,074%.

$$(0,0295 * 5)/2 = 0,07375$$

De første 3 årene antas fasilitetene å bli brukt dobbelt så mye. Altså forventes forbedringsratene disse årene å tilsvare 0,148%.

$$(0,0295 * 10)/2 = 0,1475$$

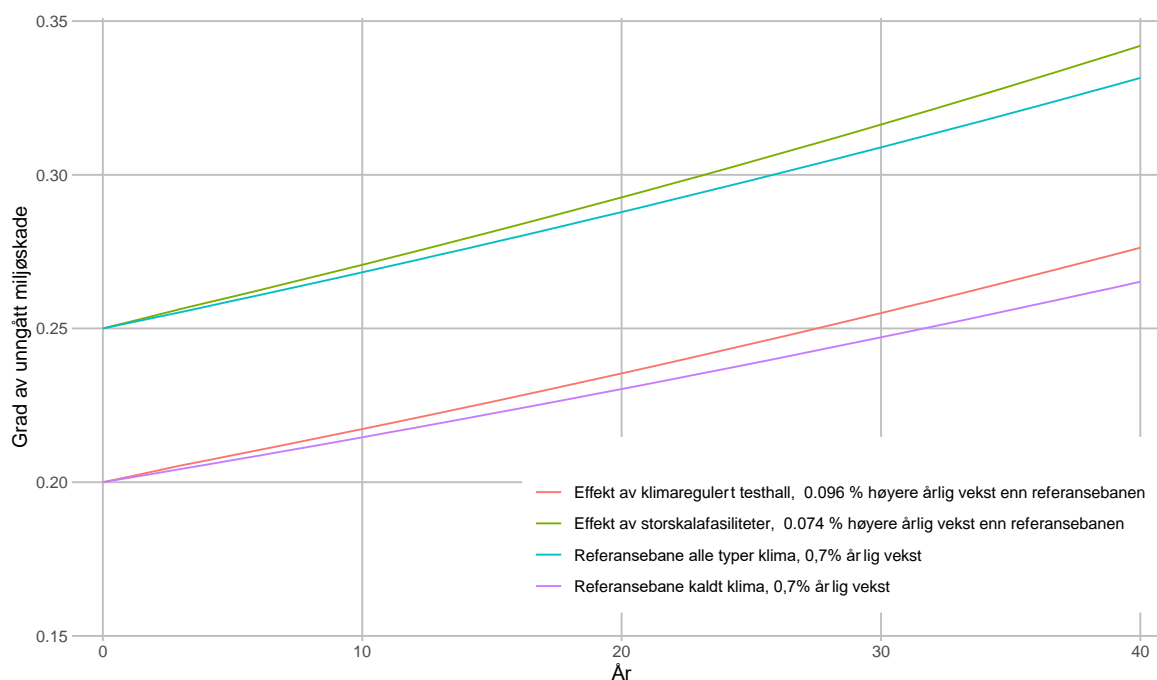
Tabell 4.3 Økning i forbedringsratene fra storskalafasilitetene

År i analyseperioden	Bruksuker per år	Forbedringsrate $\alpha_{1,t} = \beta_{1,t}$
$t \in \{1,2,3\}$	10	0,148%
$t \in \{3,4, \dots, T\}$	5	0,074%

