

KONSEPTVALGUTREDNING FOR TROLL FORSKNINGSSTASJON

2022



Generelle opplysninger				
Type prosjekt	Konseptvalgutredning (KVU)			
Oppdragsgiver	Klima- og miljødepartementet (KLD)			
Hovedbruker(e)	Norsk Polarinstitutt, Kongsberg Satellite Services			
Prosjektledelse, Statsbygg	Yngvild Pernell (prosjekteier), Marit Bonnevie-Svendsen (prosjektleder)			
Større konsulentbidrag	Dovre Group (samfunnsøkonomisk analyse)			
Prosjektutløsende behov og mål				
Problem- og behovsanalyse	Dårlig tilstand gjør at Troll forskningsstasjon må stenges innen rundt ti år dersom det ikke gjennomføres større tiltak. Troll mangler forskningsarealer, har lite bo- og driftsarealer, mangelfullt sikkerhetsdesign og relativt høye klimautslipp.			
Samfunns mål	Forskning i Antarktis ved Troll gir kunnskap av høy internasjonal kvalitet om de globale klima- og miljøendringene. Norsk tilstedeværelse og kunnskapsutvikling i Antarktis understøtter Norges forpliktelser og styrker vår rolle som traktatpart.			
Konseptene: omfang og investeringskostnader				
	Areal (kvadratmeter BTA)		Investeringskostnader (reelle 2021-MNOK) Bygg og brukerstyr	
	Nybygg	Rehabilitering	P50	P85
Konsept 1 - minimum	900	1 700	875	1 120
Konsept 2 - rehab + nybygg	6 900	1 300	2 565	3 260
Konsept 3 - nybygg	8 700	0	2 700	3 420
Konsept 4 - mindre nybygg	6 500	0	2 035	2 585
Samfunnsøkonomisk lønnsomhet				
Nåverdiår: 2022. Prisår: 2022	K1 - minimum	K2 - rehab + nybygg	K3 - nybygg	K4 - mindre nybygg
Prissatte virkninger (NNV)	0	-2 330	-2 250	-1 280
Kunnskapseksternaliteter	0	stor positiv	stor positiv	stor positiv
Norske interesser	0	stor positiv	stor positiv	middels positiv
Sikkerhet	0	liten positiv	middels positiv	middels positiv
Trivsel	0	liten positiv	middels positiv	middels positiv
Informasjonssikkerhet	0	middels positiv	middels positiv	middels positiv
Ulemper i byggeperioden	0	liten negativ	liten positiv	liten positiv
Lokalmiljø	0	0	0	0
Samlet rangering	3	2	1	1
Konklusjon og anbefaling				
Konsept 3 og 4 har høyest samfunnsøkonomisk lønnsomhet og rangeres likt. Konsept 3, som er dimensjonert for 100 brukere og 35 forskningsrelaterte brukere, møter behovet på best måte og har høyest nytteverdi. Det koster imidlertid én milliard kroner mer enn konsept 4, som er dimensjonert for 65 brukere, hvorav 20 forskere. Hvilke konsept som er mest lønnsomt, avhenger av fremtidig tilgang på midler til Antarktisforskning, noe som igjen påvirker hvor høy forskningsaktiviteten ved Troll blir og hvor godt forskningsinfrastrukturen blir utnyttet.				

Sammendrag

I 2020 gjennomførte Statsbygg en befaringsreise av Troll forskningsstasjon i Antarktis. Befaringen konkluderte med at stasjonen er i dårlig stand. På bakgrunn av dette gav Klima- og miljødepartementet Statsbygg i oppdrag å gjennomføre denne konseptvalgutredningen, hvor vi undersøker samfunnets behov for en forskningsstasjon ved Troll og vurderer alternative konsepter som kan dekke behovene.

Vi konkluderer med at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å oppgradere Troll forskningsstasjon og anbefaler å erstatte dagens bygningsmasse med ett nybygg. Vi har vurdert den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av nybygg av to ulike størrelser. Konsept 3, som er dimensjonert for 100 brukere og 35 forskningsrelaterte brukere, møter behovet på best måte og har høyest nytteverdi. Det koster imidlertid én milliard kroner mer enn konsept 4, hvilket er dimensjonert for 65 brukere, hvorav 20 er forskningsrelaterte. Hvilke konsept som er mest lønnsomt avhenger av politiske prioriteringer og fremtidig tilgang på midler til Antarktisforskning. Dette påvirker igjen hvor høy forskningsaktiviteten ved Troll blir og hvor godt forskningsinfrastrukturen blir utnyttet. Med den forventede utviklingen i behovet, har vi ikke tilstrekkelig faglig grunnlag for å rangere det ene konseptet foran det andre. Vi rangerer derfor konseptene likt.

Uten større investeringer må Troll forskningsstasjon stenge om rundt ti år

De prosjektutløsende problemene kan overordnet deles i to, og de største beskrives nærmere:

- 1) Dårlig tilstand hindrer forsvarlig drift av Troll – uten tiltak må stasjonen stenge om ca. ti år
- 2) Troll mangler forskningsarealer, har lite og dårlige bo-, service- og driftsarealer, mangelfullt sikkerhetsdesign, samt relativt høye klimagassutslipp.

Dårlig tilstand er det mest alvorlige problemet. Uten omfattende tiltak for å rehabilitere Troll, må helårsdriften stenge ned om rundt ti år. Dermed vil Norge stå uten en forskningsstasjon og fysisk tilstedeværelse i Antarktis, noe som verken er i tråd med norsk antarktis- eller forskningspolitikk. Norge vil miste tyngde i Antarktistraktatsystemet og få redusert tilgang til kunnskap om og innsikt i utviklingsbildet i Dronning Maud Land. Nedstengning vil svekke norsk Antarktisforskning, mens avvikling av satellittvirksomheten og EUs referansestasjon i Galileo-systemet innebærer store kostnader og omdømmetap for Norge og KSAT, samt brudd på avtaleforpliktelser ovenfor EU.

Et annet stort problem er mangel på forskningsarealer og begrenset kapasitet til å huse forskningsrelaterte brukere, noe som hindrer utførelse av forskning av det omfang og kvalitet som ønskes. Konsekvensen er redusert kunnskap om globale klima- og miljøproblemer, bærekraftig ressursforvaltning i Antarktis og utnyttelse av nye bruksområder. Dette svekker Norges omdømme i Antarktistraktatsystemet, som forskningsnasjon og en ansvarlig polarnasjon.

Vi vurderer fire alternative konsepter som kan løse problemene ved Troll

Vi finner at det er grunnlag for å oppgradere Troll og tar med fire alternative konsepter videre til alternativanalysen, vist i Tabell 1. Nullalternativet forkastes i mulighetsstudien på grunn av kort levetid og fordi det er metodisk krevende å sammenlikne lønnsomheten av utbyggingskonseptene med en situasjon der Troll legges ned. I stedet har vi utarbeidet et minimumskonsept (konsept 1), hvilket omfatter nødvendige investeringer for å sikre at helårsdriften kan videreføres gjennom hele analyseperioden, fra 2033-2073, med samme kapasitet og funksjon som i dag.

Konsept 2 og 3 innebærer et høyt investeringsnivå, men også høy nytte, da de dekker hele det forventede fremtidige areal- og funksjonsbehovet ved Troll. De skiller seg fra hverandre gjennom

ulik grad av rehabilitering og nybygg. Konsept 4 er i praksis en nedskalering av konsept 3. Hovedforskjellen er at konseptet er dimensjonert for 65 brukere, mot 100 i konsept 2 og 3. Det dekker likevel vesentlige deler av behovet og har et lavere investeringsnivå. Det tas derfor videre.

Vi har undersøkt et konsept 5 som tar høyde for at de politiske målene for Antarktiskforskning kan bli større enn forventet. Konseptet dimensjoneres for 150 brukere og gir høyere investeringskostnader enn konsept 2 og 3, men uten tilsvarende økning i nytte. Vi forkaster derfor konseptet.

Alle konseptene omfatter en ny redundant energiløsning som integrerer fornybar energi. Løsningen anbefales og legges til grunn fordi den har høy driftssikkerhet, lavest kostnader samt halverer klimagassutslipp og lokal luftforurensning sammenliknet med dagens rene dieselbaserte løsning.

Tabell 1 Oversikt over konseptene som er vurdert i alternativanalysen

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
Omfang (kvm. BTA)	2 600	8 200	8 700	6 500
	Ny hovedstasjon og rehabilitering av øvrige bygg for å videreføre dagens situasjon	Rehabilitering av hovedstasjon og garasje + nybygg 6900 kvm	Nybygg på 8 700 kvm.	Nybygg på 6 500 kvm.
Maks antall brukere	50	100	100	65
Maks antall forskere	10	35	35	20

Konseptene med nybygg kommer best ut i den samfunnsøkonomiske vurderingen

Tabell 2 viser den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptene. Ut fra en vurdering av de prissatte- og ikke-prissatte virkningene, rangerer vi konsept 1 lavest. Konseptet kommer best ut målt i prissatte virkninger som følge av minst omfang, men møter ikke de utledede behovene og har klart lavest nytte. Stasjonen vil som i dag, fortsatt være en «driftsstasjon» heller enn en «forskningsstasjon» og oppfyller ikke minimumsrammebetingelsen om gode forskningsfasiliteter. Ved å rangere konsept 1 sist, har vi implisitt vurdert at verdien av de ikke-prissatte virkningene overstiger en milliarder kroner i konsept 4, og to milliarder kroner i konsept 2 og 3.

Konsept 2, 3 og 4 innebærer vesentlige oppgraderinger av forskningsarealene samt kapasitet til å huse flere brukere. Større og mer funksjonelle forskningsarealer, gjør at konseptene tilrettelegger for større og bredere kunnskapsproduksjon og internasjonalt forskningssamarbeid. Det trekker opp verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser.¹ Den positive effekten er størst i konsept 2 og 3 som tilrettelegger for høyest forskningsaktivitet. Sammenliknet med konsept 1, har konsept 2, 3 og 4 også en positiv effekt på sikkerhet, informasjonssikkerhet og trivsel.

Konsept 4 har lavere prissatte kostnader enn konsept 2 og 3 som følge av mindre omfang, men også lavere nytte da konseptet ikke tilrettelegger for like høy forskningsaktivitet. Om konsept 3 eller 4 har høyest samfunnsøkonomisk verdi, avhenger i hovedsak av om merverdien av økt forskning i konsept 3, overstiger kostnadsforskjellen på i overkant av en milliard kroner. Med den forventede utviklingen i behovet, har vi ikke tilstrekkelig faglig grunnlag for å rangere det ene konseptet foran

¹ Kunnskapseksternaliteter omhandler verdien av økt kunnskap om internasjonale klima- og miljøutfordringer, mens «norske interesser» er knyttet til at forskningsbidrag gir Norge tyngde i Antarktistraktatsystemet og på øvrige internasjonale arenaer

det andre. Vi rangerer derfor konseptene likt, på delt førsteplass. Konsept 2 er klart dårligere enn konsept 3, med 80 MNOK høyere kostnader og lavere ikke-prissatt nytte. Vi har vurdert i hvilken grad konseptene bidrar til å oppnå effektmålene i analysen. Denne vurderingen er sammenfallende med vurderingen av de ikke-prissatte nytteeffektene og endrer ikke anbefalingene.

Den samfunnsøkonomiske vurderingen er sensitiv for endringer i behovet

Nytten av konseptene avhenger av hvor mye midler som bevilges til Antarktiskforskning i fremtiden. Dette påvirker hvor effektivt forskningsinfrastrukturen utnyttes og hvor mye forskning av høy kvalitet som produseres. Dette er den største usikkerhetsdriveren i analysen. Hvis bruken av Troll blir mindre enn forventet, som følge av lavere tilgang på forskningsmidler, synker lønnsomheten av konsept 3, og konsept 4 kommer klart best ut. Dersom etterspørselen blir høyere enn forventet, øker lønnsomheten av konsept 3, noe som trolig vil tippe rangeringen i dens favør. Sagt med andre ord, er det i konsept 3 risiko for overinvestering, hvis Troll blir lite utnyttet, mens i konsept 4 er det risiko for at Troll ikke tilrettelegger for hele det ønskede fremtidige nivået på Antarktiskforskning. Vi ser at usikkerheten kan gå begge veier og vurderer at den ikke endrer rangeringen.

Tabell 2 Sammenstilling av de prissatte og ikke-prissatte virkningene i den samfunnsøkonomiske analysen, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
Investering – bygg og brukerstyr	-690	-2 020	-2 120	-1 600
Reinvestering – bygg	-170	-170	0	0
FDVU	-460	-760	-770	-650
Virksomhetsdrift	-360	-630	-630	-490
Klimagassutslipp	-220	-270	-270	-230
Skattekostnader	-340	-720	-700	-550
Sum	-2 240	-4 570	-4 490	-3 520
Endring fra minimum (K1)	0	-2 330	-2 250	-1 280
Kunnskapseksternaliteter	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Ivaretagelse av norske interesser	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Sikkerhet	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Trivsel	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Liten positiv
Informasjonssikkerhet	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ulemper i byggeperioden	Ingen	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv
Lokalmiljø	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Samlet rangering	3	2	1	1

Innhold

Sammendrag.....	3
1 Oppdragsbeskrivelse.....	8
1.1 Bakgrunn, mandat og gjennomføring	8
1.2 Organisering av utredningsarbeidet.....	8
2 Bakgrunn og samfunnsbehov	11
2.1 Norsk tilstedeværelse i Antarktis har lange historiske røtter	11
2.2 Troll forskningsstasjon.....	12
2.3 Troll er viktig for forskning, norske interesser og nedlastning av satellittdata	14
2.4 Troll må driftes på en miljøvennlig og sikker måte hele året	20
3 Problembeskrivelse	23
3.1 Dårlig tilstand gjør at Troll må stenges om rundt ti år.....	24
3.2 Nødstasjonen har for lite plass til medisinsk beredskap og langvarig opphold.....	28
3.3 Energiforsyningen og bygningsmassen ved Troll er forurensende.....	29
3.4 Antall brukere overstiger kapasiteten, noe som begrenser forskningen	31
3.5 Lite areal og manglende funksjoner begrenser forskning ved Troll	37
3.6 Lite velferdsareal kombinert med plassmangel påvirker brukernes trivsel	39
3.7 Sikkerhetsdesignet ved Troll er mangelfullt og gir risiko for tap av verdier.....	39
3.8 Spredt bygningsmasse utgjør en sikkerhetsrisiko	40
4 Behovsanalyse	41
4.1 Behov for å videreføre Troll som en helårsstasjon med høy driftssikkerhet	41
4.2 Det er behov for gode og funksjonelle forskningsarealer ved Troll.....	42
4.3 Det er behov for å dimensjonere Troll for forventet antall brukere	42
4.4 Det er behov for å ha en miljøvennlig forskningsstasjon i Antarktis	43
4.5 Det er behov for et godt sikkerhetsdesign	43
4.6 Det er behov for gode bo- og velferdsarealer ved Troll.....	43
4.7 Interessentanalyse	43
5 Strategiske mål	47
5.1 Samfunns mål: forskning av høy kvalitet og som støtter norske interesser.....	47
5.2 Effektmål: trygge lokaler som sikrer helårlig tilstedeværelse og forskning	47
5.3 Vi har identifisert to mulige målkonflikter	49
6 Rammebetingelser for konseptvalg	51
6.1 Klima- og miljødepartementet har gitt seks føringer for KVUen	51
6.2 Drøfting av føringene fra departementet og utledning av rammebetingelser.....	52
7 Mulighetsstudie	54
7.1 Kartlegging av mulighetsrommet.....	55
7.2 Vi vurderer fem konsepter som innebærer nybygg eller større rehabilitering	57

7.3	Ny redundant og miljøvennlig energiforsyning legges til grunn i alle konsept	64
7.4	Ny nødstasjon legges til grunn i alle konsept.....	67
7.5	Nullalternativet har kort levetid og innebærer nedleggelse av Troll – forkastes.....	67
8	Alternativanalyse	69
8.1	Prissatte virkninger.....	71
8.2	Ikke-prissatte virkninger	78
8.3	Sensitivitetsanalyse.....	94
8.4	Realopsjoner	98
9	Andre beslutningsrelevante forhold	99
9.1	Måloppnåelse – konsept 2 og 3 gir høy måloppnåelse for alle effektmål	99
9.2	Fordelingsvirkninger	101
	Føringer for neste faser	102
9.3	Midlertidige tiltak som gir sikker drift frem til tiltak er på plass, må vurderes	102
9.4	Tid bør være høyest prioriterte resultatmål	102
9.5	Mulighet for å spare en byggesesong bør vurderes nærmere	102
9.6	Konsekvensvurdering må ferdigstilles før byggestart i Antarktis	102
9.7	I neste fase av prosjektutviklingen bør fornybarandelen optimaliseres	102
9.8	Behov og alternativer for oppgradering av nødstasjonen bør vurderes.....	103
9.9	Driftskonseptet bør være utviklingsorientert	103
9.10	Interessenter som bør involveres i neste faser utover kartlagte	103
	Vedlegg 1 – Troll stasjon	104
	Vedlegg 2 – Prognose for bruker på Troll	110
	Vedlegg 3: Intervju- og møteoversikt	113
	Vedlegg 4: Funksjonsbehov	114
	Vedlegg 5 Alternativanalyse	118
	Sentrale forutsetning for den samfunnsøkonomiske analysen	118
	Nærmere om byggekostnadene.....	119
	Nærmere om FDVU-kostnader	121

1 Oppdragsbeskrivelse

Statsbygg har i samarbeid med Norsk polarinstitutt utarbeidet denne konseptvalgutredningen på oppdrag for Klima- og miljødepartementet (KLD).

1.1 Bakgrunn, mandat og gjennomføring

I brev av 2. mars 2020 gav KLD Statsbygg i oppdrag å gjennomføre en mulighetsstudie med tre alternativer for en fremtidig forskningsstasjon i Antarktis. Oppdraget ble iverksatt som en følge av Statsbyggs befaringsrapport som viste mangelfull tilstand ved dagens anlegg (Statsbygg, 2020a). Statsbygg kom i mulighetsstudien frem til tre alternative løsninger med ulikt ambisjonsnivå.

Under studien ble det klart at prosjektet ville innebære alternativer som har en kostnadsramme over en milliard kroner. Prosjektet faller dermed inn under statens prosjektmodell og kravet om konseptvalgutredning (KVU) og ekstern kvalitetssikring (KS1). På bakgrunn av dette gav KLD i brev av 22. desember 2020, Statsbygg i oppdrag å gjennomføre en KVU for fremtidig oppgradering av Troll forskningsstasjon (Klima- og miljødepartementet, 2020).

KLD ønsker at kompetansen og resultatene fra mulighetsstudien skal ligge til grunn for den videre utredningen. Prosjektet er komplekst på grunn av byggested og de klimatiske forholdene. Det forventes at det velges metode for usikkerhetshåndtering som er tilpasset prosjektets størrelse, ambisjonsnivå og kompleksitet.

Alle relevante kostnadselementer må tas med i utredningen. Blant annet må ny infrastruktur fraktes inn, bygges opp, og settes i drift i løpet av de korte sommerperiodene i Antarktis. Det tilsier at byggeprosjektet vil gå over flere sesonger, samtidig som at eksisterende stasjon holdes i drift. Øvrige rammer KLD har satt for oppdraget, beskrives i kapittel 6.

1.2 Organisering av utredningsarbeidet

Statsbygg ivaretar prosjektlederansvaret og Norsk Polarinstitutt er brukeransvarlig. Organisering og gjennomføring av KVUen er gjort i tett kontakt med Norsk Polarinstitutt som hovedbruker av stasjonen. Det er opprettet et prosjektråd bestående av oppdragsgiver KLD, Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD), Norsk Polarinstitutt og Statsbygg, der milepæler i arbeidet forankres. Statsbygg er sekretariat for prosjektrådet. KLD har holdt Polarutvalget orientert.

Andre store brukere av Troll, slik som Kongsberg Satellite Services AS (KSAT) og Norsk institutt for luftforskning (NILU) har vært involvert i utredningsarbeidet. Møte- og intervjuoversikt er vist i vedlegg 3. Problem- og behovsanalysen, strategiske mål og rammekapittelet (kapittel 1-6) har vært til kommentering hos alle interessentdepartementer (JD, KD, KLD, NFD og UD), i tillegg til NILU, KSAT, Norsk Romsenter og Norges Forskningsråd.

Utredningen er gjennomført i henhold til Finansdepartementets rundskriv R-108/19 (Finansdepartementet, 2019) og Instruks for bygge- og leiesaker (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017). Formålet med konseptvalgutredningen er å utarbeide et beslutningsgrunnlag for å velge hvilket konsept som eventuelt skal videreføres i forprosjektfasen.

Konseptvalgutredningen skal være strukturert med følgende kapitler:

1. Problembeskrivelse
2. Behovsanalyse
3. Strategiske mål

4. Rammebetingelser for konseptvalg
5. Mulighetsstudie
6. Alternativanalyse
7. Føringer for forprosjektfasen

Statsbygg har i denne KVUen valgt å drøfte de overordnede samfunnsbehovene i det innledende kapittelet «Bakgrunn og samfunnsbehov». I behovsanalysen fokuserer vi på de operasjonelle behovene, det vil si hvilken ytelse og funksjon som er nødvendig på Troll basert på resultater fra foregående kapitler, i tillegg til en interessentanalyse. Denne strukturen mener vi er hensiktsmessig fordi det er enklere å utlede problemene når vi først har drøftet samfunnsbehovene knyttet til Norges tilstedeværelse og forskning i Antarktis.

Bygge- og leiesaksinstruksen gir en presisering av kravene til utredninger i statlige bygge- og leiesaker. Av instruksen fremgår det blant annet at utredninger skal ivareta hensynet til effektiv areal- og ressursbruk, og skal omfatte analyse av arealbehov, overordnet vurdering av lokalisering, kostnads- og usikkerhetsanalyse og vurdering av leie i markedet eller statlige lokaler. Det fremgår videre at det normalt ikke skal planlegges for vekst i antall ansatte, dersom dette gjøres må det redegjøres for og begrunnes særskilt.

Denne konseptvalgutredningen ble utarbeidet fra januar 2021 til februar 2022.

Viktige grensesnitt til andre prosjekter – Troll observasjonsnettverk (TONE)

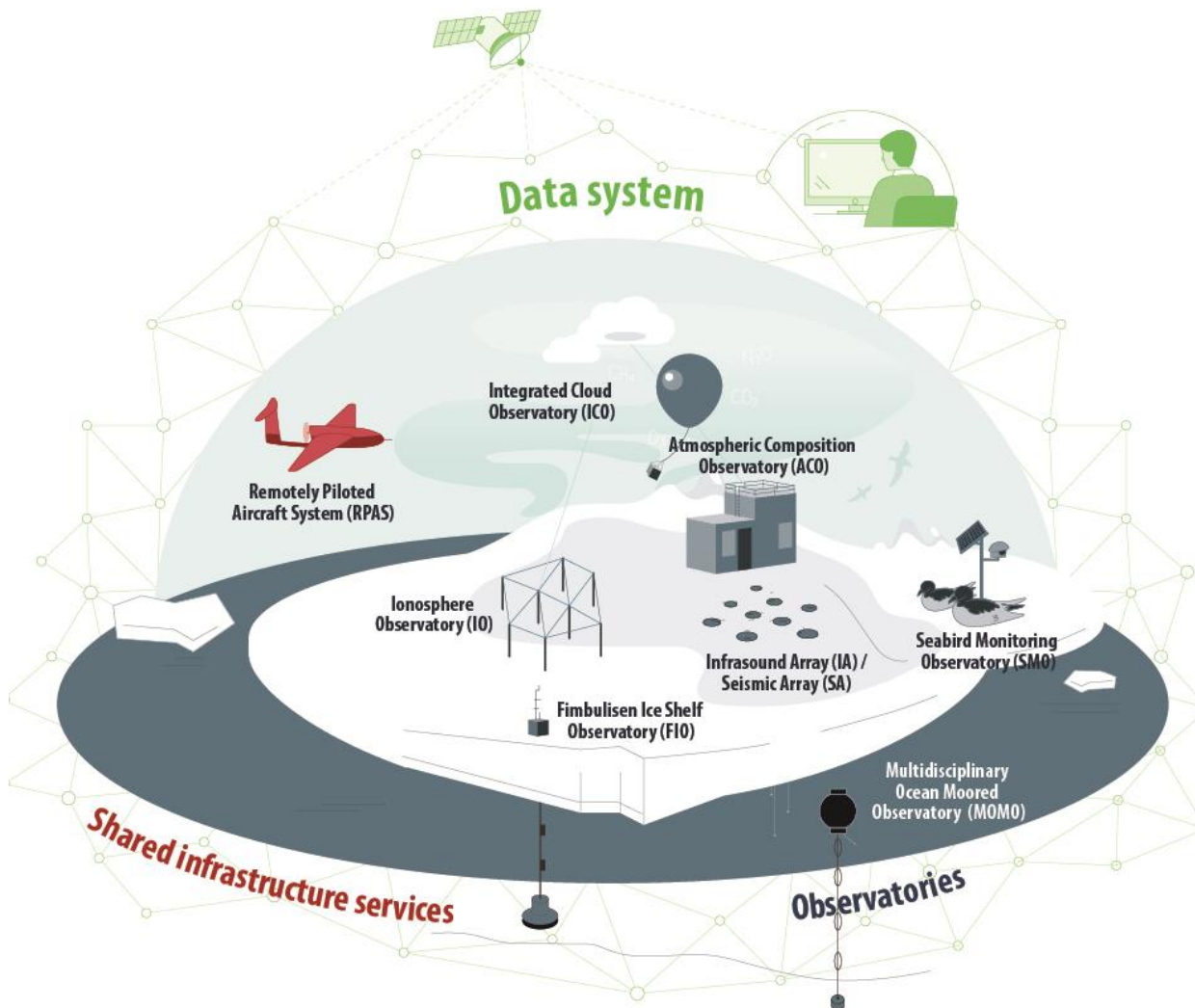
TONE er et forskningsinfrastruktur-initiativ ledet av Norsk Polarinstitutt, med fem norske (NILU, NORSAR, UiO, UiB, NORCE) og tre utenlandske institusjoner (University of Leeds, British Antarctic Survey og Washington State University) som partnere. Hovedmålet er å skaffe data og generere kunnskap fra Dronning Maud Land (DML) – et av de mest datafattige områdene på kontinentet.

Kostnaden ved et fullskala TONE er estimert til 370 MNOK, hvorav 192 MNOK ble søkt fra Norges forskningsråd. I desember 2021 fikk Norsk Polarinstitutt beskjed om at prosjektet er innvilget og ble invitert til forhandlinger om den endelige bevilgningen (Forskningsrådet, 2021). TONE er helt avhengig av en velfungerende forskningsstasjon som nav.

Datainnsamlingen vil skje gjennom etablering av et nettverk av tverrfaglige vitenskapelige observatorier for langsiktige observasjoner av atmosfæren, jorden, isen og det marine miljøet, basert på og rundt Troll. Den omsøkte infrastrukturen vil bidra til og styrke kunnskapsbasen som kreves for å forstå Antarktis rolle og innvirkning på jordsystemet, hvilket er et spørsmål av global samfunnsmessig betydning. TONE birar også med kunnskap som er nyttig for å sikre bærekraftig forvaltning i Antarktis. Konkret vil TONE på sikt bestå av et nettverk av åtte ulike observatorier:

- The Integrated Cloud Observatory
- Atmosphere Composition Observatory
- Infrasound Array
- Ionospheric Observatory
- Seismic Array
- Fimbulisen ice-shelf observatory
- Multidisciplinary Ocean Moored Observatory
- Seabird Monitoring Observatory

De fem førstnevnte vil plasseres på Troll. Tone vil også inkludere tilgang til en dronekapasitet. En sentral del av TONE er å gi det nasjonale og internasjonale vitenskapelige samfunnet tilgang til alle de innsamlede dataseriene.



Figur 1 TONE vil gi tilgang til data gjennom et nettverk av tverrfaglige vitenskapelige observatorier for omfattende langsiktige observasjoner basert på og rundt Troll.

2 Bakgrunn og samfunnsbehov

I dette kapittelet beskriver vi bakgrunnen for at Troll forskningsstasjon ble etablert, hvorfor det er viktig for Norge å ha en forskningsstasjon i Antarktis og hvilke overordnede krav som stilles ved aktivitet i Antarktis. Overordnet har vi identifisert tre samfunnsbehov.

Forskningen ved Troll forskningsstasjon bidrar til **internasjonal kunnskapsutvikling** som er sentral for å løse globale utfordringer knyttet til klima- og miljø. Forskning er også viktig for å utnytte nye bruksområder og for å sikre bærekraftig forvaltning av naturressurser. Forskning i Antarktis er ressurskrevende, krever tværfaglig og internasjonalt samarbeid, samt god infrastruktur. For å sikre forskning av høy kvalitet er det derfor viktig å ha en velfungerende forskningsstasjon som inngår i et større nettverk av forskningsstasjoner og som kan fasilitere internasjonalt forskningssamarbeid. Vi forventer at dette behovet vil vokse i årene fremover, ettersom de globale klima- og miljøutfordringene tiltar, og klimaspørsmålet er høyere oppe på den politiske agendaen.

Robust tilstedeværelse gjennom Troll forskningsstasjon er en naturlig følge av Norges **territorielle krav** og som opprinnelig og konsultativ **part til Antarktistraktaten**. Norge har sterke interesser i det internasjonale samarbeidet under Antarktistraktaten, hvilket skal sikre en fredelig utvikling av kontinentet. Internasjonalt forskningssamarbeid er grunnpilaren i dette samarbeidet. Å være til stede gjennom en moderne, miljøvennlig og forskningsbasert helårsstasjon, gjør det mulig for Norge å bidra med tyngde inn i traktatsamarbeidet og understøtter Norges posisjon som en ansvarlig polarnasjon. Innenrikspolitisk bidrar Troll forskningsstasjon til at norske myndigheter får førstehåndskunnskap om og innsikt i aktivitet og utviklingsbildet i det norske bilandet. Dette bidrar til god forvaltning av miljøverdiene og økosystemet i området, i tillegg til at det gir grunnlag for effektiv myndighetsutøvelse og tilsyn med virksomhet i medhold av norsk lov.

Det tredje samfunnsbehovet er knyttet til **satellittvirksomhet**. Norske bakkestasjoner i Antarktis og Arktis gir tilgang til nær-sanntidsdata som blant annet brukes til forskning, værmelding, miljøovervåking, skipsovervåking, søk og redning, navigasjon, forsvarsvirksomhet og observasjon av romvær. Norge har gjennom samarbeidsavtale med EU forpliktet seg til å drifte en referansestasjon for EUs satellittnavigasjonssystem, Galileo, i Antarktis. KSAT har avtaleforpliktelser med EU og amerikanske myndigheter, samt med kommersielle aktører. Som følge av den store bredden i samfunnskritiske funksjoner som avhenger av satellittdata, forventer vi at behovet for en satellittstasjon ved Troll vil være til stede i uoverskuelig fremtid.

All aktivitet i Antarktis skal gjennomføres med minst mulig påvirkning på miljøet. Videre tilsier den isolerte beliggenheten og de klimatiske forholdene at god forsyningssikkerhet og HMS er avgjørende for å sikre en forsvarlig drift av Troll. Satellittvirksomheten, spesielt drift av EUs referansestasjon i Galileo-systemet, vil trolig medføre strengere krav til fysisk sikring i fremtiden.

2.1 Norsk tilstedeværelse i Antarktis har lange historiske røtter

Norsk tilstedeværelse i Antarktis har røtter tilbake til pionerinnsatsen som nordmenn gjorde under oppdager- og hvalfangstvirksomheten som fant sted fra 1890-årene og frem til 2. verdenskrig. Interesser knyttet til hvalfangstnæring var hovedgrunnen til at Norge i 1939 annekterte et større område på atlanterhavskysten av det antarktiske kontinentet. Området fikk navnet Dronning Maud Land og har status som norsk biland.

Antarktistraktaten, som i dag har 54 parter, trådte i kraft i 1961 og ga nye rammevilkår for norsk antarktispolitikk. I tråd med traktaten har norsk antarktispolitikk hovedvekt på forskning og vern av miljøet, i tillegg til aktiv medvirkning til det internasjonale samarbeidet under traktaten (Utenriksdepartementet 2015, kap. 3).

Antarktistraktaten sier at hele traktatområdet sør for 60°S skal være viet fred og vitenskap. Norge var sentral i utformingen av Protokoll om miljøvern til Antarktistraktaten. Protokollen trådte i kraft i 1998 og stiller strenge miljøkrav til all menneskelig aktivitet i traktatområdet og forbyr mineralutvinning.

Rundt 30 land, som alle er parter til Antarktistraktaten, driver forskningsstasjoner på helårsbasis eller sommerbasis i Antarktis. Stasjonene har en samlet kapasitet på 4 000 personer om sommeren og 1 000 personer om vinteren. I tillegg til de faste stasjonene, benyttes et titalls mindre stasjoner til feltarbeid.

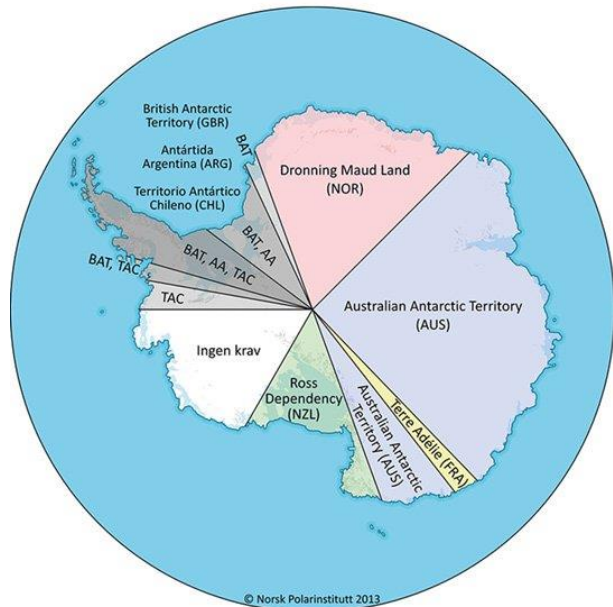
Norske selskap driver i dag næringsvirksomhet innenfor fiskeri i havområdene rundt Antarktis, som turoperatør innenfor antarktisturismen og som leverandør av nedlesningstjenester for satellittvirksomhet ved Troll (Utenriksdepartementet 2015, kap. 1).

2.2 Troll forskningsstasjon

Troll forskningsstasjon ligger i Jutulsessen i Gjeldsvikfjellene i Dronning Maud Land, om lag 235 kilometer fra kysten. Figur 3 viser et kart over Dronning Maud Land, med Fastlands-Norge tegnet inn til høyre som målestokk.

Stasjonen ble oppført som en liten sesongbasert forskningsstasjon i 1989-1990 og utvidet til helårsstasjon i 2004-2005. En 3000 meter lang flystripe ble etablert samtidig, rundt syv kilometer fra stasjonen. I 2007 ble satellittstasjonen TrollSat etablert, i tillegg til en ny kraftstasjon. Helårsdrift har muliggjort kontinuerlig overvåking av miljø og klima.

Statsbygg eier bygningsmassen. Norsk Polarinstittutt er drifts- og koordineringsansvarlig for infrastrukturen, inkludert flystripen Troll Airfield, drift av boenheter og permanente målestasjoner, samt ansvarlig for å legge til rette for at stasjonen fungerer og utnyttes som plattform for den nasjonale forskningsinnsatsen i Antarktis. Driften skjer i



Figur 2 Dronning Maud Land i Antarktis



Figur 3 Kart over Dronning Maud Land med Troll markert, Kilde: Norsk Polarinstittutt.

samsvar med vilkår som settes etter godkjenning fra Klima- og miljødepartementet (Utenriksdepartementet 2015, s. 66).

Norsk Polarinstitutt er et direktorat under Klima- og miljødepartementet som er strategisk og faglig rådgiver for myndighetene i polarsaker, og driver naturvitenskapelig forskning, kartlegging og miljøovervåking i Arktis og Antarktis. Norsk Polarinstitutt er norsk myndighetsutøver i Antarktis.

I Tildelingsbrevet for Norsk Polarinstitutt (Klima- og miljødepartementet, 2022), fremheves:

Norge som polarnasjon skal være en pådriver i det internasjonale samarbeidet for bevaring av miljøet i polarområdene, både i nord og sør. Norge legger vekt på samarbeidet under Arktisk råd, Antarktistraktaten og Konvensjonen for bevaring av marine levende ressurser i Antarktis. Det er en spesielt viktig del av dette internasjonale samarbeidet å utvikle kunnskap om og forståelse av hvordan miljø i Arktis og Antarktis blir påvirket av klimaendringer, havforsuring, forurensning og økt aktivitet. Norge skal også være en pådriver for å framskaffe ny forskningsbasert kunnskap knyttet til forvaltningen av disse områdene, og hvilken rolle Arktis og Antarktis har i det globale klimasystemet.

Norsk Polarinstitutt skal gjennom sin forskningsvirksomhet bidra til å framskaffe og formidle ny klima- og miljøkunnskap om Arktis og Antarktis.

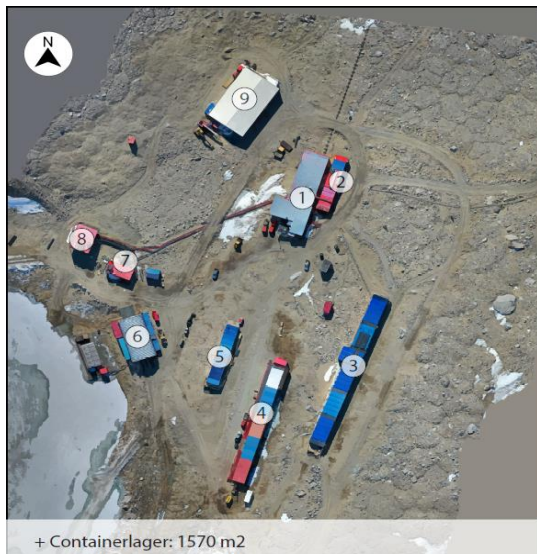
2.2.1 Bygningsmassen ved Troll er på rundt 3000 kvadratmeter fordelt på ti bygg

Troll forskningsstasjon består av en rekke bygninger, der de mest sentrale er vist i Figur 5. Oppholdsrommene befinner seg i hovedstasjonen og Blåbo. Videre er det egne bygg for aggregater og energiforsyning, fjernvarme, ismelting og verksted. I tillegg er det et garasjebygg samt to rekker med containere som inneholder ulike lagre, cargorom, miljøstasjon samt containere som NILU og KSAT disponerer. Samlede arealer utgjør i underkant av 4.550 m² BTA. Stasjonen har kapasitet til å huse seks personer på vinteren og rundt 50 personer på sommeren².



Figur 4 Troll forskningsstasjon i Dronning Maud land. Foto: Norsk Polarinstitutt

² Tekniske anlegg, som bredbånd og sanitæranlegg er kun dimensjonert for 30 personer.



Figur 5 Bygningsmasse Troll forskningsstasjon

Kvadratmeter BTA

1	Hovedstasjon	550
2	Hovedstasjon - containere	180
3	Blåbo - sommerlugarer	510
4	Blåmyra øvre - containerrekke	370
5	Blåmyra nedre – miljøstasjon	190
6	Verksted	280
7	2005 Kraftstasjon	80
8	2007 Kraftstasjon	100
9	Garasje	570
10	Diverse bygg	140
Sum u/containerlager		2970
Containerlager		1570
Sum m/containerlager		4540

Troll har videre en nødstasjon som ligger 150 meter øst for hovedstasjonen. Dette er en viktig del av beredskapen som skal sikre overlevelse dersom det oppstår en hendelse som gir behov for evakuering av hovedstasjonen. Dette er primært knyttet til brann som kommer ut av kontroll, ekstremt uvær/vind som gir store skader, eller alvorlig teknisk svikt i kritisk infrastruktur (Norsk Polarinstittutt, 2022b).

2.2.2 Base for feltarbeid om sommeren og helårsbase for langtidsserier og satellittdata

Oppgradering til en helårsstasjon i 2004-2005 har gjort det mulig å drive forskning gjennom hele året. Troll er i dag base og utgangspunkt for biologisk, glasiologisk og geologisk feltarbeid i sommersesongen og helårsbase for kontinuerlige, langtidsovervåkingsserier innenfor meteorologi, stråling, atmosfære, øvre atmosfære, miljøgifter og seismologi. NILU driver observatoriet Trollhaugen som er lokalisert en kilometer øst for Troll. Observatoriet ble etablert i 2007 og er et av få observatorier som har kontinuerlig overvåking gjennom hele året i Antarktis. NILU er også en av få aktører som driver atmosfæreforskning ved begge polene. Den rene luften som måles på Trollhaugen er en referanse for hva som er status for den sørlige halvkules atmosfæresammensetning hva angår klimagasser, miljøgifter, partikler og andre langtransporterte forurensninger (NILU, 2020). Sentrale forskningsfelt ved Troll er nærmere beskrevet i vedlegg 1.

Satellittstasjonen TrollSat ligger ved Troll, og drives og eies av KSAT³. Selskapet leier blant annet lokaler, logistikkjenester og utstyr av Norsk Polarinstittutt. TrollSat er fjernstyrt fra Tromsø, men krever lokalt nærvær for å utføre vedlikehold- og driftsfunksjoner.

2.3 Troll er viktig for forskning, norske interesser og nedlastning av satellittdata

I dette kapittelet beskriver vi de overordnede samfunnsbehovene som forklarer hvorfor det har verdi for Norge å ha en forskningsstasjon strategisk plassert i Dronning Maud Land.

³ KSAT er en verdensledende leverandør av tjenester som gjelder nedlastning av data fra satellitter i polare baner. Selskapet opererer satellittstasjoner som er plassert rundt i verden, inkludert Svalbard (SvalSat) og Dronning Maud Land (TrollSat). Selskapet er eid 50 prosent av Kongsberg Gruppen og 50 prosent av Space Norway, som igjen er eid av NFD

2.3.1 Troll er viktig for forsknings samarbeid i Antarktis og for å forstå klima og miljø

God infrastruktur gjennom et nettverk av forskningsstasjoner er en forutsetning for å gjennomføre forskning av høy kvalitet. Forskningsfaglig ligger Troll strategisk plassert i Dronning Maud Land og har forutsetninger for å bli et knutepunkt for forskning i Dronning Maud Land.

Kunnskap om Antarktis er viktig for å løse globale problemstillinger innen miljø og klima

Norsk polarforskning er både knyttet til Arktis og Antarktis. Dette er en styrke fordi studier av miljø og økosystemer, is, hav og atmosfære i begge polområdene gir grunnlag for å forstå globale fenomener, slik som klimaendringer, langtransporterte forurensninger, økosystemdynamikk, atmosfæriske prosesser og havstrømmer. Klimaprosessene i Antarktis og Arktis spiller en nøkkelrolle i det globale klimasystemet og bidrar til å forsterke den globale oppvarmingen og stigningen i havnivået (Utenriksdepartementet, 2015, s. 34-35 og 52-53)

Manglende observasjoner er en grunnleggende hindring for forståelse av klimaendringene i Antarktis. Internasjonal forskning (Norsk Polarinstittutt, 2018) viser at de siste ti årene er registrert betydelig oppvarming i deler av kontinentet. Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning fremhever at det er behov for mer kunnskap om effektene av klimaendringer, havforsurning, miljøgifter og økende menneskelig aktivitet på økosystemer og biodiversitet i polarområdene, og hvordan disse påvirkningene samlet belaster økosystemene (Utenriksdepartementet, 2015, s. 52-53). God kunnskap om de marine økosystemene er videre en forutsetning for å sikre en bærekraftig forvaltning og høsting av ressursene i havområdene rundt Antarktis. Forskning er også avgjørende for å utnytte nye bruksområder, for eksempel ved marin bioprospektering. I Antarktis finnes det videre interessante muligheter til å drive romforskning (Utenriksdepartementet, 2015, s. 35).

Norges forskning og overvåking i Antarktis skal ifølge Norsk Polarinstittutt gi resultater som bidrar best mulig til forvaltningen av Antarktis og å til å løse problemstillinger knyttet til globale endringer. En av problemstillingene Norge skal og bør bidra på er klimarelatert kunnskap, der vår styrke er vår evne til å bidra til kunnskapsutvikling basert på data samlet inn fra områder i og rundt Dronning Maud Land, i en region som ellers er relativt datafattig (Norsk Polarinstittutt, 2021j).

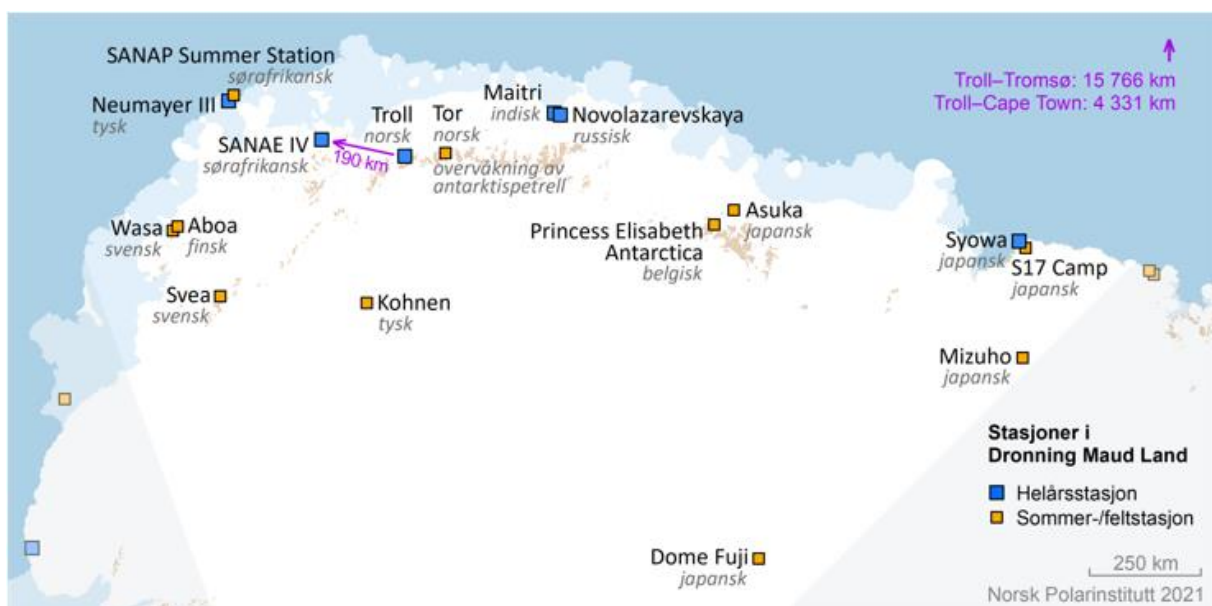
God infrastruktur gjennom forskningsstasjoner er en forutsetning for kvalitet i forskning

Som en følge av de geografiske og klimatiske forholdene i Antarktis, er god infrastruktur en forutsetning for all forskning, overvåking og kartlegging (Utenriksdepartementet, 2015, s. 35). Forskning i Antarktis generelt og klimaforskning spesielt, er ressurskrevende og krever tverrfaglig kompetanse. Forskningsrådets «Policy for norsk polarforskning» (Forskningsrådet 2013, s. 29) fremhever at god forskningsinfrastruktur muliggjør høy kvalitet i norsk forskning og samarbeid med de beste internasjonale miljøene. Gjennom internasjonalt forskningssamarbeid, hvor landene drar veksler på hverandres infrastruktur og kompetanse, blir det mulig å innhente kunnskap om klimaområdet som en enkelt nasjon ikke kan fremskaffe alene (Utenriksdepartementet, 2015, s 39-40) (Forskningsrådet 2013, s 27).

Troll ligger sentralt plassert mellom andre stasjoner i Dronning Maud Land, på 1275 meters høyde. Beliggenheten er viktig for is- og klimastudier, geologiske studier og biologiske studier på fugl. Nærheten til den største isbreen i Dronning Maud Land, Jutulstraumen/Fimbulisen, til Svarthamaren med sin koloni av over 200 000 hekkende anarktispetreller og til det geologiske skillet mellom Øst- og Vest-Antarktis, gjør beliggenheten meget sentral (Norsk Polarinstittutt, 2020a). Troll er videre en av tre stasjoner i området som har en flystripe. Stasjonen har derfor forutsetning for å tilby gode og trygge logistikkjenester til nasjonale og internasjonale program. Det

er ønskelig å utvikle Troll til en plattform og et knutepunkt for forskning og utøvelse av fellestjenester i Dronning Maud Land. På den måten kan Norge medvirke til en mer effektiv utnyttelse av den samlede infrastrukturen for forskning i det norske bilandet (Utenriksdepartementet, 2015, s. 35). Fellesbruk bidrar til økt samarbeid og kan redusere påtrykket på miljøet. Sistnevnte forutsetter at miljøpåvirkningen av økt aktivitet holdes på et minimum slik at det ikke kommer i konflikt med forskningsaktiviteten og utføres i tråd med kravene i Miljøprotokollen til Antarktistraktaten, som nærmere beskrevet i kapittel 2.4.1. Selv om Troll ligger i innlandet, er stasjonen viktig for marin forskning. Blant annet er Troll planlagt som base for frakt av utstyr ut til iskanten som del av TONE.

Norsk Polarinstitutt fremhever at tilgang til en forskningsstasjon er essensielt for å gjennomføre forskningen som sikrer god forvaltning og bidrar til klimarelatert kunnskap. For det første fungerer Troll som base for faste observatorier som samler inn data som kan benyttes av forskere i Norge og over hele verden uten at de trenger å være i felt. For det andre utgjør en forskningsstasjon i dette området et viktig utgangspunkt for feltbasert datainnsamling (Norsk Polarinstitutt, 2021j).



Figur 6 Forskningsstasjoner i Dronning Maud Land. Figuren viser hvordan Troll inngår i et nettverk av internasjonale forskningsstasjoner.

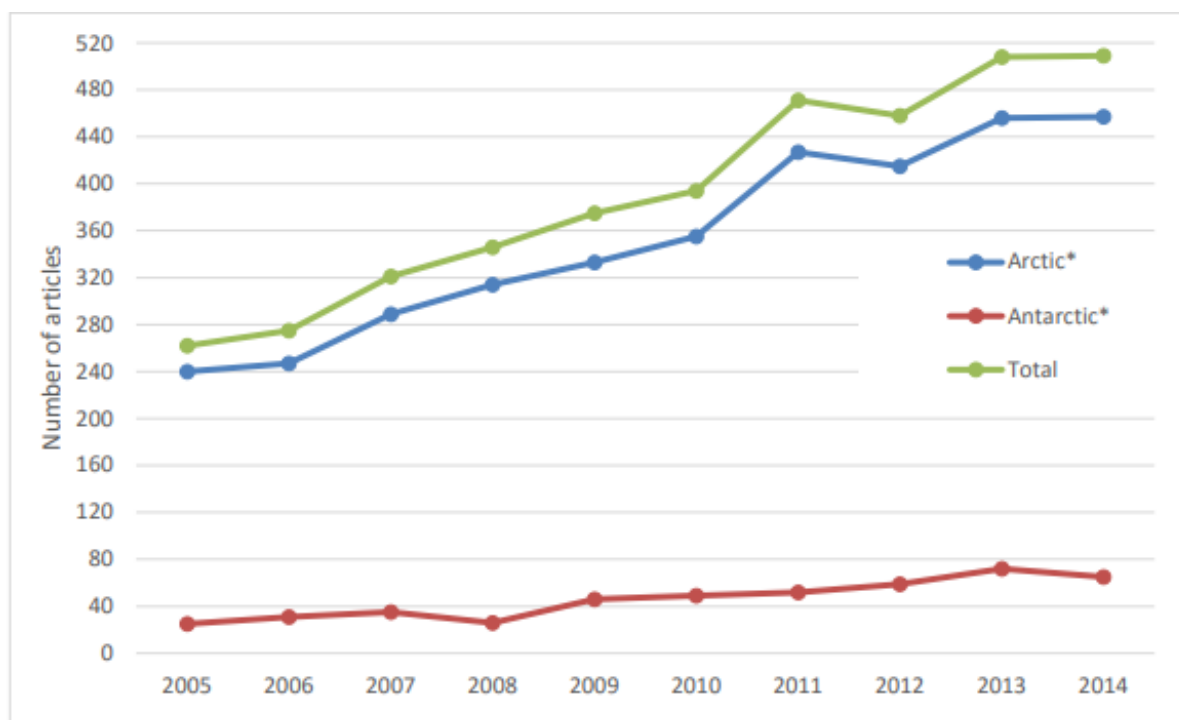
Behovet for kunnskap om Antarktis og globale klima- og miljøproblemer er økende

Globalt er det økende oppmerksomhet rundt forskning på Arktis og Antarktis grunnet de store miljøendringene som finner sted rundt polene (Forskningsrådet, 2017). Innen Arktisforskning er Norge rangert som nummer tre i verden etter USA og Canada, og bidro mellom 2005-2014 til 8,3 prosent av den globale produksjonen av forskningsartikler. I samme periode var Norge rangert som nummer 21 på Antarktisforskning, med en publisasjon på 1,2 prosent (Aksnes, 2017, s. 19-20).

Norsk antarktispublisering var i perioden 2010-2017 relativt jevn med en total publiseringsrate opp mot 100 publikasjoner per år. Fra og med 2017 har det vært en markant økning i området, til 150 publikasjoner per år. Det er vanskelig å skille ut publikasjoner som har benyttet data samlet inn på Troll eller data som har vært samlet inn i forbindelse med feltarbeid med Troll som base. Ut fra en overordnet analyse, antar Norsk Polarinstitutt at produksjonen ligger i området 20 artikler per år⁴.

⁴ Vurderingen er basert på en forenklet analyse ved bruk av Web of Science, herunder med søkeordene Maud, Fimbul, Troll og Svarthamaren.

