


F02	2014-09-12	IFF	RAMB	ACA	THF	BM
F01	2014-09-02	IFA	RAMB	ACA	THF	BM
00	2014-08-25	IDC	ACA/ STP	PN/ RAMB	THF	BM
Rev.	Issued date	Description	Made by	Chk'd by	Disc. appr.	Proj. appr.
Contractor:				Supplier:		
 <p style="text-align: center;">ABB AS OIL, GAS AND PETROCHEMICAL</p>						
Client:				Contract No:		
 <p style="text-align: center;">STATOIL PETROLEUM AS</p>				4503027469		
Project No:		Project Title:				
P028701		Johan Sverdrup Power from Shore FEED				
Suppliers Doc. No.:				Rev No:		
3AJG028701-0109				B		
	1	Accepted	Tag No: -			
	2	Accepted with Comments Incorporated. Revise and Resubmit				
	3	Not Accepted. Revise and Resubmit				
	4	For Information Only				
	5	Provisional Acceptance - Interface Information Frozen				
Date:		Signature :				
Doc. Type:		Area:		System:		
--		----		-		
Document Title:						
Risikovurdering for stråling inkludert ikke-ioniserende stråling, EMF						
Document No.:				Rev.:		Page:
C160-AP-S-RA-00109				F02		1 of 28

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	3
1.1	BAKGRUNN OG HENSIKT	3
1.2	OMFANG	3
1.3	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	4
2.	TEKNISKE LØSNINGER	6
2.1	TOTALLØSNING	6
2.2	AC LANDKABEL.....	6
2.3	GRENSESNIITT AC-JORDKABEL OG OMFORMERSTASJON.....	10
2.4	OMFORMERSTASJON.....	10
2.5	DC SJØKABEL	11
3.	BESKRIVELSE AV METODE OG GRENSEVERDIER	12
3.1	GRENSEVERDIER OG UTREDNINGSNIVÅER	12
3.1.1	NORSK REGELVERK	12
3.1.2	STATOILS GRENSEVERDIER – TR 0926	13
3.1.3	ANDRE RETNINGSLINJER	13
3.2	METODE.....	14
3.2.1	AC JORDKABEL.....	14
3.2.2	OMFORMERSTASJON.....	14
3.2.3	DC SJØKABEL	14
4.	MULIGE HELSEEFFEKTER AV ELEKTROMAGNETISKE FELT	15
4.1	EFFEKTER AV EMF PÅ MENNESKER.....	15
4.2	EFFEKTER AV EMF PÅ MILJØET	15
5.	ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA AC JORDKABEL	15
5.1	INNLEDNING	15
5.2	AC JORDKABEL - BEREGNINGSRESULTATER	16
5.3	SPESEILLE FORHOLD: SKJØTEOMRÅDE	17
5.4	BEREGNINGSRESULTAT OPI-KANAL.....	17
5.5	EKSPONERING AV OMGIVELSER.....	18
6.	ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA OMFORMERSTASJON.....	19
6.1	FELTMÅLINGER FRA TILSVARENDE ANLEGG	19
6.2	BEREGNING KABELTERMINERING I GIS-ANLEGG	19
6.3	Beregning transformatorgjennomføringer 97kv.....	20
6.4	BEREGNING TRANSFORMATORGJENNOMFØRINGER 22KV	21
6.5	EVALUERING AV EMF NIVÅ I OMFORMERSTASJON	22
6.6	EKSPONERING AV OMGIVELSENE	23
6.7	VURDERING AV ARBEIDSMILJØ.....	23
6.7.1	SIKKERHETSINNRETNINGER.....	23
6.7.2	OPPHOLD I OMFORMERSTASJONEN	23
6.7.3	SAMSVAR MED GRENSEVERDIER	23
7.	ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA DC SJØKABEL	24
7.1	DC – UNDERSJØISK KABELBEREGNINGER.....	24
7.2	DC SJØKABEL EVALUERING AV EMF-NIVÅ.....	25
7.3	EKSPONERING TIL OMGIVELSER	26
8.	KART OG REFERANSER.....	27
8.1	KART	27
8.2	REFERANSER.....	29

1. INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN OG HENSIKT

Den eksisterende transformatorstasjonen på Kårstø skal bygges ut og benyttes til å elektrifisere Statoils oljeplattform Johan Sverdrup. To sett med nye 300 kV vekselstrøm (AC) kraftkabler skal etableres i en fire km lang trasé på land mellom Kårstø transformatorstasjonen og to nye omformerstasjoner på Haugsneset. Fra omformerstasjonene vil det gå to sett med 80kV likestrøms (DC) kabler til Johan Sverdrup plattformen. DC-kablene vil gå mellom 75 og 100 meter på land og 200 kilometer som undersjøiske kabler [1].



Figur 1: Situasjonsplan [2]

En innledende undersøkelsesrapport («EMF Study») ble utført av Rambøll i 2013 [3]. Rapporten skulle gi en kvalitativ vurdering av virkninger fra elektromagnetiske felt (EMF) som produseres fra høyspentkabler og materiell som skal etableres for å gjennomføre elektrifisering av Johan Sverdrup. Rapporten [3] beskriver teori rundt EMF, og relevant forskning rundt påvirkning fra EMF på mennesker og miljø. Rapporten [3] viser beregninger for felter som kan oppstå fra forskjellige tekniske løsninger for elektrifisering av Johan Sverdrup, men faktiske tekniske løsninger var ikke kjent da rapporten ble skrevet.

Denne rapporten vurderer størrelse på elektromagnetiske felt fra strømførende utstyr med følgende vurderinger:

- mulig innvirkning på arbeidsmiljø og ytre miljø
- samsvar med relevante grenseverdier og anbefalte nivåer
- identifisering av risikoreduserende tiltak

1.2 OMFANG

Følgende objekter er inkludert i denne studien:

- AC landkabel
- HVDC omformerstasjon på Haugsneset
- DC sjøkabel fra HVDC omformerstasjon til plattform

Vurderinger av EMF fra transformatorstasjon inne på Kårstø-anlegget og fra Johan Sverdrup plattformen er ikke del av denne rapporten. AC landkabel vil ved transformatorstasjonen på Kårstø passere under Statnetts 300kV luftledninger. Noen steder vil også den planlagte kabeltraséen gå i nærheten av trasé for luftledninger. Det er ikke beregnet om feltene fra ledningene og planlagt kabel kan forsterke hverandre. I de aktuelle punkter er det stor avstand til bygninger med varig opphold, og det vurderes som lite sannsynlig at bygningene vil bli utsatt for felter over 0,4 μ T.

Omfanget av denne studien inkluderer beregninger og vurderinger av forventede EMF for tekniske løsninger som er valgt for elektrifisering av Johan Sverdrup, og vurderer resultatene i forhold til internasjonale og nasjonale standarder og anbefalinger, samt Statoils egne krav.

Rapporten inneholder beregninger av størrelsen på elektromagnetiske felt skapt av høyspent 50 Hz vekselstrøm (AC) kraftkabler på land mellom Kårstø og Haugsneset.

Videre er forventede felt som kan oppstå ved innføring av kraftkablene til omformerstasjonen vurdert.

I omformerstasjon konverteres høyspent vekselstrøm til høyspent likestrøm. Hovedkomponenter innenfor stasjonen er AC / DC-omformer, transformatorer og apparatanlegg. Det er komplisert å utføre beregninger på en omformerstasjon, på grunn av stor kompleksitet i forhold til materiell i stasjonene samt hvordan komponentene er plassert i forhold til hverandre. For omformerstasjonen er det derfor vist til faktiske feltmålinger som er utført på en allerede etablert omformerstasjon. I tillegg er det gjort beregninger på enkeltkomponenter og felter komponentene isolert ville laget som følge av 50Hz vekselstrøm. Det er ikke vurdert EMF for andre frekvenser enn 50Hz.

For høyspent likestrøm (DC) kabler er de tekniske løsningene nå kjent, og beskrevet i rapporten. Samtidig er det vist til andre rapporter og forskning, samt ABBs egne dokumenter i forhold til forventede felt som kan oppstå.

1.3 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

	Forventet EMF-nivå	Grenseverdi/utredningsnivå	Kommentar
AC Jordkabel (50Hz) <ul style="list-style-type: none"> - Generell kabel - Kabelskjøter - OPI kanaler 	0,4 μ T r>4m 0,4 μ T r>15m 0,4 μ T r>5m	0,4 μ T for bygninger med varig opphold (utredningsnivå)	Bolighus er lokalisert >40m fra kablet og er dermed ikke eksponert for stråling over grenseverdi 0,4 μ T. To bygninger som antas å være lagerbygg ligger helt inntil den planlagte kabeltraséen.
DC Sjøkabel	10,8-12,5 μ T r=1m fra kabel ved 2m eller mer mellom kabelsettene	10-168 μ T for magnetsensitive organismer (deteksjonsnivå)	Strålingsnivå fra sjøkabel vurderes som akseptabelt på bakgrunn av anbefalt maksimumsnivå. Det bemerkes at jordens bakgrunnsstråling er høyere enn forventet EMF-nivå.
HVDC omformerstasjon (50Hz) <ul style="list-style-type: none"> - Utenfor yttervegg - GIS anlegg - Transformatorgjennomføringer 	< 151 μ T 98 μ T 25 μ T	200 μ T for publikum 1000 μ T for arb.takere (grenseverdier)	Det vurderes slik at arbeidstakere ikke vil utsettes for høyere verdier enn 200 μ T og nærliggende boliger ikke eksponeres for mer enn <0,4 μ T
- Bolighus 120m fra stasjon	<0,4 μ T	0,4 μ T for boliger (utredningsnivå)	

Viktige EMF-reduserende tiltak som er planlagt: AC landkabel er lagt i tett trekantformasjon. Dette minimaliserer avstanden mellom fasene og reduserer EMF betraktelig. DC sjøkabel: kablene vil ha en flat formasjon med bærestrom i motsatt retning slik at den magnetiske feltstyrken reduseres.