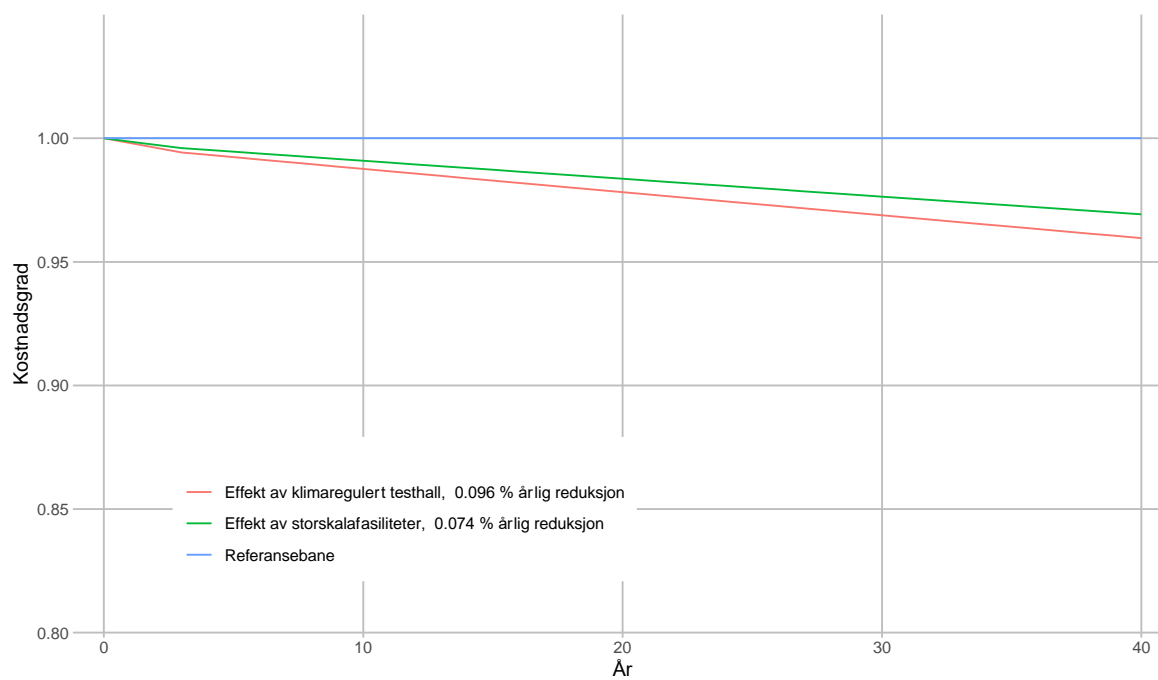
### 4.3 Oppsummering utviklingsbanene

Med disse estimatene for årlig forbedringsrate får vi utviklingskurvene illustrert i Figur 4.2 og Figur 4.3. Som vi ser, starter konseptbanene og referansebanen fra samme utgangspunkt, men vokser/faller med ulik hastighet avhengig av hvor mange uker den aktuelle fasiliteten forventes å være i bruk per år.

Figur 4.2 Utviklingsbanene bekjempelsesgrad for konseptene og referansealternativet



Figur 4.3 Utviklingsbanene kostnadsgrad oljevernaksjoner for konseptene og referansealternativet



## 5 Nåverdiberegning

I dette kapittelet presenteres nåverdiutregningene i tråd med de forutsetningene som er gått igjennom tidligere i dokumentet. I avsnitt 5.1 følger en kort oppsummering av forutsetningene som ligger til grunn, der det også vises hvordan kalkulasjonsrente, realprisjustering og restverdier håndteres i beregningene. Deretter følger selve nåverdiberegningene i avsnitt 5.2. Videre gjøres det sensitivitsanalyse i 5.3 der vi ser hvordan nåverdiberegningene påvirkes av endringer i usikre parametere.

### 5.1 Forutsetninger

#### 5.1.1 Kalkulasjonsrente og realprisjustering

I tråd med R-109/14 realpriseres verdien av miljøgoder i takt med veksten i BNP per innbygger, i tråd med forventning om en årlig reallønnsvekst over tid og dermed antakelse om at betalingsvilligheten for miljøgoder øker raskere enn forbrukerpriser ellers. Takten for realprisjusteringen,  $j$ , settes lik veksten i BNP per innbygger i siste Perspektivmelding, altså lik 0,8%.

$$j = 0,8\%$$

Realprisjustering tilsvare å neddiskontere med en lavere kalkulasjonsrente. For de verdiene som skal realpriseres operes det derfor med en realprisjustert kalkulasjonsrente lik:

$$r_j = \frac{1+r}{1+j} - 1$$

**Feil! Fant ikke referanse kilden.** oppsummerer verdiene for den ordinære og den justerte kalkulasjonsrenten for ulike år i analyseperioden.

Tabell 5.1 Kalkulasjonsrente og justert kalkulasjonsrente for ulike år i perioden

År	Kalkulasjonsrente, $r$	Realprisjustert kalkulasjonsrente, $r_j$
1 – 40	4%	3,17%
41 – 75	3%	2,18%
> 75	2%	1,12%

#### 5.1.2 Restverdier

Det er usikkerhet knyttet til hva som hender etter at levetiden til anleggene er over. Én virkning av tiltakene er at de forventes å ha effekt på opplæring og trening av innsatsstyrkene som inngår i den

akutte oljevernberedskapen. Trening og opplæring er ferskvare og vil forsvinne når testsenterets levetid er omme.