Selv om Arktis er viktigst for norsk polarforskning, er det økende aktivitet og interesse for Antarktisforskning (Utenriksdepartementet 2015, s. 35) (Aksnes & Rørstad, 2019, s. 60). Forskningsrådet har et mål om å styrke norsk forskning i og om Antarktis (Forskningsrådet 2013, s. 9). Deres porteføljeanalyse fra 2020 påpekte viktigheten av Antarktisforskning og behovet for å etablere et nytt Antarktisprogram⁵ (Forskningsrådet, 2021). Finansiering av TONE-initiativet er en ny stor satsing fra Forskningsrådets side mot norsk Antarktisforskning, og som gir signal om at målsetningene også må følges opp av forskningsmidler. Oppfølgingsplanen etter polarevalueringen (Forskningsrådet, 2020) peker spesielt på at det både er viktig å utvikle og oppgradere infrastrukturen på Troll, samt å styrke finansieringen til norsk Antarktisforskning.



Figur 7 Publiserte norske forskningsartikler på Arktis og Antarktis mellom 2005-2014. Figuren viser at forskning på Arktis og Antarktis var sterkt stigende mellom 2005-2014, men at Antarktisforskningen ligger langt under Arktisforskningen, målt i publiserte artikler. (Aksnes, Norwegian Polar Reserach & Svalbard Research, 2017)

2.3.2 Troll er viktig for å følge opp internasjonale forpliktelser og ivareta norske interesser

Troll forskningsstasjon har en strategisk viktig rolle i den norske antarktispolitikken. Som kravshaver har Norge en egeninteresse i å være til stede for å ha oppsyn med det norske bilandet og innsikt i forhold på territoriet, også utover forskningsformålet med stasjonen.

Forskning og tilgang på førstehåndskunnskap om Dronning Maud Land legger grunnlaget for en solid og kunnskapsbasert antarktispolitikk for å utvikle norske posisjoner. Bredt anlagt forskning av høy kvalitet gjør Norge til en relevant og interessant samarbeidspartner i Antarktistraktatsamarbeidet. Slik har Norge mulighet til å være pådriver for videreutviklingen av Antarktistraktatsystemet, noe som også setter rammene for virksomhet i Dronning Maud Land, samt i vårt andre biland i Antarktis, Peter I Øy. Det bidrar også mer generelt til å gi Norge tyngde i internasjonalt forsknings- og miljøsamarbeid, samt på utenriks- og sikkerhetspolitiske arenaer. I tillegg til at forskning i Antarktis er grunnpilaren i Antarktistraktatsystemet, er kunnskapsinnhenting

⁵ Det forrige Antarktisprogrammet, NARE, ble lagt ned

og forskning nødvendig for å følge opp forpliktelsene i Miljøprotokollen og CCAMLR-konvensjonen⁶ (Utenriksdepartementet, 2022).

Videre bidrar fysisk tilstedeværelse gjennom Troll forskningsstasjon til god forvaltning av og tilsyn med virksomhet og utvikling i det norske bilandet. Bredt anlagt forskningsaktivitet gir kunnskap om naturressurser og miljøverdier i det norske bilandet og gir grunnlag for god forvaltning. Norge har politimyndighet og utøver tilsyn i medhold av relevant lovgivning i Dronning Maud Land⁷. Beslutningen om å gjøre Troll til en helårsstasjon i 2004-2005 var viktig for å understøtte denne kontrollfunksjonen og legge til rette for effektiv myndighetsutøvelse. Fast tilstedeværelse og aktivitet i Dronning Maud Land gir Norge førstehåndsinformasjon og oversikt over andre lands/aktørers virksomhet i bilandet. Rundt 30 land har forskningsstasjoner, hvorav flere er lokalisert i Dronning Maud Land. Aktiviteten i Antarktisk øker, og aktørbildet har blitt mer diversifisert (Justis- og beredskapsdepartementet, 2021). Dette understreker viktigheten av å ha innsikt i utviklingen og kunnskap om miljøverdier og andre forhold i området.

I tillegg til egenverdien av god vitenskap, ser vi at Antarktiskforskning har en overordnet verdi for norske interesser. Det støtter opp under Norge som en kunnskapsbasert og ansvarlig polarnasjon.

2.3.3 Troll er viktig for innhenting av satellittdata som brukes til mange samfunnsformål

Norge er storforbruker av satellittinformasjon. Satellittdata er viktig blant annet fordi Norge har spredt bebyggelse, ansvar for forvaltning av store havområder og er en aktiv aktør innen luftfart, global skipsfart og offshorevirksomhet (Norsk Romsenter, 2021).

TrollSat er den største stasjonen for mottak av satellittinformasjon i Antarktis og den sørligste referansestasjonen i det Europeiske satellittnavigasjonsprogrammet, Galileo. Stasjonen behandler i hovedsak data fra satellitter som går i bane over sør- og nordpolen. Ved at Norge har bakkestasjoner⁸ ved Troll i sør og på Svalbard i nord, kan data leses ned hvert 45. minutt. Dette bidrar til hyppig datanedlesning og tilgang på nær-sanntidsdata.

TrollSat er den største satellittstasjonen i Antarktis og har stor samfunnsverdi

Satellitinfrastruktur har strategisk verdi og kan gi Norge et forhandlingskort i europeisk og globalt samarbeid. Dataene fra satellittvirksomhet bidrar til sikker og effektiv samfunnsdrift og er et globalt fellesgode, der Norge kan gi et viktig bidrag (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Dataen som lastes ned ved Troll brukes blant annet til forskning, værmelding, miljøovervåking (oljesøl), skipsovervåking, søk og redning, navigasjon, forsvarsvirksomhet og observasjon av romvær⁹. Nedlastning av miljø- og overvåkningsdata på TrollSat benyttes av kommersielle kunder, i tillegg til statlige aktører.

Nærsanntidsdata fra TrollSat er viktig for pålitelighet i globale værmeldingstjenester

Sammen med bakkestasjonen på Svalbard, er stasjonen på Troll viktig for å utarbeide gode værmeldinger globalt, blant annet ekstremværvær i USA. Pålitelige værprognoser trenger hyppig oppdatering av satellittobservasjoner og minimale forsinkelser i dataoverføring. Store meteorologiprogrammer i regi av henholdsvis den amerikanske værmeldingstjenesten NOAA og det europeiske Eumetsat, er avhengig av data fra TrollSat (KSAT, 2021).

⁶ Konvensjonen for bevaring av marine levende ressurser i Antartis

⁷ Lov om Bouvet-øya, Peter I's øy og Dronning Maud Land m.m (bilandsloven)

⁸ Bakkestasjoner består av antenner som kommuniserer toveis med satellittene

⁹ Romvær kan påvirke radiokommunikasjon, navigasjonssystem, elektronisk utstyr og strømsystemer som kan sette liv og helse i fare.

Norge og USA har inngått avtaler på myndighetsnivå¹⁰ om samarbeid innenfor romvirksomhet, herunder innhenting og utnyttelse av satellittdata. Nåværende avtale gjelder frem til november 2026. Langsiktighet og stabilitet er viktig for å være en foretrukken samarbeidspartner innen romvirksomhet. Det er derfor ingen forhold som tilsier at avtalen ikke vil bli fornyet (Norsk Romsenter, 2021).

TrollSat er den sørligste stasjonen i det europeiske satellittnavigasjonssystemet Galileo

Siden satellittinformasjon har stor samfunnsbetydning for Norge, er det vesentlig at Norge deltar i de store europeiske satellittprogrammene. Norge deltar i EUs romprogram som blant annet omfatter to store satsninger på rom: Satellitt-navigasjonsprogrammet Galileo og EGNOS, samt jordobservasjonsprogrammet Copernicus.

Galileo er et selvstendig europeisk satellitt-navigasjonssystem, som blant annet fungerer sammen med det amerikanske GPS-systemet. Navigasjonssignalene brukes for å beregne nøyaktig posisjon og tid. Dette bidrar til trygg og sikker navigasjon til sjøs, på land og i luften. Galileo-programmet består av et 20-talls referansestasjoner som er globalt distribuert. Gjennom en samarbeidsavtale mellom Norge og EU (samarbeidsavtale om satellittnavigasjon mellom Norge, Den europeiske union og dens medlemsstater, 2010), har Norge forpliktet seg til å sikre utplassering, vedlikehold og utskiftning av referansestasjoner på norsk territorium. I dag har Norge ansvar for Galileo-referansestasjoner på Svalbard, Jan Mayen og Antarktis (Troll), noe som bidrar til god global ytelse. TrollSat utgjør den sørligste referansestasjonen.

Det er EU som eier og finansierer infrastrukturen i Galileo-systemet. Det fattes vedtak om innlemmelse av EUs romforordning i EØS-avtalen ved hver av EUs 7års budsjettperioder. Norge har nylig inngått avtale med EU om å inkludere romforordningen 2021-2027 i EØS-avtalen¹¹. Forordningen omfatter EUs romaktiviteter for perioden 2021-2027, herunder videreføring og videreutvikling av Galileo. I samarbeidet med EU som med USA, er langsiktighet og stabilitet viktig. Det er ingen ting som tyder på at forpliktelsene ikke vil bli fornyet ved EUs neste budsjettperiode. (Norsk Romsenter, 2021).

Fysisk tilstedeværelse på Troll er avgjørende for driften av TrollSat

Selv om TrollSat opereres fra Tromsø, er det nødvendig å ha personell fysisk til stede gjennom hele året for å utføre nødvendige inspeksjoner, korrektive feilrettinger og fortløpende vedlikehold (KSAT, 2021). Videre fordrer drift av Galileo-infrastrukturen at et kompetent og klarert personell er til stede for å innfri krav til fysisk sikring av infrastruktur og feilretting for å sikre oppetid.

Vi forventer at behovet for data som hentes ut fra stasjonen vil være minst like stort eller større i fremtiden som følge av bredden i de samfunnskritiske behovene knyttet til bruk av satellittdata. Trolig vil krav til ulike typer sikring av referansestasjonene i Galileosystemet øke. NFD påpeker videre at den strategiske verdien for Norge og Europa, av å ha tilgang til satellitt-infrastruktur, trolig vil øke i en tid der proteksjonisme tiltar (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021). Behovet for en satellittstasjon ved Troll og personell som kan drifte, vedlikehold og sikre anlegget, vil derfor være til stede i uoverskuelig fremtid.

¹⁰ Agreement between the United States of America and The Kingdom of Norway for cooperation in the Civil uses of outer space

¹¹ Godkjent i EØS-komiteen 29.10.2021

2.4 Troll må driftes på en miljøvennlig og sikker måte hele året

I forrige kapittel beskrev vi formålet med og betydningen av Troll forskningsstasjon. I dette kapittelet beskriver vi samfunnsbehovene som påvirker hvordan vi er til stede ved Troll. Dette handler om at driften av Troll *må* være i tråd med internasjonale avtaler og norske lover. Den *bør* også være i tråd med politiske målsetninger. Overordnet finner vi at det er strenge krav til miljøvern i Antarktis. Videre er forsyningssikkerhet, sikring av fysisk infrastruktur og HMS svært viktig som en følge av den isolerte beliggenheten og det harde klimaet.

2.4.1 All aktivitet i Antarktis skal gjennomføres med minst mulig påvirkning på miljøet

Driften av Troll forskningsstasjon må være i tråd med internasjonale avtaler og norske lover. Av internasjonale avtaler er Miljøprotokollen av særskilt betydning. Denne internasjonale avtalen forplikter partene til omfattende beskyttelse av det Antarktiske miljøet og tilhørende økosystemer og utpeker kontinentet som et «naturrestat viet til fred og vitenskap» (Miljøprotokollen, 1991). Protokollen er tatt inn i norsk rett gjennom forskrift om miljøvern og sikkerhet i Antarktis. Norsk Polarinstitutt er gitt myndighet til å følge opp forskriften, og all norsk aktivitet i Antarktis må meldes til instituttet.

Paragraf 5 slår fast at

[a]ktiviteter i Antarktis skal planlegges og gjennomføres slik at virkninger på miljøet i Antarktis og avhengige og tilknyttede økosystemer blir minst mulig, og områdets verdi for forskning bevares. Det skal herunder unngås at aktiviteter medfører:

- a) virkning på klima eller værmønster,
- b) virkning på luft- eller vannkvalitet,
- c) endringer i det atmosfæriske, terrestriske, glasielle, limnisk eller marine miljø,
- d) endringer i utbredelse, forekomst eller produktivitet til arter eller bestander av dyr og planter,
- e) risiko for sårbare eller truede arter eller bestander av slike arter, eller
- f) risiko for skader på områder av biologisk, vitenskapelig, historisk eller estetisk betydning, eller av betydning for villmarkskarakteren,
- g) skade eller annen forringelse av historiske steder og kulturminner.

Aktiviteter i Antarktis skal videre planlegges og gjennomføres på en sikker og selvforsynt måte. Mulig risiko for skade på liv og helse ved aktiviteten skal identifiseres og i så stor grad som mulig reduseres. (forskrift om miljøvern og sikkerhet i Antarktis, 2013)

Når det gjelder lokalmiljø er også avfall og miljøskadelige stoffer og produkter omtalt i forskriften. Den slår fast at det er forbudt å etterlate avfall i Antarktis (§21) og at det er helt forbudt å slippe ut stoffer eller produkter som kan skade miljøet i Antarktis (§22).

Antarktismeldingen slår videre fast at

[d]et er eit mål at Troll skal vere ein grøn stasjon som oppfyller høge miljømål innanfor energi, avfall, transport o.a., og skal vere på linje med dei leiande stasjonane i Antarktis når det gjeld utvikling og gjennomføring av miljøvenlege driftsløysingar. Miljøomsyn skal vere ein integrert del av verksemda og vege tungt i vurderingane når det skal etablerast ny infrastruktur. (Utanriksdepartementet, 2015, s. 66)

Meldingen presiserer videre at

[e]nergiproduksjon og ENØK er primære innsatsområde for å gjere drifta av Troll endå meir miljøvenleg. Drivstoff er den største kjelda til forureining i samband med den norske, nasjonale aktiviteten i Antarktis, og inneber i tillegg store logistiske og økonomiske konsekvensar. (Utenriksdepartementet, 2015, s. 66)

2.4.2 Klimaet i Antarktis og den isolerte beliggenheten gjør sikkerhet særlig viktig

Antarktis er et kontinent med ekstreme vindforhold og et kaldt og tørt klima. I kombinasjon med at Troll har en avsidesliggende plassering, gjør dette at konsekvensene av driftsproblemer, brudd i energiforsyningen og ulykkeshendelser kan bli store. Dette stiller høye krav til sikkerheten ved forskningsstasjonen. Virksomheten på Troll er videre underlagt de samme bestemmelsene til HMS (arbeidsmiljøloven) og informasjonssikkerhet som i landet for øvrig.

God forsyningssikkerhet er viktig i Antarktis

God forsyningssikkerhet er viktig i Antarktis generelt, og særskilt ved Troll. Troll ligger isolert til i Dronning Mauds Land, om lag 250 kilometer fra iskanten. Nærmeste stasjon ligger 200 kilometer unna og det er uansett vanskelig å evakuere dit i beltegående kjøretøy som følge av sprekker i isbreene. Troll må derfor være selvforsynt med energi og øvrige forsyninger. Langvarig bortfall av energiforsyningen kan i verste fall medføre fare for liv og helse.

Energiforsyning med høy oppetid er viktig for tryggheten til personell ved Troll, for utførelse av daglig drift og et premiss for den verdiskapende virksomheten ved Troll. Det er viktig for å unngå brudd i langtidsserier for forskning og for presisjon i satellittdata. KSAT har forpliktet seg til en oppetid på over 99,5 prosent, noe som særlig er viktig for leveransene til de store amerikanske og europeiske værmeldingstjenestene, men også for navigasjonsdataen til Galileo-systemet. En redundant og driftssikker energiforsyning er derfor svært viktig for KSAT sin virksomhet (KSAT, 2021).

HMS er viktig grunnet isolerte beliggenheten og fordi brukere er på Troll over lang tid

For arbeid som utføres på Troll, forholder Norsk Polarinstitutt seg til det nasjonale regelverket knyttet til helse, miljø og sikkerhet (HMS). Arbeidsmiljøloven (§ 1-1 a)) slår fast at lovens formål er

å sikre et arbeidsmiljø som gir grunnlag for en helsefremmende og meningsfylt arbeidssituasjon, som gir full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger, og med en velferdsmessig standard som til enhver tid er i samsvar med den teknologiske og sosiale utviklingen i samfunnet (Arbeidsmiljøloven, 2005).

Forskrift om utførelse av arbeid (§1-1) har til formål å «sikre at utførelse av arbeid og bruk av arbeidsutstyr blir gjennomført på en forsvarlig måte, slik at arbeidstakere er vernet mot skader på liv og helse» (forskrift om utførelse av arbeid, 2011). Videre handler et godt arbeidsmiljø om å redusere risiko for ulykker og om å tilrettelegge for helsefremmende faktorer i arbeidsmiljøet. Som driftsansvarlig for Troll forskningsstasjon, har Norsk Polarinstitutt ansvar for å sikre at bygninger og utstyr som lånes ut er i god stand. Hva gjelder HMS for ansatte, så har hver enkelt virksomhet ansvar for sine ansatte som sendes til Troll.

Det ovennevnte regelverket innebærer at det skal være trygt for brukerne å oppholde seg på og utføre relevante arbeidsoppgaver ved stasjonen. Det tilsier at den bygningsmessige infrastrukturen bør tilrettelegge for lav ulykkesrisiko og god beredskap i tilfelle ulykkeshendelser. Det bør være redundans i alle kritiske systemer, god medisinsk beredskap og en separat bygningsmessig infrastruktur (nødstasjon) som kan sikre overlevelse for overvintringspersonell dersom hendelser som gir stor skade på hovedinfrastrukturen oppstår, slik som brann, uvær og alvorlig teknisk svikt.

I tillegg til den fysiske sikkerheten, bør den bygningsmessige infrastrukturen være utformet slik at den legger til rette for et godt arbeidsmiljø og gode psykososiale forhold. Sistnevnte er av særlig betydning ved Troll fordi mange av brukerne bor og arbeider på Troll flere måneder i strekk, har

lange arbeidsuker og lange arbeidsdager¹². Lokaler som tilrettelegger for et godt psykososialt miljø, er derfor viktig. Overordnet innebærer det behov for soner hvor brukere kan trekke seg tilbake, soner for sosialt samvær, trening, i tillegg til gode arbeidssoner.

2.4.3 Det er strenge krav til informasjonssikkerhet ved Troll, særlig knyttet til Galileo

I henhold til Norsk Polarinstitutt «Policy for sikkerhetsstyring» (Norsk Polarinstitutt, 2020b) skal virksomheten på Troll opprettholde sertifisering i henhold til Styringssystemet for informasjonssikkerhet (ISO 27001) innenfor følgende områder:

- Arkiv: omfatter data knyttet til personopplysninger
- Kartdata: hele kartproduksjonen, fra å innhente rådata til kartdataen blir offentliggjort
- Fillagring: omfatter data knyttet til kartproduksjon

Dette innebærer å sikre at informasjon kun er tilgjengelig for autoriserte parter (konfidensialitet), at metodene for håndtering av informasjon sikrer at data er nøyaktige og fullstendige (integritet) og at autoriserte brukere har tilgang til informasjon når det behøves (tilgjengelighet) (DNV GL, u.d.).

EUs referansestasjoner¹³ (Galileo-systemet) på norsk territorium er identifisert som kritisk og skjermingsverdig infrastruktur og faller inn under Lov om nasjonal sikkerhet (sikkerhetsloven, 2018)). Hensikten med sikkerhetstiltakene er å sikre påliteligheten i tjenestene som leveres til luftfart og maritim virksomhet, og sikre omdømmet til EU. Hvis flere av stasjonene faller ut samtidig, vil ytelsen til systemet forringes og i verste fall vil det ikke kunne brukes som forutsatt.

Ifølge samarbeidsavtalen fra 2010, artikkel V, skal Norge

treffe alle mulige tiltak for å beskytte, og sikre kontinuerlig og uforstyrret drift, av bakkeanleggene på norsk territorium (...) Norge skal ta alle midler i bruk for å hindre at anlegget utsettes for lokal radiostøy eller forsøk på datainnbrudd (hacking) eller avlytting (samarbeidsavtale om satellittnavigasjon mellom Norge, Den europeiske union og dens medlemsstater, 2010).

Nærmere prosedyre for oppbevaring, drift og beskyttelse av Galileo referansestasjonene på Svalbard, Jan Mayen og Troll-stasjonen er fastsatt gjennom en administrativ bilateral avtale mellom Norge og EU (administrativt arrangement mellom Norge og Den europeiske komisjon om nærmere prosedyrer for oppbevaring og beskyttelse av Galileo PRS-referansestasjonene på Svalbard, Jan Mayen og Troll-stasjonen, 2019).

Sikkerhetskravene er ventet å øke i nær fremtid da den krypterte tjeneste, PRS, vil integreres i stasjonen. Nasjonal sikkerhetsmyndighet er ansvarlig for nasjonal sikkerhet, herunder godkjenning av bakkestasjonene og ivaretar nasjonal sikkerhetsmessig oppfølging. Helårsbemanning som er til stede fysisk vil da bli enda viktigere enn i dag. I tillegg kan stasjonen bli underlagt strengere krav til sikring på stasjonen, for eksempel etablering av beskyttede soner hvor kun personell med klarering har tilgang.

¹² Mange jobber 7-dagersuke og 12-timers skift.

¹³ Bakkestasjonene i Galileosystemet er et bygg som inneholder en referansestasjon. Den krypterte tjenesten PRS (Public Regulated Services) (som i praksis er et elektronikkap) skal etableres i referansestasjonen, trolig i løpet av 2022.

3 Problembeskrivelse

I dette kapittelet redegjør vi for problemene ved Troll forskningsstasjon. Disse diskuteres i lys av samfunnsbehovene som ble beskrevet i foregående kapittel. Vi undersøker både problemene som vi observerer i dag – og hvordan de vil utvikle seg i fremtiden, i fravær av tiltak. De prosjektutløsende problemene ved Troll kan overordnet deles i to:

- 3) Dårlig tilstand hindrer forsvarlig drift av Troll – uten tiltak må stasjonen stenge om ca. ti år
- 4) Troll mangler forskningsarealer, har lite og dårlige bo-, service- og driftsarealer, mangelfullt sikkerhetsdesign, samt relativt høye klimagassutslipp.

Dårlig tilstand er det mest alvorlige problemet vi har identifisert. Uten omfattende tiltak for å rehabilitere Troll, må helårsdriften trolig stenge ned om rundt ti år. Det innebærer at Norge vil stå uten en forskningsstasjon og fysisk tilstedeværelse i Antarktis. Dette er ikke i tråd med norsk antarktisk- og forskningspolitikk. Norge vil miste tyngde i Antarktistraktatsystemet og få redusert tilgang til kunnskap om og innsikt i aktivitet og utviklingsbildet i Dronning Maud Land. Nedstengning vil kraftig svekke norsk Antarktiskforskning og umuliggjøre drift av TONE-infrastrukturen. Avvikling av satellittvirksomheten og EUs referansestasjon i Galileo-systemet innebærer store kostnader og omdømmetap for Norge og KSAT, samt brudd på avtaleforpliktelser ovenfor EU. **Vi finner at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å sikre forsvarlig videreføring av helårsdriften ved Troll.**

Et annet stort problem er mangelen på forskningsarealer, noe som ikke gjør det mulig å utføre forskning av det omfang og kvalitet som ønskes ved Troll. Blant annet mangler laboratorier, feltforberedelsessone og arbeidsplasser. Konsekvensen er redusert kunnskap om globale klima- og miljøproblemer, bærekraftig ressursforvaltning i Antarktis og utnyttelse av nye bruksområder. Dette svekker Norges omdømme i Antarktistraktatsystemet, som forskningsnasjon og en ansvarlig polarnasjon. **Det er grunnlag for å vurdere tiltak for å oppgradere forskningsarealene.**

Nødstasjonen er enkelt utformet og har lite plass, noe som er et problem i nødstilfeller, der rask evakuering ikke er mulig, eller hvor mannskap har behov for medisinsk behandling. Videre har lite og nedslitt bo- og velferdsareal har en negativ effekt på trivselen til brukerne av Troll, noe som igjen kan påvirke deres helse, arbeidsutførelse og sikkerheten ved stasjonen. I tillegg medfører mangelen på et gjennomgående sikkerhetsdesign risiko for tap av immaterielle verdier. **Det er grunnlag for å vurdere tiltak for å oppgradere nødstasjonen, boarealene og sikkerhetsdesignet ved Troll.**

I høysesongen overstiger antall brukere kapasiteten ved stasjonen, noe som begrenser antall forskere som kan oppholde seg på Troll. Et høyt press på teknisk infrastruktur gir økte kostnader og reduserer levetiden. Problemet vil vokse seg større i fremtiden ettersom vi forventer behov for økt bruk av Troll. **Det er grunnlag for å vurdere tiltak for å dimensjonere Troll for flere brukere.**

Dagens stasjon oppfyller ikke det nasjonale politiske målet om at Troll skal være en «grønn stasjon». Frakt og forbrenning av diesel gir høye klimautslipp og lokal luftforurensning. Miljøstandarden til bygningsmassen er lav. Teknologit utvikling gjør det stadig mer driftssikkert og lønnsomt å integrere fornybar energi i energimiksen i Antarktis. I lys av denne utviklingen vil en videreføring av dagens rene dieselbaserte energiforsyning medføre at Troll ikke driftes med «minst mulig» miljøpåvirkning, slik Miljøprotokollen krever. Dette kan over tid svekke Norges anseelse i Antarktistraktatsystemet og være uheldig for Norges omdømme som en ansvarlig polarnasjon. **Vi finner at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å redusere klimautslipp ved stasjonen.**

Videre utgjør spredt bygningsmasse en risiko under uvær og gir lite effektiv intern logistikk. Sistnevnte er ikke et prosjektutløsende behov, men et problem som bør vurderes løst når tiltak først vurderes.

3.1 Dårlig tilstand gjør at Troll må stenges om rundt ti år

I kapittel 2.4.2 så vi at driftssikkerhet er av stor betydning ved Troll som en følge av de klimatiske forholdene og den isolerte beliggenheten. I dette kapittelet undersøker vi tilstanden ved dagens stasjon og hvordan den vil utvikle seg i fremtiden, i fravær av tiltak.

Statsbyggs befaringsrapport viser at bygg, energiforsyning og tekniske anlegg er i dårlig forfatning. Uten omfattende tiltak for å rehabilitere stasjonen, vil det ikke være mulig å videreføre forsvarlig drift. I fravær av større tiltak må helårsdriften ved stasjonen trolig stenge ned om ca. ti år. Sommerdriften må stenges noen få år senere. Det innebærer at Norge vil stå uten en forskningsstasjon og fysisk tilstedeværelse i Antarktis. De omfattende negative konsekvensene av å stenge ned stasjonen tilsier at det er behov for å vurdere tiltak for å sikre forsvarlig videreføring av Troll forskningsstasjon.

3.1.1 Den tekniske tilstanden til forskningsstasjonen er dårlig

I 2020 gjennomførte Statsbygg en befaringsrapport av Troll. Befaring konkluderte med at stasjonen nærmer seg slutten av sin tekniske levetid og er i dårlig forfatning (Statsbygg 2020a, s. 2). Funnene er i tråd med informasjon fra Norsk Polarinstitut. De poengterer at stasjonen er bygd ut i flere trinn og uten en helhetlig plan. Gjentatte utbedringer og kompenserende tiltak har resultert i at stasjonen har forskjellige løsninger som verken oppfyller byggetekniske krav eller krav til brannsikkerhet. Dette gjør stasjonen utfordrende å vedlikeholde og innebærer at den ikke kan driftes på en sikker, effektiv og forsvarlig måte (Norsk Polarinstitut, 2021a, s. 2).

Bygningsmassen er nedslitt, har dårlig brannsikkerhet og en rekke mangler

Hovedstasjonen bærer preg av innvendig slitasje, mens verkstedet er nedslitt, mangler isolasjon og væskeoppsamling. Blåbo er ikke tilkoblet vann og avløp på grunn av manglende kapasitet (Statsbygg 2020a, s. 8) og har problemer med inntrenging av snø, vann og støv, noe som har medført muggskader. Brannsikkerheten ved hovedstasjonen, Blåbo og kraftstasjonen er dårlig. Videre er renseanlegget for kloakk og avløp gammelt og slitt, noe som medfører risiko for lekkasjer. I tillegg medfører manglende barrierer mot grunn i garasjen risiko for avrenning. Det er også krevende å sørge for tilstrekkelig renhold og hygiene, noe som kan føre til sykdomsutbrudd (Norsk Polarinstitut, 2021a, s. 6-7).



Figur 8 Blåbo består av en rekke sammenkoblede boligcontainere. WC og dusj er ikke koblet til anleggets sanitæranlegg på grunn av kapasitetsmangler (Statsbygg 2020a, s. 8)

Dårlig tilstand gir ineffektiv drift av bygningsmassen, samt høye kostnader til drift og vedlikehold. Videre stiller det høye kompetansekrav til driftspersonellet, som både må ha bred faglig kompetanse og evne til å improvisere. De nærmeste årene vil stasjonen trenge større vedlikehold,

noe som gir økende driftskostnader. Dårlig innelima, nedslitte lokaler og risikoen i det fysiske miljøet, påvirker trivselen til brukerne av stasjonen. Dette beskriver vi nærmere i kapittel 3.6.

Energiforsyningen er i dårlig forfatning og gir risiko for strømavbrudd

Energiforsyningen ved Troll har inntil nylig bestått av to frittstående dieselgeneratorer, bygget i 2005 og 2007. Modulene leverer strøm til de ulike stasjonsbygningene, i tillegg til KSAT sin antennepark, NILUs luftmålestasjon og andre aktører som NINA, NORSAR, UNIS og UIO. Energibehovet har økt jevnlig med årene og aggregatene er belastet opp mot sin kapasitetsgrense. De ni observatoriene som planlegges etablert i forbindelse med TONE vil også kreve stabil strømforsyning.

Kraftstasjonen fra 2007 kjører vanligvis som stasjonens primære energiforsyning, mens kraftstasjonen fra 2005 ble brukt som backup frem til 2020/2021-sesongen. Etter Statsbyggs befaringsrapport i 2020, som viste store mangler i nødstrømsystemet, ble det installert et automatisk nødstrømsaggregat, som erstatter 2005-modulen (Statsbygg, 2020b).

Kraftstasjonen fra 2007 har vært driftet i 14 år siden installasjon, men har aldri vært overhaldt. Med normale serviceintervaller, ville vi normalt forventet en gjenstående levetid på 20-25 år. Manglende service tilsier at vi ikke kan forvente den samme levetiden på dagens generatormodul. Befaringsrapporten fra 2020 og tilstandsnotat fra Norsk Polarinstitut (Norsk Polarinstitut, 2021b) viser at den tekniske tilstanden og brannsikkerheten til energiproducentene er svært dårlig, og at de har en rekke svakheter som kan sette generatorsettene ute av spill i kortere eller lengre perioder.

Kraftstasjonen fra 2007 er videre konstruert på en måte som gjør at større vedlikehold eller modifikasjoner ikke er mulig uten nedstenging av kraftstasjonen, noe som forklarer hvorfor generatorene ikke har fått den servicen de trenger. Designproblemer medfører videre at containerne med generatorene blir svært varme. Dørene inn til generatorene må derfor holdes åpne, med den konsekvens at øvrig teknisk utstyr sotes ned. Videre viser rør og kabler tegn på slitasje, mens fjernvarmesystemet er påvirket av sterk korrosjon og slitasje fra vær og vind. Utfall av fjernvarmesystemet kan medføre overbelastning av generatorene (Statsbygg 2020a, s. 12-14).

Dårlig tilstand, et høyt belastet energisystem og en teknisk innretning som gjør vedlikehold vanskelig, innebærer at risikoen for avbrudd i energiforsyningen er betydelig, selv om nødstrømsaggregatet som ble installert i 2020 bidrar til å redusere risikoen.

3.1.2 Avbrudd i energiforsyningen er dyrt og utgjør en sikkerhetsrisiko

Konsekvensene av strømavbrudd avhenger av hvor ofte de inntreffer og hvor langvarig de blir. Strømavbrudd vil medføre kostnader i form av brudd i datainnsamling og langtidsovervåkingsserier for forskning. Den negative effekten for programmene KSAT betjener innebærer redusert pålitelighet i globale værmeldinger¹⁴ og i navigasjonsdata i Galileo-systemet¹⁵. I tillegg kan det påvirke skipsovervåking, miljøovervåking og søk og redningstjenester.

Med et krav om oppetid på 99,5 prosent, skal det lite til før strømavbrudd medfører brudd på KSAT sine leveranseforpliktelser. Dette kan sette norske myndigheter og KSAT i et dårlig lys, gi tapt inntekt og medføre at det blir vanskeligere for KSAT å få kontrakter i fremtiden. For å redusere denne risikoen har det blitt installert en UPS (uninterruptable power supply), noe som gjør det mulig å sikre strømforsyningen i 150 minutter ved et havari (Norsk Polarinstitut, 2021k).

¹⁴ Datagrunnlaget for nærsannvidsmeteorologi blir forsinket ved at andre stasjoner må benyttes i stedet

¹⁵ Overvåking av satellittene og sensorene må utføres fra andre og færre stasjoner

I verste fall kan langvarige strømavbrudd medføre fare for liv og helse, og behov for evakuering. Dette vil kunne ha en negativ effekt på Norges posisjon og omdømme i Antarktistraktatsystemet. Sett opp mot energiforsyningens betydning for sikkerheten til brukerne av stasjonen, kravene til oppetid og de høye kostnadene ved strømavbrudd, vurderer vi at forsyningssikkerheten ved stasjonen ikke er tilfredsstillende. Det er også usikkert om kraftstasjonen over tid kan dekke det økte energibehovet knyttet til TONe med tilfredsstillende forsyningssikkerhet.

3.1.3 I fravær av større tiltak for å utbedre tilstanden, må Troll trolig stenges om rundt ti år

Tilstanden til bygg og tekniske anlegg ved Troll vil forverres ytterligere i årene som kommer, og kostnadene for å sikre forsvarlig drift vil øke. I fravær av omfattende tiltak for å utbedre tilstanden til stasjonen, forventer vi at det vil oppstå driftsstans som ikke lar seg utbedre i et eller flere kritiske systemer, slik som energiforsyning, ventilasjon, produksjon av ferskvann og renseanlegg. Dette vil kunne medføre at stasjonen må stenges og evakueres (Norsk Polarinstitut, 2021a, s. 7).

Norsk Polarinstitut har gjort en overordnet kartlegging av kritiske levetidsforlengende tiltak som er nødvendige for å sikre forsvarlig drift av stasjonen de neste ti årene. Dette omfatter investeringer på rundt 80 MNOK som kommer i tillegg til ordinære drifts- og vedlikeholdskostnader. Det største tiltaket er knyttet til overhaling av kraftstasjonen, i tillegg til utvidelse av renseanlegg og utbedring av rørgater. I tillegg kreves ny infrastruktur for å sikre gode driftsforhold for TONe. (Norsk Polarinstitut, 2021c).

Forutsatt at ovennevnte levetidsforlengende tiltak gjennomføres, forventer vi at det er mulig å opprettholde en forsvarlig helårsdrift ved stasjonen i rundt ti år til, frem til starten på 2030-tallet. Det er mulig at driften kan videreføres lengre enn dette mot avbøtende rehabiliteringstiltak. Vi forventer imidlertid at kostnadene og risikoen for kritiske feil som medfører evalueringsbehov vil være bratt stigende utover 2030-tallet. I KVUen legger vi derfor til grunn at stasjonen må stenge om ca. 10 år i fravær av større investeringstiltak. Sommerdriften kan trolig opprettholdes i en lengre periode, men mye tid og ressurser vil da gå med på å gjenåpne stasjonen og sette den i drift hver sommer. I fravær av personell til stede i vinterhalvåret, må KSAT stenge ned sin virksomhet (KSAT, 2021). Det vil heller ikke være mulig å drifte EUs referansestasjon i Galileo-systemet, NILUs observatorium eller øvrige helårsobservatorier som krever regelmessig tilsyn, slik som de planlagte TONe-observatoriene. Vi forventer at sommerdriften må legges ned få år etter at vinterdriften opphører.

3.1.4 Nedleggelse av stasjonen vil ha omfattende negative konsekvenser for Norge

I fravær av omfattende tiltak for å utbedre stasjonen, vil Norge om rundt ti år stå uten en helårs forskningsstasjon og fysisk tilstedeværelse i Antarktis. Dette innebærer at samfunnsbehovene beskrevet i kapittel 2.3 ikke vil innfris.

Norske interesser og tyngde i antarktisk-, forsknings-, miljø- og sikkerhetspolitikken svekkes

Dersom stasjonen legges ned, vil det få store negative konsekvenser for de norske interessene i Antarktis. Norges posisjon i det internasjonale samarbeidet under Antarktistraktatsystemet vil påvirkes svært negativt (Utenriksdepartementet, 2021). Uten et solid utgangspunkt for å gjennomføre relevant og god forskningsvirksomhet, mister Norge det faglige grunnlaget for norske posisjoner. Videre vil Norge bli en mindre interessant samarbeidspartner for øvrige land i Antarktistraktatsystemet og få mindre innflytelse over den politiske utviklingen i Antarktis. Bidraget til det internasjonale samarbeidet som skal sikre en fredelig utvikling av kontinentet reduseres, noe som går på tvers av norske interesser. Signaleffekten vil være svært negativ og påvirke vår

anseelse som en ansvarlig polarnasjon samt redusere vår tyngde innen internasjonal sikkerhets-, miljø- og forskningspolitikk (Utenriksdepartementet, 2021)). Nedleggelse av Trollstasjonen vil også gjøre det mer komplisert og kostnadskrevenne for Norge å inspisere andre lands installasjoner og virksomhet i Dronning Maud Land. Inspeksjonsordningen under Antarktistraktaten er et sentralt verktøy i den norske antarktispolitikken (Utenriksdepartementet, 2015, kap. 4.1.1).

Innenrikspolitisk mister Norge tilgang til kunnskap om og innsikt i aktivitet og utviklingsbildet i vårt største biland, Dronning Maud Land. Dette gir et dårligere utgangspunkt for å forvalte miljøverdiene og økosystemet i området på en god og forsvarlig måte, og det reduserer muligheten til å føre tilsyn med og sikre overholdelse av norsk lov (Justis- og beredskapsdepartementet, 2021).

Norges bidrag til den internasjonale kunnskapsproduksjon om klima og miljø reduseres

Nedstengning av Troll vil medføre at all nåværende overvåkningsvirksomhet må stenges ned, noe som medfører en kostnad i form av tapt kunnskapsproduksjon. Det vil innebære brudd i langtidsovervåkningsserier innen meteorologi, strålig, atmosfærekjemi, miljøgifter, seismologi og romvær. Blant annet må NILU, en av få aktører som driver overvåkning av atmosfæren på begge polene, stenge ned sitt observatorium på Trollhaugen. Det er mulig at noe av forskningsaktiviteten kan flyttes til andre forskningsstasjoner, men dette er usikkert og vil være kostnadskrevenne. Det vil heller ikke være mulig å tilrettelegge for langsiktig drift av TONE-initiativet.

All feltaktivitet vil også opphøre eller flytte til mindre egnede lokasjoner, noe som har en negativ effekt blant annet på studier av dyreliv, glasiologi og marin-kryosfære interaksjon. Både norske og internasjonale forskningsmiljøer mister tilgang til en base med logistikkjenester som er strategisk viktig for feltstudier i Dronning Maud Land. I tillegg mister de tilgang til flystripen Troll Airfield.

Nedstengning av Troll er ikke i tråd med norske myndigheters ambisjoner om å styrke norsk Antarktisforskning. Tvert om vil det redusere Norges bidrag til internasjonalt forskningssamarbeid som er viktig for å løse globale klima- og miljøproblemer og for å sikre en bærekraftig forvaltning av naturressursene i Antarktis generelt, og i vårt største biland spesielt. Konsekvensene vil tilta ettersom behovet for kunnskap om globale miljø- og klimautfordringer øker, samt ettersom bruken av kravområdet tiltar.

Tap av KSATs leveranser gir omdømmetap for Norge og store økonomiske konsekvenser

Nedstengning av Troll vil innebære at KSAT sin virksomhet må stenge ned. Konsekvensen er redusert tilgang til nær-sanntidsdata som brukes til en rekke samfunnskritiske formål og verdiskapende virksomhet, både i Norge og globalt. Dette vil blant annet redusere presisjonen i globale værmeldingstjenester og ha en negativ konsekvens for miljøovervåkning, navigasjon og søk og redning. For KSAT vil det innebære brudd på eksisterende avtaleforpliktelser og tapt tilgang på fremtidige kontrakter, noe som vil gi store økonomiske tap.

Nedstengning av Troll innebærer at det ikke vil være mulig for Norge å drifte EUs referansestasjon på norsk territorium i Antarktis. Dette vil innebære omdømmetap for Norge, da vi ikke kan videreføre samarbeidet og forpliktelsene i samarbeidsavtalen fra 2010 på samme nivå som i dag. For Galileo-programmet vil det også ha negative konsekvenser, da dagens bakkestasjon har en strategisk viktig og unik posisjon¹⁶. Per i dag har EU ingen andre referansestasjoner i Antarktis, selv om de vurderer alternative plasseringer, i tillegg til Troll. Nedstengning av TrollSat vil også påvirke leveranseforpliktelser til de amerikanske og europeiske værmeldingstjenestene. Til

¹⁶ Galileo programmet vil påvirkes ved at kommandering og kontroll av satellittene og sensorene om bord må utføres fra andre og færre stasjoner

sammen vil dette svekke Norges omdømme som en stabil samarbeidspartner innen romvirksomhet. Siden satellittinformasjon er svært viktig for Norge, vil dette være en uheldig utvikling, som også kan innebære at norsk industri mister mulighet til å få kontrakter innenfor de store internasjonale romprogrammene.

3.2 Nødstasjonen har for lite plass til medisinsk beredskap og langvarig opphold

Dagens nødstasjon ved Troll er i hovedsak innrettet for å sikre overlevelse for overvintringsteamet i en nødsituasjon frem til trygg evakuering kan gjennomføres. Den er enkelt utformet og har begrenset plass til medisinsk behandling, operasjonsledelse og kommunikasjon samt lagring av nødustyr/forråd. Hygienefasilitetene er også svært enkle. Dette er særlig et problem i tilfelle nødsituasjoner, hvor rask evakuering ikke er mulig, eller hvor mannskap har behov for medisinsk behandling. Vi finner at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å oppgradere nødstasjonen for å sikre at den kan huse vinterbesetningen på en trygg måte gjennom 2-3 måneder.

3.2.1 Nødstasjonen skal sikre overlevelse for overvintringsteamet ved alvorlige hendelser

Dagens nødstasjon ved Troll er en viktig del av beredskapen og skal sikre overlevelse dersom det oppstår en hendelse som gir behov for evakuering av hovedstasjonen. Dette er primært knyttet til brann som rammer hovedstasjonen eller energiforsyningen, ekstremt uvær/vind som gir store skader på hovedstasjonen eller vesentlig annen infrastruktur, eller alvorlig teknisk svikt i kritisk infrastruktur. En nødstasjon som kan operere uavhengig av den øvrige infrastrukturen, er vesentlig for å ivareta sikkerheten til personell, samt opprettholde fokus og innsats på feilsøking og reparasjonsarbeider i en nødsituasjon.

Nødstasjonen er særlig beregnet for overlevelse for overvintringsteamet når de er isolert i den kalde perioden fra mars til november. I sommersesongen er muligheten for evakuering adskillig større, da det vil være ressurser og operatører tilgjengelige på kontinentet. I tillegg er Troll Airfield operativ. Hvis uvær fører til at flystripen må stenges i sommersesongen, vil det likevel være god tilgang på materiell og personell som vil være i stand til å åpne flystripen når forholdene ligger til rette. Det er også bedre muligheter for å slå opp telt eller benytte kjøretøy som midlertidig ly. I sommersesongen har nødstasjonen likevel en potensielt viktig funksjon som base for operasjonsledelse og egnet lokasjon for behandling av pasienter i et scenario hvor hovedstasjonen settes ut av funksjon.

Norsk Polarinstitutt forventer at evakuering av personell i vinterhalvåret ut fra Troll/Antarktis normalt vil kunne gjennomføres i løpet av 1-4 uker. Dette forutsetter imidlertid at værforholdene er gode nok til å åpne flystripen, samt at overvintringspersonellet er i stand til å åpne den. Hvis en alvorlig hendelse som gir behov for evakuering inntreffer som følge av eller samtidig med langvarig ekstremvær, eller hvor noen i overvintringsteamet er skadet slik at de ikke kan gjennomføre nødvendige tiltak, kan det oppstå behov for opphold ved nødstasjonen over flere måneder. (Norsk Polarinstitutt, 2022b).

3.2.2 Nødstasjonen er enkel og mangler nødvendig areal/funksjoner for langvarig opphold

Dagens nødstasjon er satt sammen av to 20 fots isolerte containermoduler, noe som totalt gir en grunnflate på rundt 26 kvadratmeter. Plasseringen oppe i bakken, øst for hovedstasjonen, gir god satellittkommunikasjon. Det er ført frem strøm fra hovedaggregatet på Troll og i løpet av første kvartal 2022 er det planlagt å allokere et dedikert aggregat som plasseres ved nødstasjonen.

Nødstasjonen har enkel standard og er utformet med sikte på rask evakuering av personell ut fra Troll/Antarktis, med målsetning om evakuering i løpet av 1-4 uker. Den består av åtte nedfellbare

sengeplasser, hybelkjøkken og avlukke med tørrklosett. Nødutstyr er plassert i skap og kasser langs veggen. Den har dermed sengeplasser og fasiliteter til å huse dagens overvintringsteam på seks personer. Stasjonen har imidlertid ikke tilstrekkelig plass eller nødvendig utstyr for å kunne behandle eventuelle pasienter over tid, noe som innebærer at den medisinske beredskapen ikke er tilfredsstillende. Den har heller ikke tilstrekkelig med lagerfasiliteter eller forråd av nødmateriell for opphold som strekker seg over flere måneder, og det er ikke avsatt plass til å koordinere flyoperasjoner i forbindelse med en eventuell evakuering med fly. Bygningen er robust nok til å stå imot uvær, men døren går i dag direkte ut mot fremherskende vindretning, noe som gir potensiale for klemskader ved behov for evakuering i uværsituasjoner. Det er heller ikke etablert sikret led fra hovedstasjonen til nødstasjonen. (Norsk Polarinstitutt, 2022b).



Figur 9 Dagens nødstasjon ved Troll (Norsk Polarinstitutt, 2022b)

3.3 Energiforsyningen og bygningsmassen ved Troll er forurensende

I dette kapittelet undersøker vi hvor miljøvennlig Troll forskningsstasjon er i lys av gjeldende lover og regler, samt politiske målsetninger beskrevet i kapittel 2.4.1. Vi finner at stasjonen har høye klimautslipp og ikke oppfyller målet om at Troll skal være en «grønn stasjon». Den dieselbaserte energiløsningen er forurensende og dyr å drifte, noe som tilsier at det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt å fase inn fornybar energi. Vi finner at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å gjøre energiforsyningen og bygningsmassen mer miljøvennlig.

3.3.1 Diesel er mest anvendt i Antarktis, men nye stasjoner integrerer fornybare løsninger

Siden aktivitet i Antarktis skal gjennomføres med minst mulig innvirkning på miljøet og det er et politisk mål om at Troll skal være på linje med ledende stasjoner i Antarktis på miljøområdet, er det relevant å se til andre lands forskningsstasjoner.

I 2018 inspiserte Norge syv forskningsstasjoner og installasjoner i Dronning Maud Land. En av trendene som ble observert var ønsket om å integrere mer energieffektive og grønne teknologier. Inspeksjonsteamet fant at alle unntatt en stasjon var avhengig av fossil energiproduksjon. Kun den belgiske forskningsstasjonen, Princess Elisabeth Antarctica, er fullstendig basert på fornybar energi. Dette er imidlertid en mindre, sesongbasert stasjon som ikke har helårsdrift. Inspeksjonsteamet noterte at det er rom for forbedring knyttet til integrasjon av fornybar energiproduksjon, men at det vil ta tid før det utvikles helårsstasjoner som er fullstendig basert på fornybar energi. Inspeksjonsteamet bemerket viktigheten av å ha robust og utprøvd teknologi av

hensyn til driftssikkerhet, HMS og miljøssikkerhet. Videre ble det notert at innovative teknologier kan gjøre stasjoner sårbare for feil i deler av året hvor stasjonene er isolert. Samtidig ble det bemerket at grønne og innovative teknologier vil være kostnadseffektive på sikt og bidra til å redusere miljørisiko, blant annet knyttet til transport av diesel. (Utenriksdepartementet, 2018).

3.3.2 Energiløsningen ved Troll er gammel, dieselbasert og medfører høye CO2-utslipp

Da kraftstasjonen ved Troll ble bygget, gjorde mangel på kostnadseffektive og driftssikre miljøvennlige energikilder, at diesel var foretrukket. Siden etablering av stasjonen, har det vært mangel på mulighet og tilgang til ressurser til å utvikle og investere i innovativ teknologi som bidrar til å begrense miljøvirkningene, både for energiproduksjon, varmebruk og renseanlegg. Særlig energiforsyningen er lite energieffektivt, dyr og forurensende (Statsbygg, 2020a, s. 2).

Årlige forvaltnings-, drifts-, vedlikeholds- og utskiftningskostnader (FDVU) ligger på rundt 20 millioner kroner, tilsvarende en nåverdi på ca. 250 MNOK. Energiforsyningens årlige CO₂-utslipp er estimert til rundt 4.400 tonn CO₂¹⁷. Omtrent 60 prosent av utslippene er knyttet til frakt av diesel inn til Troll, mens rundt 40 prosent er knyttet til forbrenning av diesel ved Troll. Over en analyseperiode på 40 år, utgjør det samlede utslippet i underkant av 200 000 tonn CO₂. Den forventede klimakostnaden har en nåverdi på i underkant av 150 MNOK ved Finansdepartementets basis prisbane for CO₂¹⁸. Ved høy prisbane, som tilsvarer karbonprisen som vurderes som nødvendig for å nå IPCCs 1,5-gradersmål, er nåverdien av klimakostnaden i underkant av 500 MNOK. Til grunn for nåverdiberegningene ligger analyseperioden i KVUen, fra 2033 til 2073.

I tillegg til CO₂-utslipp, medfører forbrenning av diesel lokal luftforurensning, noe som har medført at NILU har måttet forkaste data (Statsbygg, 2021b). Det kan diskuteres hvorvidt dette er i tråd med paragraf 5 i «Forskrift om miljøvern og sikkerhet i Antarktis» som vektlegger at aktiviteter skal planlegges og gjennomføres slik at områdets verdi for forskning bevares. Nærmere informasjon om miljøkonsekvensene finnes i de separate notatene «1195001 Troll forskningsstasjon (KVU) Energiløsning» (Statsbygg, 2021a) og «Miljø- og klimanotat 1195001 KVU Troll forskningsstasjon» (Statsbygg, 2021b).

Per i dag er diesel den mest utprøvde og driftssikre energikilden under de klimatiske og isolerte forholdene i Antarktis. I foregående kapittel så vi imidlertid at flere stasjoner integrerer fornybare løsninger, som stadig blir mer driftssikre og kostnadseffektive. Videre teknologiutvikling og større politisk oppmerksomhet rundt klima og miljø vil forsterke denne trenden. I lys av denne utviklingen, vil en videreføring av dagens rene dieselbaserte energiløsning over tid medføre at Troll ikke driftes med «minst mulig» miljøpåvirkning, slik Miljøprotokollen pålegger. Dette kan ha en negativ effekt på Norges anseelse i Antarktistraktatsystemet og for omdømmet som en ansvarlig polarnasjon. Dette tilsier at det er grunnlag for å vurdere tiltak som innebærer integrasjon av fornybar energi.

3.3.3 Bygningsmassen er lite energieffektiv og det er behov for å oppgradere klimaskallet

Bygningsmassen innfrir verken norske eller internasjonale miljøstandarder, og det er behov for å oppgradere klimaskallet. Dette gjelder særlig hovedstasjonen som er bebodd hele året (Statsbygg 2020a, s. 9). Bygningsmassen er spredt, noe som gir høyere energibehov enn om den var samlet i ett eller færre bygg. For nærområdet er det fare for lekkasjer og avrenning som følge av et overbelastet sanitæranlegg.

¹⁷ Inkluderer CO₂-utslipp knyttet til transport av diesel inn til Troll. Vi har forutsatt samme fremtidige utslipp som i konsept 1 – minimumskonseptet

¹⁸ Karbonpriser for bruk i samfunnsøkonomiske analyser, tallgrunnlag for prisbaner publisert 12.10.2021 på regneringen.no. Vi benytter basis prisbane 2: ikke-kvotepliktige utslipp

3.4 Antall brukere overstiger kapasiteten, noe som begrenser forskningen

Selv med få forskere til stede, overstiger antall brukere kapasiteten til stasjonen i høysesongen, noe som begrenser forskningsaktiviteten. Problemet vil vokse seg større i fremtiden ettersom vi forventer økning i antall brukere av Troll, både som en følge av tilsagn til infrastrukturen TONE, en mulig økt satsing på Antarktiskforskning finansiert av Forskningsrådet eller norske forskningsinstitusjoner, inkludert Norsk Polarinstitut. Det kan også forventes økt interesse fra internasjonale forskningsmiljøer for å bruke Troll som base for feltaktiviteter. Videre medfører det høye presset på teknisk infrastruktur økte drifts- og vedlikeholdskostnader og at levetiden til anleggene forkortes. Vi finner at det er grunnlag for å vurdere tiltak for å dimensjonere Troll for flere brukere i fremtiden.

3.4.1 Antall forskere og KSAT-ansatte har ligget stabilt, mens logistikkbrukere har økt

Arealbehovet ved Troll er nært knyttet til antall brukere og type brukere av forskningsstasjonen. Vi skiller mellom tre ulike kategorier av brukere: forskere og støttepersonale til forskning, drifts- og logistikkpersonell og andre brukere. Andre brukere omfatter i hovedsak KSAT, men også inspeksjonspersonell og VIP-besøk. Ved store begivenheter kan sistnevnte kategori bli relativt stor.