Risikoen for eksponering av farlig strålingsnivå for 3.person, arbeidstakere og organismer i naturen anses som minimal og den beskrevne løsning for landkabel, sjøkabel og omformerstasjon på Haugsneset vurderes som akseptabel, gitt at følgende tas til etterretning:

AC landkabel: To bygninger ligger helt inntil den planlagte kabeltraseen. Det antas at bygningene benyttes som lager, men det må sjekkes om bygningene brukes til varig opphold, i så fall må kabeltraseen flyttes minst 4m bort fra bygningene for å sikre et nivå på $< 0,4\mu\text{T}$. Aktuelle bygninger er vist i Figur 26.

OPI-kanaler: Ved bruk av OPI-kanal for AC landkabel forventes de elektromagnetiske feltene å øke rundt kanalene. Avstand mellom OPI-kanaler og boliger må være $>5\text{m}$ slik at nivået på $0,4\mu\text{T}$ overholdes. Det kan også vurderes å etablere kanalen dypere i grunnen, og å plassere rørene i kanalen nærmere hverandre.

Kabelskjøter: De elektromagnetiske feltene forventes å øke rundt skjøtene for AC landkabel. Bedre beregninger kan utføres på skjøtepunktene senere i prosjektet, og det anbefales at disse beregningene også inngår i vurderingen for hvor skjøtepunkt skal plasseres, slik at ikke bygninger med varig opphold utsettes for felter over $0,4\mu\text{T}$.

Kraftlinje: I et område tangerer en kraftlinje kabeltraseen for AC landkabel. De elektromagnetiske feltene kan her være noe høyere enn beregnet for kabelen, men siden det er ca 140m til nærmeste bebyggelse i dette ormdet så vil uansett eksponeringen for bolighus være $<0,4\mu\text{T}$.

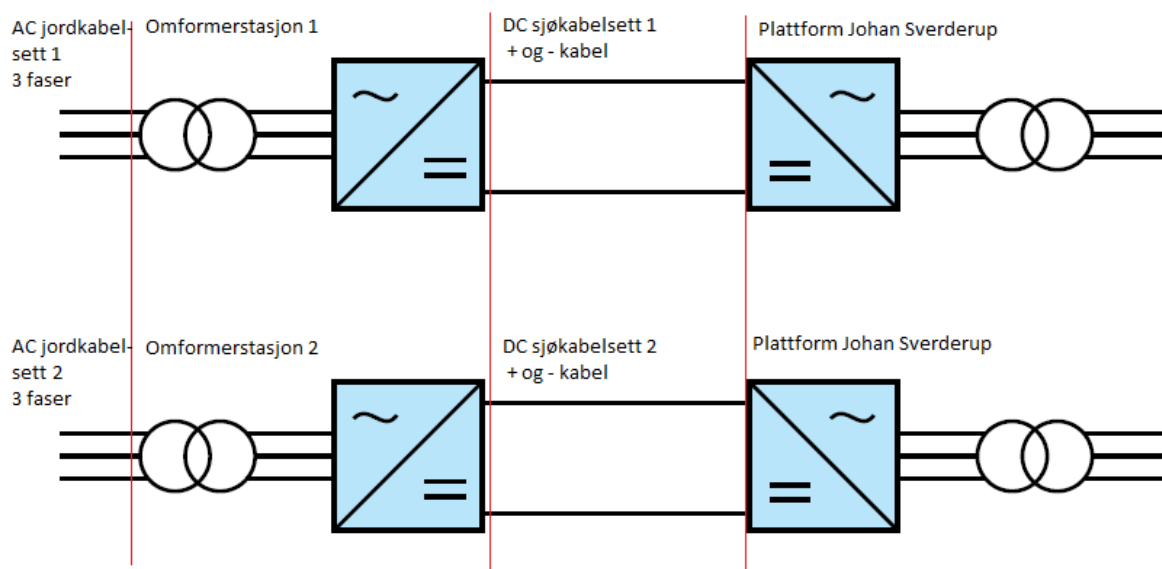
Omformerstasjon: For alle beregninger og vurderinger for elektromagnetiske felt fra vekselstrøm tas det i denne rapporten utgangspunkt i 50 Hz. Det forekommer høyere frekvenser enn 50 Hz i omformerstasjonen, men disse nivåene er ikke kjente og således ikke vurdert/beregnet. Det anbefales at det gjøres målinger i felt for EMF fra ulike frekvenser når anlegget settes i drift og på bakgrunn av måleresultatene vurderer om skjermingsnivået er tilstrekkelig.

Eksponering av arbeidstakere i omformerstasjon: sikkerhetsinnretninger er planlagt for skjerming mot radiofrekvent stråling (faradaybur) og høy spenning («inter-lock»). Forventet elektromagnetisk strålingsnivå ved 50Hz vurderes som akseptabelt, da det ikke er planlagt med faste arbeidsplasser i omformerstasjonen. Høyere frekvensnivåer enn 50Hz er ikke kjente og heller ikke vurdert i denne studien. Det anbefales å gjøre målinger av strålingsnivå ved ulike frekvenser når anlegget er i drift og på bakgrunn av resultatene vurdere om skjermingen er tilstrekkelig. Det anbefales i tillegg periodevis målinger for å sikre at Faradayburet ikke blir redusert.

2. TEKNISKE LØSNINGER

2.1 TOTALLØSNING

I tidligere faser av prosjektet har flere konsepter vært vurdert for elektrifisering. Figur 2 viser prinsippskisse for teknisk løsning.



Figur 2: Prinsippskisse totalløsning

Følgende beslutninger er grunnlag for videre analyser:

- 2 sett 300 kV jordkabler mellom Kårstø og Haugsneset. Luftlinje utgår i sin helhet på denne strekningen.
- Kabeltrase er valgt og inntegnet i kart i avsnitt 8.1
- Jordkablene vil termineres i kabelendemuffer ved omformerstasjonen, og det etableres gassisolerte, innendørs effektbrytere før tilkobling til transformatorene
- Omformerstasjonene er dubleret og plassert i to separate bygg
- Det legges to sett med 80 kV DC-sjøkabel ut til Johan Sverdrup, et sett fra hver omformerstasjon

ABB har fått oppdraget med å utarbeide FEED (Front End Engineering Design) for elektrifiseringen. Resultatet av FEED er blant annet grunnlaget for budgivning for EPC-kontrakt.

2.2 AC LANDKABEL

Høyspentkabler, kontrollkabler, fiberoptiske kabler og to jordledere installeres i felles grøft mellom Kårstø og Haugsneset [4]. Denne traséen vil være ca. 4 km lang. Kabeltraseen vil gå

utenfor Statoil sitt område, og er den komponenten som i størst grad kan berøre allmennheten og bygninger med varig opphold. Statoil er ansvarlig for kontakt med grunneiere i området for å finne best egnet kabeltrase, og for å inngå de nødvendige grunneieravtaler.

Teknisk løsninger for AC jordkabel [4] er valgt og prosjektert av ABB. Det er besluttet at det skal etableres to sett jordkabel bestående av enlederkabler av type 630 mm² Al med XLPE isolasjon forlagt i trekant.

Dette betyr at det etableres to parallelle sett med kabler med tre faser i hvert sett. Hver fase har en aluminiumsleder med ledertverrsnitt 630 mm². Driftsspenning på kablen vil være 300 kV, og kablen er dimensjonert for en maksimal strømgjennomgang på 810A, men den årlige midlere strømstyrken vil være 230 A. Dette er oppgitt av ABB som beregningsgrunnlag for denne EMF analysen.

Formel 1 angitt under, for beregning av elektromagnetiske felter i AC høyspentkabler, påvirkes i hovedsak at tre faktorer:

- (I) - Strømstyrke gjennom kablen, [A]
- (d) - Avstand mellom de tre fasene i et kabelsett, [m]
- (r) - Avstand til kablen, [m]

For å forenkle beregningsgrunnlaget forutsettes en uendelig lang trasé forlagt uten retningsendringer. Dette er en vanlig tilnærming for denne typen tunge kabelinstallasjoner.

$$\text{Magnetisk flukstetthet}(B) = \text{Konstant}(K) * \frac{\text{Faseavstand}(d)}{(\text{Avstanden til beregningspunktet}(r))^2} * \text{Strømmen}(I)$$

Eller:

$$B = K * \frac{d}{r^2} * I$$

K er en konstant:

$$k = 2 * 10^{-7}$$

Formel 1: Forenklet formel for beregning av EMF, kilde REN

Formel 1 viser førøvrig at EMF avtar kvadratisk med avstanden fra kilden som genererer feltet.