På den annen side vil fasilitetene også brukes til frambringelse og utvikling av ny kunnskap og forskning. Denne nye FoUen har en levetid utover selve fasilitetenes levetid, og vil kunne forårsake at det oppstår nytte også etter at senterets levetid er omme. En ny utstyrskomponent som medfører at det gjennomsnittlige opptaket av olje under oljevernaksjoner øker med  $x\%$  relativt til referansebanen, vil medføre høyere opptak av olje relativt til hva som ville ha blitt oppsamlet dersom tiltaket ikke hadde blitt gjennomført, også etter at levetiden til prosjektet er over. Dette kan behandles som en restverdi ved slutten av prosjektets levetid.

Dette formuleres ved å multiplisere det årlige nyttebidraget etter at levetiden er over med en nåverdifaktor som er regnet ut som den uendelige geometriske serien til diskonteringsfaktoren fra dette tidspunktet. Det må altså gjøres forutsetninger om hvordan variablene utvikler seg til uendelig tid. Det er åpenbart svært stor usikkerhet knyttet til dette.

### Depresiering av kunnskap og avgrensning av verdiene som inkluderes

Det er som sagt kun utvikling av teknologi, kunnskap og metoder som inkluderes som restverdier. Verdier som oppstår fra bedre trent mannskap er knyttet til at senteret er i drift, og inkluderes ikke som restverdi. Det antas videre at kunnskapen over tid mister sin relevans og dermed depresieres. Det antas at verdiene depresieres lineært mot null ved levetidens slutt. I tråd med DFØs veileder (DFØ 2018) håndteres dette dermed ved å dele nytten i år  $T$  på 2.

### Utviklingsbanen til utslippsfrekvensene

Noe det særlig knytter seg usikkerhet til er hvordan utslippsfrekvensene utvikler seg etter analyseperiodens slutt og fram til uendelig tid. Det vil være rimelig å anta at langt fram i tid vil risikoeksponeringen for oljeutslipp avta i tråd med overgang til teknologi som benytter andre energiformer. Det legges derfor til grunn som en veldig simpel forenkling at utslippsfrekvensene avtar med en årlig rate,  $\mu$ , etter analyseperiodens slutt, altså når  $t > T$ . For frekvensene i kaldt/arktisk klima formuleres dette som:

$$h_T^k (1 + \mu)^{-t}$$

For frekvensene i alle typer klima formuleres dette som:

$$h_T (1 + \mu)^{-t}$$

### Nåverdien av en uendelig geometrisk serie

Konseptet er lik for alle virkningene, så utregningen illustreres med et eksempel. Vi har en gitt nytte som oppstår fra en av de fire nyttevirkningene [ $X_1$ ,  $X_2$ ,  $C_1$  og  $C_2$ ] et gitt år. Kall nytten fra denne virkningen i år  $T$  for  $B_T$ . Restverdien neddiskontert til år null regnes da ut som:

$$\sum_{t=T+1}^{\infty} B_T h_T (1 + \mu)^{-t} (1 + r)^{-t}$$

Dette kan omskrives til:

$$\sum_{t=T+1}^{\infty} B_T h_T (1 + r + \mu + r\mu)^{-t}$$

Den uendelige geometriske serien kan så utledes:

$$\sum_{t=T+1}^{\infty} B_T h_T (1 + r + \mu + r\mu)^{-t} = B_T h_T \frac{(1 + r + \mu + r\mu)^T}{r + \mu + r\mu}$$

For enkelhets skyld kaller vi  $\frac{(1+r+\mu+r\mu)^T}{r+\mu+r\mu} = S$ . Nåverdifaktoren med den justerte kalkulasjonsrenten skrives:  $\frac{(1+r_j+\mu+r_j\mu)^T}{r_j+\mu+r_j\mu} = S_j$

### 5.1.3 Oppsummering forutsetninger

Tabell 5.2 Forutsetninger (basisverdier)