Trollstasjonen har i dag et overvintringsteam på seks personer som driver stasjonen og infrastruktur for forskning og KSAT fra tidlig i mars til november. I det følgende beskriver vi det historiske antall brukere av stasjonen i sommersesongen.

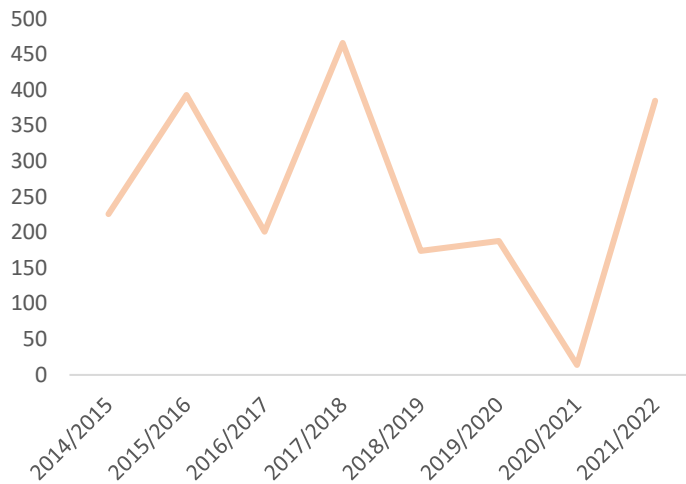
Siden 2014 har det normalt vært mellom 10-15 forskere på Troll i løpet av en sesong

Forskningsrelaterte brukere omfatter forskere, fagbaserte feltassistenter og forskningsteknikere/ingeniører. I perioden 2014-2020 var det normalt 10-15 forskere¹⁹ til stede ved Troll hver sommersesong, med en topp på 25 personer i 2017-2018. Antall forskere som har vært til stede på stasjonen samtidig har ligget lavere, normalt på 5-10 personer, med en topp på 16 personer samtidig i 2017-2018 (Norsk Polarinstitut, 2021d). I 2020/2021 var det på forskningssiden, kun NILU som var til stede på stasjonen grunnet koronapandemien (Norsk Polarinstitut, 2021e).

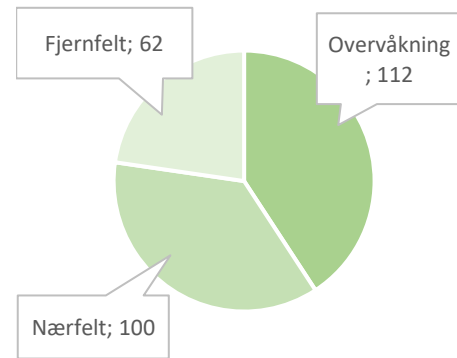
Figur 10 viser den historiske utviklingen i antall forskningsdøgn ved Troll, i perioden 2014-2021. Under det internasjonale polarforskningsåret i 2007-2008 ble det bevilget mer midler enn normalt til Antarktiskforskning og antall forskerdøgn var på 770-1400 mellom 2007-2009. Mindre midler til Antarktiskforskning og -overvåking i påfølgende år, kombinert med begrenset kapasitet og mangelfulle forskningsarealer, har gjort at forskere i mindre grad har søkt eller fått innvilget store Antarktisprosjekter de siste årene. Gjennomsnittlig antall forskerdøgn lå på 274 mellom 2014-2020, hvor hovedparten var knyttet til overvåking og nærfeltaktiviteter. I 2021/2022-sesongen ble det gjennomført åtte felt- og toktbaserte aktiviteter i Antarktis, hvorav to ble gjennomført på og ved Troll, og fire ut fra Troll. Antall forskerdøgn ved Troll lå på 385 (Norsk Polarinstitut, 2022c).

Antall forskere som arbeider ved og ut fra Troll, samt antall forskerdøgn, er ikke i seg selv et mål på kvantitet og kvalitet på forskningen som produseres. Det gir imidlertid en indikasjon på interesse og mulighet for å drive forskning/datainnsamling, og er et godt måletall for utnyttelse av kapasiteten ved stasjonen. Fasiliteter som støtter opp om forskningsvirksomheten, vil både gi gode arbeidsforhold og grunnlag for kunnskapsproduksjon fra de forskerne som fysisk bruker stasjonen, men også øke kunnskapsproduksjonen langt ut over dette.

¹⁹ I forskere inkluderes *instrumentbasert datainnsamling* som krever tilsyn og oppgradering (bor og bruker fasiliteter ved Troll), *nærfelt* som er feltbasert forskning i nærrområdet til Troll (bor og bruker fasiliteter ved Troll), og *fiernfelt* som er feltbasert forskning lenger unna (bruker fasiliteter ved Troll ved start og slutt).



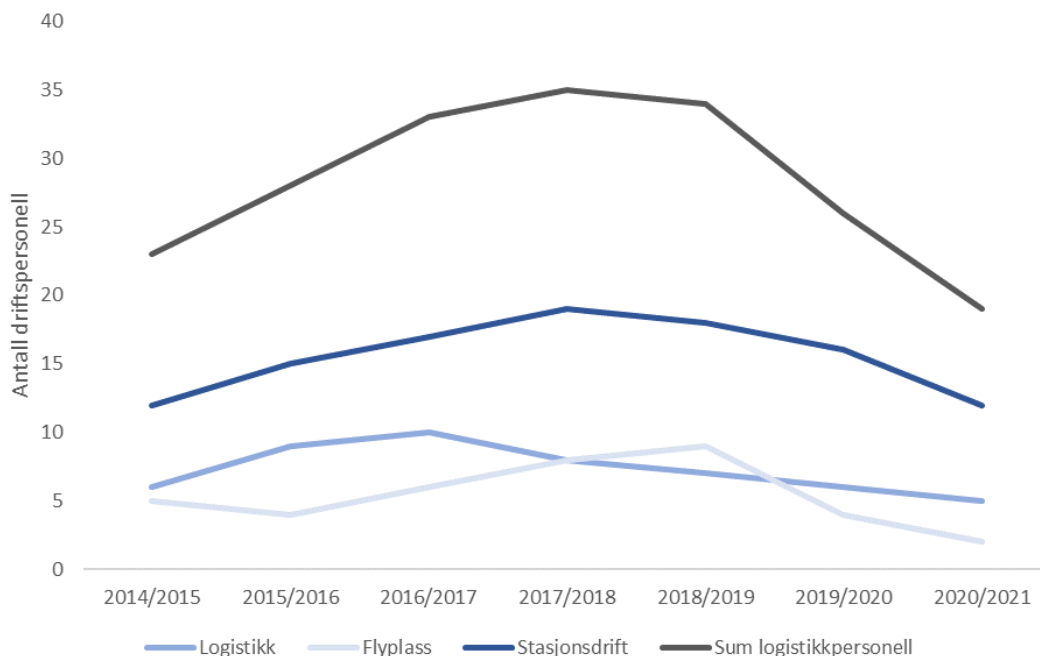
Figur 10 Antall forskerdøgn på Troll mellom 2014-2019



Figur 11 Gjennomsnittlig antall forskerdøgn på Troll 2014-2020, tot. 274

Antall logistikkrelaterte brukere har økt fra i overkant av 20 til i overkant av 30 personer

Antall personer som arbeider med drift og logistikk²⁰ har økt med om lag 50 prosent, fra 23 personer i 2014 til 34 personer i 2019 (Norsk Polarinstittutt, 2021f). Logistikkrelaterte brukere er dermed over dobbelt så høyt som antallet forskere. Logistikkrelaterte brukere er essensielle for å sikre den daglige driften av forskningsstasjonen og flyplassen og er en forutsetning for forsknings- og



Figur 12 Antall logistikkpersonell til stede på Troll i sommersesongene 2014-2021, fordelt på logistikk og drift av forskningsstasjonen og flyplassen. Nedgang i 2020/2021 skyldes koronapandemien

²⁰ Driver operasjoner, drifter infrastrukturen og støtter forskningsprosjekter, med oppgaver som: operativ og administrativ ledelse, drift av stasjonen og basis infrastruktur, logistikk for varer og personell, drive flyplassen/flyplassoperasjoner, støtte feltoperasjoner for forskning, etablere/vedlikeholde/oppgradere basis infrastruktur og teknisk infrastruktur.

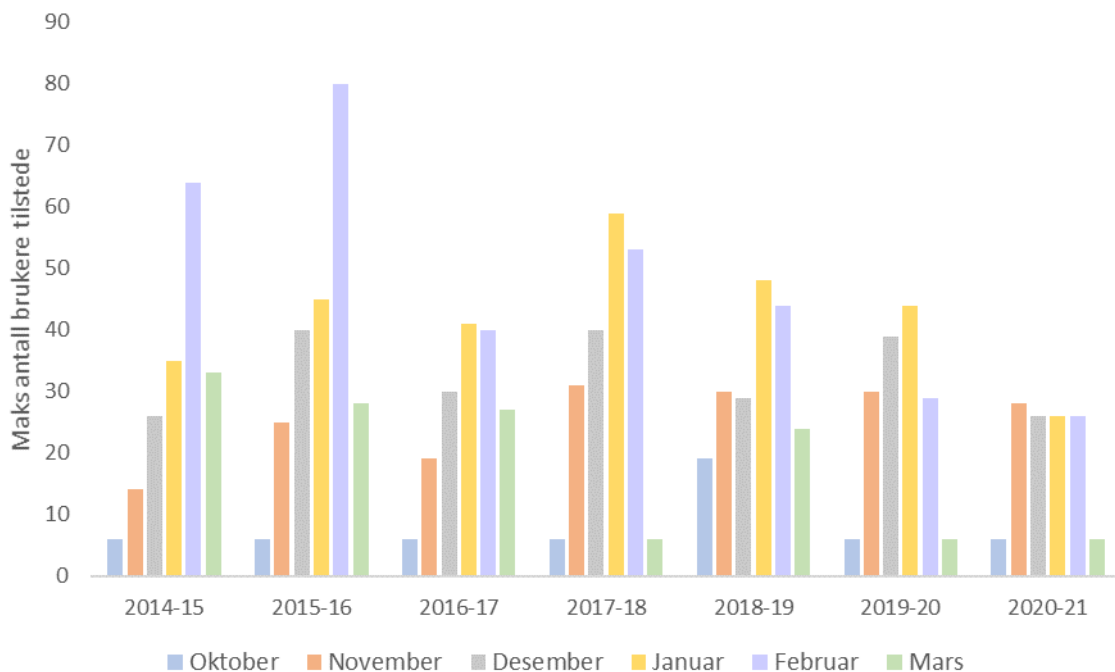
satellittvirkosheten ved Troll. Økningen innen logistikk, særlig innen stasjonsdrift, skyldes det økende behovet for vedlikehold.

KSAT har hatt en stabil tilstedeværelse på rundt 15 personer siden 2014

Siden 2014 har KSAT normalt hatt 15 personer til stede samtidig på sommeren. Maksimalt antall har vært oppe i 24 personer.

3.4.2 I høysesongen på sommeren overstiger antall brukere kapasiteten ved Troll

Figur 13 viser hvor mange personer som har vært til stede ved stasjonen i sommersesongen, fra sent i oktober til tidlig mars, mellom 2014 og 2021 (Norsk Polarinstitutt, 2021g). Figuren viser det maksimale belegget, det vil si antall personer som har vært samtidig på Troll.



Figur 13 Antall personer som historisk har vært til stede ved Troll forskningsstasjon i sommersesongen

Vi ser at aktiviteten normalt er høyest på sensommeren, i januar og februar, som følge av driftspersonell som gjennomfører vedlikehold og logistikkoppgaver, forskere og KSAT. Mellom 2014-2019 var det maksimale belegget i gjennomsnitt på rundt 50 personer. Det kan av figuren se ut som at trenden for antall tilstedeværende er nedadgående, men det skyldes ekstraordinært høy kapasitetsutnyttelse i 2015/2016, samt færre forskere fra 2020 av grunnet koronapandemien. Den høye kapasitetsutnyttelse i februar 2015/2016, hvor det til sammen var 80 personer til stede på forskningsstasjonen, var en følge av kongebesøket i forbindelse med markeringen av 10-årsjubileet til Troll som helårsstasjon. I 2020-2021 var det i praksis ingen forskere til stede ved stasjonen som følge av koronapandemien (Norsk Polarinstitutt, 2021e), men den instrumenterte datainnsamlingen foregikk som normalt.

I periodene med høyest belegg overstiger antall brukere kapasiteten ved stasjonen, selv med få eller ingen forskere til stede. Anlegget for avløp og renseanlegg er dimensjonert for 25 personer, mens kapasiteten på spisesal, kjøkken og bredbåndskapasitet har en grense på maksimalt 30 personer (Statsbygg, 2020a, s. 16). Produksjonen av drikkevann er også lav, noe som er med på å begrense overnattingskapasiteten (Norsk Polarinstitutt, 2021a). Flere brukere enn anleggene er dimensjonert for, gir økt slitasje og risiko for overbelastning og feil på anleggene. Det gir økte

vedlikeholdskostnader og påvirker levetiden til anleggene. Lite areal har også en negativ effekt på muligheten for forskning og overvåkning samt for trivsel og sikkerhet ved stasjonen. Dette beskriver vi nærmere i kapittel 0.

3.4.3 Troll tilrettelegger ikke for forventet antall brukere i fremtiden

I foregående kapitler fant vi at dagens stasjon ikke er dimensjonert for faktisk antall brukere i høysesongen. I dette kapitlet ser vi at behovet for tilstedeværelse på Troll er ventet å øke i fremtiden, i tråd med samfunnsutviklingen beskrevet i kapittel 2.3. Slik stasjonen er utformet i dag er det ikke forsvarlig å øke antall brukere i høysesongen. Det vil si at arealenes størrelse og funksjon begrenser aktiviteten ved stasjonen, særlig ønsket økning i forskningsvirksomhet.

Norsk Polarinstittutt anslår økning fra dagens 50 til 100 brukere under topper i høysesongen

Basert på utviklingstrekkene i kapittel 2.3 forventer vi økt etterspørsel etter å bruke Troll til forsknings- og overvåkningsaktivitet i fremtiden. Ut fra intensjoner og politiske føringer forventer Norsk Polarinstittutt behov for:

- at **100** personer kan være til stede samtidig under topper i sommersesongen
- at **10** personer kan overvintre

Ifølge prognosen (Norsk Polarinstittutt, 2021h) vil forskningsrelaterte brukere utgjøre opp mot 35 personer, logistikkrelatert personell 40 personer og øvrige brukere, inkludert KSAT-ansatte, 25 personer. Belegget forventes normalt å ligge på 75 personer i sommersesongen, med kortere topper på opptil 100 personer som følge av besøk fra eksempelvis større forskningsdelegasjoner, VIP-besøk og inspeksjoner (Norsk Polarinstittutt, 2021h). Nærmere beskrivelse av prognosen finnes i vedlegg 2.

Allerede i løpet av få år forventer Norsk Polarinstittutt at det vil være opp til 20 forskningsrelaterte brukere til stede samtidig på Troll i høysesongen. Dette tilsvarer omtrent en dobling fra dagens nivå og er i hovedsak en følge av at TONE-prosjektet har fått tildelt en stor andel av de omsøkte midlene. Med forventninger om ytterligere økning i finansielle rammer til Antarktiskforskning og økt interesse fra forskere fra andre land til å bruke Troll som base for nærfeltaktiviteter, anslår Norsk Polarinstittutt at det i løpet av de neste 20 årene kan være perioder med opp mot 35 forskningsrelaterte brukere.

Større aktivitet, flere forskningsrelaterte brukere og en eventuell økning i areal og funksjoner, vil medføre økt behov for logistikkrelatert personell. På den andre siden vil en eventuell oppgradering av stasjonen medføre et lavere vedlikeholdsbehov. I et scenario hvor forsknings- og overvåkningsaktiviteten øker opp mot 35 brukere, anslår Norsk Polarinstittutt at logistikkrelatert personell periodevis vil ligge på rundt 40 personer.

Det vil fortsatt være behov for å ta imot grupper av ulik størrelse ved Troll. Normal gruppestørrelse er på rundt fem personer, men kan bli betydelig høyere ved større begivenheter. KSAT forventer at antall brukere vil holde seg stabilt på dagens nivå, på rundt 15 personer. Øvrige brukere, inkludert KSAT, forventes dermed å ligge på 15-25 personer.

Nødvendig vinterkapasitet i fremtiden avhenger av omfanget av nødvendig drift og vedlikehold av stasjonen. Som i dag forventer vi at det også i fremtiden vil være nødvendig med en basisbesetning på fem personer som ivaretar grunnleggende funksjoner (lege, kokk, mekaniker, elektriker, rørlegger). I tillegg er det behov for to forskningsteknikere. I dag er det kun en forskningstekniker som jobber 50 prosent for KSAT og 50 prosent med andre forskningsrelaterte oppgaver. Med forventninger om økt aktivitet, er ikke dette tilstrekkelig. Allerede nå, i forbindelse med TONE-

initiativet, er det behov for to forskningsteknikere i basisbesetningen. I forbindelse med spesielle kampanjer og/eller pågående datainnsamling, vil det trolig være behov for å huse ytterligere en til tre forskningsrelaterte brukere.

Fremtidig utvikling er usikker og kan bli høyere eller lavere enn Norsk Polarinstittutt antar

Bygningsmessig infrastruktur har lang levetid og KVUens analyseperiode strekker seg frem mot 2070. Det er alltid usikkerhet når vi gjør antakelser om utviklingen så langt frem i tid. Det er likevel lav usikkerhet knyttet til behovet for å ha en norsk forskningsstasjon i Dronning Maud Land. De overordnede utviklingstrekkene sannsynliggjør at dette vil være like viktig i fremtiden og at behovet trolig vil styrke seg. Dette er i tråd med forventningene til norske myndigheter (interessentmøter med KD, UD, JD, NFD). Fremtidig antall brukere av Troll er derimot usikkert og avhenger i stor grad av politiske prioriteringer og tilgang på forskningsmidler.

Mer aktivitet som følge av økt finansiering av forskning, i Norge og globalt, er den mest sentrale driveren for forventet vekst i personell ved stasjonen. Det er avgjørende at økt interesse, oppgradering av forskningsinfrastruktur (TONE) og intensjoner om økt forskning, følges opp av finansiering. I Oppfølgingsplanen etter polarevalueringen fremhever Norges forskningsråd at satsing i Antarktis gjennom oppgradering/modernisering av Troll med tilhørende forskningsinfrastruktur også må omfatte satsing på forskning som styrker Norges posisjon i Antarktis (Forskningsrådet, 2020). Videre må forskningen prioriteres opp mot andre områder i en nasjonal økonomi som blant annet skal håndtere konsekvensene av koronapandemien, omstilling fra olje til nye næringer og håndtere eldrebølgen.

Langsiktige framskrivninger for norsk økonomi er usikre. Perspektivmeldingen forventer at økonomien vil fortsette å vokse, men at det er uvisst med hvilken styrke (Finansdepartementet, 2021, kap. 2.2.6). Til tross for usikkerheten i den økonomiske utviklingen, mener vi det er rimelig å forvente at norske bevilgninger til forskning ved Troll vil prioriteres i fremtiden. Dette som en følge av Trolls betydning for Norges tyngde i Antarktissamarbeidet, kunnskapsgrunnlaget for forvaltning av bilandene og viktigheten av forskning for å løse globale klima- og miljøproblemer. Videre, som en følge av stasjonens sentrale beliggenhet i Dronning Maud Land, mener vi det er rimelig å forvente økt interesse fra forskere i andre land for opphold ved Troll. Økende oppmerksomhet fra EU rundt Antarktiskforskning kan også bidra til økt tilgang til forskningsmidler (The Arctic Institute).

Teknologisk utvikling kan redusere behovet for fysisk tilstedeværelse i fremtiden. Det gjelder håndteringen av installasjoner/instrumenter som kan gjøres heldigitale (KSAT, 2021). Denne driveren forventer vi at gir mindre utslag fordi behovet for fysisk tilstedeværelse for å drifte, vedlikeholde og drive feilretting på anleggene forventes å øke.

Norsk Polarinstittutt presiserer at prognosen de har utarbeidet i liten grad tar høyde for at noe aktivitet skjer i ulike perioder, slik at noen forlater Troll når andre ankommer. Dette vil variere fra år til år og avhenge av behovene knyttet til aktiviteten (Norsk Polarinstittutt, 2021h). Dette tilsier at behovet for samtidig tilstedeværelse kan være overvurdert. På den andre siden ser Norsk Polarinstittutt en mulig utvikling der Troll Airfield i større grad bidrar til å løse andre nasjoners behov for flylogistikk. Dette vil kunne medføre økt behov for antall logistikkrelaterte brukere. Dette er ikke tatt høyde for i beregningsgrunnlaget.

Norsk Polarinstittutt har gjort en rimelighetsvurdering av sin forventning ved å sammenlikne antall fremtidige brukere opp mot New Zealand sine planer for oppgradering av forskningsstasjonen Scott Base. Denne er dimensjonert for 100 personer, noe som tilsvarer anslaget til Norsk Polarinstittutt. Sammenlikningen er relevant siden New Zealand er et land på størrelse med Norge. New Zealand har imidlertid større nærinteresser i Antarktis enn Norge grunnet geografisk plassering, og har ikke nasjonale interesser som skal ivaretas i Arktis i tillegg, noe som gjør det rimelig å forvente et høyere aktivitetsnivå. I tillegg har de begrenset med fjernfeltaktiviteter, noe som tilsier at mer personell oppholder seg på stasjonen over lenger tid. På den andre siden ligger Scott Base ved kysten og det newzealandske antarktiske programmet bruker amerikansk logistikk for frakt av personell. Dette krever mindre logistikkpersonell enn for en base som Troll, som ligger langt fra iskanten. Sett under ett mener vi at dimensjoneringen av Scott Base er et relevant referansegrunnlag som viser at anslagene til Norsk Polarinstittutt virker rimelige.



Figur 14 New Zealands planlagte Scott Base. Tolv separate bygg erstattes av tre sammenkoblede bygg. Kilde: www.scottbaseredevlopment.govt.nz/project

Vi har utarbeidet tre scenarier for utviklingen antall brukere av Troll

Vi har utarbeidet tre scenarier for fremtidig antall brukere av Troll: lav, forventning og høy. Scenariene løper fra rundt 2030 til rundt 2070 og viser maksimalt antall brukere som vil være til stede under topper i sommersesongen og som vil overvintre. I praksis forventer vi at maksimalt antall brukere vil variere fra år til år. Det gjennomsnittlige belegget vil også ligge lavere enn under toppene. Scenariene viser et utfallsrom på 65 til 135 personer i sommersesongen, og mellom 10 og 12 personer i vintersesongen. I dag er ikke Troll dimensjonert for den fremtidige veksten i antall brukere, selv ikke i den lave prognosen.

I **forventningsscenarioet** legger vi til grunn prognosen fra Norsk Polarinstittutt som ble beskrevet tidligere i kapitlet (Norsk Polarinstittutt, 2021h). Sammenliknet med den historiske bruken, innebærer dette scenarioet omtrent en dobling av belegget under topper i sommermånedene og nesten en dobling av vinterbesetningen. Dette scenarioet er basert på konkrete planer knyttet til TONe-initiativet, men forutsetter også ytterligere økning i finansiering av Antarktiskforskning, samt økt interesse fra andre land til å bruke Troll som base for feltaktivitet.

I **lavscenarioet** har vi lagt til grunn Norsk Polarinstittutt sitt konservative anslag for utviklingen i antall brukere (Norsk Polarinstittutt, 2021i). I dette scenarioet legger vi til grunn at bevilgninger til forskning holder seg på dagens nivå eller øker noe, men tar høyde for økningen i antall brukere som følge av TONe. Vi legger imidlertid til grunn en svakere økning i fremtidig nærfeltaktivitet enn i forventningsscenarioet. Som en følge av lavere aktivitet på forskningssiden, forventer vi at andel logistikkrelatert personell vil være lavere enn i forventningsscenarioet. Vi legger til grunn at personell innen logistikk videreføres på det historiske nivået, på rundt 30 personer. Vi forventer fortsatt behov for å ta imot grupper av ulik størrelse i lavscenarioet og legger til grunn at antall samtidig besøkende ligger på fem personer. Dette er konservativt da gruppene trolig vil være større enn dette ved store begivenheter. Også i sin konservative prognose mener Norsk Polarinstittutt at behovet for vinterbesetning vil være opp mot ti personer. Allerede med TONe er det som nevnt behov for to forskningsteknikere i basisbesetningen. Ved særskilte kampanjer er det videre rimelig å anta behov for en til tre forskere i tillegg.

I **høyscenarioet** har vi forenklet justert forventningsscenarioet opp med 20 prosent. Høyscenarioet skal fange opp behovet som vil oppstå dersom større midler delegeres til Antarktisforskning, nasjonalt og/eller internasjonalt. Scenarioet tar også i større grad høyde for at det kan komme til nye brukere vi ikke kjenner til i dag og tilrettelegger i større grad for besøk fra større grupper. Vi vurderer det som mindre sannsynlig at dette scenarioet inntreffer.

Tabell 3 Maks antall samtidig brukere under topper i sommersesongen

	Lav	Forventning	Høy
Forskning	20	35	42
Logistikk	30	40	48
Andre	20	25	30
Sum	70	100	120

Tabell 4 Maks antall brukere som overvintrer

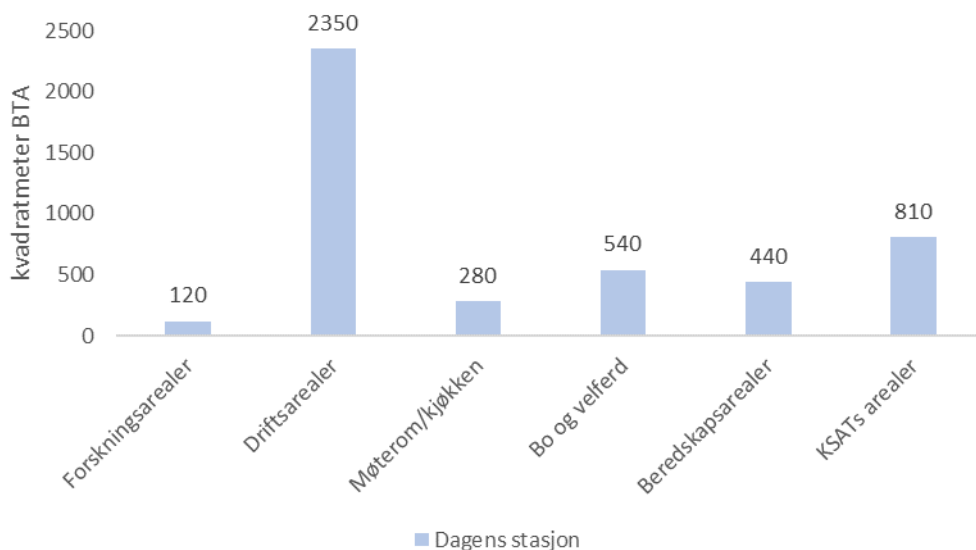
	Lav	Forventning	Høy
Forskning	5	5	6
Logistikk	5	5	5
Andre	0	0	1
Sum	10	10	12

3.5 Lite areal og manglende funksjoner begrenser forskning ved Troll

Forskningsvirksomheten ved Troll begrenses av mangler i den bygningsmessige infrastrukturen. I tillegg til kapasitetsbegrensningene beskrevet i forrige kapittel, er det store mangler i funksjonsarealet. Blant annet mangler laboratorier, møterom, arbeidsplasser og areal for forberedelse og etterarbeid etter feltaktivitet samt areal for tilfredsstillende oppbevaring av prøver. Dette hindrer utføring av forskning av det omfang og kvalitet som er ønskelig ved Troll.

3.5.1 Drifts- og beredskapsareal utgjør 60 prosent av bygningsmassen ved Troll

I kapittel 2.2.1 så vi at den samlede bygningsmassen ved Troll forskningsstasjon utgjør i underkant av 4.550 m² BTA. Figur 15 viser en oversikt over arealene ved Troll inndelt etter funksjon. Fordi Troll ligger isolert til i et værhardt klima må stasjonen være selvforsynt med alt av materiale og forsyninger som kreves for å drifte stasjonen over lengre perioder. Dette forklarer hvorfor drifts- og beredskapsarealene utgjør en stor andel, rundt 60 prosent, av de samlede arealene. KSAT leier i overkant av 800 kvadratmeter av Norsk Polarinstitutt knyttet til satellittdriften. Videre utgjør bo- og velferdsarealer rundt 540 kvadratmeter, mens møterom/kjøkken og forskningsarealer utgjør henholdsvis 280 og 120 kvadratmeter. Kategorien møterom/kjøkken består av et møterom på rundt 30 kvadratmeter og en messe på 50 kvadratmeter. Resten av arealet er knyttet til kjøkken med tilhørende lagerfasiliteter.



Figur 15 Arealfordeling i dagens stasjon etter funksjon

3.5.2 Forskningsarealet er mangelfullt, noe som begrenser forskningsaktiviteten ved Troll

Troll ble opprinnelig etablert som en liten sommerstasjon som støtte for forskning i felten. En enkel laboriemodul fulgte med, men ble fjernet noen få år senere da den ble lite brukt. Da Troll ble oppgradert til en helårsstasjon i 2005 var feltbasert forskning fortsatt hovedaktiviteten, og det ble lagt begrenset vekt på å tilrettelegge for forskning ved selve stasjonen. En laboriemodul som kom til under oppgraderingen til helårsstasjon, ble senere omgjort til annen bruk.

Norsk Polarinstittutt erfarer at behov for bedre forskningsfasiliteter over tid har blitt nedprioritert til fordel for akutte logistikk- og driftsbehov. Videre har det vært begrensede finansieringsmuligheter for forskning i Antarktis og tildelte midler har i stor grad gått til store feltprosjekter. Dette har bidratt til å holde nede presset om å oppgradere forskningsfasilitetene (Norsk Polarinstittutt, 2021j).

Forskningsarealer til observasjoner, målinger og annet forskningsarbeid utgjør rundt 120 kvadratmeter BTA, noe som utgjør rundt tre prosent av bygningsmassen. NILU benytter en isolert container med to kontorplasser, mens 12 kvadratmeter i hovedstasjonen er avsatt til gjestekontor med to arbeidsplasser. Sistnevnte deles med logistikkpersonell. Resterende areal er lager. Forskere er derfor henvist til å bruke messen som arbeidsplass, noe som gjør konsentrasjonsarbeid utfordrende. Messen har ikke tilrettelagte arbeidsplasser, brukerne må flytte seg i forhold til måltider, og ergonomien er ikke tilfredsstillende.

Mangel på kontorer, hvor forskere og forskningsteknikere kan arbeide, er problematisk fordi langvarige opphold på Troll i forbindelse med overvåkningsaktiviteter krever tilrettelegging for kontorarbeid. I tillegg har stasjonen verken tørr- eller våtlaboratorium og det mangler plass til å ivareta og opparbeide prøver. Videre mangler egnede områder for forberedelser til og etterarbeid etter feltaktivitet og hensiktsmessig lagring av utstyr til forskerne, herunder kjøll og frys for lagring av innsamlede prøvemateriale. Til slutt mangler også et dedikert computer- og serverrom for overvåkningsinstrumentene ved stasjonen (Norsk Polarinstittutt, 2021j, s. 2).

Mangelfulle og ikke-eksisterende forskningsarealer begrenser forsknings- og overvåkningsaktiviteten ved Troll og gjør det mindre attraktivt eller ikke mulig for forskere å gjennomføre prosjekter ved stasjonen. Dette har en negativ effekt på mengden og kvaliteten på

forskning som utføres på og ut fra Troll. Vi finner at arealene ikke i tilstrekkelig grad understøtter samfunnsbehovene knyttet til forskning, beskrevet i kapittel 2.3.1.

Som følge av manglene i forskningsfasiliteter, har flere interessenter pekt på at Troll er en «driftsstasjon» heller en «forskningsstasjon». Dette er problematisk siden forskning er fundamentet for samarbeidet under Antarktistraktaten og for norsk forskningspolitikk. I 2012 analyserte to britiske forskere aktiviteten til land med stemmerett i traktatsystemet. De fant at Norge var en aktiv aktør med tanke på å utforme politikk i Antarktis, men hadde stort potensiale for å være mer aktiv innen forskning og overvåking (Dudeney & Walton, 2012).

3.6 Lite velferdsareal kombinert med plassmangel påvirker brukernes trivsel

Manglene i bo- og velferdsareal har en negativ effekt på trivselen til brukerne av Troll, noe som igjen kan påvirke helsen til brukerne, arbeidsutførelse og sikkerheten ved stasjonen. Det kan medføre at intensjonene i arbeidsmiljøloven ikke er oppfylt ved stasjonen.

Velferdsarealet ved Troll er lite sett opp mot antall brukere i høysesongen. Det er mangel på oppholdsrom og gode treningsfasiliteter. Kantinen har videre presset kapasitet, noe som er løst ved at det tidvis må spises i puljer.

Bo- og velferdsarealene utgjør rundt 540 kvadratmeter BTA. Av dette står sovemoduler for ca. 385 kvadratmeter, toalett/hygiene-fasiliteter²¹ står for 100 kvadratmeter, treningsrom 20 kvadratmeter, mens velferdsrom er på 30 kvadratmeter. Når det er 50 personer til stede, er det gjennomsnittlig rundt elleve kvadratmeter bo- og velferdsareal tilgjengelig per bruker. Av dette utgjør sovearealer åtte kvadratmeter og toalett/hygiene-fasiliteter to kvadratmeter. Da er det en kvadratmeter igjen til velferds- og treningsrom. Inkluderer vi messen også, som et arbeids- og spiseareal, så er det to kvadratmeter tilgjengelig per person. Denne regneøvelsen synliggjør at velferdsarealet er lite.

Lite plass og mangel på gode velferdsarealer har ifølge Norsk Polarinstittutt en negativ effekt på det psykososiale miljøet, som igjen påvirker trivselen og potensielt helsen til brukerne av Troll. Dette kan igjen påvirke effektiviteten i arbeidet og i verste fall øke ulykkesrisikoen. I kapittel 2.4.2 så vi at arbeidsmiljøloven har som formål å sikre at arbeidstakere har full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger. Manglene i de fysiske bo- og arbeidsforholdene på Troll kan medføre at intensjonen i arbeidsmiljøloven ikke oppfylles. Denne problemstillingen er særlig relevant for personell som har langtidsopphold på stasjonen, noe som omfatter logistikkrelaterte brukere og forskningsrelaterte brukere innen overvåkning og nærfelt.

3.7 Sikkerhetsdesignet ved Troll er mangelfullt og gir risiko for tap av verdier

I medhold til kravene i sikkerhetsloven er to av personene i overvintringsteamet ved Troll sikkerhetsklarert, i tillegg til enkelte ansatte hos Norsk Polarinstittutt som ivaretar KSATs tjenester. Overholdelse av ISO-standarden og strengere krav til beskyttelse av verdier i medhold av sikkerhetsloven, beskrevet i kapittel 2.4.2, er utfordrende som følge av utformingen av og plassbegrensningene på stasjonen. Ved sikkerhetsdesignet er det særlig manglende fysisk soneinndeling mellom ulike virksomheter, skjerming for allmenn ferdsel til enkelte områder (f.eks. kraftstasjonen) og sikring av IKT ved adskilt serverrom som er av betydning. Noe av årsaken til manglene i sikkerhetsdesign er at det ikke ble brukt tilstrekkelig ressurser på å utforme stasjonen med et gjennomgående design som gir forsvarlig sikring av verdier. Mangelfullt sikkerhetsdesign

²¹ Toalett, dusj, garderobe, vaskerom og badstue

kan medføre tap av immaterielle verdier som er av betydning for samfunnet og brudd på sikkerhetsloven.

3.8 Spredt bygningsmasse utgjør en sikkerhetsrisiko

I kapittel 2.2.1 så vi at bygningsmassen er spredt over ca. 10 bygg. At personell må bevege seg mellom bygg under dårlig vær, innebærer en sikkerhetsrisiko. Plasseringen er også lite effektiv for den interne logistikken, for eksempel er containerlageret plassert langt unna hovedstasjonen (Norsk Polarinstitutt, 2021a, s. 2). Sikkerhetsrisikoen den spredte bebyggelsen utgjør og effektiviseringspotensialet en mer samlet bygningsmasse kan gi, vurderer vi ikke som et prosjektutløsende behov i seg selv, men et problem som bør vurderes løst når tiltak først vurderes.

4 Behovsanalyse

Behovsanalysen skal beskrive bredden i de aktuelle konkrete behov knyttet til problembeskrivelsen, vurdert i et overordnet samfunnsperspektiv. Analysen må inneholde en vurdering i styrken i de ulike behovene og hvilke behov som skal legges til grunn for den videre utredningen. Den skal også inneholde en kartlegging av relevante interessenter. (Finansdepartementet, 2019)

De overordnede samfunnsbehovene diskuterte vi i kapittel 2.3, mens relevante lover, regler og politiske mål ble beskrevet i kapittel 2.4. I dette kapittelet går vi nærmere inn på det «operasjonelle» behovet. Med det mener vi en nærmere spesifisering av hvilke ytelser fremtidige løsninger bør ha for å redusere problemet og utløse ønskede virkninger. Vi gjennomfører også en interessentanalyse.

Med utgangspunkt i problemanalysen i kapittel 3 og de overordnede samfunnsbehovene, finner vi at følgende behov er relevante for oppgradering av Troll forskningsstasjon:

1. Det er behov for å videreføre Troll som en helårs forskningsstasjon med høy driftssikkerhet
2. Det er behov for gode og funksjonelle forskningsarealer
3. Det er behov for å dimensjonere Troll for forventet antall brukere
4. Det er behov for en miljøvennlig forskningsstasjon
5. Det er behov for et godt sikkerhetsdesign
6. Det er behov for gode bo- og velferdsarealer

Behovene er stilt opp i prioritert rekkefølge. Det første behovet skiller seg fra behov 2-6 ved at det retter seg inn mot tiltak som er nødvendig for å hindre nedleggelse av Troll forskningsstasjon. Det er altså et behov som handler om «å være, eller ikke være» til stede i Antarktis med en norsk forskningsstasjon. Behov 2 til 6 handler om hvilke ytelse en fremtidig stasjon bør ha for å redusere de identifiserte problemene og for å gi ønskede nytteeffekter. Tilfredsstillelse av disse behovene vil gjøre Troll til en moderne forskningsstasjon som sikrer robust norsk tilstedeværelse i Antarktis gjennom forskning.

4.1 Behov for å videreføre Troll som en helårsstasjon med høy driftssikkerhet

De store samfunnsinteressene knyttet til norsk tilstedeværelse i Antarktis, og de tilhørende store negative konsekvensene av å stenge ned Troll forskningsstasjon, medfører at det er behov for tiltak for å sikre en forsvarlig videreføring av en helårsstasjon i Dronning Maud Land. En forsvarlig videreføring innebærer at stasjonen må være i god stand, ha høy driftssikkerhet og kunne være selvforsynt over lengre perioder. Energiløsningen bør være redundant og ha høy oppetid. Spesifikt bør tiltak innrettes slik at KSAT kan innfri krav til en oppetid på over 99,5 prosent. Videre bør den bygningsmessige infrastrukturen og brukerutstyr tilrettelegges for at god medisinsk beredskap er slik at liv og helse ivaretas på en trygg måte ved ulykkeshendelser/sykdom.

For å unngå negative konsekvenser av å måtte stenge ned hele eller deler av den verdiskapende virksomheten ved Troll og for å sikre overholdelse av internasjonale forpliktelser knyttet til forskning og romvirksomhet, vurderer vi at det som et minimum er behov for arealer og funksjoner som sikrer en forsvarlig videreføring av dagens aktivitetsnivå. Stasjonen bør ha en nødstasjon som kan benyttes ved behov for evakuering av hovedstasjonen. Denne må ha god medisinsk beredskap og som et minimum være dimensjonert og tilstrekkelig utstyrt for å kunne huse overvintringsteamet trygt gjennom 2-3 måneder i vintersesongen. De spesifikke behovene knyttet til nødstasjonen er nærmere beskrevet i vedlegg 4.

Hvordan hovedinfrastrukturen bør dimensjoneres og hvilke funksjoner det er behov for, utover dagens nivå, beskriver vi nærmere i påfølgende kapitler. Selv om hovedhensikten til stasjonen er forskning, kreves det store ressurser og areal for å legge til rette for forskningsarbeid. Det samme gjelder tilrettelegging for satellittvirksomhet. Dette dreier seg i hovedsak om drift av stasjonen, beredskap og bo- og velferd. I vedlegg 4 gir vi en oversikt over drifts- og beredskapsbehovene som bør dekkes for å sikre forsvarlig drift. Bo- og velferdsarealene beskriver vi nærmere i kapittel 4.6.

4.2 Det er behov for gode og funksjonelle forskningsarealer ved Troll

Problemanalysen viste at forskningsarealene er små og mangelfulle, og de fleste forskningsfunksjonene ikke-eksisterende. Dette vanskeliggjør og begrenser forskningsaktiviteten på og ut fra Troll. Fasilitetene må oppgraderes for at Troll i fremtiden skal understøtte Norges oppfølging av internasjonale forpliktelser og den nasjonale Antarktis- og forskningspolitikken samt bidra til å møte den forventede voksende etterspørselen etter Antarktisforskning som ble beskrevet i kapittel 2.3.1 og 3.4.3. Behovet er derfor høyt prioritert.

Konkret er det behov for gode forskningsfasiliteter som understøtter feltarbeid, målinger og tilrettelegger for forskning på selve stasjonen. Norsk Polarinstitutt beskriver følgende funksjoner som nødvendige for de fleste forskningsgrupper: Laboratorier, kontorer, møterom, feltforberedelsessone, frys/kjøøl, lagerfasiliteter (oppvarmet og kaldt), vaske og tørkerom, verksted, dedikert rom for datamaskiner for overvåkningsinstrumenter og serverrom (Behovsbeskrivelse forskerfasiliteter, NP, 2021). Disse funksjonene er nærmere beskrevet i vedlegg 4.

Hvor mange møterom og arbeidsplasser det er behov for, og hvor store øvrige funksjoner bør være, avhenger av hvor mange forskere som vil være til stede på Troll i fremtiden. Dette behovet er usikkert og beskrives nærmere i kapittel **Feil! Fant ikke referanse-kilden..**

4.3 Det er behov for å dimensjonere Troll for forventet antall brukere

I kapittel 3.4 fant vi at forskningsaktiviteten ved Troll i dag begrenses av manglende forskningsarealer og at stasjonen ikke er dimensjonert for antall brukere i høysesongene. Problemet vil vokse seg større i fremtiden ettersom samfunnstrendene peker i retning av økt aktivitet i Antarktis og antall brukere av Troll. Vekst i forskningsaktiviteten gir økt behov for plass til å huse både forsknings- og logistikkrelatert personell. Videre vil det fortsatt være behov for at Troll kan ta imot grupper av ulike størrelser. Det kan også komme til nye brukergrupper vi ikke kjenner i dag. Vi forventer ikke vekst knyttet til KSAT sin virksomhet.

Tabell 5 Maksimalt belegg under topper i sommer- og under vintersesongen

	Sommer	Vinter
Lav	70	10
Forventning	100	10
Høy	120	12

Samlet finner vi behov for å øke dimensjoneringen av Troll. Hvor mange brukere Troll bør dimensjoneres for, er usikkert og avhenger av politiske prioriteringer, forskningsprioriteringer og tildeling av midler til forskning. Vi har utarbeidet tre scenarier for antall fremtidige brukere, som oppsummert i **Feil! Fant ikke referanse-kilden..** Scenariene og usikkerhetsdriverne er nærmere diskutert i kapittel 3.4.3. Antall fremtidige brukere påvirker den overordnede dimensjoneringen av

stasjonen, herunder størrelse på forskningsareal, drifts- og beredskapsareal samt bo- og velferdsareal.

4.4 Det er behov for å ha en miljøvennlig forskningsstasjon i Antarktis

Problemanalysen viste at det er behov for å redusere klimautslipp og lokal luftforurensning ved Troll forskningsstasjon, særlig knyttet til frakt og forbrenning av diesel. I tillegg er det behov for å heve miljøstandarden til bygningsmassen. Oppfyllelse av disse behovene er viktig for å sikre at Troll i fremtiden driftes med «minst mulig påvirkning på miljøet». Det er også viktig for å sikre at oppgraderingen av Troll er i tråd med Antarktismeldingen, hvilket slår fast at «miljøomsyn skal vere ein integrert del av verksemda og vege tungt i vurderingane når det skal etablerast ny infrastruktur». Videre er det avgjørende for Norges omdømme i Antarktistraktatsystemet. Behovet for en miljøvennlig forskningsstasjon er derfor høyt prioritert.

Norsk Polarinstitutt observerer at grønne løsninger blir vektlagt for forskningsstasjonene som nå oppgraderes i Antarktis. Signaleffekten av å oppgradere til en moderne og energivennlig stasjon er viktig og valg av løsning for energiforsyningen blir særlig lagt merke til når «Environmental Impact Assessment» for nye investeringer skal vurderes i traktatsystemet (Prosjektråd, 2021). Samtidig er det viktig å balansere behovet for en miljøvennlig energi med hensynet til forsyningssikkerhet.

4.5 Det er behov for et godt sikkerhetsdesign

For å unngå tap av verdier, er det behov for et gjennomført sikkerhetsdesign ved Troll. Den bygningsmessige infrastrukturen bør tilrettelegge for at informasjon kan skjermes fra uautoriserte parter og at autoriserte brukere har tilgang på informasjonen når det behøves. EUs referansestasjon i Galileo-systemet må sikres i medhold til kravene i sikkerhetsloven. Nærmere bestemt er det behov for fysisk soneinndeling mellom ulike virksomheter, skjerming for allmenn ferdsel til områder med kritiske funksjoner, slik som kraftstasjonen, samt sikring av sensitiv informasjon ved å ha adskilte serverrom.

4.6 Det er behov for gode bo- og velferdsarealer ved Troll

Gode bo- og velferdsarealer er avgjørende for trivselen, helsen og sikkerheten til brukerne av Troll. Bokvaliteten påvirker på denne måten også utførelsen av arbeidsoppgaver og hvor attraktivt det er for forskere og annet personell å oppholde seg på Troll. Siden brukere ofte oppholder seg på Troll over flere uker og måneder, er det behov for både gode sosiale soner og soner hvor det er mulig for personell å trekke seg tilbake for hvile og egentid. Konkret er det identifisert behov for soverom, kjøkken, spiserom, toaletter/dusj, vaskeri, garderober, velferdsrom, allrom (stort møterom) og treningsrom. Det er også ønskelig med tilgang til sauna og badestamp.

4.7 Interessentanalyse

Interessentanalysen er en kartlegging som avdekker hvilke interesser som berøres av og kan påvirke utredningen, deres preferanser og behov, og mulige interessekonflikter. Interessentene er delt inn i to grupper, primærinteressenter og sekundærinteressenter. Primærinteressenter er aktører som har behov knyttet direkte til bruk av dagens fasiliteter, eller til endringer i disse. Sekundære interessenter er aktører som blir indirekte berørt av prosjektet gjennom positive og/eller negative sideeffekter. Interessentanalysen baserer seg hovedsakelig på intervjuer med de berørte aktørene. For noen utvalgte sekundærinteressenter har behovene blitt kartlagt gjennom møter.²²

²² Se vedlegg 3 for oversikt over intervjuer og møter med interessentene.

4.7.1 Interessentene har synspunkter som støtter behovet for et større tiltak

Tabell 6 gir en oppsummering av de viktigste behovene som er identifisert. Interessentenes behov er i stor grad sammenfallende og underbygger behovet for å få på plass en mer moderne helårsstasjon som er driftssikker, miljøvennlig, bedre tilrettelagt for forskning og med gode boforhold. Det er stor enighet om betydningen av et redusert miljø- og klimafotavtrykk, samt behovet for forskning, satellittdata og lange tidsserier fra dette geografiske området.

Flere interessenter innen forskning ønsker å øke sin bruk av stasjonen, men oppgir at dette begrenses av dagens kapasitet og økonomiske forhold. Det vises til at tilslag som følger med TONE-initiativet vil forsterke dette behovet, sammen med ønsker om økt tilrettelegging også for utenlandske gjesteforskere.

Tabell 6 Interessentanalyse

Interessentgruppe	Relasjon til prosjektet	Behov og interesser i prosjektet	Grad av innflytelse
Brukere av Troll forskningsstasjon			
Kongsberg Satellite Service AS (KSAT)	Bruker, eier og drifter antennepark og leier areal/tjenester fra NP	Driftssikker energitilførsel med god kvalitet for dataoverføring og samband, areal til instrumenter og drift (som i dag), og sikker lagring av data. Gode boforhold (fast tilstede sommer). Krav til oppetid 99,5 % eller mer, også i byggeperioden.	Middels
Meteorologisk Institutt	Mottaker av meteorologisk data (to stasjoner som eies og driftes av NP)	At meteorologiske stasjoner i liten grad flyttes, fortsatt ligger litt unna Troll, og at data kan innhentes også i byggeperioden.	Liten
NORSAR	Eier og drifter seismisk målestasjon	Opprettholde seismisk målestasjon (instrumenter i terreng ved Troll). Driftssikker energitilførsel for instrumentene/stasjonen. Lite til stede i dag. Del av TONE-initiativet. Behov for strømtilførsel, enkelt verksted, muligens årlig vedlikeholdsbesøk (1-2 pers). Dyrt å besøke Troll.	Liten
Norsk institutt for luftforskning (NILU)	Bruker, eier og drifter observatorium, forskningsprosjekter Direkte berørt av konseptvalg Partner i TONE	Driftssikker energitilførsel og internett fra Troll til observatorium. Gode boforhold (tilstede ca. en mnd. sommer) og lagring, og mulighet for kontorareal. Behov for å redusere lokal luftforurensning b.a. fra dieselaggregat som ødelegger for målinger. Ønsker ikke utbygging i Mimelia, eller nærmere observatoriet, påvirker/ødelegger for målingen.	Middels
Norsk polarinstitutt (NP)	Drifter og hovedbruker (forskning)	Tidsmessig, miljøvennlig, driftseffektiv og sikker stasjon med egnet og tilstrekkelig areal og funksjoner til forskning, overvåking og feltarbeid, og gode boforhold (fast til stede sommer og vinter).	Stor
Universitetet i Bergen (UiB)	Bruker, forskningsprosjekter Samarbeid med NP ved Fimbulisen. Partner i TONE	Moderate behov ved stasjonen: tilstrekkelig forskningsareal (laboratorium), og tilstrekkelig areal for overnatting og dusj (ved feltoppdrag, ikke hvert år). Ønske om utstyr: mobile feltstasjoner, droner, mulighet helikopter. Opprettholde langtidsserier.	Liten
Universitetet i Oslo (UiO)	Bruker, forskningsprosjekter Eier og drifter observatorium for målinger av ionosfære og romvær. Partner i TONE	Driftssikker energitilførsel for observatorium og instrumenter. Stasjon med egnet og tilstrekkelig areal til forskning/feltarbeid (spesialiserte laboratorier og verksted – reduserer også fraktbehov), og gode boforhold (tilstede en mnd. sommer for drift, og feltoppdrag (ikke siste årene). Ionosfærisk observatorium på Sofietoppen kan ikke ha lysforurensning. Det er viktig at ny stasjon ikke gir kunstig lys på Sofietoppen. I forbindelse med TONE skal det etableres nye ionosfæriske instrumenter ca 200 meter fra stasjonen og en container med	Liten

		elektronikk. Sistnevnte bør ligge litt unna stasjonen pga. mulige forstyrrelser. Så lenge ny stasjon bygges på nåværende lokasjon er det ikke et problem. Dersom ny stasjon bygges mot nord eller nord-øst fra dagens lokasjon, bør det hensyntas.	
Andre interessenter			
Justis- og beredskapsdepartementet (JD)	Juridisk ansvar for de norske bilandene i Antarktis, ansvar for Polarutvalgsinstruksen ²³	Sikre tilstedeværelse som gir tilgang til informasjon om aktivitet i norske biland og muligheten til å føre tilsyn med overholdelse av norsk lov.	Stor
Klima- og miljødepartementet (KLD)	Eierdepartement og etatsstyrer for NP, oppdragsgiver for prosjektet	Tidsmessig, miljøvennlig, driftseffektiv og -sikker stasjon med egnet og tilstrekkelig areal til forskning/feltarbeid, og gode boforhold.	Stor
Kommunal- og distriktsdepartementet (KDD)	Eierdepartement for Statsbygg og ansvarlig for statlig bygg og eiendomspolitikk	At utredningen skjer etter gjeldende instruks, med god kvalitet og tiltak som er samfunnsnyttige og rasjonelle.	Stor
Kunnskapsdepartementet (KD)	Ansvar for polarforskning, bevilgninger til polarforskning i Forskningsrådet går blant annet via deres budsjetter.	Sikre norsk forskning og internasjonale forpliktelser innen forskning i Antarktis gjennom en moderne, miljøvennlig og forskningsbasert helårsstasjon. Behov for økt forskningsandel og finansiering av prosjekter i Antarktis.	Stor
Nærings- og fiskeridepartementet (NFD)	Ansvar for norsk romvirksomhet, etatsansvar for Norsk Romsenter og forvalter Space Norway AS som eier 50 % i KSAT.	Sikre norske næringsinteresser og internasjonale avtaleforpliktelser innen romvirksomhet (satellittvirksomhet) gjennom en driftssikker helårsstasjon.	Stor
Norges forskningsråd	Finansierer norsk polarforskning	Stasjon med egnet og tilstrekkelig areal til forskning/feltarbeid, og som sikrer god logistikk. Dyr stasjon kan medføre mindre forskningsmidler.	Liten
Norsk Romsenter	Etat under NFD. Fremmer og ivaretar norske interesser innen romvirksomhet	Stasjon som gir sikker helårsdrift av satellittinfrastrukturen ved Troll. Viktig med trygg strømforsyning og at EUs referansestasjon i Galileo-systemet driftes i henhold til krav i sikkerhetsloven og internasjonale avtaler.	Liten
Statsbygg	Eier av stasjonen, utreder KVU, og gjennomfører et eventuelt byggeprosjekt	Utredningen gjennomføres i tråd med gjeldende instruks og legger riktige premisser for videre prosjektutvikling.	Middels
Storting/regjering	Regjeringen beslutter konsept. Stortinget bevilger investerings- og driftsmidler for tiltaket og fastsetter kostnads- og styringsramme.	Konsepter utarbeides i tråd med politiske føringer for Antarktis-, forsknings- og rompolitikken samt for arealforvaltning. At et eventuelt investeringstiltak gjennomføres innenfor bestemt tid, kost og kvalitet i et porteføljeperspektiv At tiltaket oppfattes som samfunnsnyttig	Stor
Utenriksdepartementet (UD)	Konstitusjonelt ansvar for Antarktispolitikken og deltagelse i Antarktistraktatsystemet. Koordinerer departementer med sektoransvar.	Sikre norske interesser som sentralt Antarktislend, som kravshaver og opprinnelig part i Antarktistraktaten, ivareta internasjonale forpliktelser og sikre grunnlaget for en kunnskapsbasert og relevant helhetlig antarktispolitikk, hvor forskningsvirksomhet står sentralt, gjennom tilstedeværelse med en moderne, miljøvennlig og forskningsbasert helårsstasjon.	Stor

4.7.2 Interessentene er i stor grad samstemte om behovet for en oppgradert stasjon

Interessentene er samstemt i behovet for en oppgradert stasjon, men det er registrert enkelte mer spesifikke områder der det er noe motstridende syn.