Utdypende teori er gitt i kapittel 6 i Rambøll rapport [3].

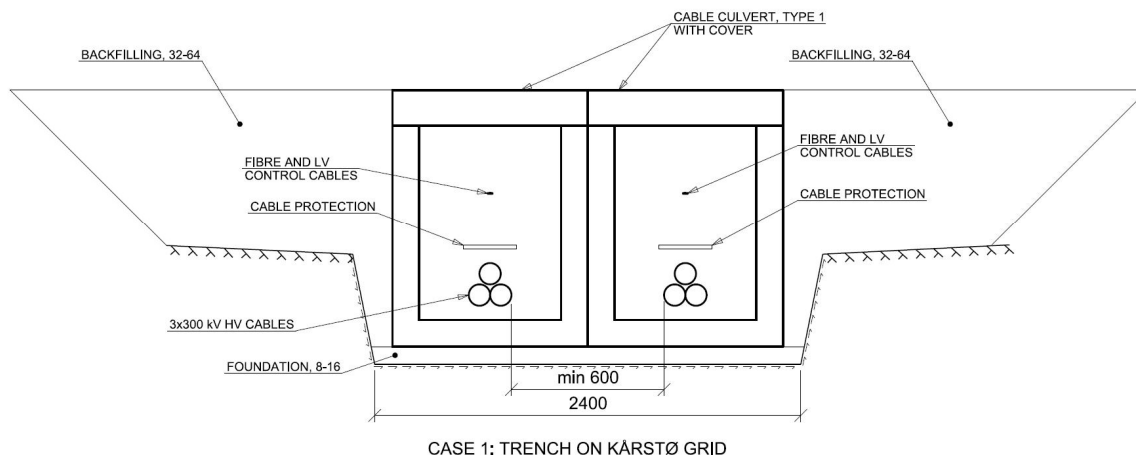
Ved å legge en kabel i tett trekant, som vist i kabelsnitt i Figur 3 og Figur 4 blir avstanden mellom fasene minimal, noe som reduserer EMF betraktelig. I tillegg er avstanden mellom alle de tre fasene lik og EMF feltene utlikner hverandre i stor grad. Når faseavstanden økes eller trekantsymmetrien brytes (f.eks. ved flat forlegning av kabler i stedet for trekant) spres de elektromagnetiske feltene rundt kablene, symmetrien brytes og EMF øker.

I tillegg til at kabelforlegning med tett trekantformasjon reduserer EMF i forhold til flat forlegning hvor de tre fasene i et kabelsett ligger ved siden av hverandre, er det også plassbesparende. Denne forlegningsmetoden er derfor valgt for AC jordkablen mellom Haugsneset og Kårstø. Rambøll rapporten [3] utdyper forskjellen i EMF-størrelse mellom tett trekant forlegning og flat forlegning med samme strømgjennomgang i kapittel 6.4 [3].

Detaljer for løsning på kabelgrøft [5]:

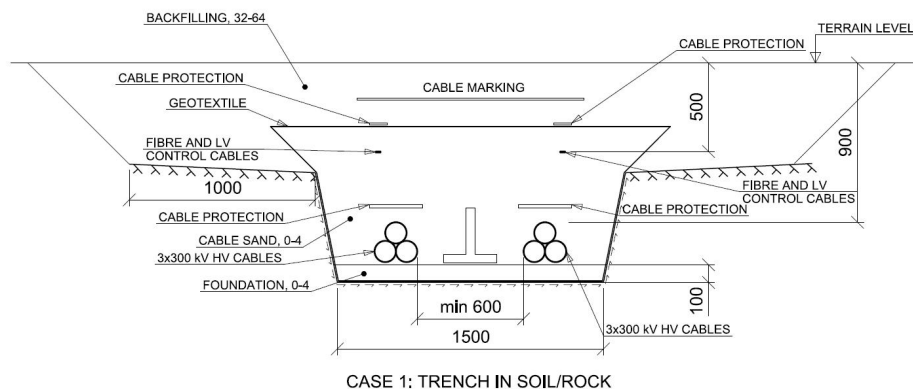
- Minimumsavstand mellom kabelsettene i kabelgrøften: 600 mm
- Maksimal avstand i jord eller stein: 1020 mm
- Overdekning øverste fasen: 900 mm

Figuren nedenfor illustrerer kabelsnittene i grøften.



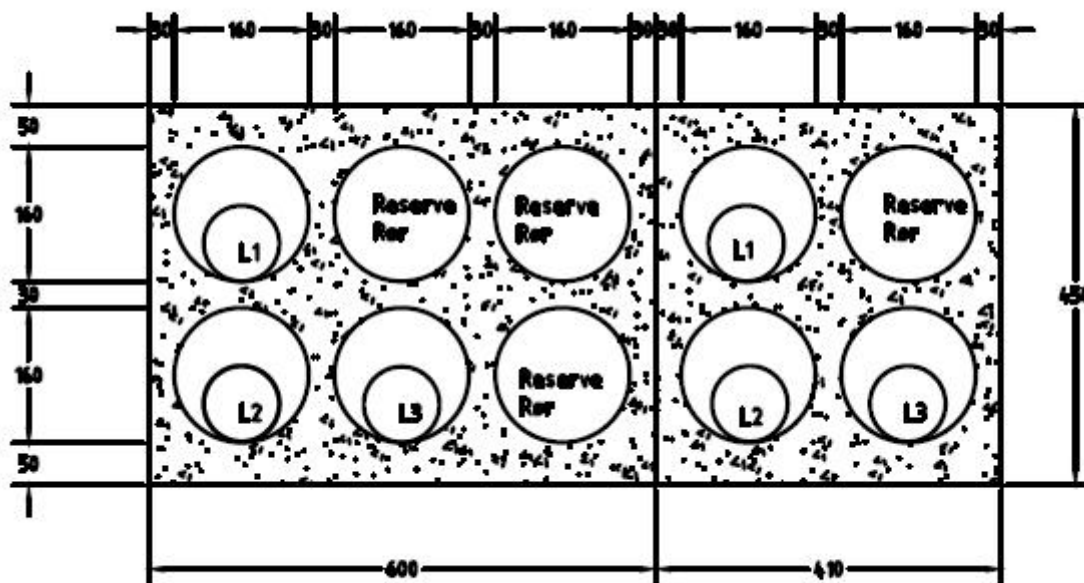
Figur 3: AC kabelkanal på Kårstø-området [5]

Kabelsnitt i Figur 4 viser antatt kabelforlegning i løsmassegrøft og eventuelt utsprengt fjell.



Figur 4: AC kabelgrøft i jord/fjell [5]

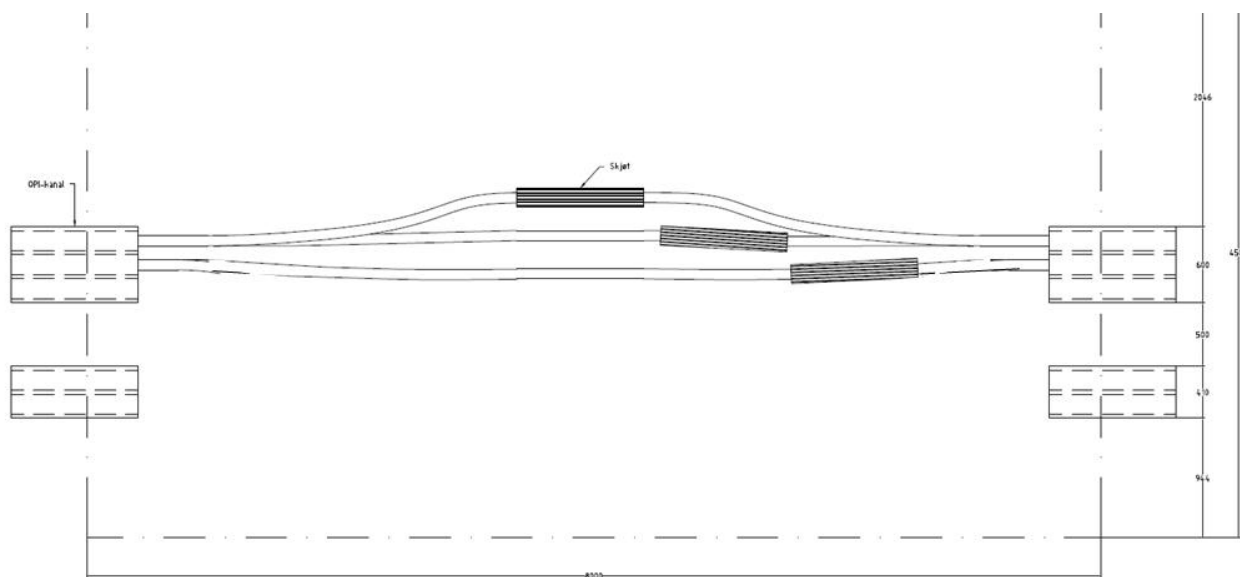
Det er planlagt at kabelen skal krysse to bilveier og en elv. Det er ikke endelig avklart kabelforlegning på disse delstrekningene, da kabelen trenger beskyttelse for press fra tungtransport under vei, og fra utglidninger i elv. Det må også etableres en løsning hvor feilretting av kabelen kan gå raskt og med minst mulige gravearbeider. Det etableres ofte OPI-kanaler for denne type utfordringer i kabeltraseer. Legging i OPI kanal betyr at det støpes en kanal som inneholder en pakke av plastrør som ulike kabler senere kan trekkes gjennom. Løsningen gir fordeler ved at forskjellige installasjoner kan etableres i samme grøft, på ulike tidspunkt i et prosjekt. Den gir også kablene bedre beskyttelse mot vekten fra brøytebiler/ tungtransport, setninger i grunnen, graveskader o.l. Ulempen med OPI-kanal for kraftkabler er at varme ikke ledes bort på samme måte som i en løsmassegrøft. For å få til rask feilretting må det også legges en fase per rør, noe som sprer de elektromagnetiske feltene rundt kablene da symmetrien brytes og faseavstanden øker. Figur 5 viser et snitt av en OPI-kanal, som kunne vært benyttet til dette prosjektet.