Variabel	Beskrivelse	Verdi
	Byggetid klimaregulert testhall	4 år
	Byggetid storskalafasiliteter	5 år
$T$	Levetid	40 år
$r$	Kalkulasjonsrente	4%, 3% og 2%
$r_j$	Prisjustert kalkulasjonsrente	3,17%, 2,18% og 1,12%
$\mu$	Teknologi- og utslippsforbedring i restverdiperioden	6%
$x_0$	Grad av unngått miljøskade i år null	25%
$x_0^k$	Grad av unngått miljøskade i år null for kaldt/arktisk klima	20%
$\alpha_0$	Underliggende vekstrate	0,7%
$h_1 - h_{40}$	Utslippsfrekvenser fra år 1 til år 40	1,17 – 1,96
$h_1 - h_{40}$	Utslippsfrekvenser i kaldt/arktisk klima fra år 1 til år 40	0,23 – 0,39
$w(q)$	Verdsetting av miljøskade som funksjon av mengde oljeutslipp	Se Tabell 3.5
$c(q)$	Oljevernaksjonskostnader som funksjon av mengde oljeutslipp	Se Tabell 3.7
$\theta$	Testsenterfaktoren	0,03
	Hortens andel av den underliggende veksten	17%
	Bruksuker per år for den klimaregulerte testhallen	6,5 uker

Bruksuker per år for storskalafasilitetene

4,5 uker

## 5.2 Nåverdiberegninger

### 5.2.1 Nåverdi av redusert miljøskade

For å beregne nåverdien summeres de neddiskonterte verdiene gjennom alle årene i tiltakets levetid pluss eventuelle restverdier. Nyten av redusert miljøskade et gitt år,  $X_{1,t}$  og  $X_{2,t}$  (se avsnitt 2.1 for utregning), neddiskonteres med den prisjusterte kalkulasjonsrenten  $r_j$ . Den samlede nåverdien av redusert miljøskade av å etablere den klimaregulerte testhallen regnes ut på måten:

$$N_{X1} = \sum_{t=1}^T X_{1,t}(1 + r_j)^{-t} + X_{1,T}S_j$$

Den samlede nytten av redusert miljøskade av å etablere storskalafasilitetene regnes ut på måten:

$$N_{X2} = \sum_{t=1}^T X_{2,t}(1 + r_j)^{-t} + X_{2,T}S_j$$

Tabell 5.3 Nåverdi redusert miljøskade. Basisverdier. (MNOK)

Fasilitet	Nåverdi 1b	Nåverdi 3b
Klimaregulert testhall, $N_{X1}$	9	9
Storskalafasiliteter*, $N_{X2}$	-	54
<b>SUM</b>	<b>9</b>	<b>63</b>

\* Den klimaregulerte testhallen inngår i begge konseptene, mens storskalafasilitetene inngår kun i konsept 3b

### 5.2.2 Nåverdi av reduserte oljevernaksjonskostnader

Verdien av oljevernaksjonskostnader øker ikke raskere enn den generelle prisstigningen, og neddiskonteres med den ordinære kalkulasjonsrenten  $r$ . Den samlede nåverdien av reduserte oljevernaksjonskostnader av å etablere den klimaregulerte testhallen regnes ut på måten:

$$N_{C1} = \sum_{t=1}^T C_{1,t}(1 + r)^{-t} + C_{1,T}S$$

Den samlede nåverdien av reduserte oljevernaksjonskostnader av å etablere storskalafasilitetene regnes ut på måten:

$$N_{C2} = \sum_{t=1}^T C_{2,t}(1+r)^{-t} + C_{2,T}S$$

Tabell 5.4 Nåverdi reduserte oljevernaksjonskostnader. Basisverdier. (MNOK)

Fasilitet	Nåverdi 1b	Nåverdi 3b
Klimaregulert testhall, $N_{C1}$	29	27
Storskalafasiliteter*, $N_{C2}$	-	22
<b>SUM</b>	<b>29</b>	<b>49</b>

\* Den klimaregulerte testhallen inngår i begge konseptene, mens storskalafasilitetene inngår kun i konsept 3b