- NILU har behov for ren luft for sine målinger, med minst mulig påvirkning av lokal luftforurensing. Forurensing fra øvrig aktivitet må derfor holdes på et absolutt minimum. NILU påpeker at betydelig økning i trafikk via Troll potensielt kan komme i konflikt med deres forsknings- og overvåkningsaktiviteter med hensyn til muligheten til å studere

²³ Leder Polarutvalget og har ansvar for å samordne polarsaker i forvaltningen. [Instruks for behandling av polarsaker og for Det interdepartementale polarutvalg \(polarutvalgsinstruksen\) - Lovdata](#)

verdens reneste luft. Det vil også kunne være uheldig for annen forskning, som f.eks. miljø, fugl og stråling.

- Norges forskningsråd påpeker at brukere av Troll betaler selvkost. Jo dyrere stasjonen er, desto dyrere blir kostnad per forsker. Norsk Polarinstitutt understreker imidlertid at størrelsen på investeringskostnaden ikke vil påvirke nivået på selvkost.
- En investering må følges av forskningsmidler, men det pågår også andre viktige forskningsprosjekter utenfor Dronning Maud Land i Antarktis som ikke har utgangspunkt ved Troll.
- Høye miljøambisjoner må ses opp mot hva som er gjennomførbart.
- Ønsker om at det bygges med høy kvalitet, men samtidig ikke blir dyrt og gir høy husleie og priser for opphold.

5 Strategiske mål

På bakgrunn av problem- og behovsanalysen skal vi definere mål som konseptene vi vurderer skal bidra til å nå. Samfunnsmålet skal beskrive den positive tilstanden eller utviklingen som konseptene skal bygge opp under. Det er knyttet til tiltakets virkninger for samfunnet og skal gi den overordnede begrunnelsen for tiltaket. Effektmålene beskriver ønskede virkninger for brukerne av tiltaket. (Finansdepartementet, 2019).

5.1 Samfunnsmål: forskning av høy kvalitet og som støtter norske interesser

Samfunnsmålet beskriver nytten som ønskes oppnådd for samfunnet og skal angi retning og ambisjon for utvikling av Troll forskningsstasjon. En realisering av samfunnsmålet må til en viss grad kunne tilbakeføres til prosjektet (Finansdepartementet, 2019).

Følgende mål trekkes opp for norsk Antarktiskforskning (Utenriksdepartementet 2015, s. 35-37):

- Utnytte forskning og norske fordeler i Antarktis til å styrke Norge som polarnasjon
- Støtte opp under og gi premisser for norsk forvaltning og aktivitet i Antarktis
- Medvirke til innhenting av helhetlig kunnskap om de globale klima- og miljøendringene, blant annet ved å utnytte synergien mellom polarforskning i sør og nord
- Skaffe til veie forskningsbasert kunnskap som medvirker til at Norge på best mulig måte styrker og oppfyller pliktene våre som traktatpart.

Samfunnsmålet for utviklingen av Troll forskningsstasjon er beskrevet i Tabell 7. I tråd med norsk Antarktis- og forskningspolitikk, og samfunnsbehovene utdypet i kapittel 2.3, er det ønskelig at Troll fasiliterer forskning av høy internasjonal kvalitet om de globale klima- og miljøendringene og sikrer norsk tilstedeværelse og kunnskapsutvikling som understøtter Norges forpliktelser og styrker vår rolle som part til Antarktistraktaten.

Tabell 7 Samfunnsmålet for utviklingen av Troll forskningsstasjon

Forskning i Antarktis ved Troll gir kunnskap av høy internasjonal kvalitet om de globale klima- og miljøendringene. Norsk tilstedeværelse og kunnskapsutvikling i Antarktis understøtter Norges forpliktelser og styrker vår rolle som traktatpart.

5.2 Effektmål: trygge lokaler som sikrer helårlig tilstedeværelse og forskning

Effektmålene definerer hvilke virkninger tiltaket skal føre til for brukerne. De skal være prosjektspesifikke og utformet slik at de beskriver relevante egenskaper ved den ønskede tilstanden etter gjennomføring av tiltaket. Videre skal de bygge opp under samfunnsmålet slik at oppnåelse av effektmålene bidrar til oppnåelse av samfunnsmålet. Effektmålene bør derfor si noe om hvordan konseptene skal bidra til at Troll forskningsstasjon kan tilby forskning av høy internasjonal kvalitet om de globale klima- og miljøendringene og understøtte Norges forpliktelser og styrke vår rolle som traktatpart. Effektmålene skal videre prioriteres og eventuelle målkonflikter identifiseres (Finansdepartementet, 2019).

5.2.1 Trygge fasiliteter som sikrer tilstedeværelse og forskning er høyest prioriterte mål

KVUens effektmål er beskrevet i Tabell 8 og oppstilt i prioritert rekkefølge. Prioriteringen følger av funnene i behovsanalysen.

Å ha trygg norsk tilstedeværelse ved Troll gjennom hele året står først fordi det er viktig for Norge som Antarktisasjon og en forutsetning både for forsknings- og satellittvirksomheten ved stasjonen. Det innebærer at sikkerheten til personell på Troll til enhver tid ivaretas, lav nedetid på kritiske systemer og beredskap i tilfelle nødsituasjoner. At Troll muliggjør forskning av fremragende internasjonal kvalitet er rangert som nummer to, da forskningsvirksomhet er fundamentet for samarbeidet under Antarktistraktaten og ivaretagelse av norske interesser i Antarktis, samt viktig for å løse store globale problemer innen klima og miljø. Målet om at Troll skal være en effektiv forskningsplattform er knyttet til å sikre kostnadseffektivitet. Dette effektmålet er rangert som nummer tre fordi det er svært dyrt å drifte en forskningsstasjon i Antarktis. Målet om at stasjonen skal ha lave klimautslipp og liten miljøpåvirkning er rangert som nummer fire og viktig som en følge av de strenge kravene til miljøvern i Antarktis og de relativt sett høye utslippene ved dagens stasjon. Det er også av betydning for Norges omdømme i Antarktistraktatsystemet. At stasjonen skal ha liten miljøpåvirkning innebærer en ønsket tilstand der Troll, i tillegg til å ha lave klimautslipp, verken medfører lokal luftforurensning, forurensning av grunn, is og snø eller støy som er til skade for fuglelivet. Satellittvirksomheten ved Troll er viktig for en rekke samfunnskritiske funksjoner og bidrar til oppfyllelse av mellomstatlige og privatrettslige avtaler innenfor romvirksomheten. Målet om at Troll skal fasilitetere nedlastning og overføring av satellittdata er likevel rangert etter forskning og miljø siden sistnevnte er mer fundamentalt for aktivitet i Antarktis.

Tabell 8 Effektmål for utviklingen av Troll forskningsstasjon

Tema	Effektmål	Hva skal til for å oppnå effektmålet?	Indikatorer på om effektmålet nås
E1 Tilstede- værelse	Trygg norsk tilstedeværelse gjennom hele året ved Troll	<ul style="list-style-type: none"> Høy driftssikkerhet, herunder redundans i energiforsyning og drikkevannproduksjon Logistikk-kapasitet og lagerplass som gjør at stasjonen kan være selvforsynt over lange perioder Helårlig bemannet flystripe som gir tilgang til Troll og Dronning Maud Land Nødstasjon som er fysisk separert fra hovedinfrastruktur Funksjonelle verksteder for reparasjon og igangsetting av utstyr Sikker arbeidsplass som gir et trygt opphold og mulighet til å gjennomføre sikre operasjoner Troll som base for fjerne feltoperasjoner med oversikt, kontroll, transportressurser og beredskapsressurser Funksjonelle arealer for bo og velferd som sikrer en helårlig, permanent forskningsstasjon 	<ul style="list-style-type: none"> Tilstedeværelse hele året Høy oppetid for energiforsyning Ingen alvorlige skader/ulykker som følge av feil, mangler ved eller skade på den fysiske infrastruktur
E2 Forskning	Troll fasiliteter forskning av fremragende internasjonal kvalitet, er en attraktiv base for internasjonale	<ul style="list-style-type: none"> Gode arbeidsplasser for forskning Fleksible laboratorier og hensiktsmessig lagring som gir 	<ul style="list-style-type: none"> Tredobling av årlige fagfelle-vurderte publikasjoner med norsk bidrag basert på forskning/data/funn fra

	forskere og bidrar til at Norge er blant de 15 mestpubliserende forskningsnasjonene i Antarktis	<ul style="list-style-type: none"> mulighet til behandling, analysering og sikker oppbevaring av prøver Fasiliteter som sikrer håndtering og klargjøring før og etter feltarbeid Infrastruktur og personell som aktivt støtter fjerne feltoperasjoner Dedikert computer- og serverrom med plass til PC-er og dataservere knyttet til overvåkningsinstrumentene ved stasjonen Høy driftssikkerhet 	<p>Troll eller feltaktivitet med utspring på Troll.</p> <ul style="list-style-type: none"> Over gjennomsnittlig 500 forskerrelaterte døgn ved Troll per år, hvorav gjennomsnittlig 10 % er knyttet til internasjonale forskningsprosjekter Høy oppetid på strømforsyning
E3 Effektivitet	Troll er en effektiv forskningsplattform	<ul style="list-style-type: none"> Fleksible, kostnads- og arealeffektive fasiliteter som gir en effektiv drift og logistikk Kostnadseffektivt energisystem Hensiktsmessige (temperert, klimaregulert) lagerfasiliteter for oppbevaring av ulikt utstyr og reservedeler 	<ul style="list-style-type: none"> Driftskostnader per forskerdøgn Energikostnader (kr/kWh)
E4 Miljø	Troll har lave klimautslipp og liten miljøpåvirkning	<ul style="list-style-type: none"> Fornybare energikilder, i kombinasjon med lagring Tekniske løsninger som minimerer luftforurensning, forurensning av grunn og støy som forstyrrer dyreliv Bygningsmasse i henhold til norske og internasjonale miljøstandarder 	<ul style="list-style-type: none"> Utslipp av CO₂, CO og partikler fra frakt og forbrenning av diesel halveres sammenliknet med dagens nivå Støy (desibel) skal ikke overstige skadelige nivåer for mennesker²⁴ Konsentrasjon av helse- eller miljøfarlige stoffer overstiger ikke normer for forurenset grunn jf. V1 forurensningsloven²⁵
E5 Satellitt-virksomhet	Troll tilrettelegger for kontinuerlig og sikker nedlastning og overføring av satellittdata	<ul style="list-style-type: none"> Helårsbemanning av kompetent og klarert personell som kan drive vedlikehold og feilretting Soneinndeling mellom virksomheter Fysisk sikring av kritisk infrastruktur Høy driftssikkerhet 	<ul style="list-style-type: none"> Tilstedeværelse hele året med sikkerhetsklarert og kompetent personell Oppetid på strømforsyning på over 99,5 prosent Feilretting ved utfall av strømforsyning innen 150 minutter

5.3 Vi har identifisert to mulige målkonflikter

Høy driftssikkerhet er fremhevet som et viktig premiss for å oppnå effektmålet knyttet til trygg tilstedeværelse (E1), forskning (E2) og satellittvirksomhet (E5). *Oppetid* er en sentral indikator, hvilket handler om hvor stor andel av året kritiske systemer opererer som normalt, noe som særlig

²⁴ Jevn støy, slik som dieselaggregater, påvirker ikke fugleliv eller hekking ifølge Norsk Polarinstitutt

²⁵ Nb. Forurensningsloven gjelder ikke i Antarktis, men vi mener dette likevel er hensiktsmessig som en indikator.

er relevant med tanke på energiforsyningen til stasjonen. Ved valg av fremtidig energiløsning kan det muligens oppstå en konflikt mellom hensynet til driftssikkerhet og målet om at stasjonen skal være kostnadseffektiv (E3) og miljøvennlig (E4). Dette fordi en energiforsyning med lavere/ingen utslipp trolig kan sikres ved å satse på innovativ teknologi, noe som typisk medfører økte kostnader og muligens lavere driftssikkerhet. På den andre siden blir miljøvennlige energikilder, slik som sol- og vindkraft, stadig mer kostnadseffektivt og driftssikkert, samtidig som at diesel er dyrt og logistisk krevende å frakte inn til Troll. Bruk av fornybar energi vil derfor trolig kunne bidra til lavere kostnader, klimautslipp og lokal luftforurensning, uten at det nødvendigvis reduserer driftssikkerheten. Derfor er det ikke gitt at en slik målkonflikt vil oppstå. Balansen mellom disse faktorene bør imidlertid vurderes nøye ved valg av energiløsning. Målet om trygg tilstedeværelse, som er nært knyttet til høy driftssikkerhet, er høyest prioritert ved en eventuell målkonflikt.

Dersom det i fremtiden blir knapphet på arealer ved Troll, kan målet om at stasjonen skal tilrettelegge for forskning (E2) og satellittvirksomhet (E4) komme i konflikt. Dette handler både om areal avsatt til de ulike funksjonene, men også hvilke brukergrupper som skal prioriteres dersom etterspørselen etter bruk av Troll overstiger det maksimale antall personer som stasjonen kan huse. Målet om at stasjonen skal tilrettelegge for forskning er prioritert foran satellittvirksomhet.

6 Rammebetingelser for konseptvalg

Rammebetingelser skal sammenfatte betingelsene som skal oppfylles for valg av konseptuell løsning og fremtidig drift. Rammebetingelsene brukes til å avgjøre hvorvidt konseptuelle løsninger er gyldige og avgrenser i så måte mulighetsrommet i mulighetsstudien (kapittel 5).

Finansdepartementets rundskriv (108/19) stiller blant annet følgende krav til rammebetingelser:

Kapitlet skal være rettet mot effekter og funksjoner på et overordnet nivå. Antallet betingelser må begrenses til slike som er spesielt relevante for undersøkelsen av mulighetsrommet og de rammebetingelser som må være oppfylt for at prosjektet skal bli vellykket. Rammebetingelsene må ikke settes slik at de avgrenser mulighetsrommet unødige. (Finansdepartementet, 2019)

Oppsummert har KLD stilt opp seks føringer for konseptvalgutredningen. Vi vurderer at disse føringene er hensiktsmessige og svarer til minimumsrammebetingelser som bør legges til grunn ved vurdering av konsepter for oppgradering av Troll. Rammene er beskrevet i Tabell 9.

Tabell 9 Rammebetingelser for konseptvalgutredningen legges tett opp mot føringene fra KLD

Tema	Rammebetingelse
Lokalisering	Troll skal ha samme plassering som i dag
Helårsdrift	Troll skal kunne driftes på helårsbasis, også under en eventuell byggeperiode
Forskningsfasiliteter	Troll må ha gode forskningsfasiliteter
Driftssikker energiforsyning	Energiforsyningen til anlegget skal være driftssikker
Fornybar energi	Energiforsyningen skal i størst mulig grad være basert på fornybar energi
Løsninger egnet for antarktiske forhold	Det skal forutsettes løsninger egnet for antarktiske forhold
Nødenhet	Stasjonen skal ha en nødenhet for opphold ved eventuell evakuering i forbindelse med brann eller tilsvarende

6.1 Klima- og miljødepartementet har gitt seks føringer for KVUen

Klima- og miljødepartementet har gitt følgende føringer for utredningen i oppdragsbrevet (Klima- og miljødepartementet, 2020):

1. Stasjonen skal ha samme plassering som i dag, blant annet fordi:
 - Troll ligger sentralt plassert i Dronning Maud Land.
 - Troll komplementerer det øvrige stasjonsnettverket i Antarktis geografisk sett.
 - Troll gir enkel tilgang til felt på prioriterte norske forskningsområder.
 - Det er relativt lav risiko forbundet med nærområdet rundt stasjonen.
2. Forskningsstasjonen skal kunne driftes på helårsbasis, også under en byggeperiode. Dette fordi en helårsstasjon er en forutsetning for gjennomføring av den nasjonale Antarktispolitikken.
3. Anlegget må ha gode forskningsfasiliteter, og kontordelen skal være tilrettelagt for at minimum 20 forskere kan være til stede samtidig. Økt internasjonalt samarbeid og større oppmerksomhet knyttet til kunnskap om Antarktis kan gi behov for økt kapasitet.
4. Energiforsyningen til anlegget skal være driftssikker og i størst mulig grad basert på fornybar energi. Anlegget bør ha fleksibilitet til å tilpasse drift og energiforsyning etter årstid og antall mennesker.

5. Det skal forutsettes løsninger egnet for antarktiske forhold
6. Stasjonen skal ha en nødenhet for opphold ved eventuell evakuering i forbindelse med brann eller tilsvarende

6.2 Drøfting av føringene fra departementet og utledning av rammebetingelser

I det følgende drøfter vi føringene fra Klima- og miljødepartementet for å vurdere hvilke rammer vi bør legge til grunn for de konseptuelle løsningene som vi vurderer i mulighetsstudien. Vi søker å formulere minimumsrammebetingelser slik at mulighetsrommet ikke avgrenses unødige, samtidig som oppfyllelse av rammebetingelser kan vurderes i mulighetsstudien. Oppsummert finner vi at Klima- og miljødepartementet sine føringer er hensiktsmessige å bruke som minimumsrammebetingelser. Videre har vi ikke funnet andre rammebetingelser som bør legges til grunn for konseptene.

6.2.1 Troll forskningsstasjon skal ha samme plassering som i dag

At stasjonen skal ha samme lokalisering som i dag, vurderer vi som en hensiktsmessig rammebetingelse. Som beskrevet i kapittel 2.3.1, ligger Troll sentralt plassert i Dronning Maud Land og komplementerer det øvrige stasjonsnettverket i Antarktis geografisk sett. Beliggenheten medvirker dermed til en effektiv utnyttelse av den samlede infrastrukturen for forskning i Dronning Maud Land. Fellesbruk kan redusere påtrykk på miljø samt tilrettelegger for internasjonalt forskningssamarbeid. Lokasjonen er også viktig for felt studier innen is, klima, geologi og biologi.

Dagens stasjon står på fast grunn i motsetning til flere andre stasjoner på Antarktis som står på isen. Med klimaendringer og usikkerhet om fremtidig is-situasjon, er det i et langsiktig perspektiv positivt at stasjonen bygges på fast grunn. Rammebetingelsen om at stasjonen bør ha samme lokalisering som i dag, kan derfor også utledes fra effektmål om trygg tilstedeværelse, både med hensyn til at dagens lokasjon er på fast grunn og at det relativt sett er lav risiko forbundet med nærområdet rundt stasjonen.

6.2.2 Troll skal kunne driftes på helårsbasis, også under en eventuell byggeperiode

At forskningsstasjonen skal kunne driftes på helårsbasis, også under en eventuell byggeperiode, vurderer vi som en hensiktsmessig rammebetingelse. Rammebetingelsen utledes fra effektmål om tilstedeværelse gjennom hele året på Troll (E1), forskning av høy internasjonal kvalitet, noe som fordrer kontinuerlig overvåking og datainnsamling gjennom hele året (E2) og kontinuerlig og sikker nedlastning og overføring av satellittdata (E5). I kapittel 3.1.3 beskrev vi de negative konsekvensene av å kun ha sommerdrift ved Troll. Vi så at uten helårlig tilstedeværelse må KSAT stenge ned sin virksomhet. Det vil heller ikke være mulig å drifte EUs referansestasjon i Galileo-systemet, hvilket innebærer brudd på Norges avtaleforpliktelser. Heller ikke NILUs observatorium eller øvrige helårsobservatorier som krever regelmessig tilsyn vil være mulige å drifte.

Av de sistnevnte årsakene er det også nødvendig å opprettholde helårsdriften i en eventuell byggeperiode. I tillegg gir tilstedeværelse i vintersesongen et lengre tidsrom for bygging, ved at personell som er til stede på vinteren kan klargjøre stasjonen og åpne flyplass til sommersesongens start. Vi vil imidlertid ikke legge til grunn som en rammebetingelse at hele stasjonen må driftes under byggeperioden. Den mest prekære driften, som muliggjør nødvendig tilsyn og feilretting av helårsobservatorier for forskning og KSAT sine anlegg, må imidlertid kunne driftes på helårsbasis, også i en byggeperiode.

6.2.3 Troll må ha gode forskningsfasiliteter

Føringen fra Klima- og miljødepartementet om at anlegget må ha gode forskningsfasiliteter og at kontordelen skal være tilrettelagt for at minimum 20 forskere skal kunne være til stede samtidig, kan utledes fra effektmålet som omhandler forskning (E2). Det er videre i tråd med funnene i problem- og behovsanalysen. At økt internasjonalt samarbeid og større oppmerksomhet knyttet til kunnskap om Antarktis kan gi behov for økt kapasitet er videre sannsynliggjort. At Troll skal ha gode forskningsfasiliteter vil vi bruke som en ramme ved utvikling av konseptene, men tilretteleggelse for minimum 20 forskere i kontordelen legges ikke til grunn som rammebetingelse da det vil begrense mulighetsrommet unødige. Vi vil heller få frem positive og negative sider knyttet til hvor mange forskere og hvor stor forskningsaktivitet konseptene tilrettelegger for i alternativanalysen.

6.2.4 Energiforsyningen til Troll skal være driftssikker og basert på fornybar energi

Føringen fra Klima- og miljødepartementet om at energiforsyningen til Troll skal være *driftssikker* henger sammen med effektmålene knyttet til trygg tilstedeværelse (E1), forskning (E2) og satellittvirkosomhet (E3). Som beskrevet i kapittel 2.4.2 er energiforsyning med høy oppetid viktig for tryggheten til personell ved Troll samt for å unngå brudd i langtidsserier for forskning og for å sikre presisjon i satellittdata. KSAT har forpliktet seg til en oppetid på over 99,5 prosent, noe som særlig er viktig for leveransene til de store amerikanske og europeiske værmeldingstjenestene, men også for navigasjonsdataen som leveres til Galileo-systemet.

Som diskutert i kapittel 5.3 vil bruk av fornybar energi kunne gi lavere energikostnader, lavere klimautslipp og lokal luftforurensning. Klima- og miljødepartementet sin føring om at energiforsyningen i *størst mulig grad* skal være basert på fornybar energi, kan dermed utledes fra effektmålet om at Troll skal være en effektiv forskningsplattform (E3) og miljøvennlig (E4). Bruk av fornybar energi er videre i tråd med de strenge kravene til miljøvern i Antarktis som følger av Miljøprotokollen og de politiske målsetningene om at Troll skal være en grønn stasjon. Dette ble nærmere beskrevet i kapittel 2.4.1.

På denne bakgrunn vurderer vi det som hensiktsmessig at en driftssikker energiforsyning som inkluderer bruk av fornybar energi ligger til grunn som en rammebetingelse for konseptene vi vurderer. Vi vil imidlertid ikke legge en minsteandel av fornybar energi til grunn som en rammebetingelse da dette bør være gjenstand for en nytte-kostnadsanalyse.

6.2.5 Det skal forutsettes løsninger egnet for antarktiske forhold

Føringen om å forutsette løsninger egnet for antarktiske forhold legger vi også til grunn som en rammebetingelse. Rammen kan utledes fra effektmålene om trygg tilstedeværelse (E1) og (E3) effektivitet. Det bidrar til sikkerhet samt effektivitet gjennom en stasjon med lenger levetid.

6.2.6 Stasjonen skal ha en nødenhet for opphold ved eventuell evakuering

Til slutt vurderer vi det også som hensiktsmessig med en rammebetingelse om at stasjonen skal ha en nødenhet for opphold ved eventuell evakuering i forbindelse med brann, ekstremt uvær eller andre alvorlige hendelser. Behovet for en nødstasjon er dokumentert i kapittel 3.2 og 4.1, og kan utledes fra effektmål om en trygg tilstedeværelse (E1). Stasjonen må som et minimum være dimensjonert for den forventede fremtidige vinterbesetningen, og må kunne sikre forsvarlig opphold i 2-3 måneder i vintersesongen.

7 Mulighetsstudie

Hensikten med mulighetsstudien er å kartlegge, beskrive og vurdere alternative konsepter som kan løse problemene vi beskrev i kapittel 3 ved å tilfredsstillere behovene i kapittel 4. Mulighetsrommet som tiltak vurderes innenfor, defineres av problemene, behovene, målene og rammebetingelsene sett i sammenheng (Finansdepartementet, 2019). Problemene, behovene og målene gir tiltakene en retning i form av hva de skal oppnå. Rammebetingelsene avgrensner mulighetsrommet.

I mulighetsstudien gjør vi en grovsiling av konsepter ut fra en vurdering av hvorvidt de oppfyller rammebetingelser, gir måloppnåelse og vurderes som samfunnsøkonomisk lønnsomme ut fra overordnede betraktninger. Brudd på minimumsrammebetingelsene beskrevet i kapittel 6 gir grunnlag for å forkaste tiltak. Det samme gjør tiltak som ikke er gjennomførbare eller har lav grad av måloppnåelse. Sistnevnte impliserer at areal- og funksjonsbehovene ikke møtes og at nytteverdien er lav. Konsept som er dyrere enn andre, men uten å ha høyere nytteverdi (ikke-effisiente) forkastes også. De beste konseptene videreføres til alternativanalysen, hvor vi gjør en full samfunnsøkonomisk analyse. Tabell 10 oppsummerer konseptene vi vurderer som relevante.

Tabell 10 Relevante konsepter som er vurdert

Konsept	Innhold	Ramme- betingelser	Mål- oppnåelse	Vurdering
Nullalternativet	Stasjonen legges ned i første halvdel av 2030-tallet	Brudd på alle betingelser	Ingen	Forkastes
Konsept 1: Minimumskonseptet	Ny hovedstasjon og rehabilitering av øvrige bygg for å videreføre dagens situasjon	Brudd på betingelse forsknings-fasiliteter	Lav	Tas videre Nullplusskonsept
Konsept 2: Rehab+nybygg	Rehabilitering hovedstasjon og garasje + nybygg 6900 kvm BTA	Oppfylt	Høy	Tas videre
Konsept 3: Nybygg	Nybygg på 8 700 kvm BTA.	Oppfylt	Høy	Tas videre
Konsept 4: Mindre nybygg	Nybygg på 6 500 kvm BTA.	Oppfylt	Middels	Tas videre
Konsept 5: Større nybygg	Nybygg på 10 000-12 000 kvm BTA kvm BTA.	Oppfylt	Høy	Forkastes Høyere kostnad uten høyere nytte

Nullalternativet for Troll forskningsstasjon innebærer at helårsdriften må legges ned på starten av 2030-tallet. Som følge av den korte levetiden, tilfredsstiller ikke nullalternativet minimumsrammebetingelsene om helårsdrift ved stasjonen. For å sikre at helårsdriften ved stasjonen skal kunne opprettholdes gjennom hele analyseperioden, må det gjennomføres større investeringstiltak som ikke samsvarer med definisjonen av et nullalternativ. Nullalternativet innebærer også kostnader for å rive dagens stasjon og tilbake stille området slik dette var før stasjonen ble bygd, noe som vil koste mellom 350 og 650 MNOK. Nedstengning vil videre svekke norsk Antarktiskforskning og Norges posisjon i Antarktistraktatsystemet, mens avvikling av satellittvirksomheten og EUs referansestasjon i Galileo-systemet innebærer store kostnader og omdømmetap for Norge og KSAT, samt brudd på avtaleforpliktelser ovenfor EU. Videre er det metodisk krevende å sammenlikne lønnsomheten av utbyggingskonseptene med en situasjon der

Troll forskningsstasjon legges ned. Vi går derfor ikke videre med nullalternativet i analysen, men har utviklet et minimumskonsept som omfatter nødvendige investeringer og rehabilitering for at helårsdriften skal kunne videreføres i hele analyseperioden.

Minimumskonseptet har tilnærmet lik kapasitet og funksjon som i dag. Det bryter imidlertid med minimumsrammebetingelsen om at Troll skal ha gode forskningsfasiliteter. Vi viderefører likevel konseptet til alternativanalysen fordi det vil gi vesentlig nytte sammenliknet med nedleggelse av stasjonen (nullalternativet). Videre fungerer det som en referanse (nullplusskonsept) som lønnsomheten av de øvrige konseptene sammenliknes mot.

Konsept 2 og 3 innebærer et høyt investeringsnivå, men også høy nytte da de dekker hele det forventede fremtidige areal- og funksjonsbehovet ved Troll. De skiller seg fra hverandre gjennom ulik grad av rehabilitering og nybygg. **Konsept 4** er i praksis en nedskalering av konsept 3. Hovedforskjellen er at konseptet er dimensjonert for 65 brukere, mot 100 i konsept 2 og 3. Det dekker likevel vesentlige deler av behovet og har et lavere investeringsnivå. Det tas derfor videre.

Vi har undersøkt et **konsept 5** som tar høyde for at de politiske målene for tilstedeværelse og forskning kan bli større enn forventet. Konseptet dimensjoneres for 150 brukere. Det gir høyere investeringskostnader enn konsept 2 og 3, men uten tilsvarende økning i nytte. Vi forkaster derfor dette konseptet.

Alle konseptene omfatter en ny redundant energiløsning som integrerer fornybar energi. Løsningen anbefales og legges til grunn i utredningen, fordi den har høy driftssikkerhet samt halverer klimagassutslipp og lokal luftforurensning sammenliknet med en ren dieselbasert løsning. I tillegg har den samlet sett lavest investerings- og FDVU-kostnader. På sikt kan fornybarandelen trolig økes ved å fase inn mer fornybar energi og/eller ved å opprette et testanlegg for hydrogen.

Videre legger vi til grunn at det bygges en ny og større nødstasjon i alle konsept, til erstatning for den gamle. Dette vil sikre at behovene knyttet til medisinsk beredskap, operasjonsledelse og kommunikasjon, samt nødforråd, ivaretas på en bedre måte enn i dag. I tillegg vil arealene være dimensjonert for økningen vi forventer i antall personer i overvintringsteamet.

7.1 Kartlegging av mulighetsrommet

Vi har benyttet firetrinnsmetodikken for å kartlegge relevante tiltak som kan dekke areal- og funksjonsbehovene til Troll forskningsstasjon. Prinsipielt skiller vi mellom fire ulike tiltak, som er listet fra minst til størst omfang/investeringsnivå:

- Tiltak som påvirker etterspørsel etter areal og funksjoner
- Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende infrastruktur
- Tiltak som forbereder eksisterende infrastruktur
- Tiltak som omfatter nyinvesteringer og/eller større ombygginger av dagens infrastruktur

I det følgende diskuterer vi tiltak innenfor hver kategori. Vi gjør en overordnet vurdering av i hvilken grad tiltakene, hver for seg eller i kombinasjon, bidrar til å løse problemene, møte behovene og bidra til måloppnåelse på en kostnadseffektiv måte.

7.1.1 Tiltak som reduserer aktivitet forkastes – gir lav måloppnåelse og er utenfor mandat

I problembeskrivelsen fant vi at forskningsaktiviteten ved Troll blant annet begrenses av mangel på forskningsarealer og av at stasjonen ikke er dimensjonert for antall brukere i høysesongen. Prinsipielt sett er det mulig å gjennomføre tiltak for å redusere etterspørselen etter bruk av Troll for å oppnå bedre samsvar mellom etterspørselen og tilgjengelig kapasitet. Dette løser ikke alle behovene ved Troll, men kan prinsipielt sett vurderes i kombinasjon med andre tiltak. Redusert tilstedeværelse i Antarktis eller omfordeling av forskningsmidler vekk fra landbasert Antarktiskforskning, er imidlertid ikke i tråd med Norges Antarktis- eller forskningspolitikk eller den globale etterspørselen etter Antarktiskforskning. Vi i forkaster derfor tiltak som reduserer aktiviteten.

7.1.2 Tiltak for å effektivisere arealutnyttelsen bør vurderes sammen med andre tiltak

Tiltak for bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur innebærer eksempelvis endret arealutnyttelse og utnyttelse av arealer i større deler av året. Aktuelle tiltak vi har vurdert innenfor denne kategorien er økt grad av fjernstyring, telt og planleggings- og koordineringstiltak. Disse tiltakene må også ses i kombinasjon med større oppgraderingstiltak, da de alene ikke møter behovene ved Troll.

I kapittel 3.4.3 så vi at økt digitalisering og fjernstyring av installasjoner/instrumenter kan bidra til å redusere behovet for fysisk tilstedeværelse på Troll i fremtiden, alt annet likt. Det er rimelig å forvente at institusjonene som har overvåkningsinstrumenter og -anlegg ved Troll, vil bruke dette tiltaket i så stor utstrekning som mulig som en følge av de høye kostnadene forbundet med reise til og fra Troll. Dette er allerede tatt høyde for i utarbeidelsen av prognosen for fremtidig antall brukere av Troll og vil derfor ikke redusere det dimensjonerende behovet. Dette tiltaket ligger dermed til grunn for forventet utvikling i alle konsept.

Telt er et provisorisk tiltak som kan bidra til å møte behovet for sengeplasser under de travleste periodene i sommermånedene. Historisk har dette tiltaket vært i bruk under topper i høysesongen. Forsvarlig bruk av telt avhenger imidlertid av værforholdene, som kan være raskt skiftende i Antarktis. Under uvær eller sterk vind er det ikke trygt å sette opp telt ved Troll. Vi vurderer at bruk av telt bryter med minimumsrammebetingelsen om at det skal forutsettes løsninger egnet for antarktiske forhold, beskrevet i kapittel 6.2.5. Vi forkaster derfor dette tiltaket.

Gjennom god planlegging og koordinering, kan bruken av Troll spres jevnere ut over sommersesongen, slik at toppene med maksbelegg jevnes ut. Dette vil være et billig tiltak, men som likevel vil innebære ulemper i form av kostnader knyttet til koordinering/administrasjon og at noen brukere kan måtte ankomme på tider som ikke er optimale, for deres forskningsprosjekter eller tidsplaner. Vi vurderer at planleggings- og koordineringstiltak er et tiltak som bør vurderes i kombinasjon med større tiltak for oppgradering av Troll.

7.1.3 Tiltak som forbedrer eksisterende infrastruktur forkastes – gir lav måloppnåelse

Tiltak som forbedrer eksisterende infrastruktur, omfatter investeringer i mindre forbedringstiltak og ombygginger av infrastruktur for å effektivisere denne. Det kan også omfatte mindre arealutvidelser gjennom tilbygg eller påbygg.

Relevante tiltak som i kombinasjon kan sikre forsvarlig videreføring av driften ved Troll, omfatter ny teknisk infrastruktur og mindre rehabilitering av eksisterende bygningsmasse, ny redundant og mer miljøvennlig energiløsning samt en ny nødstasjon. Videre vil et nytt forskningsbygg med lab-arealer, arbeidsplasser og område for feltforberedelse bidra til å møte behovet for å ha gode forskningsfasiliteter. Nytt service-bygg med verksteder, tekniske rom og lagerkapasitet vil bidra til

høy driftssikkerhet og en effektiv forskningsinfrastruktur. Summen av disse tiltakene som er nødvendige for å møte areal- og funksjonsbehovene ved Troll, er imidlertid så omfattende at det ikke lenger er snakk om mindre oppgraderingstiltak gjennom rehabilitering, tilbygg eller påbygg. Videre er flere av problemene ved Troll forskningsstasjon utløst nettopp av at stasjonen er bygget på i flere omganger uten en helhetlig plan for hvordan areal- og funksjonsbehovene kan møtes på en effektiv måte. Mindre rehabiliterings og fornyingstiltak vil alene gi lav måloppnåelse. Vi forkaster derfor tiltak som forbedrer eksisterende infrastruktur.

7.1.4 Tiltak som omfatter nyinvesteringer og større rehabilitering vurderes nærmere

Konsepter som dekker hele areal- og funksjonsbehovet, beskrevet i kapittel 4, omfatter enten større nybygg eller en kombinasjon av omfattende rehabilitering av dagens bygningsmasse og et større nybygg. Disse tiltakene innebærer vesentlige kostnader, men gir også høy måloppnåelse. Disse tiltakene vurderer vi derfor nærmere i neste kapittel.

7.2 Vi vurderer fem konsepter som innebærer nybygg eller større rehabilitering

De overordnede konseptene som er utledet av de videreførte tiltakene er 1) konsepter som gir forsvarlig videreføring av dagens situasjon, 2) konsept som dekker a) forventet etterspørsel, b) lav etterspørsel, c) høy etterspørsel. Tabell 11 viser overordnet omfang og dimensjonering av konseptene, samt hvor mange forskere som maksimalt kan være til stede i de ulike konseptene gjennom sommersesongen. Tabell 12 viser en vurdering av hvorvidt konseptene vil møte den fremtidige etterspørselen etter bruk av Troll i lav-, forventnings- og høyscenarioet som ble utarbeidet i kapittel 3.4.3, mens Figur 16 viser funksjonsbehovet i konseptene som videreføres til alternativanalysen.

Minimumskonseptet sikrer en forsvarlig videreføring av helårsdriften ved Troll gjennom hele analyseperioden, med samme kapasitet og funksjoner som i dag. Konseptet bryter med minimumsrammebetingelsen om at Troll skal ha gode forskningsfasiliteter og møter ikke hele etterspørselen etter bruk av Troll, selv ikke i lavscenariet. Vi viderefører likevel konseptet til alternativanalysen fordi det vil gi vesentlig nytte sammenliknet med nedleggelse av stasjonen (nullalternativet), samtidig som at det fungerer som en referanse som øvrige konsepters lønnsomhet måles mot.

Vi har utarbeidet to alternative konsepter, konsept 2 og 3, som møter hele det identifiserte areal- og funksjonsbehovet beskrevet i kapittel 4. Konsept 2 kombinerer rehabilitering av dagens hovedstasjon og garasje med et nybygg på 6900 kvadratmeter. Konsept 3 består av nybygg på 8.700 kvadratmeter. Disse konseptene møter hele etterspørselen etter bruk av Troll, trolig også i høyscenarioet og gir høy måloppnåelse. Konseptene videreføres til alternativanalysen.

Konsept 4 omfatter et nybygg på rundt 6.500 kvadratmeter BTA og er i praksis en nedskalering av konsept 3. Konseptet er dimensjonert for å møte etterspørselen etter bruk av Troll i lavscenariet. Den gir lavere behovstilfredsstillelse og måloppnåelse enn konsept 2 og 3 dersom forventningsscenariet inntreffer, men har også et mindre omfang og investeringsnivå. Vi forventer at investeringsnivået og nytten ligger et sted mellom konsept 1 og 2/3. Konsept 4 vurderes som et godt konsept som bør vurderes nærmere i alternativanalysen.

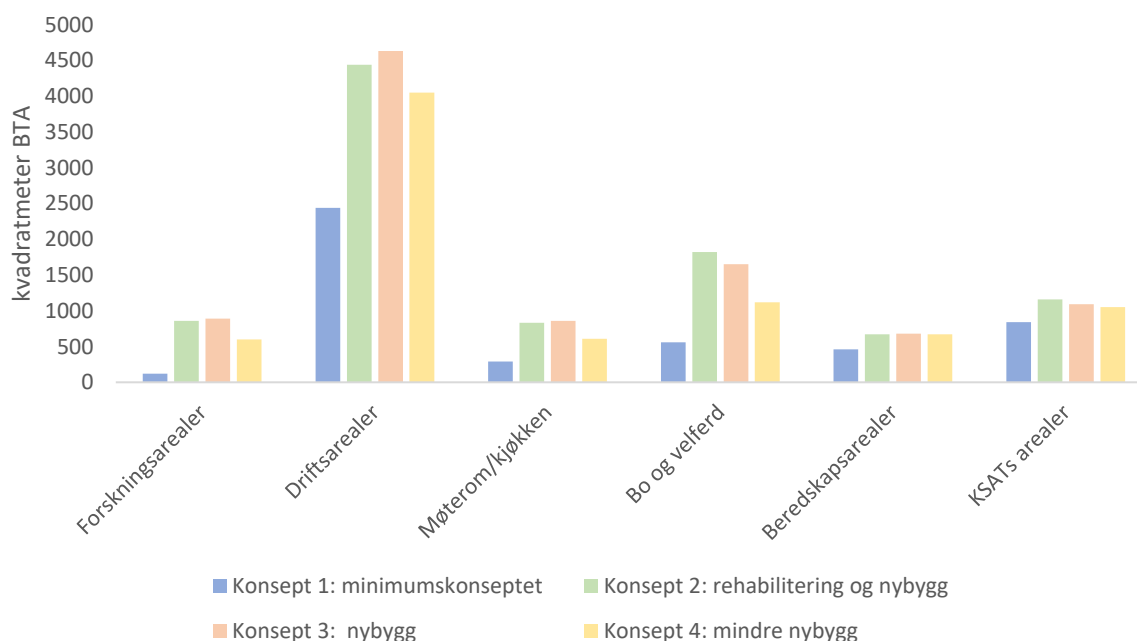
Vi har undersøkt et konsept 5 som tar høyde for at de politiske målene for tilstedeværelse og forskning kan bli større enn forventet. Konseptet dimensjoneres for 150 brukere. Det har et betydelig større omfang og derfor betydelig høyere forventet investeringsnivå enn konsept 2 og 3, uten at vi forventer tilsvarende økning i nytte. Vi forkaster derfor konsept 5.

Tabell 11 Størrelse og antall brukere de ulike konseptene tilrettelegger for

	Konsept 1 (Minimum)	Konsept 2 (Rehab og nybygg)	Konsept 3 (Nybygg)	Konsept 4 (Mindre nybygg)	Konsept 5 (stort nybygg)
Omfang (kvm BTA)	2 600	8 200	8 700	6 500	11-12 000
Dimensjonering	50	100	100	65	150
Forskning (samtidig)	10	35	35	20	Ikke vurdert
Logistikk (samtidig)	25	40	40	30	Ikke vurdert
KSAT og øvrige brukere (samtidig)	15	25	25	15	Ikke vurdert
Maks antall forskere i løpet av sommeren	15	50	50	30	> 50

Tabell 12 Behovstilfredsstillelse og måloppnåelse (forskning) i de ulike konseptene

	Konsept 1 (Minimum)	Konsept 2 (Rehab og nybygg)	Konsept 3 (Nybygg)	Konsept 4 (Mindre nybygg)	Konsept 5 (stort nybygg)
Møter etterspørsel lav	Red	Green	Green	Green	Green
Møter etterspr. middel	Red	Green	Green	Red	Green
Møter etterspørsel høy	Red	Green	Green	Red	Green
Mål forskningsfasiliteter	Red	Green	Green	Yellow	Green



Figur 16 Funksjonsareal i konseptene som videreføres til mulighetsstudien

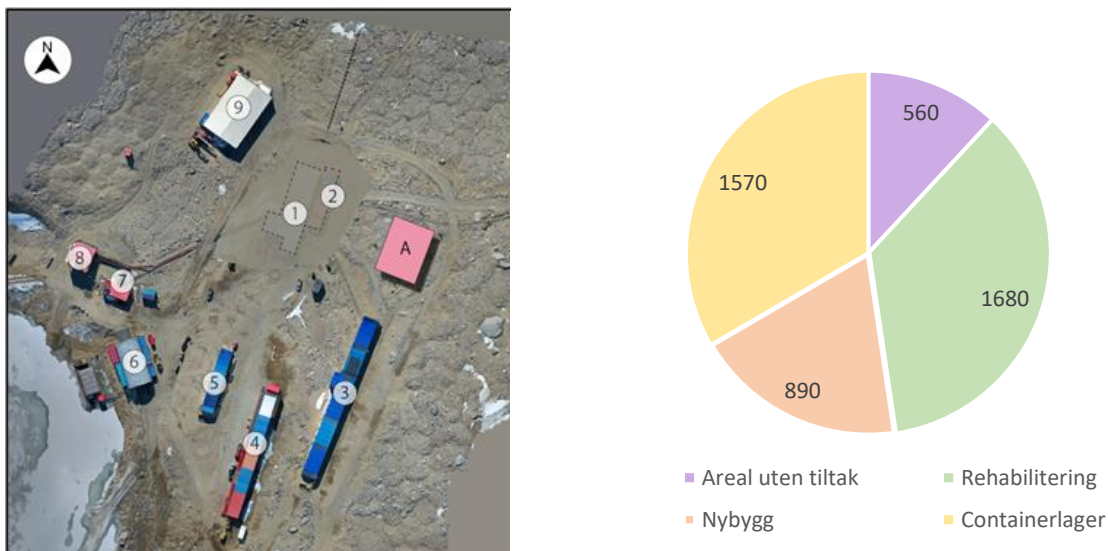
7.2.1 Konsept 1: minimumskonseptet – tas videre som et nullplusskonsept

Minimumskonseptet innebærer ingen økning i areal eller funksjoner, men nødvendige oppgraderinger som sikrer en forsvarlig videreføring av dagens situasjon gjennom hele analyseperioden. Konseptet er dimensjonert for 50 brukere, men uten gode forskningsarealer. Sammenliknet med nullalternativet, hvor Troll legges ned, vurderer vi likevel at minimumskonseptet har betydelige nyttevirksomheter. Selv om konseptet bryter med en av minimumsrammebetingelsene om at stasjonen skal ha gode forskningsfasiliteter, viderefører vi konseptet til alternativanalysen fordi det representerer et minimumskonsept (nullpluss-alternativ) som de øvrige konseptenes lønnsomhet måles opp mot.

Konseptet gir forsvarlig videreføring av Troll, men ingen økning i kapasitet eller funksjon

I minimumskonseptet bygger vi en ny hovedstasjon på i underkant av 900²⁶ kvadratmeter BTA (A), før eksisterende stasjon (1, 2) rives. Øvrig bygningsmasse rehabiliteres.

Figur 17 Arealfordeling bygg (kvm BTA) – samlet omfang nybygg og rehabilitering utgjør i underkant av 2600 kvm



Et minimumskonsept skal normalt ikke omfatte større oppgraderinger. Nybygg er likevel valgt fremfor rehabilitering av hovedstasjonen fordi kvadratmeterprisen for nybygg gjennom utredningen har vist seg å være lavere enn rehabilitering. I tillegg unngår vi kostnader knyttet til å bygge en midlertidig stasjon for å opprettholde nødvendig helårsdrift under byggeperioden. Behovet for midlertidige bygg følger av at det sannsynligvis ikke vil være mulig for KSAT å opprettholde ordinær drift i hovedstasjonen, og overholde eksisterende avtaleforpliktelser, mens denne blir rehabilitert.

Konseptet omfatter utvidelse av kapasiteten på avløpssystemet og påkobling av vann og avløp til Blåbo. Blåbo (3), verksted (6) og garasje (9) etterisoleres med ny kledning. Det gjøres ingen tiltak på Blåmyra Øvre (4) og Nedre (5). Det fundamenteres stålrammer i fast grunn for containerlageret på isen for å sikre lageret bedre under ekstremvær. Arealet videreføres med samme størrelse, 1570 kvm, som i dag.

²⁶ BTA er 160 kvm høyere i ny hovedstasjon enn i eksisterende, selv om NTA er like stort. Når vi først bygger en ny stasjon, er det rasjonelt å flytte inn en del kommunikasjonsutstyr som i dag er utvendig montert. Dette er trolig ikke fordyrende i særlig grad.

Konseptet er dimensjonert for 50 brukere, kan huse 15 forskere, men har lite forskningsareal

Den nye/rehabiliterede bygningsmassen vil være dimensjonert for 50 personer og møter behovet for å være til stede i Antarktis med en miljøvennlig helårsstasjon som har høy driftssikkerhet. Forskningsfasilitetene vil imidlertid være like mangelfulle som i dag, noe som bryter med minimumsrammebetingelsen om gode forskningsfasiliteter. Den tilrettelegger heller ikke for økning i antall brukere, selv ikke i lavscenariot. Vi forventer følgende gjennomsnittlige fordeling av brukere i perioder med maksimalt belegg: Forskere (10), logistikk (25), andre (15). Siden forventet etterspørsel er større enn hva stasjonen er dimensjonert for, vil nytten i et slik alternativ kunne økes ved å sikre god planlegging og koordinering. I løpet av en sesong forventer vi at 15 forskere vil kunne oppholde seg på Troll, ved at noen ankommer når andre drar. Stasjonen er videre dimensjonert for seks overvintrende som i dag.

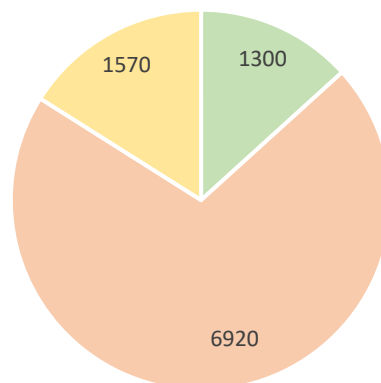
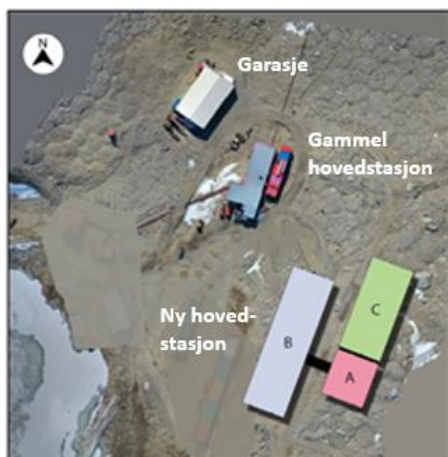
7.2.2 Konsept 2: rehab. og nybygg møter behovet og gir høy måloppnåelse – tas videre

Konsept 2 innebærer rehabilitering av dagens hovedstasjon og garasje, i kombinasjon med et nybygg på 6.900 kvadratmeter BTA. Stasjonen er dimensjonert for 100 brukere, med gode forskningsfasiliteter til 35 forskere. Konseptet dekker hele det identifiserte areal- og funksjonsbehovet, beskrevet i kapittel 4, og gir høy måloppnåelse. Vi viderefører derfor konseptet til alternativanalysen.

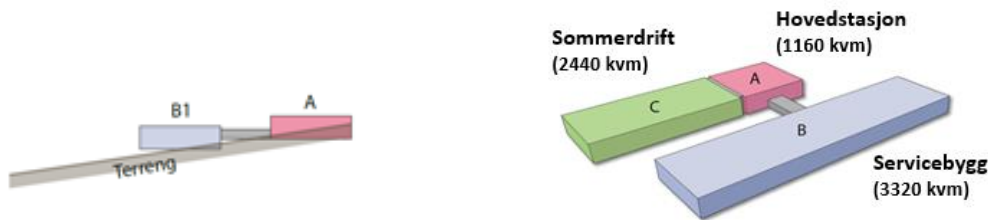
Konseptet innebærer vesentlig oppgradering av forskningsarealet og kapasitet

Konsept 2 innebærer vesentlig oppgradering av forskningsarealet fra dagens stasjon. Videre er romsligere verksteder, møteromsfasiliteter, varm garasje og større velferdsareal de største arealdriverne.

Figur 18 Arealfordeling bygg (kvm BTA) – nybygg utgjør ca. 6900 kvm, fordelt på tre sammenkoblede bygg. Rehabilitering av hovedstasjonen og garasje utgjør 1300 kvm. Samlet omfang utgjør i overkant av 8200 kvm



■ Rehabilitering ■ Nybygg ■ Containerlager



Nybygget består av tre sammenkoblede bygg: hovedstasjon (A), servicebygg (B) og sommerdrift (C). Hovedstasjon omfatter hybler til overvinteringsteam og felles velferdsarealer, slik som kjøkken, stue, treningsrom og hygienefasiliteter. Videre består det av arbeidsplasser til forskning, laboratorier, fryse/kjølerom og datarom. Det omfatter også beredskapsareal, inkludert operasjonssentral og sykestue. Servicebygg består av verksteder, garasje, miljøstasjon, vannproduksjon, energisentral og oppvarmet lager. Sommerdrift består av sommerlugar, møte/spiserom, arbeidsplasser til drift, logistikk og forskning, samt areal til forberedelse og etterarbeid etter feltarbeid. I vinterhalvåret senkes temperaturen i dette bygget til 4 grader.

Eksisterende hovedstasjon rehabiliteres etter at det nye bygget er på plass. KSAT blir værende i dagens hovedstasjon. Denne gjennomgår en delvis ombygging og etterisolering med ny kledning. Når øvrig virksomhet flytter over i det nye bygget, forventer vi at det er mulig å rehabilitere hovedstasjonen mens KSAT opprettholder ordinær drift. Dette kan imidlertid medføre ulemper for KSAT, noe som beskrives nærmere i alternativanalysen, kapittel 8.2.8. Garasjen får nytt gulvdekke og etterisolering med ny kledning. Som i konsept 1, fundamenteres i tillegg stålrammer i fast grunn for containerlageret på isen. Arealet videreføres med samme størrelse, 1570 kvm, som i dag. (Statsbygg, 2022).