Figur 5: Typisk kabelsnitt OPI-kanal for to kabelsett

Det er gjort noen enkle beregninger for hvor mye EMF kan øke grunnet økt faseavstand og usymmetri ved bruk av OPI-kanal, og disse områdene er avmerket i kart i kapittel 8.1.

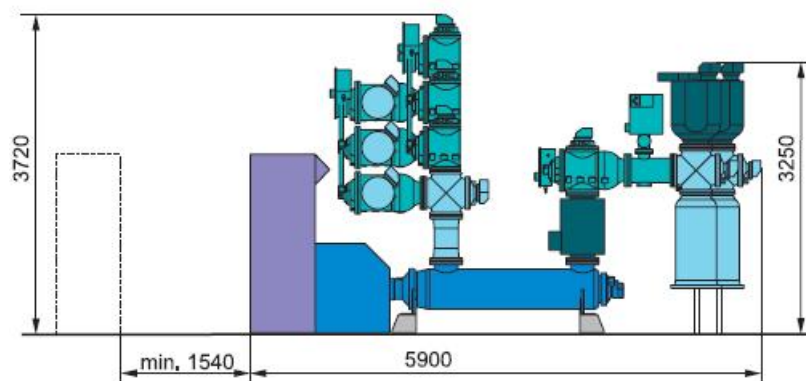
Kabeltraseen er fire km lang, og det må etableres noen skjøter på dette kabelstrekket. I skjøtepunktene må kablet legges i flat forlegning, og det blir noe avstand mellom fasene som genererer høyere EMF. Figur 6 er kun en prinsippskisse for hvordan slike skjøter må legges, og det er antatt at de elektromagnetiske feltene vil øke rundt skjøtene. Bedre beregninger kan utføres på skjøtepunktene senere i prosjektet, og det anbefales at disse beregningene også inngår i vurderingen for hvor skjøtepunkt skal plasseres, slik at ikke bygninger med varig opphold utsettes for felter over 0,4 μT .



Figur 6: Typisk plan kabelskjøt (kabelsett med 3 faser)

2.3 GRENSESNIITT AC-JORDKABEL OG OMFORMERSTASJON

Det er planlagt at 300kV AC jordkabel skal termineres i kabelendemuffer i et innendørs gassisolert (GIS) bryteranlegg, som også inneholder et transformatorfelt med effektbryter og videreføring til transformatoren som er en del av omformerstasjonen.



Figur 7: Skisse GIS- anlegg

Et gassisolert anlegg er plassbesparende i forhold til konvensjonelle luftisolerte kabelendemuffer og transformatorfelt (effektbryter og måletransformatorer), ved at fasene i anlegget og høyspentkomponentene kan plasseres mye nærmere hverandre. Anlegget inneholder SF6 gass, som slukker lysbuer mer effektivt enn luft.

Et GIS anlegg vil medføre mindre EMF enn et luftisolert anlegg, da fasene monteres mye nærmere hverandre. Anlegget vil også plasseres inne i omformerbygningen, og dermed komme lengre bort fra andre bygningen i området som kunne blitt påvirket av EMF.

2.4 OMFORMERSTASJON

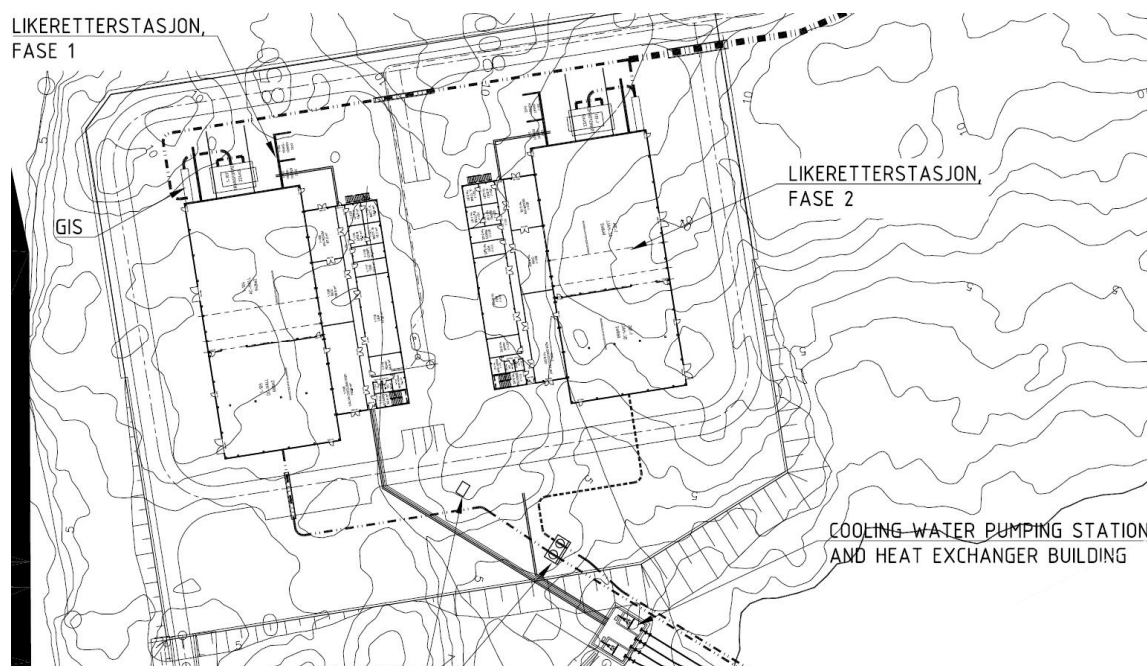
En «Voltage Sourced Converter» (VSC) HVDC omformerstasjon vil bli konstruert på Haugsneset. Den består av tre deler:

- DC hall, med DC-bryter- og kontrollanlegg og grensesnitt mot DC kabel
- Omformeren av modulær design, med IGBT ventiler og omformerreaktorer
- Grensesnitt til AC kraftnettet, med bryter- og kontrollanlegg og transformatorer

Med følgende tekniske data oppgitt:

- Den fysiske avstanden mellom hver fase utgående fra GIS mot krafttransformatoren skal være 90 centimeter, og avstanden mellom hver fase på innkommende AC-kabler som termineres i GIS er omtrent lik. Flat forlegning.
- Avstand mellom GIS-anlegg og transformator er mellom 3 og 4 meter. Omsetning: 300 kV / 97kV / 22kV, med innkommende strøm ca. 220 A.
- Fra transformator går 97 kV gjennomføringer inn i AC-hall. Hver gjennomføring er ca. 3 meter lang, og antatt å ha en minimumshøyde over bakken på 4,5 meter. Avstand i mellom på ca. 1,5 meter.

- I AC hall er det plassert 3 stk. reaktorer med skjerming på over- og undersiden, designet spesielt for å skjerme omgivelsene for magnetiske felt.
- Transformatoren har en tredje vikling med ytelse 2 MVA og spenning 22 kV, som forsyner 2 transformator for hjelpespenning (22 kV / 690 V). Det er antatt en minimumshøyde for 22kV gjennomføringene over bakken på 3,9 meter.
- DC-hallen er et faraday-bur og skal være helt skjermet for magnetiske felt
- For dublering er det planlagt to identiske omformerstasjoner, som skissert under.



Figur 8: Situasjonsplan omformerstasjon

2.5 DC SJØKABEL

Parameterne for DC kabeldesign har blitt oppdatert siden den første Rambøll rapporten [3].