### 5.2.3 Samlet nåverdi fra konseptene

Den samlede nåverdien av konseptene regnes ut ved å summere opp de nyttevirksomheter som forårsakes av etablering av de fasilitetene som hører til hver av konseptene. For konsept 1b innebærer det nyttevirksomheter fra å etablere den klimaregulerte testhallen:

$$N_{1b} = N_{X1} + N_{C1}$$

For konsept 3b innebærer det nyttevirksomheter fra å etablere den klimaregulerte testhallen og storskalafasilitetene:

$$N_{3b} = N_{X1} + N_{C1} + N_{X2} + N_{C2}$$

Tabell 5.5 Samlet nåverdi for konseptene. Basisverdier. (MNOK)

Fasilitet	Virkning	Nåverdi 1b	Nåverdi 3b
Klimaregulert testhall	Redusert miljøskade, $N_{X1}$	9	9
	Reduserte oljevernaksjonskostnader, $N_{C1}$	29	27
Storskalafasiliteter*	Redusert miljøskade, $N_{X2}$	-	54
	Reduserte oljevernaksjonskostnader, $N_{C2}$	-	22
<b>SUM</b>		<b>38</b>	<b>112</b>

\* Den klimaregulerte testhallen inngår i begge konseptene, mens storskalafasilitetene inngår kun i konsept 3b

Nytten av tiltakene er forbundet med besparelser av høye samfunnsøkonomiske kostnader som påføres samfunnet gjennom akutte oljeutslipp, kombinert med nokså moderate virkninger (forstått som økt bekjempelsesgrad og lavere kostnader ved oljevernaksjoner), og lave forekomster av utslippshendelser som gjør at tiltaket kommer til nytte (lave utslippsfrekvenser).



### 5.3 Sensitivitetsanalyser

Som vi ser av Tabell 5.6 og Tabell 5.7 er ikke nytten særlig sensitiv til noen av parameterne. En dobling/halvering av en parameterverdi fører omtrent til en dobling/halvering av nytten. Som forventet er nåverdien ganske lite sensitiv til endringer i bekjempelsesgrad i startåret. Dette skyldes at det er først og fremst avstanden mellom kurvene som er betydningsfull, ikke hvor kurvene starter ut fra.

Det er ingen av konseptene som hadde blitt samfunnsøkonomisk lønnsom ved å doble noen av parameterne som brukes i kalkulasjonene. Altså kan vi med rimelighet fastslå at ingen av konseptene forventes å være samfunnsøkonomisk lønnsom.

Sensitivitetsanalysene er beregnet ved å gjøre isolerte endringer i parameteren det er snakk om. Vi har sett på virkningen av å enten halvere eller fordoble basisverdiene (oppgitt i siste kolonne).

Tabell 5.6 Sensitivitetsanalyse konsept 1b. Nåverdi nytte. MNOK.

Parameter	- 50%	+ 100%	Basisverdi
Utslippsfrekvenser	19	77	1,17 – 1,96 i alle klima 0,23 – 0,39 i kaldt klima
Bruksuker	19	76	6,5 uker
Vekstrate referansebanen	19	75	0,708%
Bekjempelsesgrad i år null	40	42	20% og 25%
Ulykkefrekvensdepresiering i restverdiperioden	42	37	2%
Testsenterandelen	19	77	17%

Tabell 5.7 Sensitivitetsanalyse konsept 3b. Nåverdi nytte. MNOK.

Parameter	- 50%	+ 100%	Basisverdi
Utslippsfrekvenser	56	224	1,17 – 1,96 i alle klima 0,23 – 0,39 i kaldt klima
Bruksuker	56	225	4,5 og 6,5 uker
Vekstrate referansebanen	53	259	0,708%
Bekjempelsesgrad i år null	88	234	20% og 25%
Ulykkefrekvensdepresiering i restverdiperioden	125	110	2%
Testsenterandelen	56	225	17%