Konseptet er dimensjonert for 100 brukere og huser opp mot 50 forskere med gode arealer

Konsept 2 tilrettelegger for den forventede veksten i antall brukere og hele det identifiserte areal- og funksjonsbehovet beskrevet i kapittel 4. Det er dimensjonert for 100 brukere i sommersesongen, med gode forskningsfasiliteter for 35 forskere. Vi forventer følgende gjennomsnittlige fordeling av brukere i perioder med maksimalt belegg: Forskere (35), logistikk (40), andre (25). Ved hjelp av god planlegging og koordinering (7) er det i disse konseptene mulig å huse flere enn 100 brukere *i løpet av* en sesong og trolig opp mot 50 forskere. Dette har en verdi dersom behovet for bruk av Troll blir større enn forventet. Bygningsmassen er videre dimensjonert for 10 brukere i vintersesongen og møter dermed hele behovet for overvintringskapasitet.

7.2.3 Konsept 3: nybygg møter behovet og gir høy måloppnåelse – tas videre

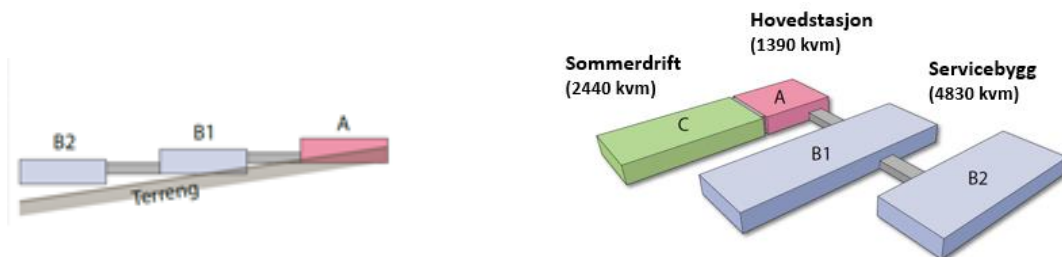
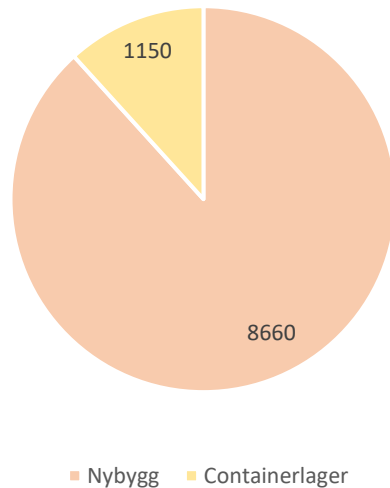
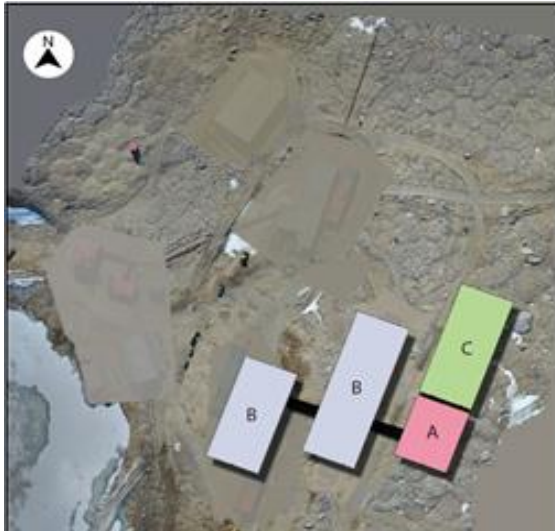
I konsept 3 erstattes dagens bygninger med et nybygg på rundt 8700 kvadratmeter BTA. Det har samme dimensjonering og i stor grad samme funksjoner som konsept 2. Det skiller seg imidlertid fra konsept 2 ved å utelukkende bestå av nybygg og ved at alle funksjoner samles under et tak. I tillegg flyttes en del av containerlageret inn i servicebygget for å gi tryggere og mer effektiv stasjonsdrift. Vi viderefører konseptet til alternativanalysen da det dekker hele det identifiserte behovet og gir høy måloppnåelse.

Konsept 3 gir vesentlig oppgradering av forskningsareal og samler funksjoner under ett tak

Som i konsept 2, er bygningsmassen i konsept 3 dimensjonert for 100 brukere i sommersesongen og 10 overvintrende. Nybygget består av fire sammenkoblede bygg; helårsstasjon (A), to servicebygg (B) og sommerdrift (C). Det innebærer omtrent samme økning i funksjonsareal som konsept 2, men alle funksjoner er samlet under ett tak. Forskningsarealet er vesentlig oppjustert

og romsligere verksteder, møteromsfasiliteter, varm garasje og større velferdsareal er de største arealdriverne sammenlignet med dagens stasjon. Til forskjell fra konsept 2 er kaldgarasjen og en del av containerlageret lagt inn i det nye servicebygget (B). Sistnevnte vil gi enklere og tryggere tilgang til deler av lageret som ofte benyttes.

Figur 19 Arealfordeling bygg (kvm BTA) – samlet omfang av tiltak utgjør 8700 kvm, fordelt på tre nye sammenkoblede bygg



Når vi ser omfang av rehabilitering og nybygg under ett, er samlet bygningsmasse rundt 400 kvadratmeter større i konsept 3 enn i konsept 2. Dette er i hovedsak et resultat av at containerlageret er flyttet inn i det nye bygget. Containerlageret er redusert tilsvarende, fra 1570 til 1150 kvadratmeter. Også i dette konseptet fundamenteres stålrammer i fast grunn for containerlageret på isen.

7.2.4 Konsept 4: mindre nybygg møter behovet i lavscenariet – tas videre

Hvor stor etterspørselen etter bruken av Troll blir i fremtiden er usikkert. I kapittel 3.4.3 så vi at dette avhenger av politiske prioriteringer og tildeling av forskningsmidler. Behovet blir trolig større enn i dag, ikke minst i lys av at forskningsrådet har invitert til forhandlinger om finansiering av TONE-initiativet. Utviklingen er imidlertid usikker. Vi har derfor utarbeidet et konsept som møter de viktigste areal- og funksjonsbehov i lavscenariet for antall brukere av Troll.

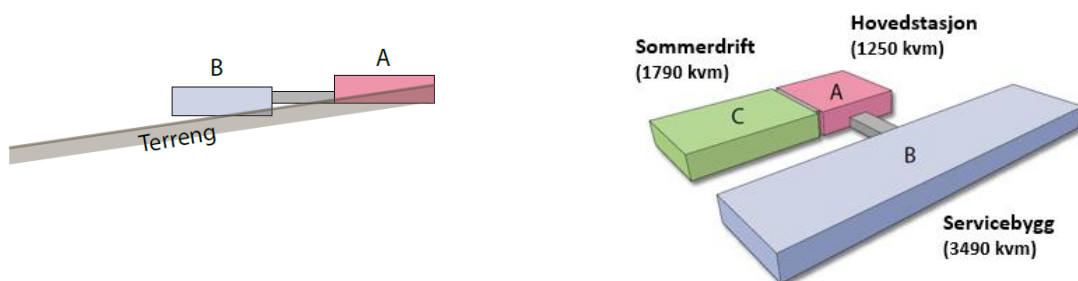
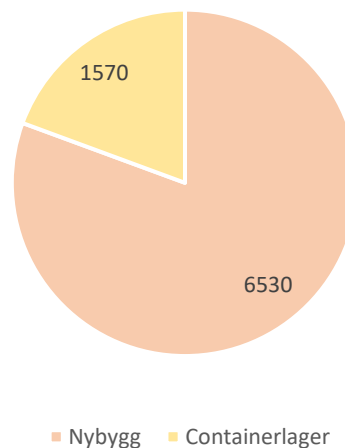
Konsept 4 omfatter et nybygg på rundt 6.500 kvadratmeter BTA og er i praksis en nedskalering av konsept 3. Omfang av tiltak er litt over to ganger så stort som i minimumsalternativet, men 25 prosent lavere enn i konsept 3. Stasjonen er dimensjonert for 65 brukere, med gode forskningsfasiliteter for 20 forskere. Konseptet vil gi vesentlig større behovstilfredsstillelse og

måloppnåelse enn minimumskonseptet, men lavere enn konsept 2 og 3 dersom forventningsscenarioet for antall brukere av Troll inntreffer. Vi forventer at investeringsnivået og nytten et sted mellom konsept 1 og 2/3. Konsept 4 vurderes som et godt konsept som bør vurderes nærmere i alternativanalysen.

Konseptet har lavere kapasitet og medfører sambruk mellom feltforberedelse og garasje

I konsept 4 erstattes dagens bygninger av et nybygg på rundt 6500 kvadratmeter BTA. Det består av tre sammenkoblede bygg; helårsstasjon (A), servicebygg (B) og sommerdrift (C). I praksis er konseptet utformet ved å nedskalere konsept 3. De fleste funksjoner er redusert slik at de er tilpasset færre antall brukere. Flere verksteder er slått sammen, det er færre arbeidsplasser og to møterom er fjernet. Den største endringen i funksjonsarealet er at «feltforberedelse» og «varm garasje» er slått sammen til et felles areal, hvor det legges opp til sambruk for forskning og drift. Konsekvensen av dette er nærmere beskrevet i alternativanalysen, kapittel 8.2. Utover dette, innebærer konsept 4 en vesentlig oppgradering av forskningsarealet sammenliknet med dagens stasjon. Fortsatt er romsligere verksteder, møteromsfasiliteter, varm garasje og større velferdsareal de største arealdriverne sammenliknet med dagens stasjon.

Figur 20 Arealfordeling bygg (kvm BTA) – samlet omfang av tiltak utgjør 8700 kvm, fordelt på tre nye sammenkoblede bygg



Konsept 4 er dimensjonert for 65 brukere og kan huse opp mot 30 forskere med gode arealer

Stasjonen er dimensjonert for 65 personer i sommersesongen. Til sammenlikning er antall samtidige brukere av Troll i høysesongen estimert til 70 personer i lavscenarioet. Med god planlegging og koordinering, for eksempel ved å planlegge gruppebesøk til perioder med lavere belegg, det vil si utenfor høysesongen for feltarbeid, forventer vi at dette konseptet tilrettelegger for

behovet i lavscenarioet. Vi forventer følgende gjennomsnittlige fordeling av brukere i perioder med maksimalt belegg: Forskere (20), logistikk (30), andre (15). Som for minimumskonseptet, kan nytten økes ved hjelp av planleggings- og koordineringstiltak. Vi legger til grunn at 30 forskere kan oppholde seg på Troll i løpet av sesongen ved at noen ankommer når andre reiser.

Konsept 4 innebærer gode forskningsfasiliteter til 20 forskere. Vi vurderer at konseptet tilfredsstillende minimumsrammebetingelser om at stasjonen skal ha gode forskningsfasiliteter, selv om det er dimensjonert for 15 færre samtidige forskere enn i konsept 2 og 3.

7.2.5 Konsept 5 har høyere kostnader enn 2 og 3 uten å gi vesentlig større nytte – forkastes

Vi har undersøkt et konsept som tar høyde for at ambisjonene for norsk tilstedeværelse og forskning i Antarktis kan øke i fremtiden utover vårt forventningsscenario. Vi har derfor gjort en overordnet vurdering av et konsept som er dimensjonert for 150 brukere og med forskningsfasiliteter for opp mot 50 samtidige forskere.

For å dekke alle areal- og funksjonsbehov for 150 brukere, beregner vi grovt at det er behov for et bygg på mellom 10.000-12.000 kvadratmeter. Investeringskostnaden vil være betydelig høyere enn i konsept 2 og 3. Samtidig vil konseptet trolig ikke gi vesentlig høyere nytte. Det er lite sannsynlig at Norges satsing i Antarktis blir så høy at det er behov for samtidig tilstedeværelse av 150 brukere. Videre tilrettelegger konsept 2 og 3 trolig for at opp mot 50 forskere kan være til stede på Troll i løpet av en sommersesong ved hjelp av god planlegging og koordinering. Det er altså lite sannsynlig at etterspørselen etter bruk av Troll overstiger kapasiteten i konsept 2 og 3.

Vi konkluderer med at konsept 5 vil gi betydelig høyere kostnader enn konsept 2 og 3, men uten å gi vesentlig høyere nytte. Dette gir grunnlag for å forkaste konseptet. Klima- og miljødepartementet har videre, som oppdragsgiver for denne KVUen, vurdert at det ikke er ønskelig å gå videre med å utrede dette konseptet. På bakgrunn av ovennevnte forkaster vi konsept 5.

7.3 Ny redundant og miljøvennlig energiforsyning legges til grunn i alle konsept

I behovsanalysen så vi at det er behov for en ny redundant og mer miljøvennlig energiløsning ved Troll. Multiconsult har på oppdrag fra Statsbygg vurdert tre alternative energiløsninger:

- Ren dieselbasert energiløsning
- Delvis fornybar energiløsning
- 100 prosent fornybar energiløsning

Vi har gjort en løsningsvalgsanalyse i det separate dokumentet «Energireport for 1195001 KVVU Troll forskningsstasjon» for å vurdere hvilken energiløsning som bør legges til grunn i denne konseptvalgutredningen (Statsbygg, 2021a). I det følgende redegjør vi for hovedfunnene.

Oppsummert anbefaler vi å gå videre med den «delvis fornybar energiløsning» som består av sol- og vindkraft, batteri og diesel. Løsningen anbefales og legges til grunn i utredningen, fordi den har høy driftssikkerhet samt halverer klimautslipp og lokal luftforurensning sammenliknet med en ren dieselbasert løsning. I tillegg har den samlet sett lavest investerings- og FDVU-kostnader. Løsningen innfrir rammebetingelsen om at energiforsyningen skal være driftssikker og basert på fornybar energi. På sikt er det trolig mulig å øke fornybarandelen ved å fase inn mer fornybar energi og/eller ved å opprette et testanlegg for hydrogen.

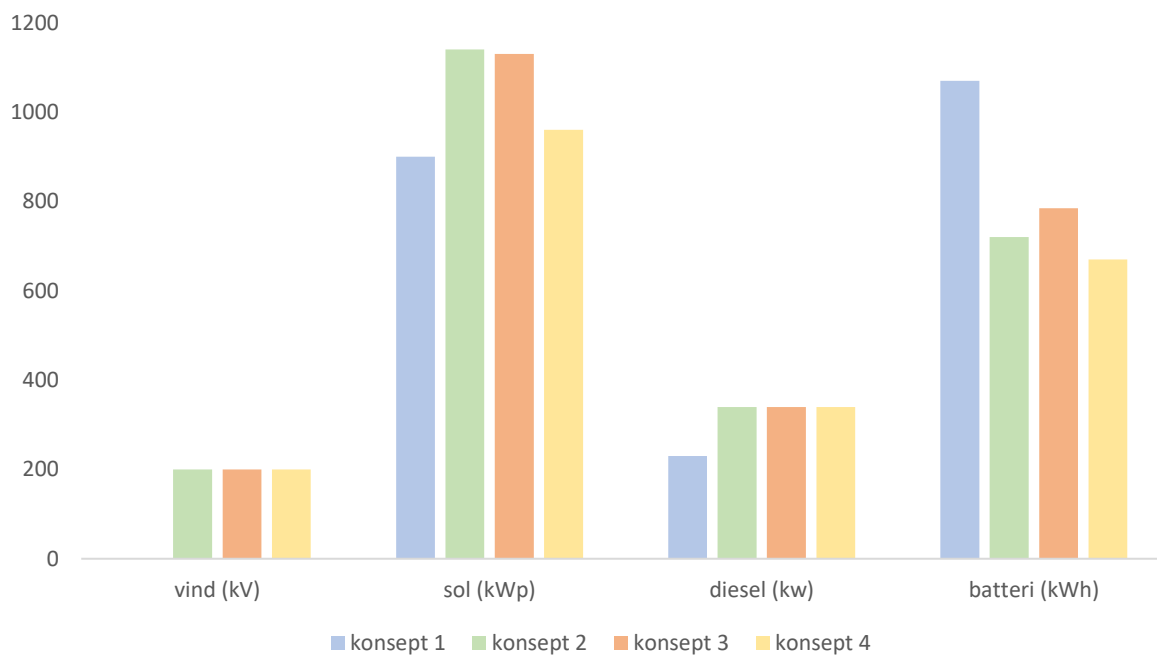
En 100 prosent fornybarløsning har høyere kostnader og stor usikkerhet knyttet til gjennomføring og driftssikkerhet. Den innebærer også omfattende arealinngrep. En slik løsning bør bygges ut i

trinn. Den delvis fornybare løsningen er uansett et første trinn som legger til rette for en videre utvikling mot et energisystem som er 100 prosent fornybart.

7.3.1 Vi anbefaler en energiløsning bestående av vind- og solkraft, batteri og diesel

Energimiksen vi har lagt til grunn i de respektive konseptene er vist i Figur 21. Installert effekt solkraft ligger på mellom 900-1140 kWp. Dette er en kraftig økning sammenliknet med testanlegg for solkraft som leverer strøm til Troll i dag, på 40 kWp. Installert vindkraft utgjør 200 kW i konsept 2 og 3, fordelt på to vindturbiner av 100 kW. Dårlige vindforhold gjør at energikostnaden for vindkraft er relativt høy. Dette er årsaken til at mengden installert effekt vindkraft er lav sett opp mot den installerte mengden solkraft i konsept 2 og 3, og faller helt ut i konsept 1. På sommerhalvåret forventer vi høy utnyttelse av solcelleanlegget, mens i vinterhalvåret er det i hovedsak vindturbinene som står for produksjonen av fornybar energi. Som følge av dårlige vindforhold, forventer vi imidlertid lengre perioder uten produksjon av fornybar energi på vinteren.

Batterier vil sikre lagring av overskuddsproduksjon til bruk i perioder hvor det ikke er tilstrekkelig mengder sol eller vindenergi. Batterikapasiteten er imidlertid ikke stor nok til å dekke energibehovet over lengre perioder. Energiløsningen forutsetter derfor at det installeres dieselaggregater. Dette er viktig både for å sikre energiforsyningen i lengre perioder, hvor det ikke er mulig å produsere fornybar energi, men også for å opprettholde energiforsyningen ved feilhendelser og under vedlikehold. Vi forutsetter derfor at det investeres i tre dieselaggregater, i tillegg til at kritiske komponenter dubleres. Dette vil sikre en redundant energiløsning med høy oppetid.



Figur 21 viser systemsammensetningen (energimiksen) som vi har lagt til grunn i konseptene. Figuren viser primærforsyningen. Det vil si at dieselaggregater som fungerer som backup i feilsituasjoner kommer i tillegg til installert effekt som vises her.

Energiløsningen er driftssikker, halverer klimautslipp og har lavere kostnader enn ren diesel

Energiløsningen vil trolig gi høy driftssikkerhet. Både solkraft og vindkraft er utprøvde teknologier, også i kaldt og værhardt klima, selv om erfaringsgrunnlaget fra drift i Antarktis er begrenset. Ved en feilhendelse som gir avbrudd i energiforsyningen, forventer en nedetid på under ett minutt,

tilsvarende tiden det tar å koble om dieselaggregatene. Energisystemet vil være mer komplekst å drifte enn en ren dieselbasert energiløsning. Dette vil stille høyere krav til kompetansen ved Troll.

Den nye energiløsningen innebærer årlige CO₂-utslipp på rundt 2.500 tonn, mot om lag 4.400 tonn i dag. Fortsatt vil rundt 40 prosent av utslippene være knyttet til forbrenning av diesel ved Troll, mens om lag 60 prosent vil være knyttet til frakt av diesel inn til Troll. Over en analyseperiode på 40 år utgjør de samlede klimautslippene fra frakt og forbrenning av diesel i underkant av 100 000 tonn CO₂, hvilket utgjør en halvering av dieselforbruket sammenliknet med en videreføring av dagens dieselbaserte løsning. Dette vil også bidra til rundt en halvering av lokal luftforurensning.

Vi ser altså at den delvis fornybare energiløsningen har en positiv effekt på miljøet, ved at klimautslipp og lokal luftforurensning halveres. Oppgradering av energiløsningen er det viktigste tiltaket som bidrar til å gjøre Troll til en miljøvennlig forskningsstasjon. Energiløsningen vil imidlertid innebære et større fotavtrykk enn i dag, ved at det installeres to vindturbiner i konsept 2-4, samt solcelleanlegg som opptar et areal på 13.000-16.500 kvadratmeter. Konsekvensen av arealinngrepet bør undersøkes nærmere i senere faser av prosjektutviklingen. Forskjellen mellom konseptenes klimautslipp beskriver vi nærmere i alternativanalysen, kapittel 8.1.6.

Lavere dieselforbruk innebærer også en reduksjon i forvaltnings-, drifts-, vedlikeholds og utskiftningskostnader (FDVU). Derfor kommer den delvis fornybare energiløsningen bedre ut enn en ren dieselbasert løsning, også målt i investerings- og FDVU-kostnader. Dette bidrar til å forsvare hvorfor vi har lagt til grunn den delvis fornybare energiløsningen også i minimumskonseptet, hvilket normalt sett ikke skal omfatte vesentlige oppgraderinger.

Energiløsningen kan være et første trinn mot et 100 prosent fornybart energisystem

For å etablere et energisystem som er 100% fornybart i Antarktis, er det trolig nødvendig å erstatte diesel med hydrogen i primærforsyningen. Løsningen som vurderes som mest aktuell, innebærer produksjon av hydrogen lokalt ved Troll og forutsetter installering av store mengder sol- og vindkraft.

Ut fra våre forventninger om den fremtidige kostnadsutviklingen, viser løsningsvalgsanalysen at den 100 prosent fornybare løsningen vil ha lavere samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn den delvis fornybare energiløsningen. Dette skyldes at lavere klima- og FDVU-kostnader ikke veier opp for høyere investeringskostnader som denne energiløsningen medfører. I tillegg innebærer den 100 prosent fornybare energiløsningen omfattende arealinngrep som følge av en firedobling av installert effekt solkraft og fem-åtte ganger så mye vindkraft som den delvis fornybare løsningen. Et slikt system vil være komplekst å drifte og både gjennomførbarhet og driftssikkerhet vurderes som svært usikker.

Vi forventer at mye vil skje innen teknologiutvikling for hydrogen i årene som kommer. Om noen år vil vi trolig ha mer informasjon om kostnadene for hydrogen og et bedre grunnlag for å vurdere om en slik energiløsning er samfunnsøkonomisk lønnsom. En eventuell 100 prosent fornybarløsning bør uansett bygges ut i trinn for å ivareta driftssikkerheten ved Troll og redusere risikoen for feil- eller overinvesteringer. En gradvis oppskalering av vind- og solkraftanlegget vil gjøre det mulig å teste ut anlegget, innhente nødvendig læring og bygge opp kompetansen som er nødvendig ved Troll. Hydrogen bør eventuelt også fases inn via mindre piloter. I lys av dette kan den delvis fornybare energiløsningen anses som et første trinn som muliggjør videre utvikling mot et 100 prosent fornybart energisystem, dersom dette viser seg fordelaktig i fremtiden.

7.4 Ny nødstasjon legges til grunn i alle konsept

I behovsanalysen, kapittel 4.1, fant vi at det fortsatt vil være behov for en nødstasjon ved Troll som kan benyttes dersom hovedstasjonen må evakueres, og vi vurderte de viktigste egenskapene til en slik stasjon. Problemene og behovene knyttet til dagens nødstasjon ble avdekket etter at rom- og funksjonsprogrammene i konseptene var utformet. Vi behandler derfor nødstasjonen separat i dette kapitlet. Nødstasjonen utgjør en liten andel av arealbehovet og er omtrent like omfattende i alle konsepter. Vi gjør derfor ingen stor feil ved å behandle dette på en forenklet måte.

For å dekke areal- og funksjonsbehovene knyttet til medisinsk beredskap, operasjonsledelse og kommunikasjon, lagring av nødutstyr/forråd og bo- og oppholdsareal (sengeplasser, hygiene fasiliteter og kjøkken), vurderer Norsk Polarinstitutt at det er behov for å utvide dagens nødstasjon fra 26 til 50 kvadratmeter i konsept 2-4. Dette tilsvarer fire 20 fotscontainere. I konsept 1 vil arealbehovet være noe lavere fordi det kun vil være seks overvintrende som i dag. Nødstasjonen må ha selvstendig varme- og strømproduksjon samt drikkevannsproduksjon. Vi legger vurderingene fra Norsk Polarinstitutt til grunn videre i utredningen.

Videre forutsetter vi at det er mest rasjonelt å bygge en ny nødstasjon i alle konsept, til erstatning for den gamle. Dette vil trolig gi bedre funksjonalitet enn ved å utvide dagens nødstasjon, i tillegg til at vi gjennom arbeidet med KVUen har sett at kvadratmeterprisen for nybygg er lavere enn for rehabilitering. Dette er basert på en forenklet vurdering.

7.5 Nullalternativet har kort levetid og innebærer nedleggelse av Troll – forkastes

Nullalternativet beskriver fremtidig utvikling i fravær av nye tiltak (Direktoratet for økonomistyring, 2018). Det er også referansesituasjonen som de øvrige konseptenes lønnsomhet sammenliknes mot. Nullalternativet skal representere en forsvarlig videreføring av dagens situasjon (Finansdepartementet, 2021a) og i utgangspunktet være et realistisk alternativ for beslutningstaker (Direktoratet for økonomistyring, 2018). Det betyr at man skal legge til grunn det minimum av kostnader til vedlikehold som er nødvendig for at alternativet er reelt. Det er imidlertid ikke et krav om like lang levetid som øvrige tiltak. Dersom nullalternativets levetid er svært kort, kan man vurdere å utvikle et minimumsalternativ som skal sammenliknes med nullalternativet (Finansdepartementet, 2021a).

Som omtalt i avsnittet over er det flere egenskaper som er ønsket ved et nullalternativ. Nullalternativet skal i utgangspunktet blant annet:

1. Beskrive fremtidig utvikling i fravær av nye tiltak
2. Være et referansealternativ for å vurdere de øvrige konseptenes lønnsomhet
3. Representere en forsvarlig videreføring av dagens situasjon

For Troll finnes det imidlertid ikke et alternativ som innehar alle disse egenskapene.

- 1) Et nullalternativ med nødvendig vedlikehold, men uten større tiltak, vil som omtalt i kapittel 3.1, innebære at det kun er mulig å sikre forsvarlig helårsdrift i om lag ti år, altså frem til starten av 2030-tallet. Det vil også være nødvendig å stenge ned stasjonen for sommerdrift kort tid etter. I henhold til krav i miljøprotokollen vil det ved en nedstengning være nødvendig å rive dagens stasjon og tilbake stille området. Kostnadene for dette er overordnet vurdert til å ligge et sted mellom 350 og 650 millioner kroner. Størstedelen av kostnadene er knyttet til frakt av maskiner, mannskap, rigg og drift, og containere inn og ut.

Et nullalternativ med nedstenging av stasjonen vil altså innebære tiltak med relativt store kostnader.

- 2) I henhold til beste praksis for samfunnsøkonomiske analyser, skal investeringsalternativenes lønnsomhet vurderes mot nullalternativet. Et nullalternativ som innebærer en nedleggelse av Troll, vil imidlertid være vanskelig å sammenlikne med investeringsalternativene i en alternativanalyse på en meningsfull måte. Dette gjelder særlig for de ikke-prissatte virkninger, men det vil også være utfordrende å sammenlikne prissatte virkninger for konseptene opp mot kostnadene av å ikke være til stede.
- 3) Et nullalternativ som innebærer en nedleggelse av forskningsstasjonen, representerer ikke en forsvarlig videreføring av dagens situasjon ut perioden for analysen.

Et nullalternativ som innebærer nedleggelse av stasjonen, vil altså ikke inneha egenskapene som er ønsket for et nullalternativ. Det er videre flere forhold som gjør at dette alternativet i liten grad er valgbart for beslutningstaker. Som omtalt i kapittel 3.1.4, vil en nedstengning av Troll innebære store negative konsekvenser i form av tapt verdiskapning for satellittvirksomheten, brudd på nasjonale og internasjonale avtaleforpliktelser, tapt kunnskapsproduksjon og tap av anseelse og tyngde i Antarktistraktatsystemet.

Som følge av ovennevnte har vi utviklet et minimumskonsept (konsept 1). Minimumskonseptet vil innebære høyere investeringskostnader enn nullalternativet, men kun innebære de investeringer som er nødvendig for å sikre en forsvarlig videreføring av dagens situasjon. Minimumskonseptet vil fungere bedre enn nullalternativet som et referansealternativ for de øvrige konseptene. Konseptet er et reelt og valgbart alternativ for beslutningstaker, selv om det ikke innfrir alle minimumsrammebetingelsene.

Basert på ovenstående argumentasjon, har vi valgt å forkaste nullalternativet og heller benytte minimumskonseptet som et referansealternativ for alternativanalysen.

8 Alternativanalyse

I alternativanalysen sammenlikner vi den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konsept 2, 3 og 4 mot minimumskonseptet. Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført som en kostnads-virkningsanalyse. Det vil si at kostnadene er verdsatt i kroner, mens nytten er vurdert kvalitativt. Analysen bygger på forventningsverdier samt en vurdering av usikkerheten i virkningene. Vi vurderer også om noen av konseptene har realopsjoner av verdi. På bakgrunn av dette, rangerer vi konseptene og gir en samlet anbefaling om hvilke konsept som bør videreføres.

Tabell 13 Overordnet informasjon om konseptene som vurderes i alternativanalysen.

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Omfang (kvm BTA)	2 600	8 200	8 700	6 500
Dimensjonering (maks antall brukere)	50	100	100	65
Investering P50 (MNOK)	875	2 565	2 700	2 035
Investering P85 (MNOK)	1 120	3 260	3 420	2 585

Tabell 14 sammenstiller de prissatte- og ikke-prissatte virkningene i analysen. Minimumskonseptet kommer best ut målt i prissatte virkninger, med rundt to milliarder kroner lavere kostnader enn i konsept 2 og 3, samt en milliard kroner lavere kostnader enn konsept 4. Konsept 2 og 3 er dyrest som følge av størst omfang og fordi de tilrettelegger for flest brukere og høyere aktivitet. Konsept 4 er en nedskalering av konsept 3, med et mindre nybygg og færre brukere. Dette gir lavere investerings-, FDVU- og virksomhetsdriftskostnader enn i konsept 2 og 3. Lang og krevende transportrute, harde klimatiske forhold og kort byggesesong forklarer det høye kostnadsnivået i alle konsepter.

Konsept 3 kommer best ut målt i ikke-prissatte virkninger. Større og mer funksjonelle forskningsarealer, gjør at konsept 2 og 3 tilrettelegger for større og bredere kunnskapsproduksjon og internasjonalt forskningssamarbeid. Det trekker opp verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser. Konsept 3 skiller seg positivt fra konsept 2 ved å samle all virksomhet i ett nytt bygg, noe som gir høyere sikkerhet og trivsel, samt færre ulemper i byggeperioden. Konsept 4 har også gode forskningsarealer, men for færre brukere. Derfor er verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser høyere enn i konsept 1, men lavere enn i konsept 2 og 3.

Ut fra en samlet vurdering, rangerer vi konsept 1 lavest. Selv om det kommer best ut i prissatte virkninger, møter ikke konseptet de utledede behovene. Det oppfyller ikke minimums-rammebetingelsen om gode forskningsfasiliteter, har lavest nytte og kommer klart dårligst ut på samtlige ikke-prissatte virkninger. Ved å rangere konsept 1 sist, har vi implisitt vurdert at verdien av de ikke-prissatte virkningene overstiger en milliarder kroner i konsept 4, og to milliarder i konsept 2 og 3. Videre vurderer vi at konsept 2 er robust dårligere enn konsept 3, da det har 70 MNOK høyere kostnader og lavere ikke-prissatt nytte. Konseptet rangeres derfor lavere enn konsept 3.

Om konsept 3 eller 4 har høyest samfunnsøkonomisk verdi, avhenger i hovedsak av om merverdien av økt forskning i konsept 3 overstiger kostnadsforskjellen på en milliard kroner. Med den forventede utviklingen i behovet, har vi ikke tilstrekkelig faglig grunnlag for å rangere det ene konseptet foran det andre. Nytten av konseptene avhenger imidlertid av hvor mye midler som

bevilges til Antarktiskforskning i fremtiden. Dette vil påvirke hvor effektivt forskningsinfrastrukturen utnyttes og hvor mye forskning av høy kvalitet som produseres. Dersom bruken av Troll blir mindre enn forventet, som følge av lavere tilgang på forskningsmidler, synker lønnsomheten av konsept 3, og konsept 4 kommer best ut. Dersom etterspørselen etter bruk av Troll blir høyere enn forventet, øker lønnsomheten av konsept 3, mens konsept 4 ikke vil ha tilstrekkelig kapasitet til å huse alle forskere. Konsept 3 har i et slikt scenario trolig høyere samfunnsøkonomisk lønnsomhet en konsept 4. Vi ser altså at usikkerheten kan gå begge veier og at den dermed ikke endrer rangeringen.

Usikkerheten i det fremtidige behovet tilsier at det kan ha en verdi å utsette deler av investeringen til det foreligger mer informasjon om utviklingen i behovet. En «vente og se»-opsjon har verdi dersom det er mulig å gjennomføre utbyggingen trinnsvis, slik at arealet utvides i takt med behovet. Det er imidlertid usikkert om en slik strategi vil ha en positiv verdi som følge av de lange ledetidene og de høye kostnadene forbundet med å splitte opp byggesesongen i Antarktis.

Tabell 14 Sammenstilling av de prissatte og ikke-prissatte virkningene i den samfunnsøkonomiske analysen, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
Investering – bygg og brukerutstyr	-690	-2 020	-2 120	-1 600
Reinvestering – bygg	-170	-170	0	0
FDVU	-460	-760	-770	-650
Virksomhetsdrift	-360	-630	-630	-490
Klimagassutslipp	-220	-270	-270	-230
Skattekostnader	-340	-720	-700	-550
Sum	-2 240	-4 570	-4 490	-3 520
Endring fra minimum (K1)	0	-2 330	-2 250	-1 280
Kunnskapseksternaliteter	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Ivaretagelse av norske interesser	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Sikkerhet	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Trivsel	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Liten positiv
Informasjonssikkerhet	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ulemper i byggeperioden	Ingen	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv
Lokalmiljø	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Samlet rangering	3	2	1	1

8.1 Prissatte virkninger

Nytte- og kostnadsvirkninger skal verdsettes i kroner så langt det er mulig og hensiktsmessig (Finansdepartementet, 2021a). I dette kapittelet beskriver vi alle relevante prissatte virkninger. Investeringskostnaden er den største virkningen og består av bygg og brukerutstyr. I tillegg vurderes reinvesteringer, forvaltnings-, drifts-, vedlikeholds og utskiftningskostnader (FDVU), virksomhetsdrift samt kostnader til klimagassutslipp. Skattefinansieringskostnadene utgjør 20 prosent av alle kostnader som har budsjettmessige virkninger. Alle virkningene er kostnader. Nyttensiden lar seg ikke prissette på en hensiktsmessig måte og behandles kvalitativt i kapittel 8.2.

De prissatte virkningene målt i reelle kroner, er oppgitt med prisnivå av juni 2021. Dette for å vise konsistensen mot tall oppgitt i kalkyledokumentene for investerings- og FDVU-kostnadene. For å få en oppdatert analyse som inkluderer den relativt store prisøkningen siden juni 2021, har vi i nåverdiberegningen justert alle kostnader til prisnivå av januar 2022. Forutsetningene for den samfunnsøkonomiske analysen er nærmere beskrevet i vedlegg 5.

Tabell 15 oppsummerer de prissatte virkningene. Vi ser at alle konsept innebærer høye kostnader. Selv konsept 1, som innebærer et minimum av investeringer for å videreføre forsvarlig drift, koster over to milliarder kroner. Dette forklares av den isolerte beliggenheten og de klimatiske forholdene.

Minimumskonseptet kommer likevel best ut, med rundt to milliarder kroner lavere kostnader enn i konsept 2 og 3, samt en milliard kroner lavere kostnader enn konsept 4. Konsept 2 og 3 er dyrest som følge av størst omfang målt i kvadratmeter. Dette trekker opp investerings- og FDVU-kostnadene. Konseptene muliggjør et høyere aktivitetsnivå, noe som bidrar til høyere kostnader til virksomhetsdrift og økte klimagassutslipp. Konsept 4 har 25 prosent mindre areal og tilrettelegger for 35 prosent færre brukere, noe som trekker ned kostnadene sammenliknet med konsept 2 og 3. Konsept 2 og 3 kommer omtrent likt ut, med en nåverdiforskjell på 70 MNOK, i favør av konsept 3.

Tabell 15 Prissatte virkninger, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Investering – bygg	-670	-1 970	-2 060	-1 560
Investering – brukerutstyr	-20	-50	-60	-40
Reinvestering – bygg	-170	-170	0	0
FDVU	-460	-760	-770	-650
Virksomhetsdrift	-360	-630	-630	-490
Klimagassutslipp	-220	-270	-270	-230
Skattekostnader	-340	-720	-700	-550
Sum prissatte virkninger	-2 240	-4 570	-4 490	-3 520
Prissatt netto nytte – endring fra referansealternativet (K1)	0	-2 330	-2 250	-1 280
Rangering prissatte virkninger	1	4	3	2

8.1.1 Byggekostnader

I dette kapittelet oppsummerer vi hovedfunnene fra kalkyle og usikkerhetsanalyse for byggekostnadene (Statsbygg, 2022b). Byggekostnaden er den største prissatte virkningen i den samfunnsøkonomiske analysen og består av kostnaden for å etablere nybygg, rehabilitere eksisterende bygningsmasse samt rive og transportere ut gammel bygningsmasse.

Tabell 16 viser byggekostnadene i de fire konseptene, målt i reelle kroner. Det inkluderer kostnad for ny energiforsyning, hvor forventet investeringskostnad utgjør i overkant av 50 MNOK i konsept 1 og rundt 70 MNOK i konsept 2, 3 og 4. I tillegg inngår kostnad til ny nødstasjon på 20 MNOK i alle konsept. Byggekostnadene er høyest i konsept 2 og 3, med et forventet investeringsnivå på henholdsvis 2,5 og 2,6 milliarder kroner. Konseptene er rundt halvannen milliard kroner dyrere enn konsept 1 og en halv milliard dyrere enn konsept 4. Det er omfang nybygg og rehabilitert areal som driver opp kostnadene, hvilke relativt proporsjonale med tiltaksomfanget. Konsept 4 er en nedskalering av konsept 3, med rundt 25 prosent mindre areal og tilsvarende lavere kostnader.

Kvadratmeterprisen for bygg i Antarktis er høy som følge av lang transportrute, kort bygge- og transportsesong samt krevende værforhold. Dette reflekteres i at kostnader til logistikk, transport, rigg og drift utgjør omtrent halvparten av byggekostnadene. Nærmere beskrivelse av kostnadskomponentene som inngår i byggekostnadene er gitt i vedlegg 5.

Tabell 16 Byggekostnader (MNOK), reelle 2021-kr (mva utgjør 0,6 %)

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
P10	550	1 670	1 740	1320
Forventning	850	2 500	2 610	1 980
P90	1 140	3 340	3 530	2 650
Rel. standardavvik	27%	26%	26%	26%

Tabell 17 viser nåverdien av de forventede byggekostnadene. Investeringene kommer mot slutten av 2020-tallet, og nåverdien ligger derfor om lag 500 MNOK under enn de reelle verdiene i konsept 2-4. Kostnadsforskjellen mellom alternativene reduseres derfor noe, særlig mot konsept 1.

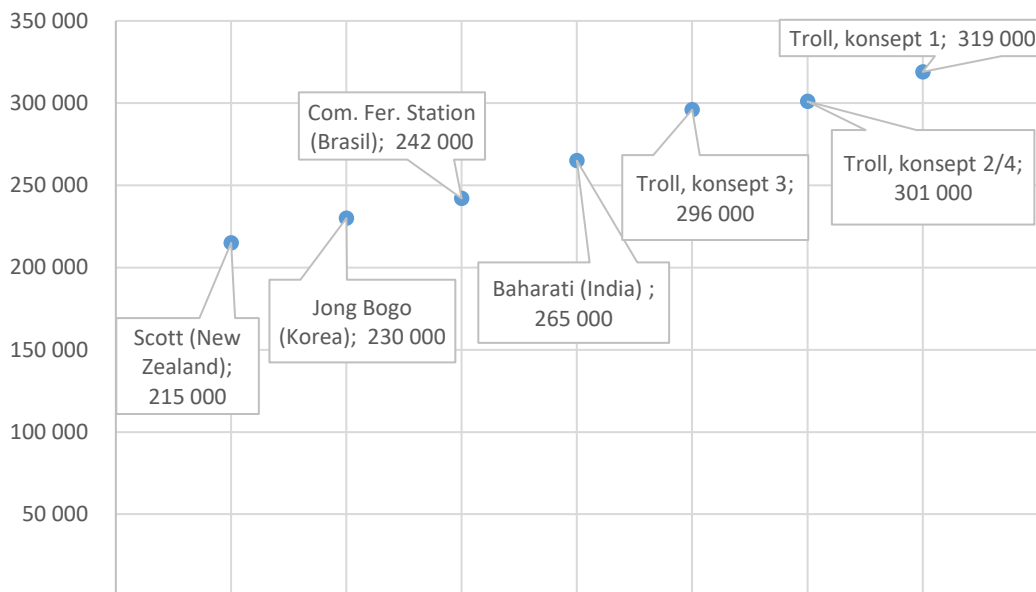
Tabell 17 Byggekostnader (MNOK), nåverdi 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	670	1 970	2 060	1 560

Troll er et over middels stort og komplekst prosjekt som ligger ti år frem i tid. De viktigste usikkerhetsdriverne er markedsusikkerhet, prosjektgjennomføring, prosjektmodenhet, eksterne premissgivere og lokale forhold. Sistnevnte er den største enkelvise driveren som trekker opp forventede kostnader fra basisestimatet. Dette er knyttet til tilstanden til eksisterende bygg, grunnforhold og værforhold. Det relative standardavviket utgjør omtrent 26 prosent, på nivå med det vi forventer i ordinære byggeprosjekter. Det ligger imidlertid lavere enn vi hadde forventet i dette «stranger»-prosjektet, som følge av lite erfaringstall og usikkerhet blant annet knyttet til frakt, logistikk og kort byggesesong i Antarktis. Vi har hentet inn entreprenørkompetanse med erfaring fra å bygge i Antarktis, noe som har bidratt til økt kontroll på usikkerhet relatert til marked, logistikk og lokale forhold. I tillegg har vi gjennomført grundigere vurderinger knyttet til logistikk og fremdrift

enn det som er normalt i tidligfase. Disse faktorene bidrar til å redusere usikkerheten. Det er likevel en risiko for at vi ikke har klart å favne det totale usikkerhetsspennet. Standardavviket er omtrent like høyt i alle konsepter, noe som skyldes at usikkerheten er relativt lik på tvers av konseptene.

Vi har sammenliknet kvadratmeterprisen i konseptene mot sluttkostnaden for fire andre helårige forskningsstasjoner i Antarktis. Tallene er beheftet med stor usikkerhet, og omfang og arbeider kan ikke nødvendigvis sammenliknes direkte med byggekostnadene for Troll. Tallene gir likevel en overordnet indikasjon på kvadratmeterprisen for andre forskningsstasjoner i Antarktis og er en del av rimelighetsvurderingen av estimatene i KVUen. Vi ser at byggekostnaden for Troll ligger i det øvre sjiktet sammenliknet med de andre forskningsstasjonene. Dette er imidlertid rimelig å forvente siden Troll ligger 250 kilometer fra iskanten, noe som gjør transport, logistikk, rigg og drift dyrere sammenliknet med bygging av de øvrige stasjonene som ligger ved kysten.



Figur 22 Fire referanseprosjekter gir en overordnet indikasjon på byggekostnadene i Antarktis og viser at byggekostnadene estimert for Troll virker rimelige. Byggekostnaden for oppgradering av Troll ligger høyere enn i referanseprosjektene. Dette er rimelig å forvente siden Troll ligger i innlandet, mens referansene ved kysten.

8.1.2 Brukerutstyr

Vi har utarbeidet brukerutstyrlister for hvert konsept i samarbeid med Norsk Polarinstitutt (Norsk Polarinstitutt, 2022a) (Statsbygg, 2022b). Tabell 18 viser en oversikt over forventete kostnader til brukerutstyr i de ulike konseptene, med tilhørende usikkerhetsspenn. Tabell 19 viser nåverdien.

Når vi ser på kostnadene målt i reelle kroner, er forventet brukerutstyrs-kostnad høyest i konsept 3, på 90 MNOK, som følge av at det er det største konseptet som tilrettelegger for flest brukere. I konsept 2 er kostnaden 25 MNOK lavere, selv om arealet er omtrent like stort og tilrettelegger for like mange brukere. Dette skyldes at mer utstyr trolig kan gjenbrukes i den rehabiliterte hovedstasjonen og garasjen. Konsept 1 har lavest kostnader fordi arealene er mindre med færre brukere og en del av eksisterende brukerutstyr kan gjenbrukes.

Mesteparten av brukerutstyrs-kostnaden er knyttet til drift og beredskap, som hver utgjør mellom 20-30 prosent av kostnadene. Bo- og velferd utgjør mellom 10-20 prosent. I konsept 2-4 utgjør utstyr til forskning om lag ti prosent av kostnaden. I konsept 1 derimot utgjør det kun 0,5 prosent, noe som reflekterer at det tilnærmet ikke vil være noen forskningsfasiliteter ved stasjonen.

Tabell 18 Brukerutstyr (MNOK), reelle 2021-kr, eks. mva.

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
P10	15	45	60	35
Forventning	25	65	90	55
P90	35	90	115	75

Tabell 19 Brukerutstyr (MNOK), nåverdi 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	20	50	60	40

8.1.3 Reinvesteringskostnader

Tabell 51 viser forventede byggekostnader fordelt på rivekostnader, rehabilitering og nybygg²⁷. Rehabiliteringskostnaden utgjør i overkant av 500 MNOK i konsept 1 og 2. Denne kostnaden påløper på nytt rundt midten av analyseperioden (2050-tallet) fordi rehabilitert areal kun har 20 års levetid, mot 40 år for nybygg. Nåverdien av reinvesteringskostnaden utgjør rundt 170 MNOK.

I de to foregående kapitlene så vi at nåverdien av byggekostnadene i konsept 2 var rundt 100 MNOK lavere enn konsept 3 og at brukerutstyrskostnaden var ca. 10 MNOK lavere. Når vi hensyntar reinvesteringskostnaden, blir kostnadene imidlertid høyere i konsept 2, med en nåverdiforskjell på 80 MNOK.

Tabell 20 Forventede byggekostnader fordelt på rivekostnader, rehabilitering og nybygg (MNOK), reelle 2021-kr. Rehabiliteringskostnaden påløper på nytt i konsept 1 og 2 etter 20 år og omtales som en reinvesteringskostnad.

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Rive	5	10	15	15
Rehabilitering	530	510	0	0
Nybygg	300	1 960	2 580	1950

Tabell 21 Reinvesteringskostnad (MNOK), nåverdi 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	170	170	0	0

8.1.4 FDVU-kostnader

I dette kapitlet oppsummerer vi hovedfunnene fra kalkyle og usikkerhetsanalyse for FDVU-kostnadene (Statsbygg, 2021c). FDVU-kostnader omfatter kostnader forbundet med å forvalte, drifte, vedlikeholde og gjøre nødvendige utskiftninger av bygningsdeler, tekniske anlegg og

²⁷ Uten kostnader til nødstasjon

brugerutstyr. Dette for å sikre at de oppfyller lov- og forskriftskrav, samt opprettholder planlagt funksjon gjennom levetiden.

Tabell 22 viser de årlige FDVU-kostnadene samlet for bygg, energiløsning og brukerutstyr, målt i reelle kroner. FDVU-kostnaden knyttet til bygningsmassen utgjør 60-70 prosent av FDVU-kostnadene, mens energiløsningen står for 30-40 prosent av kostnadene. FDVU-kostnaden for brukerutstyr utgjør kun en marginal andel.

Konsept 2 og 3 har høyest årlige FDVU-kostnader, på rundt 55 MNOK, som følge av størst areal som skal forvaltes, driftes og vedlikeholdes/skiftes ut. Nivået er svakt høyere i konsept 3, men det fremkommer ikke av tabellen når tallene avrundes til nærmeste fem millioner kroner. Den årlige FDVU-kostnaden er henholdsvis 10 og 20 MNOK lavere i konsept 1 og 4 som følge av mindre areal. Over analyseperioden på 40 år, utgjør samlede FDVU-kostnader i konsept 2 og 3 henholdsvis rundt 760 og 770 MNOK, mens det ligger rundt 100 MNOK lavere i konsept 4, og rundt 200 MNOK lavere i konsept 1.

Tabell 22 Årlige FDVU-kostnader for bygg, energiløsning og brukerutstyr (MNOK), reelle 2021-kr (mva utgjør ca. 0,2 %)

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	35	55	55	45

Tabell 23 FDVU-kostnader over analyseperioden på 40 år (MNOK), nåverdi 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	460	760	770	650

Estimatusikkerheten er høy fordi et høyt omfang av tiltak inngår i estimatene. I tillegg er usikkerheten i når de periodiske kostnadene vil inntreffe høy som følge av den lange planleggingshorisonten. Dersom vedlikeholds- og utskiftningsintervallene blir kortere enn forutsatt, øker kostnadene mer enn de reduserer dersom de er lengre enn antatt. De viktigste usikkerhetsdriverne er knyttet til lokale forhold, noe som særlig er knyttet til det klimaet i Antarktis. Klimaendringer kan medføre annen og større belastning på bygningsmassen enn forutsatt, mens slitasjen på bygg kan bli mindre eller større enn antatt. Videre er markedsusikkerheten knyttet til entreprenør, service- og utstyrsmarkedet, vesentlig. Denne usikkerheten er symmetrisk og kan trekke i positiv eller negativ retning. Usikkerhet knyttet til kompleksitet i bygningsmassen kan også trekke opp kostnadene.

8.1.5 Virksomhetsdrift

Virksomhetsdrift omfatter drifts- og reisekostnader som er knyttet til virksomheten, og som ikke inngår i FDVU-kostnadene. Dette inkluderer personalkostnader og reisekostnader til logistikkpersonell som blant annet drifter flyplassen, annet personell som kokk og lege, samt reisekostnader og felttilllegg til forskere. I tillegg er kostnader til vedlikehold av maskinpark og proviant, samt kjøkken inkludert. Kostnader som er like for alle konsepter er ikke tatt med. Det vil således være kostnader for virksomhetsdrift utover det som er inkludert her.

Årlig kostnad for virksomhetsdrift vises i Tabell 24, mens nåverdien over analyseperioden vises i Tabell 25. Aktivitetsnivået målt i antall brukere ved stasjonen, trekker opp kostnadene til virksomhetsdrift, noe som forklarer at kostnadene er høyest i konsept 2 og 3. Årlige kostnader er 10 MNOK høyere enn i konsept 4 og 20 MNOK større enn i konsept 1. Over analyseperioden er nåverdien av kostnadene i konsept 2 og 3 rundt 150 og 250 MNOK høyere enn i henholdsvis konsept 4 og 1.

Tabell 24 Årlige kostnader til virksomhetsdrift (MNOK), reelle 2021-kroner, eks. mva.

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Virksomhetsdrift	25	45	45	35

Tabell 25 Kostnader til virksomhetsdrift over analyseperioden på 40 år (MNOK), nåverdi 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	360	630	630	490

8.1.6 Klimagassutslipp

Vi har beregnet klimagassutslippene som forventes i de ulike konseptene. Tabell 26 viser de beregnede klimagassutslippene, målt i tonn CO₂-ekvivalenter for byggeperioden, flyreiser og utslipp fra energiforbruk ved stasjonen. Tabell 27 viser nåverdien over analyseperioden.

Klimagassutslipp under byggeperioden inkluderer utslipp knyttet til riving, nybygg og rehabilitering, samt transport av materialer og personell. Klimagassutslipp fra flyreise inkluderer utslipp fra tur-retur flyreise for forskere og personell fra Norge-Cape Town og Cape Town-Troll. Klimagassutslipp fra energiforbruk inkluderer utslipp knyttet til forbrenning av diesel ved Troll og transport av diesel inn til Troll. Bakgrunnen for tallene er nærmere beskrevet i det separate dokumentet «Miljønotat for 1195001 KVVU Troll forskningsstasjon» (Statsbygg, 2021b). For å beregne kostnaden av klimagassutslippene har vi benyttet karbonprisbaner gitt av Finansdepartementet (Finansdepartementet, 2021a) (Finansdepartementet, 2021b)²⁸.

Byggeperioden forklarer størstedelen av klimautslippene og kommer fra utslipp i forbindelse med transport av materialer og personell inn til Troll. Utslippene er høyest i konsept 2 og 3. Dette forklares i hovedsak av at konseptene har én byggesesong mer enn konsept 1 og 4, i tillegg til at flere containere må transporteres inn til Troll. Nåverdi av klimakostnadene i byggeperioden er rundt 50 MNOK lavere i konsept 1 og 4 sammenliknet med konsept 2 og 3.

Det er relativt liten forskjell i samlede klimakostnader for flyreiser og energiforbruk. Kostnadene for flyreiser er knyttet til hvor mange brukere som reiser tur/retur Troll i de ulike konseptene. Et høyere antall forskere og øvrig personell i konsept 2 og 3 medfører 10 MNOK høyere klimakostnader i disse konseptene enn i konsept 1 og 4. Konsept 2 har høyest energibehov og derfor størst utslipp. Dette skyldes at konseptet har et stort omfang og omfatter rehabilitering. Vi forventer at rehabilitert

²⁸ Karbonprisbane for luftfart og petroleum er benyttet for utslipp i byggeperioden og for flyreiser, mens karbonprisbane for ikke-kvotepliktig sektor er benyttet for energiforbruk.

areal vil ha lavere energieffektivitet enn nybygg. Forskjellen i klimagasskostnader er likevel så liten at den ikke kommer til syne når vi avrunder kostnadene til nærmeste 10 MNOK.