Det skal legges to kabelsett mellom landomformerstasjon på Haugsnes og «offshore» plattform på Utsira. Hvert kabelsett skal bestå av to parallelle DC likestrømskabler lagt i par (0 mm avstand). Kablene vil ha en flat formasjon, med likestrøm i motsatte retninger slik at den magnetiske feltstyrken reduseres [6]. Kabeldetaljene er som følger [1]:

- Årlig midlere strømgjennomgang i hvert kabelsett: 683 A
- Kabeldiameter: 84,6 mm
- Avstand mellom kabelsett:
 - «Near shore» seksjonen, mellom 0 og 40 km fra land:
 - Minimumavstand (hovedsakelig): 10 m
 - Minimumavstand for kritiske / trange seksjoner: 2 m
 - «Offshore» seksjonen, fra 40 km fra land til termineringspunktet på strøm hub:
 - Minimumavstand: 5 km

3. BESKRIVELSE AV METODE OG GRENSEVERDIER

3.1 GRENSEVERDIER OG UTREDNINGSNIVÅER

3.1.1 NORSK REGELVERK

Strålevernforskriften

I Strålevernforskriften § 34 [17] gjøres *ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1 HZ – 100 KHZ)* [12] gjeldende som norske grenseverdier:

- *All eksponering av mennesker for ikke-ioniserende stråling skal holdes så lav som praktisk mulig.*
- *Retningslinjer og grenseverdier innen optisk stråling og elektromagnetiske felt gitt i sist oppdaterte versjon av Guidelines on limited exposure to Non-Ionizing Radiation fra den Internasjonale kommisjonen for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling gjelder som forskrift."*

Frekvens	Type eksponering	EMF grenseverdi
25-300 Hz (AC)	Yrkesmessig eksponering	1000 μ T
50-400 Hz (AC)	Generell offentlig eksponering	200 μ T

Tabell 1: Grenseverdier og utredningsnivå knyttet til EMF, ref. [12]

Det avsettes ikke en definert byggeforbudssone rundt kabelanlegget eller omformerstasjonen i forhold til EMF, men eventuell fremtidig utbygging i området må følge Strålevernforskriften § 34 [17]

- *Ved nye bygg nær eksisterende høyspentanlegg eller nye anlegg nær bebyggelse kreves en utredning ved magnetfelt over 0,4 μ T. Netteier eller utbygger er da pliktig til å vurdere alternative løsninger opp mot hverandre med hensyn til andre faktorer som nevnt over. Kommunene skal være oppmerksom på magnetfeltproblematikken ved behandling av byggesøknader, byggeprosjekt og i arealplanarbeidet. Utredningskravet gjelder fortrinnsvis for bygg der personer, og særlig barn, har langvarig opphold.*
- *Dersom magnetfeltet er under 0,4 μ T anses forskriften å være oppfylt og ytterligere utredning eller vurdering av avbøtende tiltak er unødvendig*

Statens strålevern

Med utgangspunkt i Strålevernforskriften/ICNIRP [17] har Statens strålevern definert et utredningsnivå for EMF nær vekselstrøms høyspentanlegg (50Hz) på 0,4 μ T [10] for varig eksponering. EMF skal beregnes ut fra et gjennomsnittsnivå gjennom året, dvs. baseres på den gjennomsnittlige strømgjennomgangen i kabelen over året. Dette er ingen grenseverdi, heller ingen tiltaksgrense. Netteier / Utbygger skal ved oppføring av nye høyspentanlegg eller

oppgradering av eksisterende anlegg, utrede om magnetfeltet i nærliggende bygg med varig opphold kan bli høyere enn $0,4 \mu\text{T}$ som følge av tiltaket. Alternative løsninger for å redusere felt skal i så fall vurderes. Det samme kravet gjelder for den som er ansvarlig for planlegging og oppføring av nye bygg, hovedsakelig skoler, barnehager og boliger, nær eksisterende høyspentledninger

3.1.2 STATOILS GRENSEVERDIER – TR 0926

Statoils TR 0926 Working environment [15] har et kapittel om ikke-ioniserende stråling, der følgende krav er gitt:

Generelt skal all personeksposering for ikke-ioniserende stråling reduseres så mye som praktisk mulig.

For lugarer/soverom, kontorer og andre kontinuerlig bemannede områder skal følgende utredningsnivåer implementeres:

- For 50-60Hz elektromagnetiske felt: $0,4 \mu\text{T}$
- For 400MHz-10GHz skal granskingsnivået settes til 1 % av ICNIRP referansenivå for generell, allmenn eksponering:

Frequency range f (MHz)	Equivalent plane wave power density Seq (W/m ²)	Equivalent plane wave power density Seq peak (W/m ²)	E-field strength E (V/m)	E-field strength E peak (V/m)
400 – 2000	1% of (f / 200)	1000 x Seq	SQRT (Seq x 377)	32 x E
2000 – 10 000	0.1	100	6	192

3.1.3 ANDRE RETNINGSLINJER

DC statisk EMF stråling

Det norske regelverket angir ikke grenseverdier eller utredningsnivå for statiske EMF-felt.

ICNIRP har publisert en retningslinje som angir grenseverdier relatert til eksponering for statiske elektromagnetiske felt [8]:

Frekvens	Type eksponering	EMF
Statisk (DC)	Yrkesmessig eksponering - hode og kropp	2 T
	Yrkesmessig eksponering - lemmer	8 T
	Generell offentlig eksponering	400 mT

Deteksjonsnivåer for marine organismer

Enkelte marine arter er sensitive i forhold til EMF-felt og har en evne til å detektere magnetiske og elektriske felt. Noen arter benytter magnetfelt i sin navigasjon.

I henhold til Rambøllrapport [3] kapittel 5.4.3 og 8.3.2 er minimum deteksjonsnivå for magnetsensitive organismer i havet målt til $10\mu\text{T}$ og maksimum deteksjonsnivå $168 \mu\text{T}$. Dette gjelder for EMF fra likestrømskabler (DC), og deteksjonsnivå vil variere mellom arter. Det henvises til [3] for ytterligere utdypning av deteksjonsnivå for marine organismer.

3.2 METODE

3.2.1 AC JORDKABEL

Etter ICNIRP anbefalinger blir magnetiske felt i denne rapporten beregnet for AC- jordkabel ved en høyde over bakkenivå på 1 meter. Dette tilsvarer høyden av de mest følsomme deler av menneskekroppen. Programmet Tesla utviklet av Sintef benyttes til å utføre beregninger.

To AC- kabelsett i samme kabeltrasé forsterker det resulterende magnetfeltet. Avstanden mellom de to kabelsettene er angitt av ABB til minimum 600 mm på grunn av termiske forhold. Ved økende avstand mellom kabelsett vil resulterende EMF reduseres.

Det er ikke tatt hensyn til eventuelle eksisterende eller fremtidige kraftlinjer eller kabler i nærområdet for den nye kabeltraséen i beregningene. EMF beregninger for områdene må i så fall suppleres.

På grunn av årsvariasjoner i effektforbruk anbefaler Statens strålevern [10] at vurderinger i forhold til elektromagnetiske felter utføres på årsgjennomsnittet av forventet strømgjennomgang i kabelsettene. ABB har angitt dette til å være 230 A per kabelsett. Rambøll rapporten [3] viser i hovedsak beregninger for en betraktelig høyere strømgjennomgang som resulterer i høyere magnetiske felter.

En sone rundt AC kabelgrøft er fastsatt i kart, som viser hvor det elektromagnetiske feltet overstiger Statens strålevernet grense på 0,4 μ T. I tilfellet hvor bygninger eller arbeidsområder allerede eksisterer innenfor denne sonen, skal alternative løsninger for trasevalg og / eller magnetisk skjerming av AC-kabler bli undersøkt.

3.2.2 OMFORMERSTASJON

Det er ikke utført resulterende beregninger for elektromagnetiske felter i eller rundt omformerstasjonen, da dette er komplisert og den tekniske løsningen for omformerstasjonen ikke er fullstendig utredet på tidspunktet for utgivelse av denne rapporten. Grunnlaget for vurderingene i omformerstasjonen er basert på tidligere faktiske målinger på en tilsvarende stasjon, samtidig som det ved hjelp av Tesla er utført beregninger på enkeltkomponentene:

- Terminering av kabler i GIS-anlegg
- Transformatorgjennomføringer 97 kV side
- Transformatorgjennomføringer 22 kV side

3.2.3 DC SJØKABEL

For DC- sjøkabel er det forventet at forlegningen som genererer de høyeste statisk magnetiske feltene oppnås når kabelsettene fra de to omformerstasjonene er atskilt med minimal avstand. Derfor skal beregninger for magnetisk flukstetthet forårsaket av DC kabler utføres for flere mulige avstander, og det er i denne rapporten utført for 2 m, 10 m, og 5 km [1]. Resultatene vil bli vurdert i forhold til magnetfeltet som kan oppfattes av marint liv.

Programmet Tesla ble brukt til å beregne den magnetiske fluks i nærheten av kabelsettene, i høyde på 1 m, 2 m, og 4 m over sjøbunnen. En kabeloverdekning på 0,1 meter ble benyttet, noe som vurderes som et minimum og som vil gi høyest mulig magnetfelt.