### 5.3.1 Testsenterandelen

Et kritisk og usikkert punkt i analysen er testsenteret på Horten sin andel av den underliggende veksten i metode- og teknologiutvikling. Som vist i avsnitt 4.2.1 regnes effekten av tiltakene ut ved å multiplisere antall uker de ulike fasilitetene forventes å være i bruk med testsenter-bruksuker-faktoren,  $\theta$ . Veksten i metode- og teknologiutviklingen som skyldes etablering av testsenteret på Fiskebøl,  $\alpha_F$ , regnes ut som:

$$\alpha_F = \text{bruksuker}_F * \theta$$

Faktoren  $\theta$  er regnet ut ved å dele veksten i metode- og teknologiutviklingen som skyldes testsenteret i Horten på antall uker testsenteret på Horten er i bruk:

$$\theta = \alpha_H / \text{bruksuker}_H$$

Der  $\alpha_H$  er produktet av den underliggende veksten,  $\alpha_0$ , og testsenteret på Horten sin andel av den underliggende veksten,  $\text{andel}_H$ :

$$\alpha_H = \alpha_0 * \text{andel}_H$$

Vi har ikke funnet noen meningsfull måte å anslå  $\text{andel}_H$  på. I stedet gikk vi fram på en overordnet måte der vi tok utgangspunkt i hvor mange testsentere/faktorer som bidro til læring og utvikling, og tok utgangspunkt i at Horten utgjør 1 av 6 viktige faktorer.  $\text{andel}_H$  ble derfor satt til  $\frac{1}{6} \approx 17\%$ . Dette blir ansett som et relativt høyt anslag og anses for å være i det øvre sjiktet av hva vi kan forvente at Hortens andel har vært.

I og med at det er såpass stor usikkerhet knyttet til denne variabelen gjennomfører vi en dekningspunktberregning (break even-punktet) som forteller oss hvor stor denne andelen må være for at konseptene skal unngå å være samfunnsøkonomisk ulønnsomme.

Som vi ser av Tabell 5.8 må vi legge til grunn at Horten hadde en usannsynlig høy andel

Tabell 5.8 Dekningspunktberregning testsenterandelen

	Konsept 1B	Konsept 3B
Testsenterandelen	170%	128%

Gjennomgang av metode og forutsetninger for beregning av nyttevirksomheter i KVU om nytt testsenter for oljeverntechnologi på Fiskebøl

# Referanser

DNV GL (2011). Analyse av sannsynlighet for akutt forurensning fra skipstrafikk I forvaltningsplanområdet Nordsjøen. Rapport nr.: 2011-1037.

DNV GL (2014a). Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann. Rapport Nr.: 2014-1060, Rev. C

DNV GL (2014b). Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann i 2040. Rapport Nr.: 2014-1060, Rev. C.

DNV GL (2014c) Analysemodellen til DNV GL (GIS basert navigasjonsrisikoverktøy). Utviklet i prosjektet Sjøsikkerhetsanalysen.

DNV GL (2014d) Prognoser for skipstrafikken mot 2040. Rapport Nr.: 2014-1271, Rev.C.

DNV GL (2014e) Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip. Report No.:2014-1669, Rev. 0

DNV GL (2015) Samfunnsøkonomisk vurdering av forebyggende sjøsikkerhetstiltak og beredskap mot akutt forurensning. Rapport Nr.: 2015-0692, Rev. C

Finansdepartementet. (2014). R-109/14. Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.

Kystverket (2008) Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. 19. februar 2008. Senter for transportplanlegging, plan og utredning.

Kystverket (2011). Beredskapsanalyse knyttet til akutt forurensning fra skipstrafikk («Beredskapsanalysen»).

NOFO. (2018, 17. desember). Opptakseffektivitetet. Hentet fra <https://www.nof.no/planverk/kvalitetssikring/dokumentasjon/oppsamlingseffektivitet/>

Vista Analyse (2016). Verdsetting av miljørelatert velferdstap ved oljeutslipp fra skip: Kalkulasjonspriser for samfunnsøkonomiske analyser. Rapport 2016/22

Vista Analyse & Holte Consulting (2012). Kvalitetssikring (KS1) av konseptvalgutredning om nasjonal slepebåtberedskap. Rapport 2015/235

Gjennomgang av metode og forutsetninger for beregning av nyttevirksomheter i KVU om nytt testsenter for oljeverntechnologi på Fiskebøl



VISTA  
ANALYSE

Vista Analyse AS  
Meltzersgate 4  
0257 Oslo

[post@vista-analyse.no](mailto:post@vista-analyse.no)  
[www.vista-analyse.no](http://www.vista-analyse.no)