Tabell 26 Klimagassutslipp i de ulike konseptene som antall tonn CO₂-ekvivalenter over analyseperioden på 40 år

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Byggeperiode	80 000	100 000	101 000	83 000
Flyreiser	22 000	40 000	40 000	33 000
Energiforbruk	95 000	105 000	98 000	94 000
Sum	197 000	245 000	239 000	210 000

Tabell 27 Nåverdi av klimagassutslipp (MNOK), 2022-kr, med finansdepartementets referansebane for CO₂

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Byggeperiode	120	160	160	120
Flyreiser	20	30	30	30
Energiforbruk	80	80	80	80
Sum	220	270	270	230

Angående klimautslippene knyttet til energiforbruket, gjør vi oppmerksom på at alle konseptene omfatter oppgradering av energiløsningen og integrering av fornybar energi, omtalt som den delvis fornybare energiløsningen i kapittel 7.3. Den nye energiløsningen innebærer rundt en halvering av klimautslipp sammenliknet med om konseptene omfattet en ren dieselbasert løsning som i dag. Oppgradering av energiløsningen er det viktigste enkeltstående tiltaket som bidrar til å gjøre Troll forskningsstasjon betydelig mer miljøvennlig enn i dag. Denne gevinsten kommer ikke til syne i tabellen fordi besparelsen vil være omtrent lik i alle konsepter.

8.1.7 Skattefinanseringskostnader

Tiltakene ved Troll skal finansieres gjennom offentlige bevilgninger som igjen finansieres av statens inntekter fra skatter og avgifter. Ifølge føringer fra Finansdepartementet skal det beregnes en skattefinansieringskostnad lik 20 prosent av anslåtte endringer i offentlige inntekter og utgifter.

8.2 Ikke-prissatte virkninger

Ikke-prissatte virkninger skal analyseres og hensyntas i vurderingen av investeringstiltakenes samfunnsøkonomiske lønnsomhet på linje med de prissatte virkningene. Som vanlig i byggsektoren, består de ikke-prissatte virkningene av vesentlige nyttevirkinger. Disse er synliggjort i Tabell 28 og viser verdien av de ikke-prissatte nyttevirkningene samt netto nåverdi av de prissatte virkningene som differanse til minimumskonseptet.

Minimumskonseptet kommer dårligst ut for nesten alle ikke-prissatte virkninger. Her vil Troll fortsatt være en «driftsstasjon» med lite kapasitet til å huse forskere og fravær av dedikerte forskningsarealer. Dette trekker ned verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser. I tillegg scorer den lavere på sikkerhet, trivsel og informasjonssikkerhet.

Konsept 3 kommer best ut målt i ikke-prissatte virkninger. Større og mer funksjonelle arealer for forskning, gjør at konsept 2 og 3 tilrettelegger for større og bredere kunnskapsproduksjon og internasjonalt forskningssamarbeid enn konsept 1 og 4. Verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser er derfor høyest i disse konseptene. Konsept 3 skiller seg videre positivt fra konsept 2 ved at den samler all virksomhet og alle funksjoner i ett nytt bygg, noe som bidrar til høyere sikkerhet og trivsel, samt færre ulemper i byggeperioden. Konsept 4 har også gode forskningsarealer, men for færre brukere. Derfor er verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser vesentlig høyere enn i konsept 1, men lavere enn i konsept 2 og 3.

Tabell 28 Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte virkningene, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Prissatt netto nytte – endring fra konsept 1	0	-2 330	-2 250	-1 280
Rangering basert på prissatte virkninger	1	4	3	2
Kunnskapseksternaliteter	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Ivaretagelse av norske interesser	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Sikkerhet	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Trivsel	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Liten positiv
Informasjonssikkerhet	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ulemper i byggeperioden	Ingen	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv
Samlet rangering	4	3	1	2

Ut fra en samlet vurdering av de prissatte- og ikke-prissatte virkningene, rangerer vi konsept 1 lavest. Selv om konseptet kommer best ut av de prissatte virkningene, er det en videreføring av dagens situasjon som ikke tilfredsstillende de utledede behovene. Konseptet har som i dag mangelfulle forskningsfasiliteter og oppfyller derfor heller ikke minimumsrammebetingelsen om gode forskningsfasiliteter. Ved å rangere konsept 1 sist, vurderer vi implisitt at verdien av de ikke-prissatte virkningene overstiger en milliarder kroner i konsept 4, og to milliarder i konsept 2 og 3.

Konsept 2 er robust dårligere enn konsept 3, med 80 MNOK høyere kostnader og lavere ikke-prissatt nytte. Konseptet rangeres derfor lavere enn konsept 3. Om konsept 3 eller 4 har høyest samfunnsøkonomisk verdi, avhenger av om merverdien av økt forskning i konsept 3 overstiger kostnadsforskjellen på en milliard kroner. Dette er usikkert og avhenger av utviklingen i behovet. Vi rangerer derfor konsept 3 og 4 likt.

8.2.1 Metodisk fremgangsmåte

Metode for vurdering av ikke-prissatte virkninger følger i hovedsak anbefalingene i Statsbyggs veileder for samfunnsøkonomiske analyser. I veilederen er det lagt opp til fem steg

1. Hvor mange personer blir berørt
2. Hvor mye hver enkelt blir berørt
3. Hvor stor enhetsnytte hver enkelt berørt vil ha
4. Hvordan virkningen utvikler seg over tid
5. Usikkerhet

De tre første stegene er i praksis et forsøk på å kvantifisere den ikke-prissatte virkningen. Det er imidlertid ikke funnet relevante verdsettingsstudier for noen av virkningene, og for flere av virkningene er det også utfordrende å si hvor mange som blir berørt. Vi har derfor valgt en noe mer overordnet vurdering, der de første tre stegene er diskutert dersom de er relevante for den enkelte virkningen. I arbeidet med virkningene har vi imidlertid vært gjennom alle trinnene i veilederen. Den samfunnsøkonomiske verdien av virkningene angis på skalaen vist i Tabell 29.

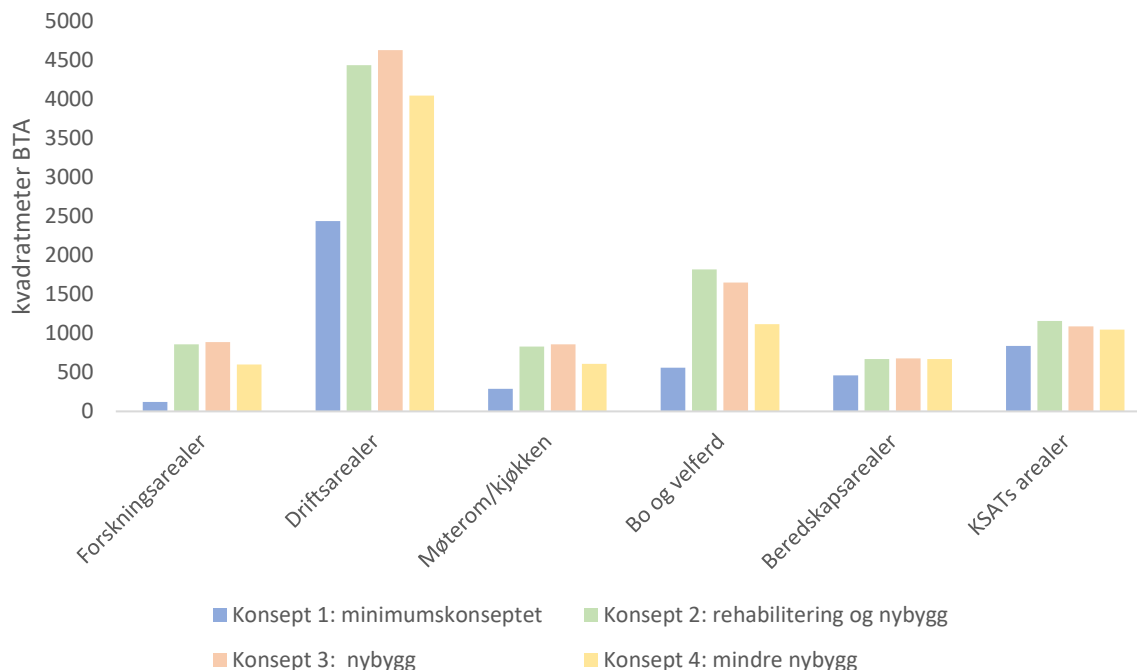
Tabell 29 Skala for vurdering av størrelse på de ikke-prissatte virkningene

Meget stor negativ	Stor negativ	Middels negativ	Liten negativ	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv
--------------------	--------------	-----------------	---------------	-------	---------------	-----------------	--------------	--------------------

Metoden omfatter også vurderinger av hvordan virkningen ventes å utvikle seg over tid og usikkerhetene knyttet til virkningen. Det vil være usikkerhet knyttet både til hvorvidt virkningen er positiv eller negativ, om antall berørte, om grad av påvirkning, samt usikkerhet i rangering av konseptene. Dette er kvalitativt vurdert. Usikkerheten er videre vurdert overordnet ved å angi usikkerheten som lav, moderat eller høy.

8.2.2 Oversikt over funksjonsarealet i de ulike konseptene som påvirker nyttesiden

Figuren gjengir oversikten over konseptenes funksjonsareal, som også ble vist i mulighetsstudien, og som påvirker nyttevurderingene. De viktigste forskjellene beskriver vi nærmere under relevante virkninger.



Figur 23 Funksjonsareal i konseptene påvirker nyttevurderingene

8.2.3 Kunnskapseksternaliteter

I kapittel 2.3.1 fant vi at forskningen ved Troll bidrar til internasjonal kunnskapsutvikling som er sentral for å løse globale utfordringer knyttet til klima- og miljø. Forskingen som gjennomføres på Troll i dag har høy kvalitet, men lite kapasitet og mangelfulle forskningsarealer ved dagens stasjon begrenser likevel forskningsaktiviteten. Troll har ikke tilstrekkelig kapasitet eller gode nok forskningsarealer til å møte den fremtidige etterspørselen etter Antarktisforskning.

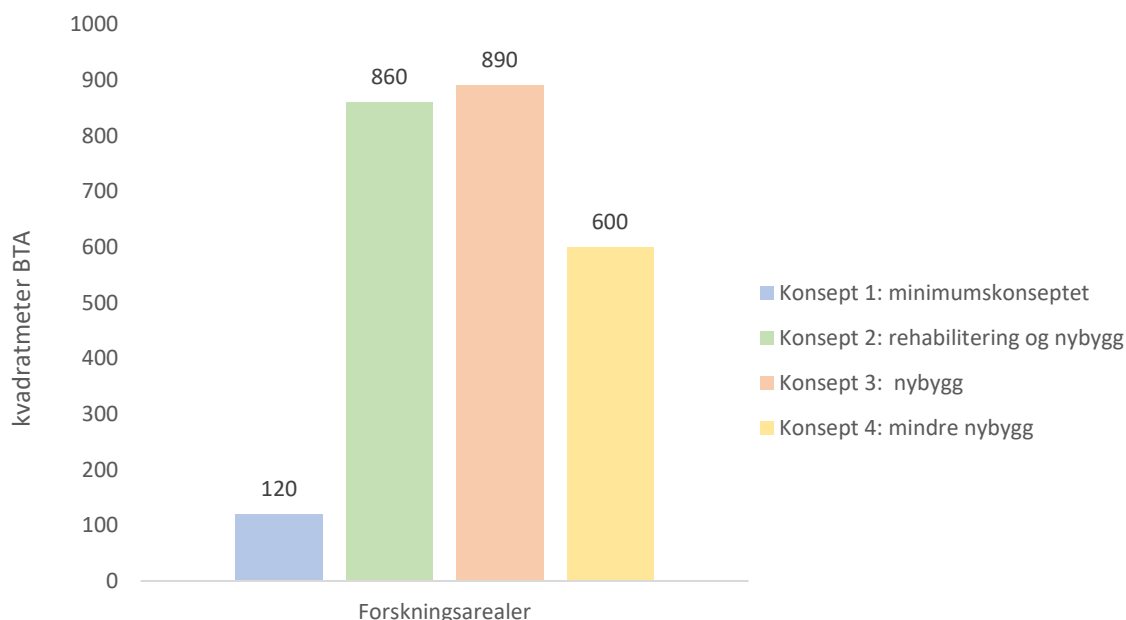
For virkningen *kunnskapseksternaliteter*, vurderer vi i hvilken grad konseptene tilrettelegger for mer og bredere forskning av høy kvalitet, samt den tilhørende samfunnsøkonomiske verdien. Hvordan forskning ved Troll påvirker norske interesser i bredere forstand beskriver vi i kapittel 8.2.4.

Konsept 2, 3 og 4 tilrettelegger for langt høyere forskningsaktivitet enn konsept 1

I **konsept 1** vil situasjonen i stor grad være *uendret* fra i dag. Forskningsfasilitetene vil være mangelfulle og tilnærmet ikke-eksisterende, som nærmere beskrevet i problemanalysens kapittel 3.5.2. Blant annet vil det fortsatt mangle laboratorier, feltforberedelsessone og arbeidsplasser. Fasilitetene vil heller ikke være tilstrekkelig tilrettelagt for en effektiv drift av den planlagte TONE-infrastrukturen, hvilket blant annet forutsetter gode arbeidsplasser og areal for klargjøring av instrumenter. Med god planlegging og koordinering forventer vi likevel at Troll kan huse 15 forskningsrelaterte brukere i løpet av en sommersesong, men uten gode forskningsfasiliteter. Dette fordrer imidlertid kortere opphold, slik at noen drar når andre ankommer, da det kun er plass til å huse rundt 10 forskningsrelaterte brukere samtidig.

Kapasitetsbegrensninger og mangel på forskningsfasiliteter i konsept 1 begrenser særlig nærfeltaktiviteten og den planlagte veksten i overvåkningsaktivitet som ville hatt nytteverdi for norske og internasjonale forskningsmiljøer. Likevel mener vi det er rimelig å forvente en økning i omfang og bredde på forskningen som utføres ved Troll, som følge av at TONE-infrastrukturen vil øke tilfanget av data. Det er vanskelig å anslå hvor stor økningen vil være. Økningen i kunnskapsproduksjon forventes å være vesentlig større enn den forskningen som produseres kun

av forskere som oppholder seg på og arbeider ut fra Troll. Dette fordi data og observasjoner vil tilgjengeliggjøres for norske og internasjonale forskningsmiljøer. TONE-infrastrukturen innebærer etablering av åtte observatorier, mens det i dag er etablert ett observatorium²⁹. Selv om konsept 1 ikke tilrettelegger for flere forskere enn i dag og TONE-infrastrukturen ikke vil kunne utnyttes optimalt, vurderer vi at det er rimelig å forvente at antall årlige fagfelleverderte publikasjoner basert på forskning/data/funns fra Troll, vil øke fra dagens nivå.



Figur 24 Konsept 2 og 3 innebærer gode forskningsfasiliteter til 35 forskningsrelaterte brukere, mens konsept 4 har gode fasiliteter til 20. Det innebærer bl.a. arbeidsplasser, laboratorier, lager, kjøll og frys, samt feltforberedelsessone. I konsept 4 er feltforberedelsessonen samlokalisert med varmgarasje, men i konsept 2 og 3 er dette et selvstendig og større areal. I konsept 1 består forskningsarealet nesten kun av lager. Netto areal er likt i konsept 2 og 3, det er kun bruttoareal som skiller som følge av høyere omregningsfaktor for rehabilitert areal.

Konsept 4 innebærer en *vesentlig oppgradering* av forskningsfasilitetene, fra dagens rundt 120 til om lag 600 kvadratmeter BTA. Det innebærer gode fasiliteter til 20 samtidige forskningsrelaterte brukere, med gode arbeidsplasser, laboratorier, lagerkapasitet, samt kjøll og frys for oppbevaring av prøver. Det vil opprettes en feltforberedelsessone i arealer som kombineres med varmgarasje. Gjennom sommersesongen forventer vi at det vil være mulig å huse om lag 30 forskningsrelaterte brukere. Det fordrer imidlertid at noen har kortere opphold og innebærer, som i konsept 1, at noen kan måtte ankomme på tider av året som ikke er optimalt i forhold til deres prosjekter.

I konsept 4 tilrettelegger Troll for effektiv bruk av TONE-infrastrukturen, noe som forventes å betydelig øke kvalitet og omfang av langtidsovervåkningsdata som tilgjengeliggjøres for norske og internasjonale forskningsmiljøer. Videre muliggjør konseptet vekst i nær- og fjernfeltaktiviteten ved at stasjonen kan huse dobbelt så mange forskningsrelaterte brukere. Ved effektiv utnyttelse av forskningsinfrastrukturen, vurderer vi at det er rimelig å forvente at årlige fagfelleverderte publikasjoner øker vesentlig i forhold til i konsept 1.

Selv om konsept 4 muliggjør vesentlig vekst i forskningsaktiviteten, tilrettelegger ikke konseptet for alle forskningsrelaterte brukere i forventningsscenarioet. Dette innebærer at den bygningsmessige

²⁹ Kun NILUs observatorium kvalifiserer i dag som et «observatorium» ifølge Norsk Polarinstitutt. Det er imidlertid flere øvrige enkeltstående instrumenter som samler inn data på Troll.

infrastrukturen trolig fortsatt vil være begrensende for kunnskapsproduksjonen og internasjonalt forskningssamarbeid. Hvorvidt etterspørselen etter Antarktisforskning med utgangspunkt i Troll vil overstige kapasiteten i konsept 4, avhenger av politiske prioriteringer og hvor mye midler som vil bevilges til Antarktisforskning.

Konsept 2 og 3 omfatter *vesentlig og enda større oppgradering* av forskningsfasilitetene enn i konsept 4. Forskningsarealet øker fra dagens rundt 120 til i underkant av 900 kvadratmeter BTA. Konseptene tilrettelegger for den forventede etterspørselen, hvilket tilsvarer 35 forskningsrelaterte brukere gjennom sommersesongen. Fordi konseptene også er dimensjonert for at 35 forskningsrelaterte brukere kan være *samtidig* på Toll, innebærer det at de kan oppholde seg på stasjonen over lengre perioder. Opphold kan dermed planlegges ut fra hva som er gunstigst for forskningsaktiviteten og det gir større rom for internasjonalt forskningssamarbeid. Konseptene har videre fleksibilitet til å huse opp mot 50 forskningsrelaterte brukere gjennom sommersesongen. Sistnevnte vil ha en verdi dersom etterspørselen etter Antarktisforskning blir større enn forventet. Igjen avhenger dette av politiske prioriteringer og tildeling av forskningsmidler.

Konsept 2 og 3 omfatter videre et selvstendig og større areal for *feltforberedelse* enn konsept 4. Dermed er det mer sannsynlig at arealet tilrettelegger for alle funksjoner som en feltforberedelsessone burde ha, slik som lagringsfasiliteter, arbeidsbenker, verkstedkapasitet og gode hygienevilkår i forbindelse med bearbeiding av innsamlede prøver, samt arbeid og klargjøring av sensorer og instrumenter. Videre unngår man risiko for at det over tid oppstår motsetninger/uenighet i bruk og behov knyttet til feltforberedelsessone og varmgarasje ved økt aktivitet ved stasjonen. Utover forskningsarealer, er verkstedene også vesentlig større i konsept 2 og 3 enn i konsept 4, noe som gir bedre forutsetninger for å sikre effektiv drift som understøtter forskningsaktiviteten³⁰.

I konsept 3 er alle funksjoner samlokalisert i ett bygg og deler av containerlageret på isen (400 kvm BTA) er flyttet inn i hovedstasjonen. Dette i motsetning til konsept 2, hvor lager og garasjen har separat lokasjon. Samling av funksjoner i ett bygg gjør at forskerne kan jobbe mer effektivt, blant annet ved at arbeidet i mindre grad hindres av dårlig vær til å utføre feltforberedelser.

Basert på ovennevnte, vurderer vi at konsept 2 og 3 har flere egenskaper som vil ha en positiv effekt på forskningsaktiviteten sammenliknet med konsept 4. Den forventede etterspørselen etter bruk av Troll, på 35 forskningsrelaterte brukere, er ikke vesentlig høyere enn de 30 forskerne/ingeniørene det er mulig å huse i konsept 4. Samtidig forventer vi at bedre og mer effektive forskningsarealer til flere samtidige forskningsrelaterte brukere, vil gjøre stasjonen mer attraktiv for internasjonale forskere og i større grad tilrettelegge for internasjonalt forskningssamarbeid. Det vil trolig ha en positiv effekt på omfang, bredde og kvalitet på forskning. Hvor stor økningen blir er usikkert, men det er rimelig å forvente at antall årlige fagfelleverderte publikasjoner basert på forskning/data/funn fra Troll vil øke i forhold til i konsept 4.

Forskning ved Troll har høy verdi da det bidrar til å forstå globale klima- og miljøutfordringer

Vi har ikke funnet verdsettingsstudier som er relevante for denne virkningen. Verdien av forskningen ved stasjonen vurderes imidlertid som *meget stor*, da den bidrar til å styrke kunnskapsgrunnlaget som er nødvendig for å løse store samfunnsutfordringer innen klima og miljø, blant annet identifisert gjennom internasjonale prosesser slik som for eksempel IPCC (IPCC, 2019) (IPCC, 2021) og FNs naturpanel (IPBES, 2019). Dette gir nytte både for Norge og resten av verden.

³⁰ I konsept 4 er verkstedareal redusert med 80 kvadratmeter BTA og fire verksteder er slått sammen til to

Som i dag, forventer vi at det i fremtiden vil være mulig å produsere forskning av høy kvalitet ved Troll, også i minimumskonseptet. Areal- og funksjonsmanglene i konsept 1 er imidlertid til hinder både for utførelse av forskning i dagens skala og for å møte den økende etterspørselen etter Antarktisforskning. Oppgradering av kapasiteten og forskningsfasilitetene ved Troll, tilrettelegger for økt tilfang av data, samt nær- og fjernfeltaktivitet, noe som vil gjøre det mulig å produsere mer og bredere anlagt forskning av høy kvalitet enn i konsept 1. Oppsummert forventer vi at konsept 2-4 vil bidra til mer og bredere forskning av høy kvalitet enn i konsept 1 på følgende måte:

- Troll muliggjør betydelig økning i overvåknings-, nær- og fjernfeltaktivitet, noe som bidrar til å tette sentrale kunnskapshull om Antarktis og internasjonale klima- og miljøutfordringer.
- Troll fasiliterer i langt høyere grad internasjonalt forskningssamarbeid og blir en mer attraktiv stasjon for utenlandske forskere. Som diskutert i kapittel 2.3.1, bidrar god forskningsinfrastruktur til forskning av høy kvalitet og samarbeid med de beste internasjonale miljøene. Videre gjør internasjonalt forskningssamarbeid det mulig å innhente kunnskap om klimaområdet som en enkelt nasjon ikke kan fremskaffe alene.
- Økningen i kunnskapsproduksjon forventes å være langt større enn den forskningen som produseres kun av forskere som oppholder seg på og arbeider ut fra Troll. Dette fordi data og observasjoner vil tilgjengeliggjøres for norske og internasjonale forskningsmiljøer.

På bakgrunn av ovennevnte, forventer vi at verdien av kunnskapseksternaliteter vil være vesentlig høyere i konsept 2, 3 og 4 sammenliknet med minimumskonseptet. Videre forventer vi at bedre forskningsfasiliteter og plass til at flere forskningsrelaterte brukere i konsept 2 og 3, vil gi mer og bredere forskning av høy kvalitet sammenliknet med konsept 4. Konsept 3 vil gi en noe mer effektiv forskningsinfrastruktur enn konsept 2, da alle funksjoner er samlet under ett tak, i tillegg til at sentrale deler av containerlageret er flyttet inn. Forskjellen er imidlertid ikke stor nok til å gi utslag på skalaen for de ikke-prissatte virkningene.

Samlet sett vurderer vi at konsept 2 og 3 har en *stor positiv* virkning for kunnskapseksternaliteter, mens konsept 4 har *middels positiv* virkning.

Tabell 30 Samlet vurdering av kunnskapseksternaliteter

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv

Vi vurderer at usikkerheten i nyttevurderingen av konsept 2 og 3 er moderat. Den er klart positiv, men kan være større eller mindre enn antatt, avhengig av hvor mye midler som bevilges til Antarktisforskning i fremtiden. Dersom det ikke bevilges vesentlig mer midler til forskning enn i dag, vil verdien av kunnskapseksternaliteter trolig ligge nærmere *middels stor*, slik som i konsept 4. Sistnevnte konsept har noe lavere usikkerhet, fordi verdivurderingen forutsetter lavere økning i tilgang på forskningsmidler. Dersom ambisjonene for norsk tilstedeværelse og forskning i Antarktis i fremtiden øker utover vårt forventningsscenario, og følges opp av forskningsmidler, vil nytten av konsept 2 og 3 øke i forhold til konsept 1 og 4. I så tilfelle ligger verdien av kunnskapseksternaliteter trolig nærmere *meget stor* i konsept 2 og 3.

8.2.4 Norske interesser

I kapittel 2.3.2 så vi at Troll har en strategisk viktig rolle i den norske antarktispolitikken. Som kravshaver har Norge en egeninteresse i å være til stede for ha oppsyn med det norske bilandet og innsikt i forhold på territoriet, også utover forskningsformålet med stasjonen. Dette er en merverdi som ikke fanges opp i kunnskapeksternaliteter som ble diskutert i forrige kapittel.

For virkningen *norske interesser*, vurderer vi i hvilken grad konseptene understøtter utarbeidelse av en kunnskapsbasert Antarktispolitikk samt tilrettelegger for forskning som gir Norge tyngde i Antarktistraktatsystemet og øvrige internasjonale arenaer. Vi vurderer også i hvilken grad de bidrar til bærekraftig forvaltning, samt innsikt i aktivitet og utvikling i de norske bilandene; Dronning Maud Land og Peter I Øy. Verdien av virkningen er knyttet til forskningsaktiviteten ved Troll. Vi viser derfor til forrige kapittel for nærmere beskrivelse av hvordan konseptene påvirker forskning.

Norsk antarktispolitikk er tuftet på å holde fast ved norske suverenitetskrav og videreføre det internasjonale samarbeidet for fredelig utvikling i Antarktis (Utenriksdepartementet, 2015). Norges interesser i Antarktis ivaretas først og fremst gjennom et velfungerende traktatsystem. En solid forskningstilstedeværelse gjennom en moderne, miljøvennlig og kunnskapsbasert helårsstasjon gir legitimitet og tyngde inn i dette samarbeidet.

Bred forskning av høy kvalitet og tilgang på førstehåndskunnskap om Dronning Maud Land, gir grunnlag for en solid og kunnskapsbasert antarktispolitikk, god forvaltning og gjør Norge til en relevant og interessant samarbeidspartner i Antarktistraktatsamarbeidet. Slik har Norge mulighet til å være premissleverandør og pådriver for samarbeidet og regelverksutviklingen i Antarktistraktatsystemet, noe som setter rammene for virksomhet og utvikling av de norske bilandene. Det bidrar til å gi Norge tyngde i internasjonalt forsknings- og miljøsamarbeid, samt på utenriks- og sikkerhetspolitiske arenaer, og har en positiv innvirkning på Norges interesser som polarforskningsnasjon.

Norge har i tillegg, siden 2006, driftet Europeisk rominfrastruktur for satellittnavigasjonssystemet Galileo på Trollbasen. Denne infrastrukturen er viktig for EU for at systemet skal fungere optimalt. Norge har gjennom samarbeidet med EU, befestet sin rolle som en viktig strategisk samarbeidspartner, blant annet fordi vi har tilgang til stasjoner på Troll, Jan Mayen og Svalbard. Gjennom avtalen med EU, er Norge forpliktet til å drifte Galileostasjonen så lenge Galileosystemet er operativt. Det planlegges å oppgradere Galileostasjonen på Troll med utstyr for PRS som bidrar med målinger og funksjonalitet mot den kommende PRS tjenesten i Galileo. Drift av Galileostasjonen på Troll avhenger av at infrastrukturen på Troll er i god operativ stand og at stasjonen er helårsbemannet med teknisk personell.

På bakgrunn av overnevnte, vurderer vi at Norges interesse/betalingsvillighet som Antarktisnasjon og aktør i Antarktistraktatsamarbeidet er meget stor. Vi vurderer at konsept 2, 3 og 4 i større grad enn konsept 1 bidrar til å ivareta norske antarktisinteresser. Dette fordi konseptene i vesentlig større grad legger til rette for internasjonalt forskningssamarbeid og kunnskapsproduksjonen som gir Norge tyngde i Antarktistraktatsystemet og andre internasjonale arenaer, samt bidrar til god forvaltning av bilandene. Konsept 2 og 3 vurderes å ha signifikant større verdi enn konsept 4 fordi Norges forskningsbidrag vil være enda høyere. I tillegg viser de at Norge satser langsiktig på aktivitet og forskning i området og gjør det mulig for Norge å markere seg som den sentrale nasjonale forskningsstasjonen i Dronning Maud Land, noe som er naturlig og indirekte understøtter Norges egeninteresse som kravshaver i området (Utenriksdepartementet, 2022). Vi vurderer at konseptene i omtrent like god grad ivaretar de norske interessene knyttet til forvaltning av Galileo-

infrastrukturen. Samlet vurderer vi at konsept 2 og 3 har *stor positiv* virkning, mens konsept 4 har *middels positiv* virkning.

Tabell 31 Samlet vurdering av tilstedeværelse

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv

Effekten av virkningene er klart positiv. Den positive signaleffekten av å bygge og drifte en forskningsstasjon med gode forskningsfasiliteter er robust og lite usikker. *Stor positiv virkning* i konsept 2 og 3, betinger imidlertid at investeringen følges opp av forskningsmidler, for å sikre at forskningsplattformen blir benyttet på en effektiv måte slik at Norge, gjennom bredt anlagt forskning av høy kvalitet, kan opprettholde og styrke sin posisjon som en relevant og interessant samarbeidspartner for partene i Antarktistraktaten, og kan uttale seg med faglig tyngde på andre internasjonale arenaer i en tid hvor stadig flere nasjoner har interesse av å markere seg med tung tilstedeværelse i polarområdene (Utenriksdepartementet, 2022).

Dersom finansiering av Antarktisforskning ikke blir større enn i dag, forventer vi at verdien av konsept 2 og 3 ligger nærmere *middels positiv*. Usikkerheten i konsept 4 er lavere, fordi det ikke betinger like stor vekst i tilgang på forskningsmidler. Vi vurderer at det er lite sannsynlig at verdien av *norske interesser* blir meget stor, selv i et scenario hvor det produseres mer forskning av høy kvalitet enn hva vi har lagt til grunn. Dette skyldes at effekten allerede er vurdert som stor, og at det skal mye til for å gå fra en stor til meget stor virkning.

8.2.5 Sikkerhet

I kapittel 2.4 så vi at det kalde klimaet og den isolerte beliggenheten stiller høye krav til sikkerheten ved Troll. Det er viktig at forskningsstasjonen har en standard som gir lav sannsynlighet for hendelser som kan sette liv og helse i fare, og at den har god beredskap dersom uønskede hendelser likevel skulle inntreffe.

Troll befinner seg formelt innenfor Sør-Afrikas ansvarsområde for søk- og redningsoperasjoner, men praksis tilsier at det er virksomhetene som er til stede i området som selv må besørge beredskapsressurser for sine respektive aktiviteter. Troll Airfield vil i den forbindelse, med sin landingskapasitet for større fly, være en naturlig redningsressurs i Dronning Maud Land. Dette stiller krav til solid infrastruktur og robuste kommunikasjonsløsninger.

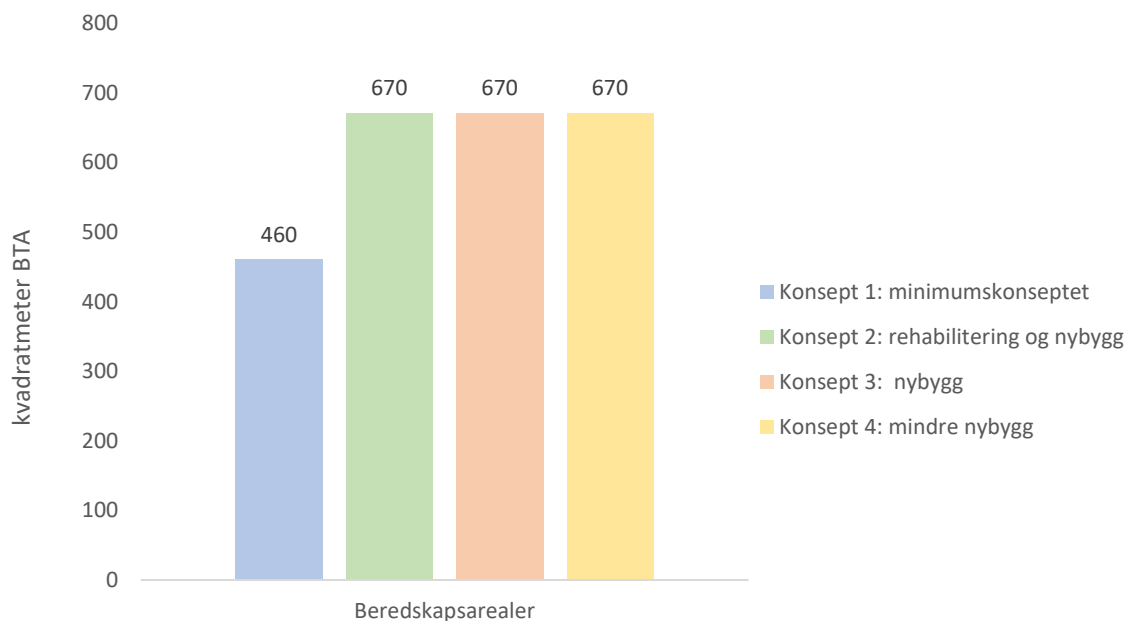
For virkningen *sikkerhet* vurderer vi hvorvidt det er forskjeller mellom konseptene i beredskap, evakuering, mulighet for redningsaksjoner og sikkerhet i lokalene.

Konsept 2, 3 og 4 innebærer vesentlig økning av beredskapsarealet

Alle konseptene innebærer en ny nødstasjon som er dimensjonert for størrelsen på overvintringsteamet. Videre omfatter alle konseptene en ny redundant energiforsyning. Sammenliknet med dagens situasjon, bedres dermed beredskapen i alle konsept.

Konsept 1 innebærer dermed også økt sikkerhet sammenliknet med dagens situasjon. Virksomhet og utstyr vil imidlertid fortsatt være spredt over ti bygg, hvilket innebærer at den sikkerhetsmessige risikoen knyttet til å bevege seg utendørs er den samme som i dag.

Konsept 2, 3 og 4 har flere positive egenskaper som øker sikkerheten sammenliknet med konsept 1. Beredskapsarealet øker fra rundt 450 kvadratmeter BTA i konsept 1 til om lag 670 kvadratmeter BTA i konsept 2-4. Det etableres et meteorologirom og brannvernlager, samt større sykestue og operasjonssentral. Økte beredskapsarealer og operasjonssentral bedrer kvaliteten på ledelse av redningsaksjoner, mens større sykestue bedrer den medisinske beredskapen. Videre flyttes brannbilen inn i nytt servicebygg og blir lettere tilgjengelig enn i dag.



Figur 25 Konsept 2-4 innebærer en økning i beredskapsareal på 200 kvadratmeter BTA. Det etableres et meteorologirom og brannvernlager, samt større sykestue og operasjonssal. Selv om størrelsen på beredskapsarealet er likt i konsept 2-4, kommer konsept 3 og 4 best ut fordi samlet bygningsmasse gir økt sikkerhet

I konsept 2 og 3 får forskerne en egen feltforberedelsessone med verksted, slik at man har bedre oversikt over feltutstyr, noe som bedrer sikkerheten under feltarbeid. I tillegg er det enklere å reparere forskningsutstyr separat fra et mer omfattende driftsverksted. Isolert sett øker dette sikkerheten ved feltarbeid sammenliknet med konsept 4. Hvor stor forskjellen blir, er usikker og avhenger av hvor funksjonelt sambruk det er mulig å få til i konsept 4.

I konsept 2 ligger kaldgarasje og vesentlige deler av lagerkapasiteten adskilt fra hovedstasjonen. I tillegg vil KSAT benytte dagens stasjon som vil ligge adskilt fra ny stasjon. Dette innebærer at personell i større grad må bevege seg mellom bygg, samt at ansvarlig for sikkerhet ved stasjonen ikke har like god oversikt og kontroll med personell ved stasjonen som i konsept 3 og 4. I tillegg går hovedkommunikasjonen med omverden gjennom eksisterende hovedstasjon, noe som kan være mer sårbart enn om den gikk gjennom et nybygg. I konsept 3 og 4 er derimot alle funksjoner samlet under ett tak. Dermed reduseres risikoen knyttet til uønskede hendelser ved å bevege seg utendørs under dårlig vær. I tillegg har ansvarlig for sikkerhet bedre kontroll over personell ved stasjonen. Isolert sett øker dette sikkerheten ved stasjonen sammenliknet med konsept 2.

Sikkerhet i Antarktis er svært viktig, men berører relativt få personer

Uønskede hendelser, slik som skade på personell eller kritisk infrastruktur i Antarktis, kan få store negative konsekvenser, og i verste fall sette liv og helse i fare. I tillegg kan uheldige

sikkerhetshendelser ha en negativ effekt på Norges anseelse i Antarktistraktatsystemet og som polarnasjon. Sikkerhet ved Troll har derfor høy verdi.

Samtidig er det et begrenset antall personer som blir berørt av tiltak som bedrer sikkerheten. Dette omfatter i hovedsak personell som er til stede på stasjonen. I sommersesongen forventer vi at 50 personer berøres i konsept 1, 80 personer i konsept 4 og 100 personer i konsept 2 og 3. I vintersesongen berøres seks personer i konsept 1 og ti personer i konsept 2-4. Bedre beredskap og økt kapasitet til søk og redning, vil imidlertid også bidra til å øke den samlede beredskapen i Dronning Maud Land, og dermed også kunne berøre andre aktører i det norske bilandet.

Sikkerheten ved Troll bedres i alle konsept sammenliknet med i dag. Videre er sikkerheten høyere i 2, 3 og 4 enn i konsept 1 som følge av bedre og mer funksjonelt beredskapsareal samt av at virksomheten er samlet i langt færre bygg. Samlet vurderer vi virkningen som *liten positiv* for konsept 2 og *middels positiv* i konsept 3 og 4.

Tabell 32 Samlet vurdering av sikkerhet

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv

Virkningen er klart positiv. Usikkerheten er moderat og knyttet til hvor mye lavere sannsynligheten for uønskede hendelser er i konsept 2-4 sammenliknet med konsept 1, og i konsept 2 sammenliknet med konsept 3 og 4. I tillegg avhenger den av hvor mye høyere sannsynligheten for vellykkede redningsaksjoner vil være. Hvis vi har overvurdert sannsynligheten for ulykkeshendelser som følger av at virksomheten fordeles mellom to bygg i konsept 2, ligger virkningen trolig nærmere *middels positiv*. Dersom vi har overvurdert forskjellen i sannsynlighet for ulykkeshendelser i konsept 3 og 4 sammenliknet med konsept 1, ligger virkningen trolig nærmere *liten positiv*. Vi vurderer altså at usikkerheten trekker i positiv retning i konsept 2, og i negativ retning for konsept 3 og 4.

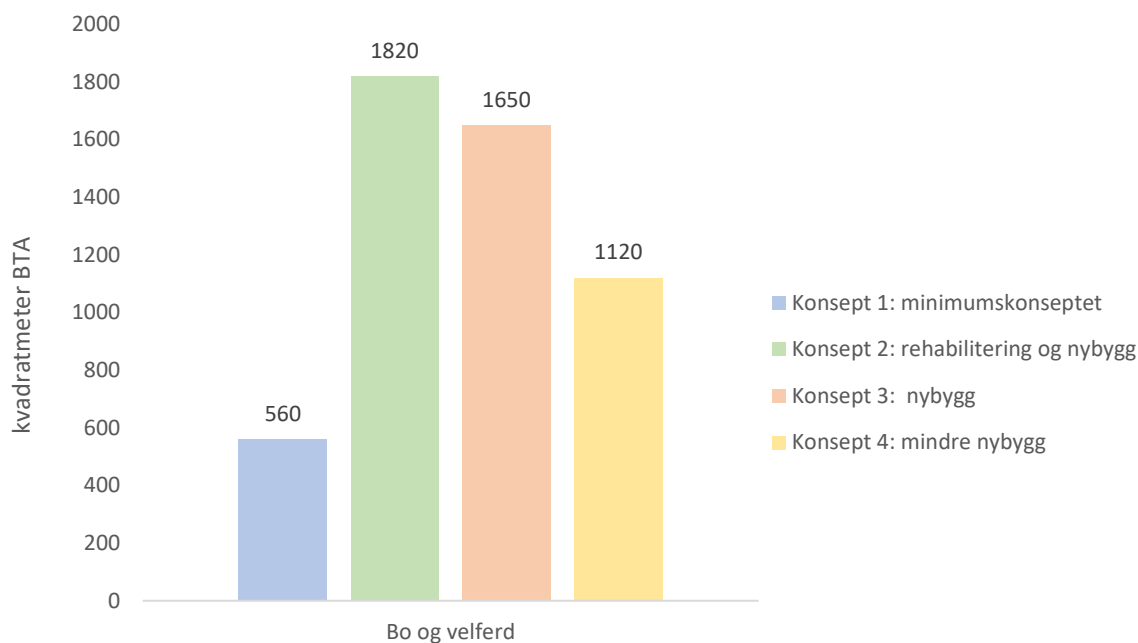
Virkningen inntreffer etter åpning av stasjonen og antas å være konstant over tid.

8.2.6 Trivsel

For virkningen *trivsel* vurderer vi om det er forskjeller mellom konseptene som vil gi ulik trivsel for brukerne av stasjonen. Som beskrevet i kapittel 2.4, er lokaler som tilrettelegger for et godt psykososialt miljø viktig som følge av den isolerte beliggenheten og fordi mange av brukerne oppholder seg på Troll flere måneder i strekk. Økt trivsel kan sikres gjennom å ha trygge og komfortable lokaler, med soner for sosialt samvær, soner hvor brukerne kan trekke seg tilbake og gode arbeidsplasser. Trivsel har en egenverdi, men trolig også en positiv effekt på brukernes helse og arbeidsutførelse, samt bidrar til å redusere risikoen for uønskede hendelser.

Konsept 2, 3 og 4 gir vesentlig oppgradering av bo- og velferdsareal og samler virksomhet

Trivsel påvirkes blant annet av hvor stort og funksjonelt bo- og velferdsarealet ved Troll er, i tillegg til arbeidsplassareal og sikkerhet beskrevet i foregående kapitler. I kapittel 3.6. så vi at dagens stasjon har lite bo- og velferdsareal sammenliknet med antall brukere, noe som har en negativ effekt på brukernes trivsel. I tillegg mangler stasjonen gode arbeidsplasser. Dagens oppholdsareal er lite og ligger uhensiktsmessig plassert, med fysisk avstand til hovedstasjonen og tar i liten grad høyde for at brukerne både skal bo og arbeide på Troll flere måneder i strekk.



Figur 26 Konsept 2-4 innebærer en vesentlig oppgradering av bo- og velferdsarealer mot konsept 1. Bo- og velferdsarealet er høyest i konsept 2 og 3 som er dimensjonert for 100 brukere. Konsept 4 har nesten like stort bo- og velferdsareal per brukere, men er «kun» dimensjonert for 65 brukere. Forskjellen mellom konsept 2 og 3 skyldes at den rehabiliterte hovedstasjonen gir noe større areal. Bo- og velferdsfunksjoner er imidlertid like gode.

I konsept 1 bygger vi en ny hovedstasjon med samme areal som i dag, mens øvrig bygningsmasse rehabiliteres. Vi forventer at den økte standarden isolert sett vil ha en positiv effekt på trivselen til brukerne. Bo- og velferdsarealene vil imidlertid være like begrenset som i dagens stasjon. Den overordnede plassmangelen som er identifisert vil heller ikke bedres, og vil trolig forverres i fremtiden. Økt etterspørsel etter Antarktiskforskning, med tilhørende økning i antall brukere av Troll, gjør det sannsynlig at antall brukere i høysesongen vil overstige de 50 brukerne stasjonen er dimensjonert for. Økt trangboddhet vil ha en negativ effekt på trivsel. Samlet sett forventer vi at trivselen i konsept 1 vil ligge på omtrent samme nivå som i dag.

Konsept 2 og 3 innebærer vesentlig oppgradering av bo- og velferdsarealene. Bo- og velferdsarealet øker med i overkant av 1000 kvadratmeter og tilrettelegger for gode bo-, oppholds- og arbeidsforhold for dobbelt så mange brukere som i konsept 1. Oppholdsrom og treningsrom utvides, og det etableres et eget filmrom. Overvintringsteam får dobbelt så store rom med toalett og dusj. Sistnevnte vil gi vesentlig økning i komforten til overvintringsteamet som oppholder seg isolert på Troll gjennom hele vintersesongen, samtidig som at forbedringene er lite arealdrivende.

Konsept 4 omfatter også vesentlig oppgradering av bo- og velferdsarealene sammenliknet med konsept 1. Økningen er om lag halvparten så stor som i konsept 2 og 3, men konseptet tilrettelegger også for færre brukere. Dermed er bo- og velferdsarealet per bruker omtrent like stort, bortsett fra at konseptet ikke omfatter filmrom. Ulempen med konsept 4 er at det er en risiko for at antall brukere vil overstige de 65 personene konseptet er dimensjonert for, særlig under de travleste sommermånedene. Økt press på bo- og velferdsarealet vil ha en negativ effekt på brukernes trivsel.

Konsept 3 og 4 samler alle brukere under ett tak. Vi forventer at dette isolert sett vil ha en positiv effekt på det sosiale miljøet og arbeidsmiljøet ved stasjonen. Videre er det mulig å gå tørrskodd

mellom alle bruksarealer, noe som både er praktisk og bidrar til økt sikkerhet. Isolert sett trekker dette opp trivselen i konsept 2 og 4 sammenliknet med konsept 2, hvor garasje og gammel hovedstasjon ligger separert fra ny hovedstasjon. Norsk Polarinstitutt påpeker at fellesbruk av forberedelsessonen i konsept 4 kan ha en negativ effekt på trivsel sammenliknet med konsept 2 og 3 da det kan skape motsetninger/uenighet mellom forskningsrelatert personell og driftspersonell. Hvorvidt dette blir en utfordring, avhenger av hvor funksjonelt og effektivt sambruksarealet blir.

Trivsel er viktig som følge av den isolerte beliggenheten, men berører relativt få personer

Vi vurderer at det er stor sannsynlighet for at hver enkelt bruker får økt trivsel, men har ikke funnet verdsettingsstudier som belyser verdien av brukernes trivsel som følge av fysiske arbeidsforhold eller boforhold. Betalingsvilligheten antas imidlertid å være høy. Nyttens vurderes som høyere enn for ordinære arbeidsplasser fordi flesteparten av brukerne bor isolert på stasjonen over flere måneder, noe som trekker opp verdien av et godt psykososialt miljø. Samtidig er antall personer som berøres av tiltaket begrenset til brukerne av stasjonen, noe som bidrar til å trekke ned den absolutte verdien av virkningen. Samlet vurderer vi virkningen som *liten positiv* i konsept 2 og 4, og som *middels positiv* i konsept 3. Konsept 3 kommer bedre ut enn konsept 2 da det samler alle brukere under ett tak, noe som trolig er positivt både for det psykososiale miljøet og for sikkerheten til brukerne. Det kommer bedre ut enn konsept 4 fordi sistnevnte innebærer risiko for at antall brukere vil overstige kapasiteten, noe som vil ha en negativ effekt på bo- og arbeidsforhold.

Tabell 33 Samlet vurdering av trivsel

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Liten positiv	Middels positiv	Liten positiv

Virkningen trivsel er klart positiv. I konsept 2 og 4 trekker usikkerheten i positiv retning. I konsept 4 er vurderingen sensitiv for den fremtidige utviklingen i etterspørsel etter bruk av Troll. Hvis antall brukere i fremtiden sjeldent overstiger 65 personer, er virkningen trolig lik som i konsept 3, altså *middels positiv*. Tilsvarende, dersom vi har overvurdert ulempen av at virksomheten ved Troll er spredt på to bygg i konsept 2, ligger verdien trolig nærmere *middels positiv*. Det er imidlertid en risiko for at vi har overvurdert den positive effekten av brukernes trivsel av å oppgradere arealene i konsept 2-4 sammenliknet med konsept 1. Dette vil være tilfellet dersom brukernes trivsel allerede vil være høy i konsept 1. I så fall skal det mye til å gå fra ingen til en middels positiv effekt. I så fall vurderer vi effekten som liten positiv også i konsept 3.

Virkningen inntreffer etter åpning av stasjonen og antas å være konstant over tid.

8.2.7 Informasjonssikkerhet

I kapittel 2.4.3 så vi at informasjonssikkerhet i Antarktis er viktig. Både KSAT og Norsk Polarinstitutt håndterer sensitiv og samfunnskritisk informasjon. Videre er EUs referansestasjoner³¹ (Galileo-systemet) på norsk territorium identifisert som kritisk og skjermingsverdig infrastruktur og faller inn under Lov om nasjonal sikkerhet (sikkerhetsloven, 2018)). Sikkerhetskravene er ventet å øke i nær fremtid da den krypterte tjeneste, PRS, vil integreres i stasjonen.

³¹ Bakkestasjonene i Galileosystemet er et bygg som inneholder en referansestasjon. Den krypterte tjenesten PRS (Public Regulated Services) (som i praksis er et elektroniskskap) skal etableres i referansestasjonen, trolig i løpet av 2022.

I dette kapitlet vurderer vi hvordan konseptene tilrettelegger for *informasjonssikkerhet*. Med dette mener vi hvordan de bidrar til at informasjon kun er tilgjengelig for autoriserte parter (konfidensialitet), at data er nøyaktige og fullstendige (integritet) og at autoriserte brukere har tilgang til informasjon når det behøves (tilgjengelighet).

Konsept 2, 3 og 4 innebærer separate datarom og gir hensiktsmessig soneinndeling

I kapittel 3.7 så vi at sikkerhetsdesignet ved dagens stasjon er mangelfullt. Særlig mangler fysisk soneinndeling for avgrensning av områder med konfidensiell informasjon, skjerming for allmenn ferdsel til områder med kritisk infrastruktur og adskilt serverrom for forsknings- og satellittdata.

At det bygges en ny hovedstasjon i konsept 1, vil trolig gjøre det mulig å etablere et bedre sikkerhetsdesign sammenliknet med dagens situasjon. Plassbegrensninger vil likevel gjøre det vanskelig å etablere separat serverrom og sikre hensiktsmessig soneinndeling for avgrensning av områder med konfidensiell informasjon.

Konsept 2, 3 og 4 vil forbedre sikkerhetsdesignet gjennom integrerte løsninger i nybygg, med eget datarom og eget serverrom, samt tilstrekkelig areal til å sikre god soneinndeling. Vi vurderer derfor at det er lavere sannsynlighet for at konfidensialitet eller integritet av informasjon blir svekket. Konsept 2 vil i likhet med konsept 1, innebære en kombinasjon av ny og gammel IT-infrastruktur. Det er usikkert om dette vil ha en negativ effekt på informasjonssikkerheten sammenliknet med bygging av ny infrastruktur. I konsept 2 er imidlertid den gamle hovedstasjonen hvor KSAT oppholder seg, ubemannet gjennom vintersesongen. Dette kan øke risikoen for at uvedkommende får tilgang på bygget. På den positive siden innebærer konsept 2 et naturlig skille mellom satellittvirksomheten og øvrig virksomhet. Som følge av de nevnte forholdene er konsept 2 samlet vurdert som noe dårligere enn konsept 3 og 4, men forskjellen er ikke vurdert som stor nok til å gi utslag på de ikke-prissatte virkningene.

Informasjonssikkerhet har høy verdi og virkning langt utover antall brukere av Troll

Nytten av økt informasjonssikkerhet avhenger av konfidensialitetsverdien av data. Datakvalitet kan reduseres ved at data blir endret utilsiktet eller av uvedkommende (integritet). Grunnet de samfunnskritiske tjenestene som blir levert fra Troll, særlig på satellittsiden, kan manglende informasjonssikkerhet gi store negative nasjonale og internasjonale konsekvenser. Det kan gi brudd på KSAT sine leveranseforpliktelser, med tilhørende økonomiske tap og omdømmetap. Videre kan det innebære brudd på norske forpliktelser knyttet til beskyttelse av EU sin navigasjonsinfrastruktur. Redusert pålitelighet i navigasjonsdata og globale værmeldingstjenester kan gi negative økonomiske konsekvenser og i ytterste konsekvens medføre fare for liv og helse.

Virkingen vil ha påvirkning langt utover antall brukere av Troll. Tilgang til og kvaliteten på forskningsdata ved Troll, berører både nasjonale og internasjonale forskningsmiljøer, mens KSAT sine leveranser berører både deres private, nasjonale og multilaterale kunder.

Samlet sett vurderer vi at konsept 2, 3 og 4 vil gi *middels positiv* virkning på informasjonssikkerheten ved Troll sammenliknet med konsept 1.

Tabell 34 Samlet vurdering av informasjonssikkerhet

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv

Usikkerheten i virkningen vurderes som moderat. Det er særlig usikkert hvor mange som blir berørt av forbedringene i sikkerhetsdesignet samt hvor mye disse blir berørt. Det er også usikkert hvor mye større sannsynligheten er for at man sikrer konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet i konsept 2, 3 og 4 sammenliknet med konsept 1. Dersom den nye hovedstasjonen i konsept 1 bygges slik at den muliggjør god soneinndeling med avgrensning av områder med konfidensiell informasjon, skal det mye til for at den økte nytten av forbedringstiltak i konsept 2-4 blir middels stor. Konsept 2-4 vil uansett gi bedre informasjonssikkerhet, men nedsiden av virkningen vurderes som *liten positiv*. Vi antar at det er lite sannsynlig at virkningen er stor positiv fordi en ny hovedstasjon i konsept 1 uansett må muliggjøre tilfredsstillende informasjonssikkerhet.