4. MULIGE HELSEEFFEKTER AV ELEKTROMAGNETISKE FELT

4.1 EFFEKTER AV EMF PÅ MENNESKER

Eksponering for elektromagnetiskfelt kan ha potensielle effekter på menneskers helse. ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) har satt grenser for eksponering for både statiske og tidsvarierende elektromagnetiske felt fra menneskeskapte kilder, som beskrevet i kapittel 3.1.1.

Ifølge Verdens helseorganisasjon (WHO) [9], har ingen skadelige effekter på mennesker vist seg å skyldes eksponering for lavfrekvente, tidsvarierende magnetiske felt innenfor rammer fastsatt av ICNIRP. Dette inkluderer ulike maksimumsgrenser både for arbeidsforhold og for allmennheten.

Menneskelig eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felt utover de rammer som er satt av ICNIRP er påvist i enkelte studier. Det er imidlertid ikke tilstrekkelig vitenskapelige bevis til å indikere uønskede effekter slik som påvirkning på reproduksjon, kardiovaskulær sykdom, eller nevrologiske lidelser [12].

Forholdet mellom magnetfelt og barneleukemi har vært gjenstand for vitenskapelige undersøkelser. Mens noen studier viser en sammenheng mellom disse feltene og leukemi hos barn, er det ikke påvist en klar årsakssammenheng [12]. I 2002 har det internasjonale institutt for kreftforskning (IARC) klassifisert lavfrekvente magnetfelt som "muligens kreftfremkallende for mennesker".

Eksponering fra lavfrekvente magnetfelt kan ha kortvarige effekter på hjernens funksjoner som visuell prosessering og motorisk koordinasjon, selv om ICNIRP anser nivået og varigheten av disse effektene å være lav når de magnetiske feltene er innenfor de angitte grensene. Påvirkning på nervesystemet antas å skje ved frekvenser under 10 Hz, eller mellom 1 kHz og 3 kHz, men ikke på frekvenser i 50 Hz området som er gjeldende for kraftnettet i Norge.

For mer informasjon om effekter av EMF på mennesker, se avsnitt 5.3 i Rambøll rapporten [3].

4.2 EFFEKTER AV EMF PÅ MILJØET

Ifølge Verdens helseorganisasjon (WHO) [9] er det ikke påvist bivirkninger med hensyn til plante eller dyreliv som følge av eksponering fra lavfrekvente, tidsvarierende magnetiske felt innenfor rammer fastsatt av ICNIRP.

Statiske elektriske felt fra undersjøiske likestrømskabler kan reduseres noe ved å skjerme kablene med passende ledende materiale. Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) fastholder at mer forskning er nødvendig for å fastslå konsekvensene av EMFs fra undersjøiske likestrømskabler for marine organismer [13]. Noen stasjonære og trekkende marine arter kan påvirkes av EMF fra DC kabler. Men det er ingen definitive tegn til bivirkninger av kort- eller langvarig eksponering på kommunikasjon mellom organismer, evne til å finne næring, beskyttelse mot rovdyr eller reproduksjon.

Det vises til Rambøll rapport [3] for mer detaljer og forskningsresultater angående effekt fra elektromagnetisk stråling på naturmiljøet.

5. ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA AC JORDKABEL

5.1 INNLEDNING

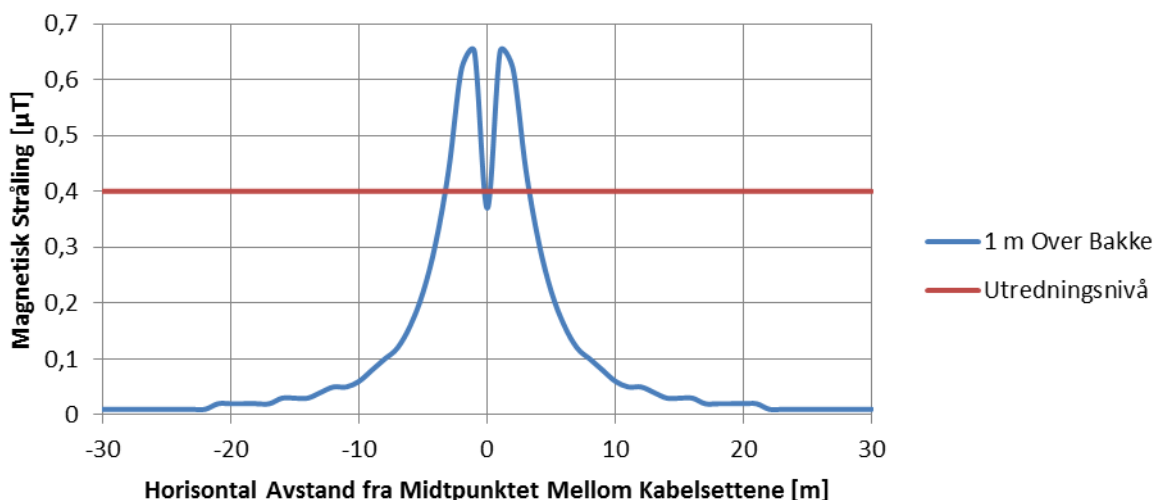
Dette kapitlet beregner hvilke EMF-nivå det er forventet at vil oppstå som følge av etablering av de to kabelsettene, frekvens 50 Hz.

AC jordkabelen er den komponenten i systemet som kommer nærmest menneskelig aktivitet og allmennheten, og bygninger med varig opphold. Det er i kapittel 8.1 vist et kart hvor planlagt kabeltrase er inntegnet med en sone fra midten av kabelgrøft og ut til avstanden hvor magnetiske flukstetthet er under utredningsgrensen på $0,4 \mu\text{T}$.

Det er i tillegg gulmerket områder enn kan forvente noe høyere EMF hvis OPI-kanal velges.

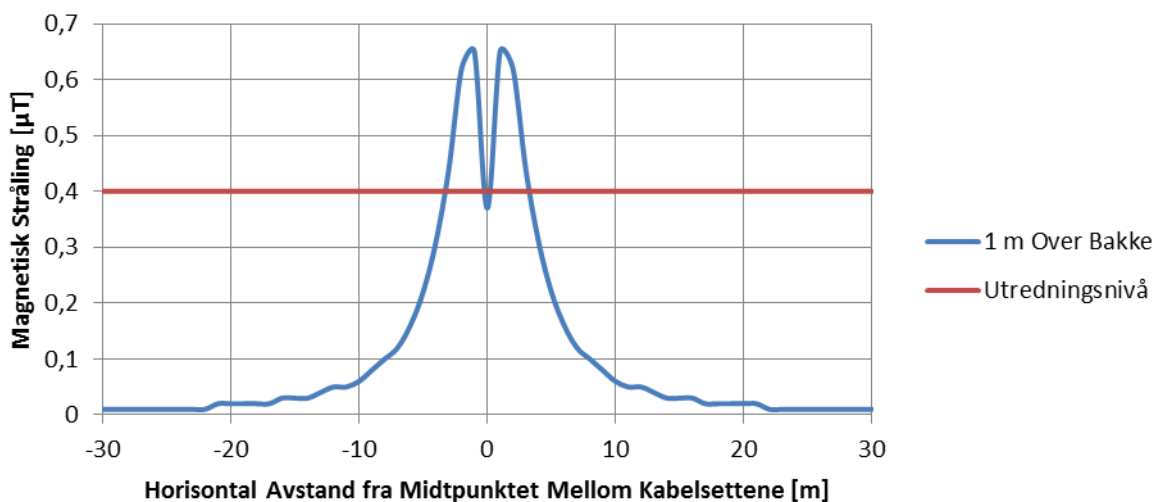
5.2 AC JORDKABEL - BEREGNINGRESULTATER

Gjennomsnittlige forventet strømgjennomgang er oppgitt til 230 A, og en separasjonsavstand mellom de nærmeste punkter på hvert sett av kabler på 600 mm. Resultat av beregninger er vist i Figur 9. EMF (B_{RMS}) beregnes til maksimum $0,7 \mu\text{T}$. Den horisontale avstand fra midten av kabelgrøft til regionen hvor magnetfeltet er under $0,4 \mu\text{T}$ er 4 m til hver side, totalt 8 meter.



Figur 9: Magnetisk stråling fra AC jordkabel, 600 mm avstand mellom kabelsettene

Gjennomsnittlige forventet strømgjennomgang er oppgitt til 230 A, og en separasjonsavstand mellom de nærmeste punkter på hvert sett av kabler på 1020 mm. Resultat av beregninger er vist i Figur 10. EMF (B_{RMS}) beregnes til maksimum $0,6 \mu\text{T}$. Den horisontale avstand fra midten av kabelgrøft til regionen hvor magnetfeltet er under $0,4 \mu\text{T}$ er 4 m til hver side, totalt 8 meter.