Virkningen inntreffer etter åpning og antas å være konstant over tid.

8.2.8 Ulemper i byggeperioden

Virkningen omhandler ulemper i byggeperioden som eksempelvis flytting, redusert forsknings- og satellittvirksomhet og sikkerhet. Virkningen omhandler også støy og forstyrrelser som kan påvirke forskningsdata og trivsel på stasjonen. KSAT er avhengig av høy oppetid for sine tjenester, og nedetid kan føre til at de ikke får betalt for sine tjenester og at de mister kunder. Norge har videre forpliktelser gjennom satellittsystemet Galileo, som er kritisk avhengig av infrastrukturtenestene Troll leverer, særlig strøm og terminering (kommunikasjonslinje). Lokal luftforurensning vil også øke i byggeperioden. Dette omtales under virkningen «lokalmiljø».

Konsept 1, 3 og 4 medfører mindre ulemper under byggeperioden enn konsept 2

I konsept 1 bygges ny hovedstasjon før dagens hovedstasjon rives. Dermed unngår vi nedstengning av kritiske deler av satellitt- og forskningsaktiviteten under byggeperioden og slipper å sette opp et midlertidige bygg. Dagens stasjon benyttes altså frem til den nye stasjonen er innflyttingsklar. Øvrig bygningsmasse rehabiliteres. Nybygg har en forventet levetid på 40 år, mens rehabilitert bygningsmasse har en levetid på rundt 20 år. Det innebærer at øvrig bygningsmasse må rehabiliteres på nytt rundt midten av analyseperioden (rundt 2050). Ulempene under byggeperioden inntreffer derfor i to omganger.

I konsept 2 bygges den nye hovedstasjonen før dagens hovedstasjon rehabiliteres. All annen virksomhet enn KSAT, flytter ut av dagens stasjon før den rehabiliteres. KSAT blir imidlertid værende i dagens hovedstasjon og vil utføre sin daglige drift mens bygget rehabiliteres. Dette innebærer at rehabiliteringen må gjennomføres på en slik måte at det minimerer ulemper for KSAT. Rehabilitering og eventuell ombygging vil trolig innebære kortere perioder med planlagt nedetid. Det kan eksempelvis bli nødvendig å planlegge for en dags nedetid for å flytte KSAT sin virksomhet fra en del av bygningen til en annen. I tillegg medfører rehabilitering risiko for at det kan oppstå perioder med uplanlagt nedetid eller at byggeaktiviteten på andre måter har en negativ effekt på den daglige driften, for eksempel gjennom støy og rystelser. Dagens stasjon må rehabiliteres på nytt etter 20 år. Som i konsept 1 inntreffer derfor ulempene under byggeperioden to ganger i løpet av analyseperioden.

I konsept 3 og 4 bygges ny hovedstasjon før eksisterende bygningsmasse rives. Gammel stasjon benyttes frem til nybygg står ferdig, noe som tilrettelegger for en sømløs overgang. Også her vil det imidlertid oppstå planlagt nedetid, når utstyr flyttes over til det nye bygget. KSAT vurderer at konsept 3 gir størst sannsynlighet for at de klarer å flytte uten å bryte med sine leveranseforpliktelser. Dette krever imidlertid betydelig koordinering og tid til «organisk» flytting til nytt permanent bygg (KSAT, 2021). KSAT gjorde denne vurderingen før konsept 4 ble utarbeidet. Vurderingen er imidlertid den samme for konsept 4. I konsept 3 og 4 inntreffer ulempene i byggeperioden kun en gang i løpet av analyseperioden.

Å unngå forstyrrelser i byggeperioden er viktig, men ulempene pågår kun i noen få år

Slik konseptene er utformet og byggingen planlagt, forventer vi at det er mulig å opprettholde tilnærmet ordinær drift under byggeperioden. Ulempene er først og fremst knyttet til flytting fra gammel til ny hovedstasjon i konsept 1, 3 og 4. Konsept 2 vil imidlertid medføre ulemper for KSAT i form av høyere risiko for uplanlagt nedetid og at den daglige driften forstyrres av støy og rystelser. Sistnevnte kan ha negative økonomiske konsekvenser og medføre omdømmetap for KSAT. Videre vil nedetid som følge av byggeperioden kunne gå utover Norges forpliktelser i Galileosystemet, som igjen kan skade Norges omdømme. Nedetid for strøm og kommunikasjon mot omverden kan også ha en sikkerhetsmessig konsekvens.

Størrelsen på ulempene i byggeperioden er usikker. Flytting fra ett bygg til et annet kan ta lenger tid og innebære mer nedetid enn antatt. Det er også usikkert om forskningsaktiviteten kan opprettholdes på normalt nivå, eller om den blir redusert som følge av byggeaktiviteten. Forskningsdata kan også påvirkes negativt av økt aktivitet under byggeperioden.

Sammenliknet med konsept 1, vurderer vi at konsept 2 har *liten negativ* virkning, mens konsept 3 og 4 har *liten positiv* virkning. Virkningen er begrenset til byggeperioden.

Tabell 35 Samlet vurdering av ulemper under byggeperioden

K1 Minimum	K2 Rehabilitering og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
0	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv

8.2.9 Lokalmiljø

For virkningen lokalmiljø har vi vurdert om det er forskjeller mellom konseptene som gir ulik virkning på lokalmiljøet. I henhold til Miljøprotokollen skal all aktivitet på Antarktis planlegges med minst mulig innvirkning på lokal-/nærmiljø. Det er særlig fire følgende forhold som er relevante innenfor denne kategorien: lokal luftforurensning, utslipp, vegetasjon og dyreliv, samt estetisk verdi.

Utslipp omhandler klimagassutslipp, i tillegg til andre typer utslipp. Klimagassutslipp håndteres imidlertid som en prissatt virkning i denne analysen, og er derfor holdt utenfor i vurderingen. Kjemikalie- og drivstoffutslipp vurderes derimot innenfor denne virkningen.

Konseptene har mindre positive og negative innvirkninger på lokalmiljøet

Alle konseptene, inkludert konsept 1, innebærer ny energiløsning som om lag halverer CO₂-utslippene fra forbrenning av diesel ved Troll sammenliknet med videreføring av en ren dieselbasert løsning. Vi forventer at dette vil rundt halvere den lokale luftforurensningen. I tillegg vil nye dieselaggregater trolig gi lavere partikkelutslipp enn dagens utdaterte generatorer. Mindre lokal

luftforurensning gir bedre luftmålinger ved stasjonen og bidrar til bedre forskningsdata. Frakt av diesel inn til Troll medfører videre risiko for drivstoffutslipp. Med ny energiløsning som om lag halverer dieselforbruket, forventer vi at det er tilstrekkelig med diesel-leveranser annethvert år, mot hvert år i dag. Dette halverer risikoen for drivstoffssøl som kan skade miljøet. Alle konsepter innebærer imidlertid betydelig økning i lokal luftforurensning under byggeperioden. Dette vil ha en negativ effekt på NILUs luftmålinger. Ovennevnte effekter er imidlertid relativt like på tvers av konseptene, men med noen unntak som beskrives i det følgende.

Dieselforbruket knyttet til frakt og forbrenning av diesel er rundt ti prosent høyere i konsept 2 enn i konsept 1. For konsept 3 ligger dieselforbruket rundt fire prosent høyere, mens det for konsept 4 er en svak bedring på et prosentpoeng. Forskjellen mellom konsept 1, 3 og 4 er dermed relativt liten, mens konsept 2 har større negativ effekt på lokal luftforurensning og risiko for drivstoffssøl.

Hva gjelder kategorien vegetasjon og dyreliv, er det særlig relevant å vurdere påvirkning på fuglelivet i nærheten av stasjonen. Økende tilstedeværelse vil gi mer støy og ferdsel som kan påvirke fuglelivet negativt. Konsept 2 og 3 tilrettelegger for større økning i aktiviteten ved Troll og kommer derfor isolert sett dårligere ut enn konsept 1 og 4. Videre medfører konsept 2, 3 og 4 at det installeres to vindturbiner, mens konsept 1 ikke omfatter vindturbiner. Arealbehovet til solcelleanlegget er også om lag 3000 kvadratmeter større enn i konsept 1. Norsk Polarinstitutt vurderer imidlertid at det er lite sannsynlig at solcelleanlegget vil ha innvirkning på fuglelivet, så lenge de ikke plasseres i hekkeområder, noe det er mulig å unngå. På den andre siden innebærer konsept 3 og 4 at bygningsmassen samles, noe som vil ha en positiv effekt på estetiske verdier. Sistnevnte effekt vurderer imidlertid som liten.

Lokalmiljøet har høy verdi, men konseptene påvirker i liten grad

Samlet vurderer vi at det er liten forskjell mellom konseptenes innvirkning på lokalmiljøet. Konsept 2 kommer imidlertid dårligst ut innenfor alle miljøkategorier. Dette skyldes et høyere dieselforbruk som gir økt luftforurensning og risiko for drivstoffssøl, at konseptet tilrettelegger for høyere menneskelig aktivitet, i kombinasjon med de negative effektene av vindturbiner, større areal til solcelleanlegg og at bygningsmassen fortsatt vil være spredt mellom flere bygg. Forskjellen vurderes imidlertid ikke som stor nok til å gi utslag på de ikke-prissatte virkningene.

Usikkerheten for virkningen er vurdert som lav. Virkningen inntreffer etter åpning og antas å være konstant over tid.

Tabell 36 Samlet vurdering av lokalmiljø

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventing	0	0	0	0

8.3 Sensitivitetsanalyse

Den samfunnsøkonomiske analysen bygger på usikre forutsetninger. For å se om rangeringen mellom konseptene endrer seg dersom forutsetningene for analysen endres, har vi gjennomført sensitivitetsanalyser. Usikkerheten i behovet er den største usikkerheten; det vil si hvor stor etterspørselen etter bruk av Troll vil være i fremtiden. Det avhenger av politiske prioriteringer og fremtidig tilgang på forskningsmidler, noe som igjen påvirker størrelsen på forskningsaktiviteten og dermed merverdien av å investere i en større infrastruktur med bedre forskningsfasiliteter.

I lavscenariet for bruk av Troll, synker verdien av kunnskapseksternaliteter og norske interesser, fra *stor* til *middels positiv* i konsept 2 og 3, som følge av lavere forskningsaktivitet. Videre vil det være tilstrekkelig plass til å huse alle forskere i konsept 4. Dermed er nytten av konsept 3 vurdert som like stor som i konsept 4, men kostnadene er 800 MNOK høyere. Dermed kommer konsept 4 robust bedre ut enn konsept 3. I høyscenarioet for bruk av Troll, øker verdien av kunnskapseksternaliteter i konsept 2 og 3 fra *stor positiv* til *meget stor positiv*. Økningen i nytte er større enn økningen i kostnader, noe som styrker lønnsomheten av konsept 2 og 3 relativt til konsept 4. Vi vurderer at det er sannsynlig at konsept 3 har høyere samfunnsøkonomisk lønnsomhet enn konsept 4 dersom høyscenarioet inntreffer; det vil si dersom den politiske satsingen på Antarktiskforskning blir høy i fremtiden.

I konsept 2 og 3 kan det hende det er mulig å kutte en byggesesong, da fremdriftsplanen som er lagt til grunn i denne analysen, har en del slakk. I så fall er det mulig å redusere kostnadene med rundt 100 MNOK. Øvrig usikkerhet i byggekostnadene, FDVU-kostnadene og klimagasskostnadene er relativ lik på tvers av konseptene.

8.3.1 Rangeringen er sensitiv for endringer i forutsetninger om antall brukere av Troll

Fremtidig etterspørsel etter bruk av Troll er usikker og avhenger i stor grad av politiske prioriteringer og finansiering av Antarktiskforskning, først og fremst i Norge, men også i EU og globalt. Usikkerhetsdriverne ble nærmere beskrevet i problemanalysens kapittel 3.5, hvor vi også utarbeidet tre scenarioer for det fremtidige behovet. Forventningsscenariet ligger til grunn for vurderingene av forventet prissatte- og ikke-prissatte virkninger. I dette kapittelet vurderer vi hvordan henholdsvis lav- og høyscenarioet påvirker lønnsomheten og rangeringen av konseptene.

I lavscenariet synker lønnsomheten til konsept 3, og konseptet rangeres etter konsept 4

I lavscenariet vil færre prosjekter få tildelt midler til Antarktiskforskning, noe som gjenspeiles i lavere etterspørsel etter bruk av Troll. I dette scenariet legger vi til grunn at det i høysesongen maksimalt vil være behov for 20 samtidige forskningsrelaterte brukere på Troll, mens det i løpet av sommersesongen vil være 30 forskere til stede. Vi poengterer at dette fortsatt innebærer vesentlig vekst i antall brukere sammenliknet med dagens nivå. Dermed fanger vi ikke opp hele usikkerhetsspennet. Likevel viser denne sensitiviteten hvordan beslutningssituasjonen endrer seg ved lavere utnyttelse av forskningsinfrastrukturen enn vi har lagt til grunn i forventning. Noe vekst er videre rimelig å forutsette også i lavscenariet som følge av etableringen av TONe.

Tabell 37 viser den samlede lønnsomheten i lavscenariet. Når vi ser på de prissatte virkningene, gir færre brukere i konsept 2 og 3 lavere kostnader til virksomhetsdrift, med en reduksjon i nåverdi på 140 MNOK, samt 30 MNOK lavere klimagasskostnader. Når vi hensyntar skattefinansieringskostnaden, utgjør kostnadsreduksjonen samlet rundt 200 MNOK. Nåverdiforskjellen mellom konsept 3 og 4 synker derfor fra rundt 1 milliard kroner til 800 MNOK. Nyten av konsept 3 og 2 synker imidlertid også som følge av lavere forskningsaktivitet og vil ligge på tilsvarende nivå som i konsept 4. Dermed reduseres nytten av kunnskapseksternaliteter og

norske interesser fra stor til *middels positiv*. Konsept 2 og 3 er fortsatt vurdert som noe bedre enn konsept 4 for disse virkningene, som følge av større og mer funksjonelt areal til forskning, men differansen minsker. Videre vil det være god plass til alle brukere i konsept 4, noe som innebærer at trivselen vil være like høy som i konsept 3. Vi oppjusterer virkningen fra liten til *middels positiv*.

I lavscenariot ser vi altså at konsept 3 og 4 kommer omtrent likt ut målt i ikke-prissatte virkninger, mens konsept 3 har høyere kostnader. Konsept 4 er derfor robust bedre enn konsept 3, med en lønnsomhetsforskjell på 800 MNOK. I lavscenariot er det også enda mer usikkert om konsept 2 og 3 kommer bedre ut enn minimumskonseptet. Vi rangerer imidlertid fortsatt konsept 1 sist fordi løsningen viderefører Troll som en «driftsstasjon» som ikke innfrir minimumsrammebetingelsene i utredningen, og fortsatt har klart lavest i nytte.

Tabell 37 Samfunnsøkonomitabell – lavscenariot for utvikling i antall brukere, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Prissatt netto nytte – endring fra referansealternativet (K1)	0	-2 140	-2 080	-1 290
Kunnskapseksternaliteter	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ivaretagelse av norske interesser	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Sikkerhet	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Trivsel	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Informasjonssikkerhet	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ulemper i byggeperioden	Ingen	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv
Lokalmiljø	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Samlet rangering	4	3	2	1

I høyscenariot øker lønnsomheten av konsept 3, og konseptet rangeres foran konsept 4

I høyscenariot bevilges mer midler til Antarktiskforskning og flere forskere vil etterspørre bruk av forskningsinfrastrukturen ved Troll, både som base for overvåkningsaktiviteter, nær- eller fjernfeltarbeid. I konsept 1 og 4 er det ikke plass til å huse alle forskere i forventningsscenariot, og de tilrettelegger derfor heller ikke for noen ytterligere økning i høyscenariot. Konsept 2 og 3 har derimot fleksibilitet til å få inn opp mot 50 forskere i løpet av sommersesongen. I høyscenariot forutsetter vi at 45 forskningsrelaterte brukere vil oppholde seg på stasjonen i løpet av sommersesongen i konsept 2 og 3, mens det fortsatt vil være en begrensning i samtidighet på 35 forskningsrelaterte brukere. Dette vil øke forskningsaktiviteten og dermed nytten av kunnskapseksternaliteter og norske interesser for konsept 2 og 3.

I tråd med beskrivelsen av usikkerheten i disse virkningene, i kapittel 8.2.3, vurderer vi at verdien av kunnskapseksternaliteter vil øke til fra stor til *meget stor* slik at differansen mellom konsept 2 og 3 på den ene siden og konsept 4 på den andre, derfor vil øke. Det vil også ha en positiv innvirkning på norske interesser, men vi vurderer at effekten ikke vil være stor nok til å gi utslag på de ikke-prissatte virkningene.

Som følge av økt tilstedeværelse vil også kostnadene knyttet til virksomhetsdrift og klimagassutslipp for konsept 2 og 3 øke noe. Vi antar forenklet at kostnadene vil endre seg

tilsvarende som i lavscenarioet, men i negativ retning. Med disse forutsetningene, øker nåverdien av kostnadene i konsept 2 og 3 med rundt 200 MNOK. Kostnadsforskjellen mellom konsept 3 og 4 øker dermed fra 1 til 1,2 milliarder kroner.

Samlet vurderer vi at økningen i nytten av kunnskapseksternaliteter overstiger økningen i kostnader. Dermed øker lønnsomheten av konsept 2 og 3, sammenliknet med konsept 4. Vi vurderer at konsept 3 trolig kommer bedre ut enn konsept 4 i høyscenarioet.

Tabell 38 Samfunnsøkonomitabell – høyscenario for utvikling i antall brukere, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Prissatt netto nytte – endring fra referansealternativet (K1)	0	-2 510	-2 430	-1 280
Kunnskapseksternaliteter	Ingen	Meget stor positiv	Meget stor positiv	Middels positiv
Ivaretagelse av norske interesser	Ingen	Stor positiv	Stor positiv	Middels positiv
Sikkerhet	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Middels positiv
Trivsel	Ingen	Liten positiv	Middels positiv	Liten positiv
Informasjonssikkerhet	Ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv
Ulemper i byggeperioden	Ingen	Liten negativ	Liten positiv	Liten positiv
Lokalmiljø	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Samlet rangering	4	3	1	2

8.3.2 Usikkerhet i byggekostnadene går i begge retninger og påvirker ikke rangeringen

I konseptfasen er det normalt relativt høy usikkerhet i investeringskostnadene. Tabell 39 viser hvordan netto nåverdi av de prissatte virkningene endrer seg, ved bruk av P10 og P90-nivåene for byggekostnadene.

Tabell 39 Netto nytte relativt til minimumsalternativet ved endring i byggekostnader, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	0	-2 330	-2 250	-1 280
P10	0	-1 830	-1 710	-940
P90	0	-2 850	-2 850	-1 650

En høyere byggekostnad, ved P90, øker netto nåverdien av kostnadene og reduserer lønnsomheten av konsept 2, 3 og 4 relativt til minimumsalternativet. I Konsept 2 og 3 øker kostnadene med 500-600 MNOK, mens økningen er noe mindre i konsept 4, med i underkant av 400 MNOK. Sistnevnte innebærer at lønnsomheten av konsept 2 og 3 også reduseres relativt til konsept 4. En lavere byggekostnad, ved P10, reduserer derimot kostnads- og lønnsomhetsforskjellen omtrent tilsvarende. Byggekostnaden er relativt proporsjonal med omfanget av tiltakene, noe som forklarer hvorfor økningen eller reduksjonen blir størst i de mer omfangsrike konseptene. Samtidig ser vi at usikkerheten kan trekke både i positiv og negativ retning i alle konsept, og at det ikke er store forskjeller på tvers av konsept 2-4.

8.3.3 Hvis en byggesesong kan kuttes, reduseres byggekostnaden og klimautslipp

I konsept 2 og 3 har vi beregnet at det er nødvendig med seks byggesesonger, mot fem i konsept 1 og 4. I de to førstnevnte konseptene er det rimelig å forutsette lengre byggetid fordi mer materiell og flere containere må skipes inn til Troll innenfor et lite transportvindu, samtidig som at arbeidet på Troll vil være mer omfattende innenfor en kort byggesesong. Samtidig har entreprenør påpekt at det er en del slakk i fremdriftsplanen, særlig i konsept 2 og 3. Dermed er det mulig at antall byggesesonger kan reduseres fra seks til fem. Dette vil bidra til lavere byggekostnader og klimagassutslipp. En sesong mindre med byggeaktivitet vil også redusere lokal miljøpåvirkning og ulemper under byggeperioden, i tillegg til at nytten kan realiseres ett år tidligere.

Ett år kortere byggesesong reduserer grovt regnet byggekostnadene med 70 MNOK. Klimautslipp reduseres med om lag 20 000 tonn CO₂-ekvivalenter, noe som tilsvarer en prissatt kostnad på 40 MNOK. Det er mindre sannsynlig at vi klarer å redusere antall byggesesonger i konsept 1 og 4, men det er også en mulig oppside. Usikkerheten i antall byggesesonger styrker altså isolert sett lønnsomheten av konsept 2 og 3 mot konsept 1 og 4. Alene endrer det imidlertid ikke rangeringen.

8.3.4 Usikkerhet i FDVU-kostnader har lite å si for lønnsomheten

Tabell 40 viser hvordan netto nåverdi av de prissatte virkningene endrer seg ved P10- og P90-nivået for FDVU-kostnadene. Som for byggekostnadene, øker nåverdien av kostnadene i konsept 2, 3 og 4 relativt til minimumskonseptet ved P90-nivået, mens kostnadsforskjellen synker ved P10. Endringene er imidlertid ikke store, verken relativt til minimumskonseptet eller mellom konsept 2, 3 og 4. Usikkerheten i FDVU-kostnadene har derfor lite å si for lønnsomheten av tiltakene.

Tabell 40 Netto nytte relativt til nullalternativet ved en endring i FDVU-kostnader, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Forventning	0	-2 330	-2 250	-1 280
P10	0	-2 240	-2 160	-1 240
P90	0	-2 410	-2 360	-1 350

8.3.5 Usikkerhet i karbonprisbane for klimagassutslipp

Finansdepartementet oppgir en høy og en lav karbonprisbane som skal benyttes til sensitivitetsanalyser. Tabell 41 under viser netto nåverdi ved bruk av de to prisbanene, sammenliknet med basis.

Tabell 41 Netto nytte relativt til nullalternativet ved bruk av høy og lav karbonprisbane, nåverdi (MNOK), 2022-kr

	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
Basis karbonprisbane	0	-2 330	-2 260	-1 290
Lav karbonprisbane	0	-2 300	-2 230	-1 290
Høy karbonprisbane	0	-2 390	-2 310	-1 310

I høy prisbane, blir kostnadene knyttet til klimagassutslipp om lag doblet, men det gir lite utslag på den relative lønnsomheten, da konseptene har om lag like store utslipp. Sammenliknet med konsept 1, øker nåverdien av kostnadene for konsept 2 og 3 med henholdsvis 60 og 50 MNOK,

mens det i konsept 4 øker med 20 MNOK. Ved lav karbonprisbane reduseres kostnadene med 30 MNOK i konsept 2 og 3, mens de holder seg konstant i konsept 4. Endringene er samlet sett relativt små og endrer ikke den samlede vurderingen av lønnsomheten mellom konseptene.

8.4 Realopsjoner

Vi har vurdert ulike former for fleksibilitet som kan skille mellom alternativene, blant annet mulighet for å utsette investering og trinnvis utbygging. Å utsette investeringen er ikke lønnsomt. Som diskutert i problemanalysen, er det nødvendig å gjennomføre tiltak så raskt som mulig for å unngå å måtte legge ned stasjonen.

Usikkerheten i det fremtidige behovet tilsier derimot at det kan ha en verdi å utsette deler av investeringen til det foreligger mer informasjon om utviklingen i behovet. En «vente og se»-opsjon har verdi dersom det er mulig å gjennomføre utbyggingen trinnvis, slik at arealet utvides i takt med behovet. Konsept 4 dekker det mest nærstående og sikreste behovet. På sikt vil det være mulig å utvide arealet, dersom behovet tilsier det. Dermed kan man unngå eller utsette deler av investeringskostnadene som vil påløpe ved å dimensjonere stasjonen for et større usikkert behov allerede i dag, slik som i konsept 2 eller 3. Det er imidlertid flere ulemper ved en fremtidig utvidelse av konsept 4 sammenliknet med å bygge en mer omfattende stasjon i dag.

For det første er konsept 4 dimensjonert for 65 personer og basisinfrastrukturen (sanitæranlegg, bespising og ventilasjon) og forskerfasilitetene dimensjoneres deretter. Det er derfor ikke tilstrekkelig å utvide stasjonen med kun bo- og velferdsmoduler. Ved en eventuell utvidelse, vil stasjonen trolig bli mer omfattende og dyrere enn konsept 2 og 3, samtidig som at løsningen trolig ikke vil bli like god som når man planlegger for en integrert infrastruktur. Videre vil en utvidelse av konsept 4 trolig ikke vurderes før det allerede er et stort press på arealene. Gjennomføringstiden vil være lang og den vil trolig trekke på ressurser som skulle ha vært benyttet til drift og støtte. Videre er logistikk- og transportkostnadene høye. Å dele byggeperioden i to vil medføre høyere investeringskostnader og økte klimagassutslipp. Nåverdien av investeringskostnadene vil imidlertid være lavere som følge av at dette blir gjennomført lenger frem i tid.

Konsept 4 innebærer et lavere ambisjonsnivå for satsing på Antarktiskforskning sammenliknet med konsept 3. I dette konseptet er det ikke mulig å ytterligere skalere ned arealer og funksjoner uten å kraftig redusere nytten forbundet med å ha gode forskningsarealer og plass til tilstrekkelig antall forskningsrelaterte brukere. I konsept 2 og 3 er det større rom for å skalere ned funksjoner og kapasitet. Dette vil redusere kostnadene, men trolig også nytten, avhengig av utviklingen i behovet. Usikkerheten i behovet vil trolig være til stede gjennom hele planleggingsfasen, noe som innebærer at det er vanskelig å finne det mest optimale dimensjoneringsnivå før tiltaket idriftsettelse.

9 Andre beslutningsrelevante forhold

I dette kapitlet diskuterer vi forhold utover den samfunnsøkonomiske vurderingen, som kan påvirke hvilket konsept som anbefales. Vi vurderer grad av måloppnåelse og fordelingsvirkninger, men finner at disse ikke endrer anbefalingene.

9.1 Måloppnåelse – konsept 2 og 3 gir høy måloppnåelse for alle effektmål

Tabell 42 viser grad av måloppnåelse i de ulike konseptene for effektmålene som ble beskrevet i kapittel 5.2. Det er kun effektmålet relatert til forskning og informasjonssikkerhet som skiller konseptene fra hverandre. Konsept 2 og 3 gir høy måloppnåelse på alle effektmål, mens konsept 4 kommer litt dårligere ut med *middels* måloppnåelse på forskning. Konsept 1 kommer dårligst ut med *lav* måloppnåelse på forskning og *middels* på informasjonssikkerhet.

Nytten av den økte måloppnåelsen i konsept 2, 3 og 4 sammenliknet med konsept 1 er tilstrekkelig reflektert i de ikke-prissatte virkningene. Beslutningstaker bør være oppmerksom på dette slik at dobbelttelling av virkninger unngås.

Tabell 42 Grad av måloppnåelse

Effektmål	K1 Minimum	K2 Rehab og nybygg	K3 Nybygg	K4 Mindre nybygg
E1 Trygg norsk tilstedeværelse gjennom hele året ved Troll	Høy	Høy	Høy	Høy
E2 Troll fasiliterer forskning av fremragende internasjonal kvalitet, er en attraktiv base for internasjonale forskere og bidrar til at Norge er blant de 15 mestpubliserende forskningsnasjonene i Antarktis	Lav	Høy	Høy	Middels
E3 Troll er en effektiv forskningsplattform	Høy	Høy	Høy	Høy
E4 Troll har lave klimautslipp og liten miljøpåvirkning	Høy	Høy	Høy	Høy
E5 Troll tilrettelegger for kontinuerlig og sikker nedlastning og overføring av satellittdata	Middels	Høy	Høy	Høy

9.1.1 Effektmål 1 – alle konsept gir trygg tilstedeværelse ved Troll

Alle konsepter sikrer helårlig tilstedeværelse ved Troll. Stasjonen vil ha høy driftssikkerhet, med redundans i alle kritiske systemer og god beredskap. Sikkerheten vil som reflektert i de ikke-prissatte virkningene, være noe høyere i konsept 2, 3 og 4 som følge av større og mer funksjonelle beredskapsarealer. Konsept 2 og 4 kommer best ut fordi de samler bygningsmassen, noe som reduserer risiko knyttet til å bevege seg mellom bygg under uvær. Selv om det er noen forskjeller mellom konseptene, vurderer vi samlet sett at alle gir høy måloppnåelse.

9.1.2 Effektmål 2 – konsept 2 og 3 tilrettelegger best for forskning av fremragende kvalitet

Konsept 2 og 3 bidrar til høy oppnåelse av målet om at Troll skal fasilitere forskning av fremragende internasjonal kvalitet. Gjennom funksjonelle forskningsarealer med høy kapasitet, tilrettelegger de for bredt anlagt forskningsaktivitet av høy kvalitet og internasjonalt forskningssamarbeid. Konseptene tilrettelegger for hele det forventede behovet på forskningssiden, og har fleksibilitet til enda høyere aktivitet.

Konsept 4 gir middels måloppnåelse. Det innebærer gode forskningsfasiliteter, men til færre forskere. Sammenliknet med dagens aktivitetsnivå, tilrettelegger det for effektiv utnyttelse av TONE-infrastrukturen og noe vekst i nær- og fjernfeltaktiviteten. I dette konseptet er det imidlertid en risiko for at etterspørselen etter bruk av Troll til forskningsformål overstiger kapasiteten ved stasjonen. Konseptet fasiliterer også i mindre grad internasjonalt forskningssamarbeid da færre forskere kan være samtidig på stasjonen enn i konsept 2 og 3.

Konsept 1 gir lav måloppnåelse. Forskningsfasilitetene vil som i dag være mangelfulle og ikke-eksisterende. I så måte vil Troll fortsatt være en «driftsstasjon» heller enn en «forskningssasjon». Det vil være mulig å videreføre forskningsaktiviteten på dagens nivå, men konseptet tilrettelegger ikke for den forventede veksten i forskningsaktivitet og ikke for effektiv utnyttelse av TONE.

I likhet med vurdering av kunnskapseksternaliteter og norske interesser i 8.2, betinger grad av måloppnåelse at det bevilges midler til Antarktiskforskning. Behovsgjennomgangen tilsier at det er stor oppslutning rundt betydningen av forskning i Antarktis og at det dermed er sannsynlig at mer midler vil bevilges til Antarktiskforskning i fremtiden.

9.1.3 Effektmål 3 – kostnadseffektiviteten er høy i alle konsepter

Målet om at Troll skal være en effektiv forskningsplattform er knyttet til å sikre kostnadseffektivitet. Alle konseptene forventes å være kostnadseffektive. Omlegging til en delvis fornybar energiløsning gir lavere energikostnader enn ved dagens dieselbaserte løsning. Videre vil nye og/eller rehabiliterte bygg være mer energieffektive, samt enklere å renholde og vedlikeholde, noe som vil bidra til lavere FDVU-kostnader.

Det er vanskelig å vurdere om det vil være noen vesensforskjell mellom konseptene. Konsept 3 og 4 vil ha noe høyere arealeffektivitet enn konsept 2, fordi bygningsmassen er samlet i ett nybygg. Samtidig så vi i kapittel 0 at FDVU-kostnadene er omtrent like store i konsept 2 og 3. I konsept 3 er imidlertid vesentlige deler av container-lageret flyttet inn i den nye hovedstasjonen, noe som trolig vil bidra til å effektivisere forskningsarbeidet.

I sum vurderer vi at det ikke er en vesentlig forskjell mellom konseptene, men at alle vil bidra til høy kostnadseffektivitet.

9.1.4 Effektmål 4 – alle konsept halverer klimautslipp for forbrenning og frakt av diesel

At stasjonen skal ha liten miljøpåvirkning innebærer en ønsket tilstand der Troll, i tillegg til å ha lave klimautslipp, verken medfører lokal luftforurensning, forurensning av grunn, is og snø eller støy som er til skade for fuglelivet.

Ny energiløsning som integrerer fornybar energi, medfører at klimautslipp knyttet til frakt og forbrenning av diesel, samt lokal luftforurensning, om lag halveres sammenliknet med videreføring av dagens dieselbasert løsning. Dette bidrar til å gi høy måloppnåelse på effektmålet knyttet til klima og miljø i alle konsept. Likevel vil konseptene fortsatt medføre klimautslipp på mellom

197 000-245 000 tonn CO₂-ekvivalenter over analyseperioden på 40 år. Utslipp i byggeperioden står for nesten halvparten av utslippene, som nærmere beskrevet i kapittel 8.1.6. Til sammenlikning ville utslippsnivået ligget på 275 000-335 000 tonn CO₂-ekvivalenter dersom en ren dieselbasert energiforsyning hadde blitt videreført (Statsbygg, 2021b).

I kapittel 8.2.9 så vi at det er lite som skiller mellom konseptenes innvirkning på lokalmiljøet. I alle konsept er det mulig å planlegge den nye stasjonen slik at den vil ha liten innvirkning på lokalmiljøet. Dette må følges opp i neste faser av prosjektutviklingen og beskrives under føringer for neste faser.

9.1.5 Effektmål 5 – alle konsept tilrettelegger for satellittvirksomheten

I dimensjonering av samtlige konsept, er det tatt hensyn til areal- og funksjonsbehovene til satellittvirksomheten. Disse vil i stor grad være de samme som i dag, da det ikke er ventet noen økning i behovet for personell ved Troll. Hensynet til en sikker strømforsyning er også ivaretatt i alle konsept. Videre, i kapittel 8.2.7, så vi at konsept 2, 3 og 4 tilrettelegger for økt informasjonssikkerhet sammenliknet med i dag. Disse konseptene tilrettelegger dermed for kontinuerlig og sikker nedlastning og overføring av satellittdata, og gir høy måloppnåelse.

Konsept 1 vurderes å ha middels måloppnåelse, da plassbegrensninger gjør det mer utfordrende å etablere separate serverrom og sikre hensiktsmessig soneinndeling for avgrensning av områder med konfidensiell informasjon.

9.1.6 Konsept 1 og 4 har høyest risiko for målkonflikt

I kapittel 5.3 identifiserte vi mulige målkonflikter. Dersom det i fremtiden blir knapphet på arealer ved Troll, kan målet om at stasjonen skal tilrettelegge for forskning (E2) og satellittvirksomhet (E4) komme i konflikt. Dette handler både om areal avsatt til de ulike funksjonene, men også hvilke brukergrupper som skal prioriteres dersom etterspørselen etter bruk av Troll overstiger det maksimale antall personer som stasjonen kan huse. Risikoen for at dette vil skje er høyest i konseptene som er dimensjonert for færrest brukere, først og fremst konsept 1, men også konsept 4. Det er lite sannsynlig at det vil oppstå noen målkonflikt i konsept 2 og 3.

9.2 Fordelingsvirkninger

Fordelingsvirkninger sier noe om hvordan nytte- og kostnadsvirkninger fordeler seg mellom ulike grupper i samfunnet. Tiltaket kan totalt sett være samfunnsøkonomisk lønnsomt, men enkelte grupper kan vinne eller tape på at tiltaket iverksettes. Vi har identifisert to fordelingsvirkninger.

Investeringsprosjektet betales av norske skattebetalere. Nyten av prosjektet vil blant annet tilfalle brukere av stasjonen, men som omtalt under ikke-prissatte virkninger, vil det også være virkninger som kommer det norske samfunnet til gode. Dette gjelder særlig nytten knyttet til kunnskapseksternaliteter og norske interesser.

En stor investering og etterfølgende kostnader knyttet til stasjonen, vil styrke Antarktiskforskningen. Gitt begrensede midler knyttet til forskning, vil dette imidlertid kunne gå på bekostning av annen forskning. Gitt begrensede midler knyttet til Antarktiskforskningen, vil prosjektet videre innebære en prioritering av forskning tilknyttet Troll fremfor annen Antarktiskforskning.

Føringer for neste faser

I dette kapittelet beskriver vi forhold som det er viktig å være oppmerksom på i den videre prosjektutviklingen. Listen er ikke uttømmende, men omfatter noen prioriterte oppfølgingspunkter.

9.3 Midlertidige tiltak som gir sikker drift frem til tiltak er på plass, må vurderes

I henhold til gjeldende fremdriftsplan vil ny/rehabilitert stasjon være klar for idriftsettelse i 2031-2033, avhengig av hvilket konsept som velges. Samtidig så vi i problemanalysen at tilstanden ved dagens stasjon er svært dårlig. I neste fase av prosjektutviklingen bør Norsk Polarinstittutt derfor gjøre en grundig vurdering av hvilke midlertidige tiltak som må på plass for å sikre forsvarlig videreføring av helårsdriften av Troll forskningsstasjon frem til tiltak er på plass.

9.4 Tid bør være høyest prioriterte resultatmål

Den dårlige tilstanden til Troll og den lange gjennomføringstiden, tilsier at prosjektet bør være tidsstyrt. Styling på tid i gjennomføringsfasen vil også direkte danne grunnlaget for god kostnadsstyring fordi planlegging innenfor begrensede tidsvinduer er av stor betydning for kostnadene. Det betyr at resultatmålet tid bør prioriteres foran kostnad og kvalitet i den videre prosjektutviklingen.

9.5 Mulighet for å spare en byggesesong bør vurderes nærmere

I kapittel 8.3.3 så vi at det er mulig å redusere byggekostnader og klimagassutslipp dersom det er mulig å redusere antall byggesesonger. Det reduserer også lokal miljøpåvirkning, ulemper under byggeperioden og gjør det mulig å realisere nytten av tiltaket ett år tidligere. Mulighetene for å utløse disse gevinstene bør vurderes nærmere i neste faser av prosjektutviklingen.

9.6 Konsekvensvurdering må ferdigstilles før byggestart i Antarktis

Det vil for et utbyggingsprosjekt på Troll være nødvendig å utarbeide en miljøkonsekvensvurdering i tråd med bestemmelsene i Protokoll om miljøvern under Antarktistraktaten (jfr. Artikkel 8 og Vedlegg I) og Forskrift om miljøvern og sikkerhet i Antarktis (jfr. § 17). En fullstendig konsekvensvurdering skal gjennom offentlig og internasjonal behandling i Antarktistraktatsystemet og må foreligge i utkasts form cirka ett år før det påbegynnes aktivitet i Antarktis for å gi rom for slik behandling, dvs. senest innen begynnelsen av 2027 iht. foreliggende fremdriftsplan for konsept 2 og 3, samt innen begynnelsen av 2026 for konsept 1 og 4.

9.7 I neste fase av prosjektutviklingen bør fornybarandelen optimaliseres

Den delvis fornybare energiløsningen som er lagt til grunn i den samfunnsøkonomiske analysen og ble beskrevet i kapittel 7.3, er optimalisert ut fra en vurdering av hvilken energimiks som gir lavest energikostnader. I neste faser av prosjektutviklingen bør energiløsningen vurderes nærmere. Blant annet bør det undersøkes om det er mulig å optimalisere energimiksen med tanke på å dra opp fornybarandelen ytterligere. I tillegg bør det vurderes om nytten av reduserte klimautslipp, overstiger de negative effektene på lokalmiljøet, herunder effekten på fulgeliv av installering av vindturbiner samt solcelleanlegg. Videre bør det vurderes om det skal opprettes et pilotanlegg for hydrogen.

9.8 Behov og alternativer for oppgradering av nødstasjonen bør vurderes

Areal- og funksjonsbehovene til nødstasjonen er i KVUen vurdert på en mer forenklet måte enn øvrig arealbehov. I neste fase av prosjektutviklingen bør areal- og funksjonsbehovene samt alternativer for oppgradering av nødstasjonen, vurderes nærmere.

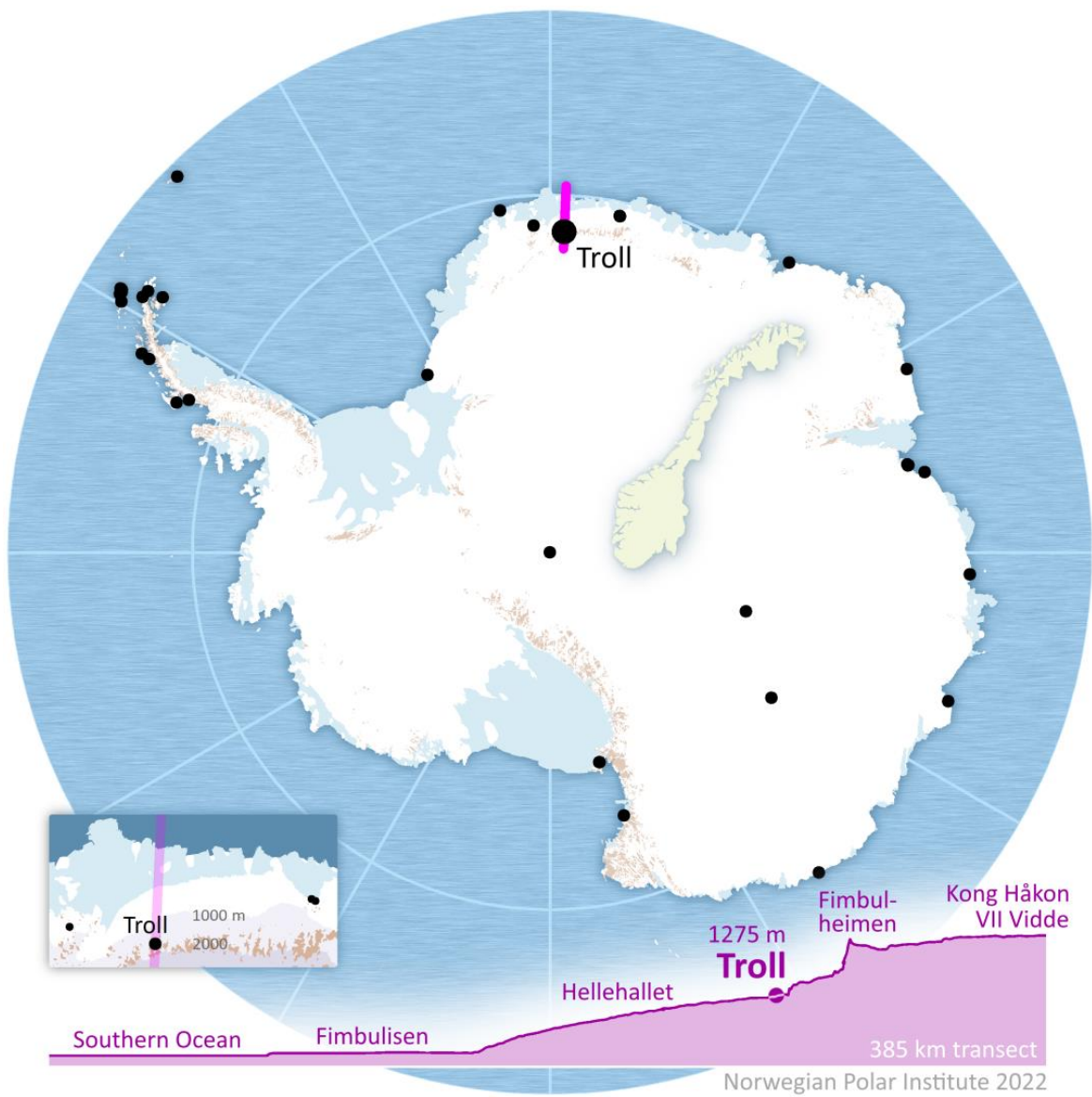
9.9 Driftskonseptet bør være utviklingsorientert

Det er kostnadskrevenne å drifte en forskningsstasjon i Antarktis. Norsk Polarinstitutt bør legge en strategisk plan for driftskonseptet; altså hvordan stasjonen skal driftes, vedlikeholdes og utvikles. I en slik plan bør utvikling og modernisering av forskningsrelatert areal inngå, slik at Troll forskningsstasjon til enhver tid legger til rette for samfunnsbehovene og nye forskningsmåter. Dette gjelder særlig for brukerutstyr, men også for arealutforming. For å sikre levetiden til forskningsstasjonen slik vi har lagt til grunn i denne analysen, er det viktig å dedikere tilstrekkelig med ressurser til drift og vedlikehold. Et verdibevarende vedlikehold vil redusere framtidig investeringsbehov på stasjonen.

9.10 Interessenter som bør involveres i neste faser utover kartlagte

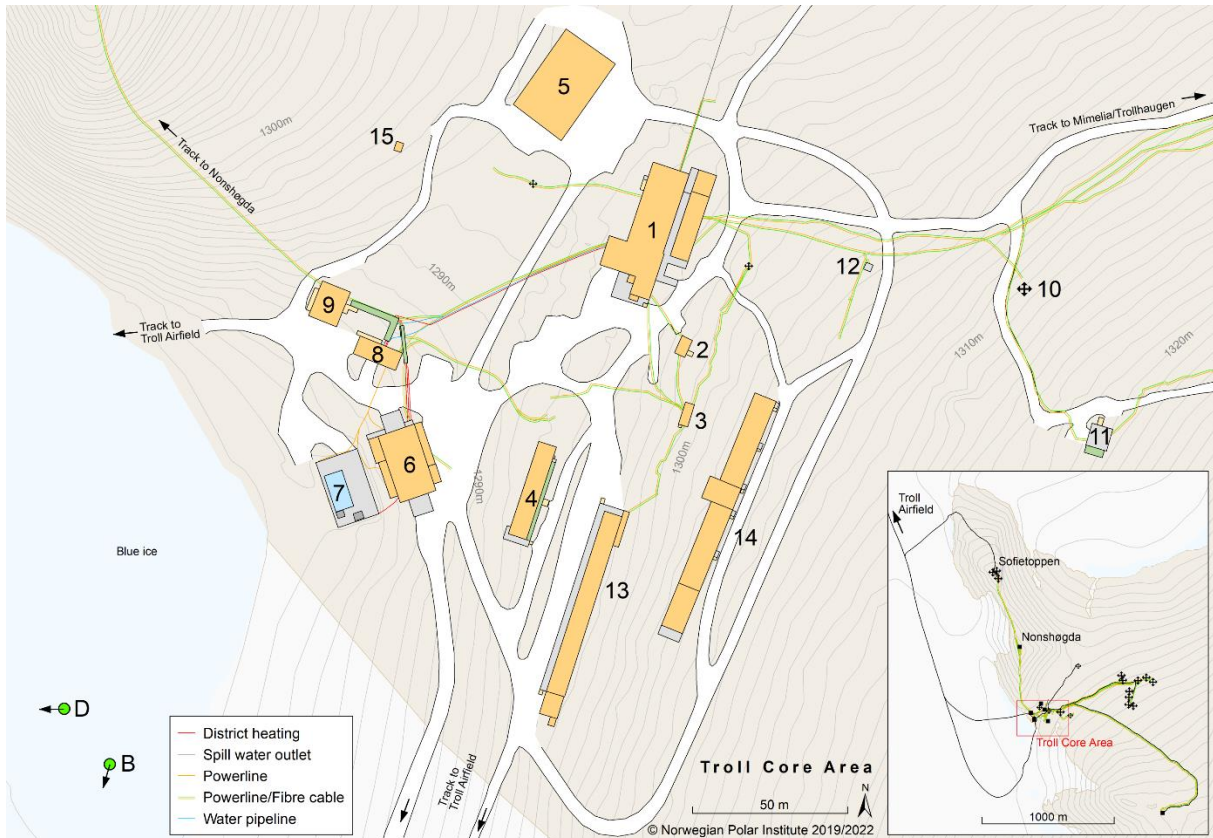
I tillegg til interessentene kartlagt i interessentanalysen, i kapittel 4.7, bør Statsbygg i neste fase av prosjektutviklingen, involvere nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) samt nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom). NSM er ansvarlig for nasjonal sikkerhet, herunder godkjenning av bakkestasjonene og ivaretar nasjonal sikkerhetsmessig oppfølging, mens Nkom har tilsynsmyndighet over satellittnedlesningen i henhold til jordstasjonforskriften for Antarktis.

Vedlegg 1 – Troll stasjon



Figur 27 Kartet viser Trolls plassering i Antarktis.

Bygningsmasse - Troll forskningsstasjon



Figur 28 Situasjonskart over Troll og omkringliggende område. KSAT sine antenner er markert med kryss, og befinner seg i hovedsak på Sofietoppen i det innfelte bildet til i høyre hjørne, og i Mimelia til lengst til høyre i innfelt bilde.

Nummer/bokstav	Beskrivelse
B	Fat med drivstoff, Jet fuel, motorolje og smøreolje ca. 300 meter sør
D	Drivstofflager, ca. 500 meter vest, plassert på isen
1	Stasjonsbygning
2	Snekkerbod
3	Nødaggregat for stasjonsbygningen
4	Miljøstasjon
5	Kaldgarasje, inkludert oppvarmet telt for brannbil
6	Garasje/verksted
7	Drivstofftanker
8	Generatorsett 2005 (backup)
9	Generatorsett 2007 (hovedstrømsanlegg)
10	KSAT antenne
11	Nødstasjon
12	Antenner
13	Containerrekke (25 x 20')
14	Containerbaserte sommerlugarer «Blåbo»
15	UiO Instrumentcontainer

Historisk utvikling – Troll forskningsstasjon

I det følgende beskriver vi viktige milepæler i utvikling av dagens stasjon, i kronologisk rekkefølge.

1989-90: Sommerstasjonen Troll

Sommerstasjonen Troll ble bygd i Jutulsessen, et nunatak-område sentralt i det norske kravområdet Dronning Maud Land, på 1275 m høyde omtrent 235 km fra iskanten. Dagens stasjon ble plassert ved Jutulsessen etter en lokaliseringsanalyse som ble gjort i 1989 (Norsk Polarinstitut, 1989). Da var hovedargumentene plasseringenes plante- og dyreliv, grunnforhold, meteorologi og klima, samt forskningsprosjektene som var planlagt.

I motsetning til de fleste andre forskningsstasjoner i Antarktis, er stasjonen etablert på grunnfjell som bryter gjennom isen. Norge hadde allerede gjennomført forskning i dette området, og mer var planlagt. Området har en amfiteater-lignende form, det er til dels isfritt samtidig som det også har blåis som kan benyttes til å ta ned fly, noe som var med i visjonen den gang. Fordi stedet er langt inne på kontinentet, er Troll mindre berørt av sykklonene som herjer ved kysten. Det er lite plante- og dyreliv i området, så den miljømessige belastningen er begrenset. At stasjonen ble bygd på fast grunn gjorde at både etablering og drift var mindre problematisk enn for mange andre stasjoner i Antarktis.

Lokaliteten ble valgt ut fra både faglige og økonomiske grunner. Forskningsmessig var beliggenheten særlig viktig for is- og klimastudier, geologiske studier og biologiske studier på fugl.

1992-93: Tor

Tor etableres som ornitologisk feltstasjon i Antarktis ved nunataken Svarthamaren i Dronning Maud Land. Beliggenheten er omtrent 90 kilometer fra den norske basen Troll og kan dermed lett nås derfra ved bruk av terrenggående kjøretøy. Stasjonen ligger 1625 meter over havnivå, omtrent 200 kilometer fra kysten. Stasjonen har overnattings- og laboratoriefasiliteter for små feltpartier (3–4 personer) og en værstasjon som opererer året rundt. Den består av en isolert container på 3x8 meter som fungerer som oppholdsrom og arbeidsrom. Stasjonen benyttes kun om sommeren, og overnatting foregår i telt.

2003: Troll Airfield

I 2003 satte Norsk Polarinstitut i gang byggingen av en flystripe på blåisen 7 km unna Troll for å kunne ta imot tunge fly. Denne ble etablert som et internasjonalt samarbeid (Dronning Maud Land Air Network, DROMLAN). Reisetiden fra Sør-Afrika til Troll ble dermed forkortet ned fra ni døgn med båt til seks timer med fly. Norges Forskningsråds Antarktis-strategi fra 1997 sier at en etablering av flyplass i Dronning Maud Land vil innlede en ny æra for norsk Antarktisforskning i dette området. Strategien sier videre at det bør være en målsetting for Norge å bidra til det internasjonale klima- og værvarslingssamarbeidet med å etablere automatiske værstasjoner på Troll.

2004-05: Helårsstasjon

Til Polarinstitutets 75-årsjubileum i mars 2003 bevilget Miljøverndepartementet midler til å oppgradere Troll til en helårsstasjon. Hovedarbeidet med oppføringen av den nye stasjonen ble avsluttet i februar 2005, og Statsbygg hadde overordnet ansvar for gjennomføringen. Stasjonen var et modulbyggesett av 35 standardcontainere på 400m², den skulle tåle temperaturer ned til -60°C og vindhastigheter opp til 60 meter i sekundet.

I juni 2003 fikk Statsbygg oppdraget med å bygge ut Troll til helårlig forskningsstasjon. I et brev fra Statsbygg i oktober 2003 (u.off.) står det at det vil være vanskelig å ferdigstille et komplett anlegg

inkludert reservestasjon sesongen 2004-2005, og videre at «Bygging på Antarktis er en tidkrevende prosess, og med et ønske om at Norge skal være et foregangsland, og at løsningene som velges skal være innovative og gi miljøvennlig drift er tiden som står til rådighet svært knapp. For best mulig resultat bør åpningen av stasjonen utsettes ett år, det er mye å hente på å bruke mer tid for å få fram de beste løsningene.» Men Polarinstituttet gjorde det klart overfor Statsbygg at miljøvernministeren ønsket at Troll skulle stå ferdig for overvintring i jubileumsåret 2005-2006.

I halvårsmøtet med eierdepartementet i mars 2008 orienterte Polarinstituttet om resultatet av 3-årsbefaringen på Troll. Det var avdekket en rekke feil og mangler. Energiforsyningen har dessuten vært et kontinuerlig tema.

2007-08: TrollSat etableres

En forløper til EU sin Galileo Sensorstasjon ble etablert i 2006, etter en avtale mellom Polarinstituttet og Norsk Romsenter fra 2005. Før dette hadde Norsk Romsenter i samarbeid med ESA benyttet den sør afrikanske basen, SANAE (2003-2005), til utplassering av GPS utstyr til testing. Galileo Sensorstasjonen ble etablert som et eget bygg på Nonshøgda i 2009-2010. Denne infrastrukturen er en av bærebjelkene i det europeiske Galileosystemet.

2007 (og 2014): Trollhaugen-observatoriet (atmosfærisk observatorium)

NILU startet med målinger i 2007 nær stasjonsområdet. I 2014 flyttet NILU til ny lokalitet på Trollhaugen hvor målingene i mindre grad er påvirket av aktiviteten ved Troll forskningsstasjon. Observatoriet er koblet til Troll med strøm- og fiberkabel. Trollhaugen er lokalisert 1533 moh. og 1 km øst for Troll forskningsstasjon.

2012: NORSAR installerer en seismisk stasjon på den norske basen Troll i Antarktis.

Et bredband-seismometer beliggende på Nonshøgda. Stasjonen kan måle seismisk aktivitet i nærheten av stasjonen og globalt.

2012-19: Blåbo etableres

Blåbo container-samling med 50 rom, opphold og wc/dusj.

2020/21: nødaggregat for hovedstasjonen etableres

Forskning ved Troll

Følgende forskningsfelt er sentrale ved Troll forskningsstasjon i dag:

- **Meteorologi:** Automatiserte målinger av meteorologi ved Troll stasjonsområde og på blåisen ved flystripen benyttes til værvarsling, for eksempel av Meteorologisk institutt.
- **Stråling:** Norsk Polarinstitutt bygger opp en strålingsstasjon med målinger som møter kravene satt av det globale strålingsnettverket. Strålingsmåling, sammen med kontinuerlige skymålinger, brukes til å overvåke snøsmelting i området.
- **Dyreliv:** Den ornitologiske feltstasjonen (Tor) er base for Norges langtidsovervåkning av Antarktispetrell, som har verdens største koloni om lag 100 kilometer øst for Troll. Årlig besøker forskere ledet av ornitologer fra Norsk Polarinstitutt området for å undersøke populasjonen, tilpasning til miljøforandringer og strategier for redebygging.

- **Glasiologi:** Gjennom ulike prosjekter undersøker glasiologer ved Norsk Polarinstitutt hvordan området endrer seg over tid. Troll er base for ulike glasiologiske feltarbeider.
- **Atmosfære:** NILU driver observatoriet Trollhaugen som er lokalisert en kilometer øst for Troll. Observatoriet ble etablert i 2007. Trollhaugen er en av de få observatoriene som har kontinuerlig overvåkning gjennom hele året i Antarktis. Noen av de viktigste aktivitetene er å karakterisere sammensetningen av atmosfæren, og måle sesong- og årsvariasjoner og transport av luftforurensninger til området (NILU, 2020). NILU er en av få aktører som driver atmosfæreforskning ved begge polene.
- **Seismologi:** Forskningsstiftelsen NORSAR har en seismisk stasjon ved Troll som måler seismisk aktivitet i nærheten av stasjonen og globalt.
- **Ionesfære og romvær:** Universitetet i Oslo eier og drifter et observatorium for automatiske målinger av ionosfære og romvær. Instrumentene er plassert i KSATs containere på en av de nærliggende fjelltoppene.
- **Internasjonalt forskningssamarbeid** - De siste årene har Troll blant annet vært base for større feltarbeid innen mikrobiologi og geologi gjennomført av sørafrikanske universiteter samt et glacialgeologisk prosjekt fra Japan.

Beskrive kort prosedyrer/retningslinjer for å gi adgang til Troll i dag

Alle forskningsprosjekter som har vært gjennom en fagfelle vurderingsprosess og/eller er en del av et nasjonalt institutts prioriterte aktiviteter kan i utgangspunktet benytte Troll, forutsatt at prosjektet har tilstrekkelig finansiering til å dekke de operative kostnadene på Troll og forutsatt at prosjektet er praktisk og kapasitetsmessig gjennomførbart på/fra Troll. Dette gjelder både norske prosjekter og prosjekter initiert av utenlandske forskere. I relevante utlysninger fra Norges Forskningsråd gjøres søkere oppmerksom på at det vil være hensiktsmessig å gå i dialog med Norsk Polarinstitutt før søknad sendes inn for å sikre praktisk gjennomførbarhet i prosjektutforming og avklare finansielle krav. Med forventet økt aktivitet vil det være nødvendig å gjennomgå prosedyrene og sikre transparente og forutsigbare rammer for prosjektansvarlige.

Oversikt over prosjekter på og ut fra Troll med finansieringskilde siste 5-10 år

Tabellen under viser opplistede prosjekter som har hatt aktivitet på/ut fra Troll siden ca. 2010. Norsk Polarinstittutt har hentet informasjonen fra Norges Forskningsråd sin prosjektdatabase og oversikt over siste NARE-tildeling i 2011, samt Norsk Polarinstittutt sin oversikt over aktivitet på Troll de siste årene. Oransje prosjekter er Norsk Polarinstittutt sin langtidsovervåking, grønne prosjekter er internasjonale prosjekter. Det er ikke sikker at oversikten er fullstendig.

Tabell 43 Oversikt over prosjekter på og ut fra Troll med finansieringskilde siste 5-10 år

På Troll			
UiO	Forskning på den antarktiske ionosfæren og romvær ved Troll stasjonen	2017 - 2022	NFR
UNIS	Blå is oaser av mikrobiell liv i øst-antarktiske iskapen	2019 - 2022	NFR
NILU	Strategic Aerosol Observation and Modelling Capacities for Northern and Polar Climate and Pollution	2011 - 2016	NFR
NILU	Measuring and interpretation of airborne emerging organic pollutants	2011-2014	NARE
NORSAR	A permanent, broadband, seismic station at the Troll research base: installation, data analysis and interpretation	2011-2014	NARE
MET	Launch of controlled meteorological balloons from the Troll research station in Antarctica	2011-2014	NARE
NILU	Atmosfærisk overvåking	Kontinuerlig	NILU/Miljødirektoratet
NP	Atmosfærisk stråling overvåking	2017-2018	NP
Ut fra Troll			
NP	SIWHA	2021-2022	NP
NP	Norwegian-US Antarctic IPY Traverse (TASTE-IDEA)	2007 - 2010	NFR
NP	Massebalanse, bredynamikk og klima i den sentrale delen av kysten i Dronning Maud Land, Øst-Antarktis	2016-2021	NFR
NP	Den eldste isen i Antarktis – karakteristikk og egenskaper fra geofysiske målinger under Dome Fuji	2021-2026	NFR
NP	Havsirkulasjon og marin smelting av isbremmer i Dronning Maud Land	2019-2023	NFR
NP	Fimbul Ice Shelf, Top to Bottom (FIS-TTB)	2011-2014	NARE
NP	Response of Antarctic Seabirds to a changing environment	2011-2014	NARE
UiB	Geodynamic evolution of the ca. 600-500 Ma East African Antarctic Orogen in eastern Dronning Maud Land	2011-2014	NARE
NP	Evolution of ice rises during the late Holocene and implications	2011-2014	NARE
NP	Beyond Epica - Oldest Ice	2018-2019	EU
NP	Polar Gap	2015-2016	NP
NP	Fimbulisen overvåking	2021-2022	NP
NP	Geologisk kartlegging	2021-2022	NP
NP	Sjøfuglovervåking Svarthamaren	2021-2022	NP
NP	Sjøfuglovervåking Svarthamaren	2019-2020	NP
NP	Geologisk kartlegging	2017-2018	NP
Japan	Massebalanse	2018-2019	
Sør-Afrika	Geologi	2017-2018	
Sør-Afrika	Microbial biology	2017-2018	
Sør-Afrika	geologi	2016-2017	
Sør-Afrika	Microbial biology	2016-2017	
Japan	Geologi	2015-2016	
Sør-Afrika	Microbial biology	2015-2016	
Finland	Glasiologi	2014-2015	
Sør-Afrika	geologi	2014-2015	

Vedlegg 2 – Prognose for brukere på Troll

I det følgende gir vi en nærmere beskrivelse av prognosen for antall fremtidige brukere av Troll. Beskrivelsen er basert på underlagsnotat fra Norsk Polarinstitutt «Troll – Dimensjonering for fremtiden» (26.04.2021). Vi understreker at samtidighet i antall brukere er usikker og at beregningene viser totalantall per år. Det er altså ikke tatt høyde for at noe aktivitet kan skje i ulike perioder, slik at noen forlater Antarktis/Troll når andre ankommer. Dette vil variere fra år til år, avhengig av behovene knyttet til aktiviteten og flyskjema. Erfaringsmessig går høysesongen fra første uken i januar til andre i uken i februar. I denne periode forventer vi mest folk på stasjonen. Norsk polarinstitutt forventer noe utjevning av sesongen i fremtiden, men at det trolig vil være topper i ovennevnte periode.

Forskningsrelaterte brukere vil trolig periodevis ligge på 35 personer

Norsk polarinstitutt anslår at antall forskningsrelaterte brukere i perioder i sommersesongen, vil ligge på 35 personer de neste 20 årene.

Med etablering av TONE vil den **instrumentbaserte virksomheten** på Troll øke betraktelig innen 2027. NILUs luftobservatorium vil utvides med flere instrumenter, NPs integrerte skyobservatorium vil etableres, NORSAR vil etablere et seismisk og infralyd array, UiO vil utvide ionosfæreobservatorie. Til sammen anslår Norsk polarinstitutt at det vil være rundt to personer per observatorium på ettersyn/vedlikeholdsoppdrag hvert år, i tillegg til tre forskningsteknikere/ingeniører ansatt ved NP³². Til sammen blir dette **ti-elleve personer**.

Aktiviteten på **nærfelt** vil trolig også øke i fremtiden. Med etablering av TONE vil det etableres automatisk fugleovervåking i Jutulsessen som vil kreve årlig ettersyn. I tillegg vil det etableres en dronetjeneste, noe som vil gjøre Troll til en attraktiv base for ulike typer dronebasert feltarbeid. Med forventning om økte finansielle rammer for Antarktisforskning i Norge, vil det trolig utløses flere forskningsprosjekter som har nærområdet til Troll som feltområde. I tillegg forventer Norsk Polarinstitutt en jevn interesse fra forskere fra andre land i å gjøre studier i Trolls nærrområde, spesielt på felt der Norge har hatt begrenset aktivitet (mikroorganismer, vegetasjon, m.m.). Grovt sett forventer Norsk polarinstitutt rundt **15 personer** innenfor nærfelt hvert år.

Hva gjelder **fjernfelt**, vil etablering av TONE opprettholde Fimbulriggene, som etter etablering vil kreve tilsyn/vedlikehold annethvert år, i tillegg til at det vil gjennomføres regelmessig fugleovervåking på Svarthamaren. Innenfor Antarktisprogrammet på Norsk polarinstitutt er det også en intensjon om å gjennomføre geologiske kartleggingsekspedisjoner (hvert tredje år). Norsk polarinstitutt forventer at økte finansielle rammer for Antarktisforskning i Norge, vil utløse flere storskala feltbaserte forskningsprosjekter som vil ha Troll som start-/sluttpunkt og at den internasjonale interessen for å bruke Troll som start-/sluttpunkt vil øke. Grovt sett estimerer de at **ti personer** hvert år vil bruke Troll i forbindelse med fjernfelt. Det må tas høyde for at personer involvert i fjernfeltaktivitet kun er på Troll i randsonen av sitt Antarktisopphold, erfaringsmessig en uke før og en uke etter gjennomført feltaktivitet.

Logistikkrelatert personell vil anslagsvis ligge på rundt 40 personer

Norsk polarinstitutt anslår at antall logistikkrelaterte brukere i perioder i sommersesongen, vil ligge på anslagsvis 40 personer de neste 20 årene. Nivået vil avhenge av den fremtidige aktiviteten,

³² To forskningsteknikere samt en TONE-forskningsingeniør

særlig knyttet til støtte til forskning og overvåkningsaktivitet samt av en eventuell utvidelse av den bygningsmessige infrastrukturen.

Operativ og administrativ ledelse av virksomheten: Økt forskningsinnsats lokalt på Troll samt en økning i forskning i felt med større kampanjer, vil trolig medføre et økt behov for å ha 24/7 oversikt og kontroll over virksomheten. Et lokalt ledelsesapparat må dimensjoneres i forhold til denne økte aktiviteten med et apparat som har oversikt og redundans mht pågående og planlagte aktiviteter. Dette krever dedikerte funksjoner i operativ og administrativ ledelse.

Drift av stasjon og basis infrastruktur relatert til Trollstasjonen: En eventuell oppgradering av Troll forskningsstasjon, med utvidelse i basis infrastruktur, flere funksjoner og flere forskningsrelaterte brukere og grupper, vil gi økt behov for driftspersonell i sommersesong. Dette omfatter alt fra husholdning og renhold, drift av teknisk infrastruktur til overvåking av driftssystemer.

Logistikk for å bringe varer og personell inn og ut av Trollstasjonen: Trollstasjonens beliggenhet krever et omfattende logistikkapparat for å bringe gods og personell inn og ut fra stasjonen. Dette logistikkapparatet krever også teknisk kompetanse (vedlikehold) utover det som er vanlig pga lange transportavstander og stor slitasje på transportmateriellet.

Drive og operere flyplass / flyoperasjoner: Generell økende aktivitet på Troll vil medføre mer gods og passasjerer som entrer DML via Troll Airfield. Økt frekvens på antall flyvninger og flere intrakontinentale flyvninger pga feltaktivitet vil øke behovet for dedikert personell for å drive og følge opp denne virksomheten.

Støtte feltoperasjoner for forskning: med økt aktivitet og større kampanjer i felt vil øke behovet for støtte. Plan og klargjørings og teknisk support før og etter feltperiode må påregnes. Oppfølging sikkerhet alt fra kurs, evalueringer til aktiv feltstøtte vil være et behov. Logistikk ifm ferdsel og etablering av felt infrastruktur.

Bygg og anlegg: etablering, vedlikehold og oppgradering av basis infrastruktur: Med en større og mer komplisert basisinfrastruktur vil det måtte dedikeres personellressurser til dette. Selv om Statsbygg eventuelt overtar driftsansvar og kontrakterer inn eksterne kontraktører, vil det likevel være et større behov for personellressurser for vedlikeholdsprogrammer med mer som må regnes inn.

Teknisk infrastruktur, etablering, vedlikehold og oppgradering: Tekniske anlegg opp mot rensing av avfallsvann og grønn energi vil kreve vedlikeholdskampanjer med eget personell.

Andre brukere vil trolig utgjøre opp mot 25 personer per år

Norsk polarinstitutt forventer at det periodevis kan være opp mot **opp mot 25 personer** i kategorien andre brukere per år i sommersesongen. KSAT, som inngår i denne kategorien, forventer ingen økning i dagens nivå, på rundt 15 brukere. Besøk fra grupper av ulike slag vil fortsatt være aktuelt i fremtiden. Ved store begivenheter kan disse gruppene bli relativt store. Under kongebesøket i 2015 var 80 personer til stede i over 48 timer. Normalt er det imidlertid rimelig å legge til grunn gruppestørrelser på fem personer.

I vintersesongen

Nødvendig vinterkapasitet på Troll i fremtiden er til en viss grad avhengig av behovet som stasjonsdriften i seg selv vil kreve. Norsk Polarinstitutt legger til grunn at det vil være nødvendig

med en basisbesetning på fem personer som ivaretar grunnleggende funksjoner (lege, kokk, mekaniker, elektriker, rørlegger). I tillegg bør det være kapasitet til at to forskningsteknikere kan overvintre. I dag er det en person som jobber 50 prosent for KSAT og 50 prosent som forskningstekniker. Med økt forskningsaktivitet er ikke lenger dette tilstrekkelig.

I forbindelse med spesielle kampanjer og/eller på mer generelt grunnlag knyttet til pågående datainnsamling vil det kunne bli behov for å kunne huse ytterligere en til tre forskningsrelatert personell (type yngre forskere/PhD studenter/Post Docs).

Troll Airfield vil i fremtiden kunne bidra til å løse andre nasjoners behov for fly-logistikk

En mulig utvikling er at Norsk Polarinstitutt i større grad vil bidra til å løse andre nasjoners behov med flylogistikk over Troll Airfield som et termineringspunkt for sine stasjoner / feltkampanjer. I beregningsgrunnlaget med et maksimum dimensjonerende tall på 100 personer er ikke dette behovet regnet inn.

Vedlegg 3: Intervju- og møteoversikt

Intervju med interessenter:

Dato	Interessent	Deltakere
17. mars 2021	Norsk institutt for luftforskning (NILU)	Kjersti Trønkvist (NILU) Chris Lunder (NILU), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
17. mars 2021	NORSAR	Anne Lycke (NORSAR), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
17. mars 2021	Universitetet i Bergen (UiB)	Helge K Dahle (UiB), Lise Øverås (UiB), Anne Elisabeth Bjune (UiB), Jostein Bakke (UiB), Joachim Jacobs (UiB), Lars Henrik Smedrud (UiB), Tore Furevik (Bjerknessenteret/Nansensenteret/UiB), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
23. mars 2021	Universitetet i Oslo (UiO)	Wojciech Jacek Miloch (UiO), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
23. mars 2021	Metrologisk institutt (MET)	Werner Eriksen (MET), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
27. april 2021	Kongsberg Satellite Services (KSAT)	Reidar Nordheim (KSAT), Vegar Skildheim (KSAT), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
3. mai 2021	Norges forskningsråd (NFR)	Jon Børre Ørbek (NFR), Hilde Aspenberg Jordal (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
19. august 2021	Kunnskapsdepartementet (KD)	Bente Lie (KD), Marit Bonnevie-Svendsen (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
20. august 2021	Nærings- og fiskeridepartementet (NFD)	Mari Kristine Kallåk (NFD), Mari Ytrehus Moldestad (NFD), Marit Bonnevie-Svendsen (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
25. august 2021	Utenriksdepartementet (UD)	Mette Strengehagen (UD), Marit Bonnevie-Svendsen (SB), Anette Røssum Bastnes (SB)
26. august 2021	Justis- og beredskapsdepartementet (JD)	Inger Aarvaag Stokke (JD), Fredrik Gordon Berg (JD), Marie Korsvoll (JD), Marit Bonnevie-Svendsen (SB), Erik Flaa (SB/Dovre Group)
27. oktober 2021	Norsk Romsenter (NRS)	Steinar Thomsen (NRS), Tine Sødergren (NRS), Marit Bonnevie-Svendsen (SB)

Vedlegg 4: Funksjonsbehov

Tabell 44 Krav og funksjonsbehov for nødstasjon

Funksjonsbehovet	Beskrivelse av funksjonsbehovet
Robusthet i forhold til vær og vind utover de krav som stilles til hovedstasjonen	
God isolasjon	Være godt isolert for å unngå store strømtrekk når nødstasjonen står i standby.
Selvstendig infrastruktur som kan driftes gjennom 2-3 måneder	Eget aggregat som ivaretar varme-, strøm- og vannproduksjon (snøsmelter). Eget aggregat som ivaretar strømforsyning, oppvarming og produksjon av vann (snøsmelter)
Fremført strøm, og signalkabler fra hovedanlegget	Mulighet til å drifte nødenheten med strøm, varme fra hovedanlegget gitt at man ser det som nødvendig å ha nødenheten i standby.
Sanitærforhold som ivaretar god hygiene og minsker risiko for sykdom	Kjøkken, gråvann og avfallshåndtering. Toalett og personlig hygiene
Medisinsk behandling	Eget rom/avlukke for behandling og oppfølging av pasient med adekvat innredning og utstyr
Operasjonsledelse og kommunikasjon	Avsatt plass/avlukke for satelittkommunikasjon og operasjonsledelse, nedlastning av værdata, flyradio m.m.
Lagerplass	Proviand, bekledning, nødustyr

Tabell 45 Funksjonsbehov forskning

Funksjonsbehovet	Beskrivelse av funksjonsbehovet
Kontorfasiliteter	Slik at forskerne som oppholder seg på stasjonen får mulighet til å jobbe med analyser/bearbeiding av data, til forberedelser og etterarbeid. Kontorfasiliteter sikrer at data/metadata som samles inn ved nærfelt punches og tas vare på på en tilfredsstillende måte slik at de ikke går tapt, og for å gjennomføre foreløpig datakontroll/kvalitetssjekk. Kontorfasilitetene er dermed ikke bare viktige for å jobbe effektivt, men også for å ta vare på forskningsdata.
Møterom	Behov for at mindre grupper kan møtes å diskutere og planlegge forskningsaktivitet. Det er også et sammenfallende behov som muliggjør seminarer for andre forskere og personalet på stasjonen.
Laboratoriefasiliteter (tørrelab med innlagt vann)	Behovet er knyttet mot behandling og analysering av prøver så raskt som mulig etter innhenting, det vil både sparte transport og hindre at prøver blir ødelagt i transporten. Det er ulike behov knyttet til de ulike forskergruppene, og det er behov for at laboratoriefasilitetene er fleksible og kan tilpasses de enkelte gruppenes behov (eksempelvis: sterilitet)

Feltforberedelsessone	Behovet er knyttet til forberedelser, sikker håndtering og klargjøring (av eks. pakking, klargjøring av instrumenter, droner, lading og sikker oppbevaring av batterier etc.) før feltarbeid, og behandling av utstyr etter feltarbeid. Det er også knytte til sikker og hensiktsmessig håndtering og klargjøring av kjøretøy før og etter feltarbeid.
Varmt lager (oppvarmet lager)	Behov for oppbevaring av forskningsutstyr mellom sesonger og under sesonger.
Vaske og tørkerom	Behov for et egnet sted for tørking og vasking av klær brukt til feltarbeid. Hvor det er viktig å skille dette ut ifra den normale driften. Kan kombineres med feltforberedelsessonen.
Verksted	Behov for et egnet verksted for reparasjon av mekanisk og elektroniskutstyr knyttet til forskningsaktivitet. Dette kan kombineres med feltforberedelsessonen. Det kan være vanskelig å kombinere verkstedbehov for forskere med det vanlige driftsverkstedet. Dette pga. at driftspersonalet trenger sine egne verksteder, der de har god kontroll på eget utstyr. De kan ikke risikere å komme til et verksted der utstyr mangler pga. at forskere har lånt det. Forskere på sin side kan heller ikke være avhengig av hjelp/spørre driftspersonale hver gang de trenger verktøy eller tilgang til verksted. Det er også et sikkerhetsperspektiv som kommer inn her. Forskerverkstedet vil nok også kunne være mye enklere og enklere utstyrt enn driftsverkstedet.
Frys/kjøøl	Behov for at prøver (eks. snø- og isprøver) tatt i felt blir oppbevart i en dedikert fryser og kjøle fasiliteter (walk-in) (med stabile temperaturer på -20 og -80 og ca +4 grader C). Dette er viktig for at prøvene ikke blir ødelagt, og at prøvetakingen må gjentas, noe som er dyrt. Det er også hensiktsmessig at disse prøvene blir avskilt fra andre frys/kjøøl, både på grunn av hygieniske og sikkerhetsmessige hensyn.
Datarom	Ved større grad av instrumentering på Troll vil dette føre til flere instrumenter. Det vil da være et behov for å samle PCer og instrumentdisplay fra disse overvåkningsinstrumentene i et rom. Dette pga datasikkerhet.
Serverrom	Ved større grad av datainnsamling vil det føre til et økt behov for serverrom (med riktig temperering) for sikker lagring av data. Dette pga datasikkerhet.
Oppbevaring av kjemikalier og gass	Behov for dedikert oppbevaring og system på lagring og bruk av kjemikalier og gass. Viktig for å hindre lekkasje, samt å ha kontroll på hva en har og hvor om det oppstår brann eller annen kritesituasjon. Ventilasjon til skap hvis det er løsningen. Kan ha synergier til behov for kjemikalier gass til kjøkken og sykestue (oksygen).

Tabell 46 Funksjonsbehov drift

Funksjonsbehov	Beskrivelse av funksjonsbehovet
Energiproduksjon	For å opprettholde driften er det behov for energiproduksjon til varme, strøm og kjøling til å forsyne infrastrukturen. Det er også et behov for UPS (uninterruptable power supply) for å sikre strømforsyningen.
Vannproduksjon og rensing	For å opprettholde driften er det behov for produksjon og rensing av vann til å forsyne infrastrukturen.
Verkstedfasiliteter	For å opprettholde driften er det behov for ulike verkstedfasiliteter for reparasjon og igangsetting av utstyr. Dette gjelder verksted knyttet til mekanikk, rør og elektronikk. Det er behov for at disse verkstedene er avskilt for de ulike disiplinene, ettersom kombinasjon vil føre til tid til leting etter utstyr. Det er også behov for et multiverksted for driftsteknikk.

Lagerfasiliteter	Det er behov for gode (temperert, klimaregulert) lagerfasiliteter for oppbevaring av ulikt utstyr og reservedeler. Gode lagerfasiliteter vil øke levetiden på reservedeler.
Miljøstasjon	Med bakgrunn i de strenge reglene og regelverk som er fastsatt på Antarktis, er det behov for en miljøstasjon for avfallshåndtering og miljøberedskap (oppbevaring av utstyr for å håndtere utslipp).
Vaskehall	Behov for vaskehall for kjøretøy og instrumentering. Spesielt knyttet til kjøretøy er det behov for mulighet til avspyling av møkk og olje ettersom noen også brukes til produksjon av vann og må derfor være rene
Cargo og logistikk	Det er behov for materiellkontroll av varer som kommer inn og varer som skal ut av stasjonen. Dette gjelder spesielt ved veiing av varer som skal på fly.
Kontorfasiliteter	Behov for arealer hvor man kan arbeide med planleggig og oppfølging innenfor hver disiplin, samt operasjonsrom med overvåkning av driftssystemer, operasjonsrom for flydrift og feltaktivitet.
Arkiv	Behov for oppbevaring av manualer for de ulike disiplinene, kan kombineres med kontofasiliteter.
Lagring av kjøretøy og større utstyr	Det er behov for lagring av kjøretøy og større utstyr pga. slitasjen det vil ha ved å stå ute.
Drivstofflager	Behov knyttet til sikkert lager til drivstoff, både for kjøretøy, flyplass og nødgenerator. Eventuelt også oppbevaring av drivstoff til aggregater. Pga forsyningsikkerhet og beredskap er det behov for oppbevaring av to års forbruk av drivstoff.
Møteromsfasiliteter	Behov for arealer til opplæring og planlegging.
Serverrom	Servere tilknyttet drift (overvåkning).

Det er store sikkerhetsrisikoer ved å oppholde seg på et så avsidesliggende sted som Antarktis. Dette krever ressurser og arealer til beredskap. Funksjonsbehovene er beskrevet i tabellen under.

Tabell 47 Funksjonsbehov knyttet til beredskapsfunksjonen

Funksjonsbehov	Beskrivelse av funksjonsbehov
OPS-rom/operasjonssentral	Lede ressurser og besetningen i normaldrift, men også ved hendelser - nødløsninger, backup for strøm, infodisplay, kontorplasser. Fly, til båt, folk i felt. Ulykke eller hendelse. Skjermet med sentralt/ tilgjengelig
Tilgang til møterom	Ved hendelser - bruke et av de andre - nært opp mot OPS (effektivitet ved operasjoner)
Lager og oppbevaring	Samlokalisering av fysiske ressurser som brannbil, snøscooter, redningsutstyr, for både lagring og rask iverksetting
Nødstasjon	Arealer for rømning ved eventuelt brann (shelter). Mulighet for overlevelse i et visst antall dager (måned) før eventuell redning. 2-300 meter fra hovedstasjon (aggregat). Viktigst for vinterbesetningen, sommer tilgang til telt.
Lager	Oppbevaring av nød proviant, Brannvernustyr
Sykestue	Behandle skadede (hvor mange er usikkert - mobile løsninger). Legge nært rom med stor flate (gulvplass) med dør ved eventuell masseskade. Tilgang til materiell. Telemedisin.
Meteorologirom	Arbeidsrom. Meteorologi brukes både til operasjon (fly) og videre data til forskning (tidsserier). Observasjonsrom. Nærhet til OPSrom og droneflyving.

Brannvernustyr	Nærhet til de som skal gjøre innsatsen ved eventuell brann, kjemikalier. Automatiske systemer? Brannsikringssystem.
Nødstrøm	Backupløsning for minimum 120 min nødstrøm - for å drive hele stasjonen.

Tabell 48 Funksjonsbehov knyttet til bo og velferd

Funksjonsbehov	Beskrivelse av funksjonsbehov
Hybler/overnatting	Behov for arealer til bo og velferd under opphold på stasjonen.
Kjøkken og spiserom	
Kiosk	
Toaletter/dusj	
Vaskeri	
Garderober	
Velferdsrom	
Sauna og badestamp	
Allrom (møterom stort)	

Vedlegg 5 Alternativanalyse

Sentrale forutsetning for den samfunnsøkonomiske analysen

Alternativanalysen er gjennomført i tråd med gjeldende retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser, herunder Finansdepartementets rundskriv R-109/21 og Direktorat for økonomistyrings veileder i samfunnsøkonomiske analyser fra 2018. Videre er analysen gjennomført i tråd med Statsbyggs veileder i samfunnsøkonomiske analyser i byggsektoren. Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført som en kostnads-virkningsanalyse. Det vil si at kostnadene er verdsatt i kroner og håndtert som prissatte virkninger, mens nytten er vurdert kvalitativt som ikke-prissatte virkninger siden det i byggeprosjekter er vanskelig å kvantifisere nytten.

Tabell 49 Sentrale forutsetninger

Analyseperiode	2022 - 2072
Levetid nybygg	40 år (for nybygg)
Sammenstillingsår	2022
Diskonteringsrente	2022 – 2061: 4 % 2062 – 2073: 3 %
Prisnivå nåverdianalyse	Januar 2022
Ferdigstillelsesår	2033
Byggeperiode konsept 1 og 4	5 år
Byggeperiode konsept 2 og 3	6 år
Realprisjustering	0,9 prosent årlig i tråd med gjeldende perspektivmelding

Vi forventer at konsept 2 og 3 kan ferdigstilles i 2033, konsept 4 i 2032 og konsept 1 i 2031. I den samfunnsøkonomiske analysen har vi av beregningstekniske hensyn forutsatt at alle konsepter er ferdigstilt i 2033. Dette er en forenkling av analysen for at levetiden til de ulike konseptene skal sammenfalle, slik at vi unngår bruk av restverdi eller annuiteter mot slutten av analyseperioden. Videre er det vurdert at kostnadene frem til ferdigstillelse (midlertidige kostnader) vil være like uavhengig av om prosjektet er ferdig i 2031, 2032 eller 2033, slik at denne forenklingen i liten grad vil slå skjevt ut mellom konseptene.

Levetiden for nybyggene er vurdert til 40 år. Analyseperioden går således fra i dag (2022) frem til slutten av levetiden for tiltaket, altså 2072. Rehabiliterte bygg er ventet å ha kortere levetid enn nybygg, og det er forutsatt en levetid på 20 år i analysen. Det er derfor lagt inn en reinvestering i analysen av de rehabiliterte byggene etter 20 år.

Nærmere om byggekostnadene

Tabell 50 viser oversikt over samlede byggekostnader eksklusive nødstasjonen. Forventede byggekostnader er høyest i konsept 3 og utgjør rett under 2,6 milliarder kroner. Konsept 2 er nest dyrest med en byggekostnad på i underkant av 2,5 milliarder kroner. Konsept 2 og 3 har dermed omtrent tre ganger så høye byggekostnader som minimumskonseptet, med en forskjell på henholdsvis 1,65 og 1,75 milliarder kroner. Samtidig har konseptene omtrent tre ganger så stort omfang som minimumskonseptet. Vi ser altså at byggekostnaden er relativt proporsjonal med størrelsen på tiltakene.

Konsept 4 er i praksis en nedskalering av konsept 3, med omtrent 25 prosent mindre areal og om lag 25 prosent lavere byggekostnader. Konseptet er rundt en halv milliard kroner rimeligere enn konsept 2 og 3, mens det er i overkant av en milliard kroner dyrere enn minimumskonseptet.

Tabell 50 Byggeskostnader (MNOK), reelle 2021-kr (mva utgjør 0,6 %)

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
P10	540	1 660	1 720	1 300
Forventning	830	2 480	2 590	1 960
P90	1 120	3 320	3 500	2 630
Standardavvik	27%	26%	26%	26%

I konsept 1 og 3 påløper rehabiliteringskostnaden på nytt i midten av analyseperioden

Tabell 51 viser forventede byggekostnader fordelt på rivekostnader, rehabilitering og nybygg.

Tabell 51 Forventede byggekostnader fordelt på riving, rehabilitering, nybygg og energi (MNOK), reelle 2021-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
Rive	5	10	15	15
Rehabilitering	530	510	0	0
Nybygg	300	1 960	2 580	1950

* Rehabiliteringskostnaden påløper på nytt etter 20 år (2051 i konsept 1 og 2053 i konsept 2)

Rehabiliteringskostnaden er beregnet med utgangspunkt i kvadratmeterprisen for nybygg, men ganget med en faktor på 1,3 som er basert på entreprenørs erfaringstall fra Antarktis og Longyearbyen. Rivekostnaden er lavest i konsept 1 fordi det kun er hovedstasjonen som saneres, mens øvrig bygningsmasse rehabiliteres. I konsept 2 saneres all bygningsmasse unntatt hovedstasjonen og garasjen som rehabiliteres. I konsept 3 og 4 rives all eksisterende bygningsmasse. Dette forklarer hvorfor rivekostnaden er høyere i sistnevnte konsepter. Vi forutsetter at alt rivemateriale transporteres ut av Antarktis og deponeres i Sør-Afrika. Rivekostnaden er imidlertid liten i alle konsept sammenliknet med den totale byggekostnaden.

Kostnader til transport, logistikk, rigg og drift utgjør nesten 50 prosent av byggekostnadene

Byggekostnadene drives opp av høye kostnader til transport og logistikk, samt rigg og drift. Dette omtales som «**felleskostnader**» og utgjør i underkant av 50 prosent av byggekostnaden. I henhold til beste praksis for å bygge i Antarktis, har vi forutsatt at byggmodulene og tekniske anlegg blir

testmontert på land i Europa, før teamet som skal montere byggene ved Troll selv monterer, merker og pakker ned materialet. Dette er et risikoreduserende tiltak som gir byggherre kontroll over materialet som sendes til Antarktis. Deretter kreves nøyaktig detaljprosjektering av transport og logistikk fra iskanten til Troll. For rehabiliteringsdelen av prosjektet i konsept 1 og 2 er det imidlertid ikke mulig å benytte samme metode som for nybygg, noe som øker risikoen for at materiell ikke kommer med ned til Troll, og vil være vanskelig å ettersende.

Kostnader til rigg og drift vil være høye som følge av den isolerte lokasjonen, værforhold og den korte byggesesongen. Antall byggere og fagdisipliner til stede gjennom byggesesongen vil være høyere enn normalt. Nødvendig kompetanse kan ikke tilkalles etter behov, slik som er vanlig på en byggeplass, men må være til stede gjennom større deler av byggesesongen (november til mars). Dette betyr at hver sesong må ha tilgang på alle fagdisipliner og kompetanse. Høy bemanning og kompensasjon for ugunstige arbeidstider bidrar til høye rigg og driftskostnader.

Generelle kostnader utgjør 17-20 prosent av byggekostnaden, avhengig av konsept. Dette omfatter kostnader knyttet til prosjektering, internadministrasjon, byggeplass-administrasjon og øvrige kostnader knyttet til planlegging og administrasjon av prosjektet. Gjennomføringstiden og bemanningsplanen i prosjektet påvirker denne kostnaden i stor grad. Generelle kostnader som en andel av entrepriseposten viser hvor kostnadsnivået sammenliknet med andre prosjekter. Når vi korrigerer entrepriseposten for de uvanlig høye kostnadene til transport og logistikk, noe som ikke påvirker generelle kostnader i vesentlig grad, så utgjør generelle kostnader 31 prosent av den justerte entrepriseposten.

Byggene i seg selv er verken komplekse eller dyre og utgjør rundt 10 prosent av byggekostnaden. Tekniske løsninger har imidlertid en svært høy kostnad per kvadratmeter, hovedsakelig som følge av at løsningene i stor grad følger offshorestandarder med tanke på kvalitet, og at alt av tekniske installasjoner har reserveløsninger. Byggene er også planlagt med høy sikkerhet i forhold til brann, og muligheter for å buypasse tekniske installasjoner ved eventuell nedstenging av deler av basen. Det samme gjelder generatorer, der det alltid går på minimum to, og en ekstra generator hvis behov for service. Trekkør følger også offshore standard og er i rustfritt stål.

Energiløsningen inngår i kostnadsposten «**elektro**» og utgjør omtrent 60-70 prosent av denne kostnadsposten i konsept 1 og 4, og rundt 35 prosent av kostnadsposten i konsept 2 og 3.

Tabell 52 Kostnadselementer som andel av den totale byggekostnaden (med utgangspunkt i basiskostnaden)

Felles	Bygg	VVS	Elektro	Ele&auto	Andre	Generelle
46-47%	10-11%	11-12%	9-12%	2-3%	0,2%	17-20%

Det koster rundt 20 MNOK å oppgradere nødstasjonen i alle konsept

Byggekostnaden for nødstasjonen er beregnet på en mer overordnet måte enn for øvrig bygningsmasse. Det skyldes at behovet for oppgradering av nødstasjonen ble avdekket etter at kalkyle og usikkerhetsanalyse var ferdig utarbeidet. Nødstasjonen utgjør imidlertid kun en liten andel av arealbehovet og er omtrent like omfattende i alle konsepter. Kostnadene til nødstasjon er derfor relativt små og skiller ikke lønnsomheten mellom konseptene. Dette tilsier at en forenklet fremgangsmåte er hensiktsmessig.

Kostnadsestimatene er basert på erfaringstall fra stasjonen «Norvegia» som Norsk Polarinstitutt bygget på Bouvetøya i 2014 (Norsk Polarinstitutt, 2022b). Vi har korrigert for prisstigning, at

kostnader til energiforsyning i stor grad er dekket og at «felleskostnader» trolig vil være lavere fordi nødstasjonen inngår som en mindre del av et større byggeprosjekt (Statsbygg, 2022a).

Forventede byggekostnader for nødstasjon er grovt estimert til 20 MNOK i konsept 2-4, med et usikkerhetsspenn på 15-25 MNOK. Forenklet forutsetter vi at spennet tilsvarer P10/P90-verdien. I konsept 1 er arealbehovet noe lavere, og vi antar behov for tre 20-fotscontainere, mot fire 20-fotscontainere i konsept 2-4. Forventet byggekostnad er 15 MNOK, med et usikkerhetsspenn på 10-20 MNOK. Brukerutstyr for nødstasjonen er i stor grad hensyntatt i brukerstyrskostnaden for resten av byggeprosjektet.

Tabell 53 Byggekostnad for nødhet (MNOK), reelle 2021-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
Forventning	15	20	20	20

Midlertidige kostnader

Midlertidige kostnader omhandler kostnader til tiltak som er vurdert som nødvendig frem til konseptene er ferdigstilt, blant annet for å sikre en forsvarlig drift. Norsk polarinstitutt har identifisert nødvendige tiltak knyttet blant annet til utvidelse av renseanlegg, overhaling av kraftsstasjon, fundament og infrastruktur knyttet til TONE og sleder og dieseltanker og andre mindre tiltak. Kostnaden for de nødvendige tiltakene er estimert av Norsk Polarinstitutt til om lag 80 millioner kroner. For å forenkle den samfunnsøkonomiske analysen har vi valgt å ikke inkludere kostnadene fra disse tiltakene, da kostnadene er like for alle konsepter.

Nærmere om FDVU-kostnader

FDVU for byggekostnader

FDVU-kostnaden for bygg avhenger av størrelsen på bygningsmassen, målt i antall kvadratmeter nybygg og rehabilitert areal. FDVU-beregningene er i stor grad basert på erfaringstall og prognoser fra Norsk Polarinstitutt, mens kostnader knyttet til logistikk og transport er vurdert av entreprenør basert på erfaringer fra Antarktis.

Konsept 2 og 3 har høyest FDVU-kostnader knyttet til bygningsmassen, med en årlig kostnad på rundt 40 MNOK, som følge av størst areal. Den er svakt høyere i konsept 3 enn 2, med en forskjell på 2,4 MNOK. Dette synliggjøres ikke i tabellen, da alle tall er avrundet til nærmeste fem MNOK. Den årlige FDVU-kostnaden er henholdsvis rundt 10 og 20 MNOK lavere i konsept 1 og 4 som følge av mindre areal.

Tabell 54 FDVU-kostnader for bygg per år (MNOK), reelle 2021-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
P10	15	25	30	25
Forventning	20	40	40	30
P90	25	50	55	45
Standardavvik	24 %	23,5 %	23,5 %	23,5 %

Vedlikeholds- og utskiftningskostnader forklarer rundt 30 prosent av FDVU-kostnadene i konsept 2-4 og rundt ti prosent i konsept 1. Vedlikehold skal dekke gjenopprettende og forebyggende vedlikeholdstiltak som skal til for at bygningsdelenes funksjon opprettholdes over levetiden, mens utskiftninger foretas etter endt levetid for å opprettholde byggets verdi. Driftskostnader utgjør mellom 40-50 prosent av FDVU-kostnadene og omfatter blant annet kontroller, sjekkrunder, service på tekniske anlegg, utskiftning av forbruksmateriell og utendørsarbeider. Forvaltning, det vil si kostnader knyttet til eiendomsledelse og administrasjon, utgjør rundt 30 prosent i konsept 1 og rundt 15 prosent i øvrig konsept. Renhold og forsyning utgjør en mindre andel.

I tillegg til kostnadene vist i tabellen, vil det i konsept 1 påløpe utskiftningskostnader på 2,5 MNOK hvert 5. år knyttet til utskiftning av frys- og kjølecontainer. Denne kostnaden ble kartlagt etter at kalkylen for FDVU var innarbeidet. Vi inkluderer denne som del av den FDVU-kostnadene for konsept 1 i nåverdiregningen.

FDVU for energiløsningen

Tabell 55 FDVU-kostnader for energiløsningen per år (MNOK), reelle 2021-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
P10	11	14	12	11
Forventning	13	17	15	14
P90	16	21	18	16
Standardavvik	15,1	15,3	15,2	15,3

FDVU for brukerstyr

Tabell 56 FDVU-kostnader for brukerstyr per år (MNOK), reelle 2021-kr

	Konsept 1 Minimum	Konsept 2 Rehab og nybygg	Konsept 3 Nybygg	Konsept 4 Mindre nybygg
P10	0,3	0,8	0,8	0,7
Forventning	0,5	1,2	1,2	1,1
P90	0,7	1,7	1,7	1,5
Standardavvik	29,2	29,4	29,2	29,2

Bibliografi

- administrativt arrangement mellom Norge og Den europeiske komisjon om nærmere prosedyrer for oppbevaring og beskyttelse av Galileo PRS-referansestasjonene på Svalbard, Jan Mayen og Troll-stasjonen. (2019). Hentet fra lovdata.no: https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/2019-11-18-20/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1
- Aksnes, D. W. (2017). *Norwegian Polar Reserach & Svalbard Research*. Hentet fra nifu.brage.unit.no: <https://nifu.brage.unit.no/nifu-xmlui/bitstream/handle/11250/2446176/NIFUreport2017-6.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Aksnes, D. W., & Rørstad, K. (2019). *Norwegian polar research, High North research and research in Svalbard*. Hentet fra Norwegian polar research, High North research and research in Svalbard: <https://nifu.brage.unit.no/nifu-xmlui/bitstream/handle/11250/2640384/NIFUreport2019-24.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Arbeidsmiljøloven. (2005). *Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62>
- Direktoratet for økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*.
- DNV GL. (u.d.). *ISO/IEC 27001 - ledelsessystem for informasjonssikkerhet*. Hentet fra <https://www.dnv.no/services/iso-iec-27001-ledelsessystem-for-informasjonsikkerhet-33652>
- Dudeney, J., & Walton, D. (2012). *Polar Reserach 2012*, 31, 11075, DOI: 10.3402/polar.v31i0.
- Finansdepartementet. (2019). *R-108/19 Statens prosjektmodell - Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten*.
- Finansdepartementet. (2021). *Perspektivmeldingen. Meld. St. 14 (2020-2021)*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-14-20202021/id2834218/?ch=1>
- Finansdepartementet. (2021a). *Rundskriv R-109/21. Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser*.
- Finansdepartementet. (2021b, 12 22). *regjeringen.no*. Hentet fra Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser. Oppdatert: 22.12.2021: <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/statlig-okonomistyring/karbonprisbaner-for-bruk-i-samfunnsokonomiske-analyser/id2878113/>
- Forskningsrådet. (2013). *Norsk polarforskning. Forskningsrådets policy for 2014-2023*. Hentet fra <https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/1253993804652.pdf>
- Forskningsrådet. (2017). *Norwegian Polar Research. An Evaluation*. Hentet fra <https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/1254028933050.pdf>
- Forskningsrådet. (2020). *Evalueringen av norsk polarforskning. Oppfølgingsplan*. Hentet fra file:///C:/Users/mbon/Downloads/Evalueringen%20av%20norsk%20polarforskning%20-%20Oppf%C3%B8lgingsplan%20(1).pdf
- Forskningsrådet. (2021, desember 14). *Midler til forskningsinfrastruktur av nasjonal viktighet*. Hentet fra forskningsradet.no: <https://www.forskningsradet.no/utlysninger/2020/midler-til-forskningsinfrastruktur-av-nasjonal-viktighet/#results>
- Forskningsrådet. (2021, juli 17). *Porteføljeanalysen for Klima og polar*. Hentet fra forskningsradet.no: <https://www.forskningsradet.no/om-forskningsradet/portefoljer/Klima-Polar/portefoljeanalysen-for-klima-og-polar/alternative-valg---polar/>
- forskrift om miljøvern og sikkerhet i Antarktis. (2013). Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-04-26-412>
- forskrift om utførelse av arbeid. (2011). *Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1357>

- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- IPCC. (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate 2019* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, .
- Justis- og beredskapsdepartementet. (2021, august 26). Referat fra interessentmøte med JD.
- Klima- og miljødepartementet. (2020, desember 22). Oppdragsbrev konseptvalgutredning for oppgradering av Troll - Norges forskningsstasjon i Antarktis. Brev til Statsbygg, KLDs ref. 20/497-26.
- Klima- og miljødepartementet. (2021, mai 20). Vurdering av ulike alternativer KVVU. Brev fra KLD til Statsbygg. Ref: 20/497-31.
- Klima- og miljødepartementet. (2022). *Tildelingsbrev 2022 for Norsk Polarinstitut*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/contentassets/616e73bcc28e4826a15c29a7b4349300/norsk-polarinstitut-2022.pdf>
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2017, 01). Instruks om håndtering av bygge- og leiesaker i statlig sivil sektor.
- KSAT. (2021). *Memo (Cor-21-881), 7. september. Tilbakemelding til Statsbygg ang Troll*.
- KSAT. (2021, april 27). Referat fra interessentmøte med KSAT.
- Miljøprotokollen. (1991). *Protokoll til Antarktistraktaten om miljøvern*. Hentet fra lovdata.no: <https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1991-10-04-1>
- NILU. (2020, mai 7). *Trollhaugen*. Hentet fra nilu.no: <https://www.nilu.no/anlegg/nilus-observatorier-og-malestasjoner/trollhaugen/>
- Norsk Polarinstitut. (1989). *Establishment of Troll, A new station facility for summer operations. Initial environmental evaluation*. Oslo.
- Norsk Polarinstitut. (2018, februar 21). *npolar.no*. Hentet fra Klimaendringer i Antarktis: <https://www.npolar.no/tema/klimaendringer-antarktis/>
- Norsk Polarinstitut. (2020a). *Utviklingen av Troll forskningsstasjon i Dronning Maud Land*.
- Norsk Polarinstitut. (2020b). *Policy for sikkerhetsstyring*.
- Norsk Polarinstitut. (2021a). *Tema: Tilstand*.
- Norsk Polarinstitut. (2021b). *Tema: Energiproduksjon*.
- Norsk Polarinstitut. (2021c). *Investeringsbehov Troll 20222-2032 rev v JEG*.
- Norsk Polarinstitut. (2021d, juli 16). *Forskerdøgn statistikk_total*. Vedlegg til epost fra Nalan Koc.
- Norsk Polarinstitut. (2021e, desember 14). *Problem- og behovsanalyse_sendt NP NK141221*. Vedlegg til epost fra Nalan Koc med kommentarer fra NP til utkast til problem- og behovsanalyse.
- Norsk Polarinstitut. (2021f, juli 16). *Dimensjonerende antall JHS red 160421*. Vedlegg til epost fra Nalan Koc.
- Norsk Polarinstitut. (2021g, 16 juli). *Oversikt historisk personell pr. dag Troll (002)*. Vedlegg til epost fra Nalan Koc.
- Norsk Polarinstitut. (2021h). *Troll - Dimensjonering for fremtiden*.
- Norsk Polarinstitut. (2021i, desember 21). *Dimensjonering for fremtiden - konservativt anslag*.
- Norsk Polarinstitut. (2021j). *Tema forskning*.
- Norsk Polarinstitut. (2021k). *Behov- og problemanalyse_sendes til interessenter. Kommentarer fra Norsk Polarinstitut*.

- Norsk Polarinstitutt. (2022a, januar). Brukerstyr Troll_liste oppdatert med konsept 4.
- Norsk Polarinstitutt. (2022b). Nødenhet/nødstasjon Troll.
- Norsk Polarinstitutt. (2022c). *KVU-rapport Troll forskningsstasjon_endelig utkast til utsendelse_kommentarer fra NP.*
- Norsk Romsenter. (2021, oktober 21). Referat fra interessentmøte med Norsk Romsenter.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021, august 20). Referat fra interessentmøte med NFD.
- Prosjektråd. (2021, september 15). 1195001 Troll - referat fra prosjektråd 15.09.2021.
- Russland, & USA. (2012). *Report of Russia-US Joint Antarctic inspection under Article VI of the Antarctic Treaty and Article 14 of the Protocol on the Environmental Protection to the Antarctic Treaty.* Hentet fra <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/210000.pdf>
- samarbeidsavtale om satellittnavigasjon mellom Norge, Den europeiske union og dens medlemsstater. (2010). Hentet fra [lovdata.no: https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/2010-09-22-43/ARTIKKEL_3#ARTIKKEL_3](https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/2010-09-22-43/ARTIKKEL_3#ARTIKKEL_3)
- sikkerhetsloven. (2018). *Lov om nasjonal sikkerhet.* Hentet fra [lovdata.no: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-01-24](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-01-24)
- Statsbygg. (2020a). *Befaringsrapport Troll forskningsstasjon.*
- Statsbygg. (2020b). *Troll Forskningsstasjon - tilstandsvurdering og nødvendige tiltak for energiproduksjonen.*
- Statsbygg. (2020c). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i byggsektoren.*
- Statsbygg. (2021a). 1195001 Troll forskningsstasjon (KVU) - Energiløsning.
- Statsbygg. (2021b). Miljø- og klimanotat 1195001 KVU Troll forskningsstasjon.
- Statsbygg. (2021c). *Fire dokumenter: Covernotat Estimering av FDVU-kostnader, E1 - Estimering av FDVU-kostnader for byggeprosjektet, E2 Estimering av FDVU for brukerstyr, E3 Estimering av FDVU-kostnader for energiløsningen (U. off: Offl § 23 første ledd) .*
- Statsbygg. (2022). *1195001, KVU Troll Forskningsstasjon. Arealnotat ved B1, Fase Utredning.*
- Statsbygg. (2022a). Beregning av kostnader for nødenhet.
- Statsbygg. (2022b). *1195001 Troll Forskningsstasjon kalkyle KVU - tilleggsutredning (U.off:Offl § 23 første ledd) .*
- The Arctic Institute. (u.d.). *The European Union in Antarctica: An Emerging Area of Interest?* Hentet fra [thearcticinstitute.org: https://www.thearcticinstitute.org/european-union-antarctica-emerging-area-interest/#:~:text=The%20European%20Union%20%28EU%29%20is%20increasingly%20not%20only,key%20decision-makers%20and%20with%20a%20rather%20specialised%20focus.](https://www.thearcticinstitute.org/european-union-antarctica-emerging-area-interest/#:~:text=The%20European%20Union%20%28EU%29%20is%20increasingly%20not%20only,key%20decision-makers%20and%20with%20a%20rather%20specialised%20focus.)
- Utenriksdepartementet. (2015). *Meld. St. 32 (2014/2015).* Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-32-20142015/id2415997/?ch=1>
- Utenriksdepartementet. (2018). *Report of the Norwegian Antarctic Inspection under Article VII of the Antarctic Treaty and Article 14 of the Environmental Portocol.* Hentet fra https://documents.ats.aq/ATCM41/att/ATCM41_att023_e.pdf
- Utenriksdepartementet. (2021, august 25). Referat fra interessentmøte med UD.
- Utenriksdepartementet. (2022, februar). UDs kommentarer til KVU-rapport. Epost av 18.februar 2022 (arkiv ref. 2021/224 - 87) og av 7. februar (arkiv ref. 2021/224 - 85).



STATSBYGG
ADRESSE Postboks 232 Sentrum, 0103 Oslo
BESØKSADRESSE Biskop Gunnerus' gate 6 (Byporten)
0155 Oslo

TLF. 22 95 40 00
NETT statsbygg.no
E-POST postmottak@statsbygg.no