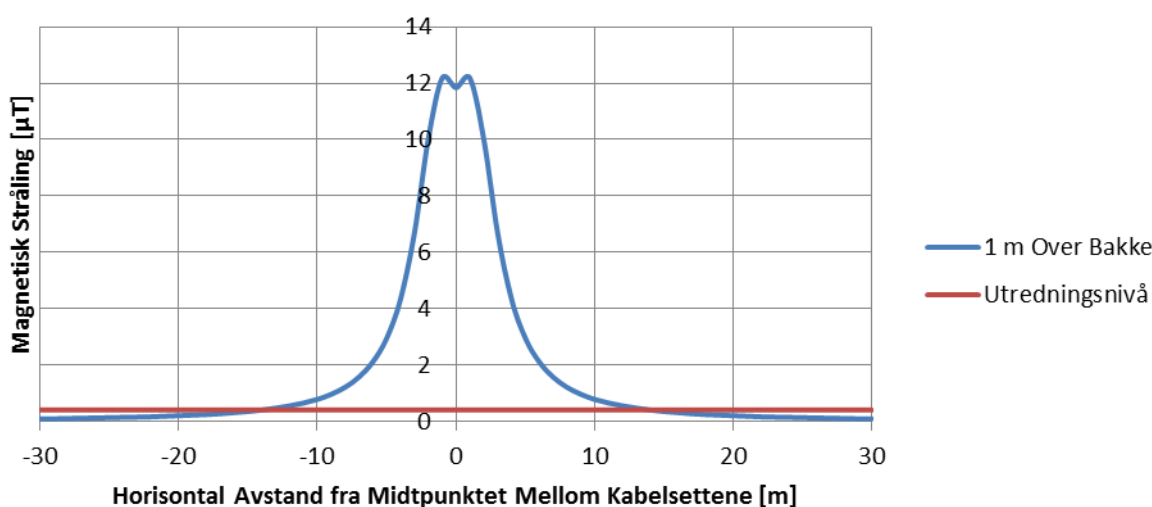
Figur 10: Magnetisk stråling fra AC jordkabel, 1020 mm avstand mellom kabelsettene

5.3 SPESIELLE FORHOLD: SKJØTEOMRÅDE

Figur 6 viser en typisk layout for et kabelskjøteområde der kabelinstallasjonen går over fra å være trekantforlagt til å være flatt forlagt i kabelgrøften. Grunnen til at kablet legges flatt er at det er nødvendig med god tilgang til kabelskjøteområdene for den enkelte fase under installasjonsarbeidene og eventuelt vedlikehold.

På grunn av at symmetrien i kabelinstallasjonen brytes, vil dette medføre økt EMF nivå i dette området. Feltet kan reduseres noe ved å endre faserekkefølgen i grøftesnippet, f.eks. vil en fasefølge $R_1-S_1-T_1-T_2-S_2-R_2$ gi en noe redusert EMF sett i forhold til $R_1-S_1-T_1-R_2-S_2-T_2$, men dette gir ikke en vesentlig reduksjon.

Figur 11 viser B_{rms} i skjøteområdet ved 230 A med en faseavstand valgt til å være 0,5 meter. Minimumsavstand på 0,6 meter mellom kabelsettene er valgt.



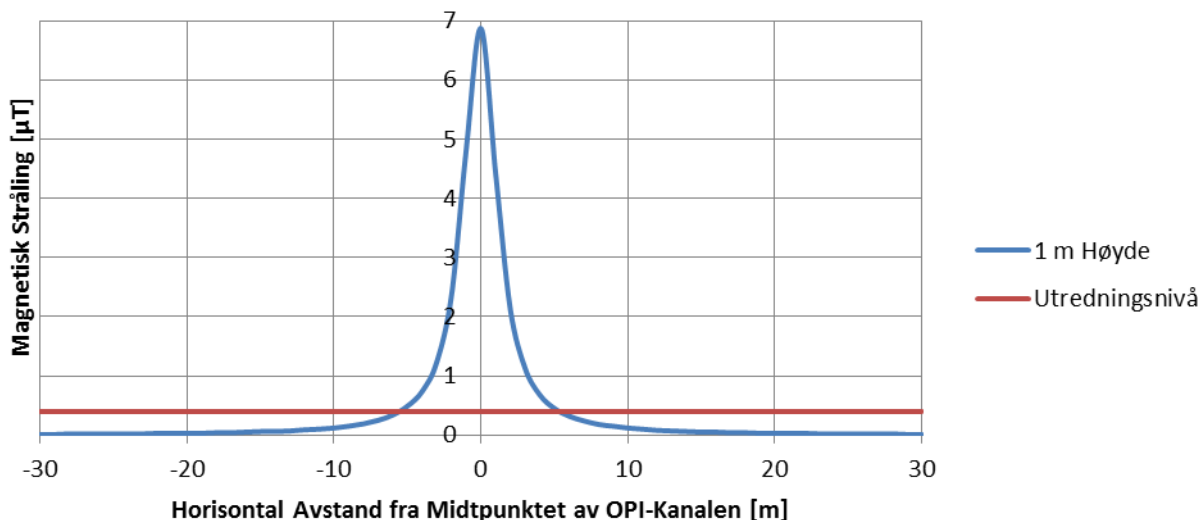
Figur 11: Magnetisk stråling fra AC kabler i kabelskjøt område

EMF (B_{rms}) er beregnet til maksimalt $12,2 \mu T$ i skjøteområdet. Horizontal avstand fra senter av kabelinstallasjonen til grenseverdi for utredningsnivå ($0,4 \mu T$) ca. 15 meter, dvs. sonen er totalt 30 meter bred.

5.4 BEREGNINGRESULTAT OPI-KANAL

I noen områder er det tatt høyde for bruk av OPI-kanal.

OPI-kanal trenger minimalt med overdekning, og beregningene er utført med det scenario som vil gi høyest EMF hvor kanalene plasseres direkte under overflaten. Gjennomsnittlig strøm er 230 A, og avstanden mellom kablene er i henhold til Figur 5. Følgende resultater ble oppnådd.



Figur 12: Magnetisk stråling fra AC kabler i OPI-kanal

EMF (B_{RMS}) beregnes til maksimum 6,9 μT . Den horisontale avstand fra midten av kabelgrøft til regionen hvor magnetfeltet er under 0,4 μT er 5 m til hver side, totalt 10 meter.

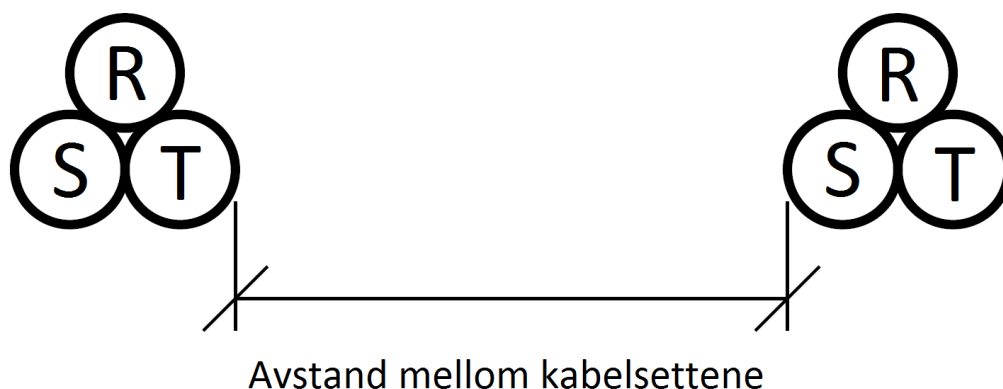
5.5 EKSPONERING AV OMGIVELSER

I kapittel 8.1 kart er sonen for EMF rundt kabeltraseen som overstiger 0,4 μT ved en strømgjennomgang på 230A i begge kabelsettene, og en minsteavstand mellom kablene på 600mm vist.

Kabeltraseen bør planlegges slik at det alltid opprettholdes en avstand på minimum 4 meter fra nærmeste kabelsett til bygninger med varig opphold (boliger, skoler/ barnehager, arbeidsplasser o.s.v).

Kapittel 8.1 kart viser at to bygninger er innenfor 4-meter sonen. Disse bygningene er lokalisert nær Kårstøanlegget og antas å være benyttet som lagerlokaler. Hvis bygningene benyttes til kontorlokaler eller annet hvor mennesker oppholder seg over lengre tid må kabeltraseen flyttes minst 4 meter bort fra disse bygninger. Bygningen er markert på et kartutsnitt i kapittel 8.1.

Alle beregningene er utført ved at kabelsettene legges symmetrisk i forhold til hverandre, Figur 13, og det er en fordel å opprettholde denne forlegningen.



Figur 13: Forlegningsprinsipp AC landkabel

Ved bruk av OPI-kanal og plassering av kabelskjøter bør man vurdere nærhet til omkringliggende bygninger med varig opphold for å oppnå nok avstand til at feltene kommer under grenseverdien på $0,4 \mu\text{T}$, 5 m. Det kan også vurderes å etablere kanalen dypere i grunnen, og å plassere rørene i kanalen nærmere hverandre. Områdene hvor det er forventet at OPI-kanal skal benyttes er merket med en gul ring i kapittel 8.1.

6. ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA OMFORMERSTASJON

6.1 FELTMÅLINGER FRA TILSVARENDE ANLEGG

Det er meget komplisert å beregne forventede EMF nivåer som kan oppstå rundt en omformerstasjon. ABB har utført feltmålinger i områder rundt omformerstasjoner i drift. [14].

Målinger viser at de høyeste magnetiske feltene med 50Hz oppnås ved inntak av kabel mot GIS felt/ koblingsbryterfelt og transformator.

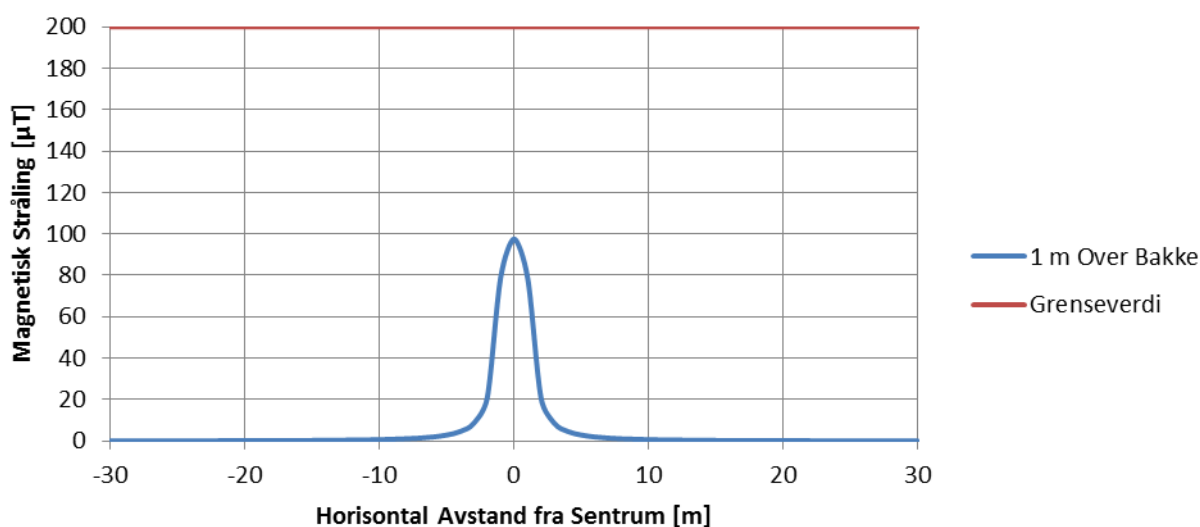
Overnevnte rapport [14] tar for seg resultater fra målinger utført på en stasjon i drift og EMF i punktet med høyest verdi er målt til $61,7 \mu\text{T}$ ved en inngangsstrøm på 600 A. Den maksimale strømmen som kunne belastes denne stasjonen var 1465 A, og interpolert opp ville dette gi et magnetisk felt på $151 \mu\text{T}$ ($62 \cdot 1465 / 600 = 151 \mu\text{T}$). Disse målingene ble utført for en stasjon med høyere strømgjennomgang enn Haugsneset, og rett utenfor yttervegg.

Det forventede magnetiske feltet på Haugsneset er dermed ut fra disse målingene forventet å være lavere enn grenseverdier oppgitt i kapittel 3.

6.2 BEREGNING KABELTERMINERING I GIS-ANLEGG

I Rambøll-rapport er dette grensesnittet beskrevet som et utendørs, luftisolert koblingsanlegg som kan føre til et forholdsvis høyt magnetisk felt [3]. Utformingen har siden blitt endret til et innendørs, gassisolerte apparatanlegg (GIS), og som kapittel 2.3 tidligere har omtalt er det forventet noe lavere EMF fordi avstanden mellom fasene er betraktelig mindre.

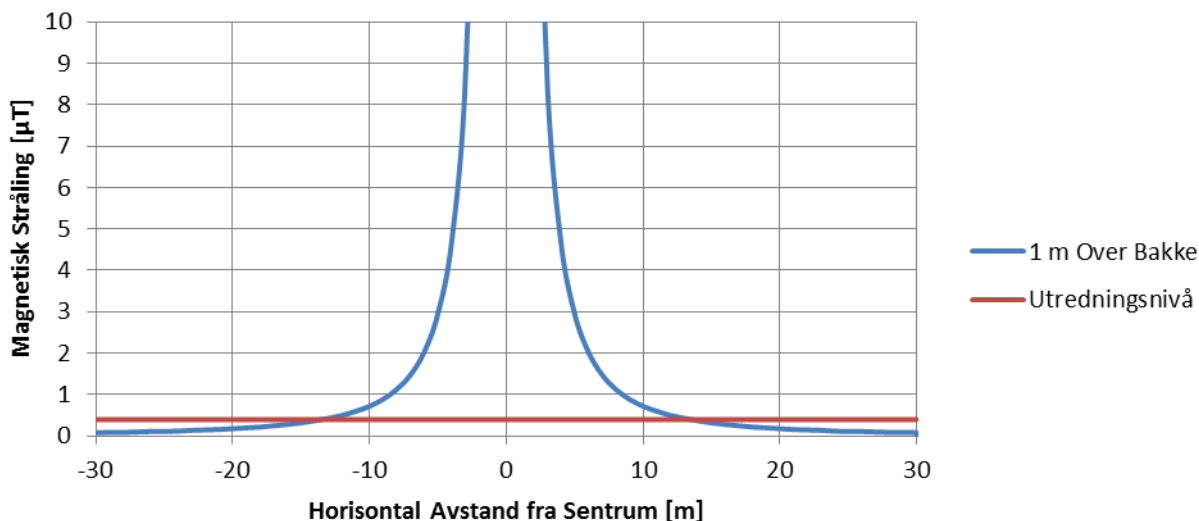
Beregningene ble gjort i punktet der den innkommende AC jordkablene avsluttes i et GIS-anlegg. Dette er forventet å være i en høyde på 1 meter, i henhold til Figur 7. Ved hjelp av en gjennomsnittlig strøm på 230 A og horisontal avstand mellom klemmene på 90 cm, ble følgende resultater oppnådd:



Figur 14: Magnetisk stråling fra AC kabelterminering, mot grenseverdi

Figur 14 viser at EMF (B_{RMS}) beregnes til $98 \mu T$ som er lavere enn STATENS STRÅLEVERN maksimalgrense for yrkesbefolkningen, $200 \mu T$.

Figur 15 viser den samme grafen, men fokuserer på området hvor utredningsnivået på $0,4 \mu T$ oppnås. Hvis termineringen av kabel i GIS – anlegget var eneste høyspentkomponent ville utredningsnivået blitt oppnådd ved en avstand på 14 m.



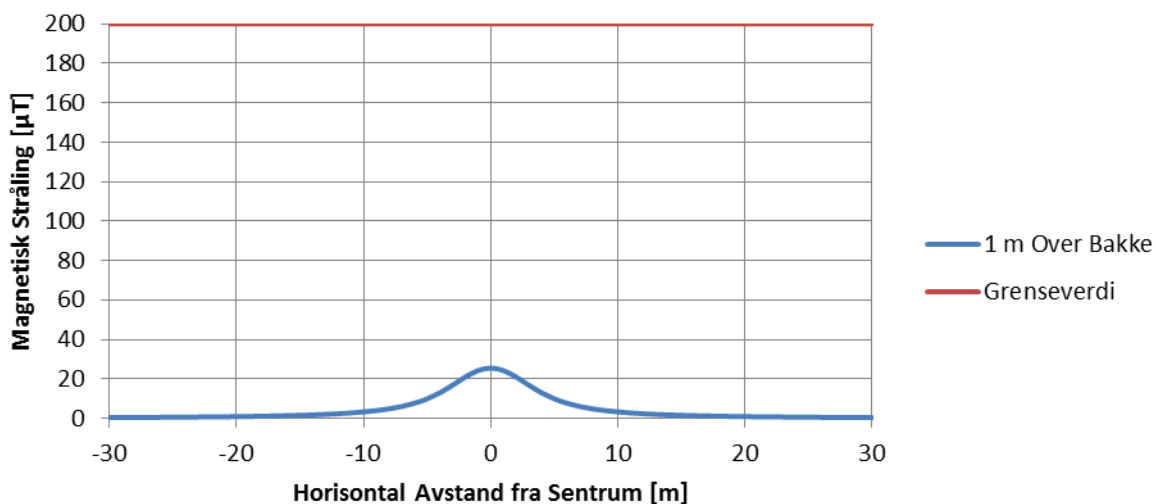
Figur 15: Magnetisk stråling fra AC kabelterminering, mot utredningsnivå

6.3 BEREGNING TRANSFORMATORGJENNOMFØRINGER 97KV

I avsnitt 6.4.2 i Rambøll-rapporten [3] ble den magnetiske flukstetthet ved gjennomføringer på transformatorens sekundærside beregnet for 97 kV og 992 A.

For denne rapporten er det oppgitt følgende tekniske data for transformatorens sekundærside; 97 kV gjennomføringer mot AC hall, og en gjennomsnittlig strøm over året på 690 A.

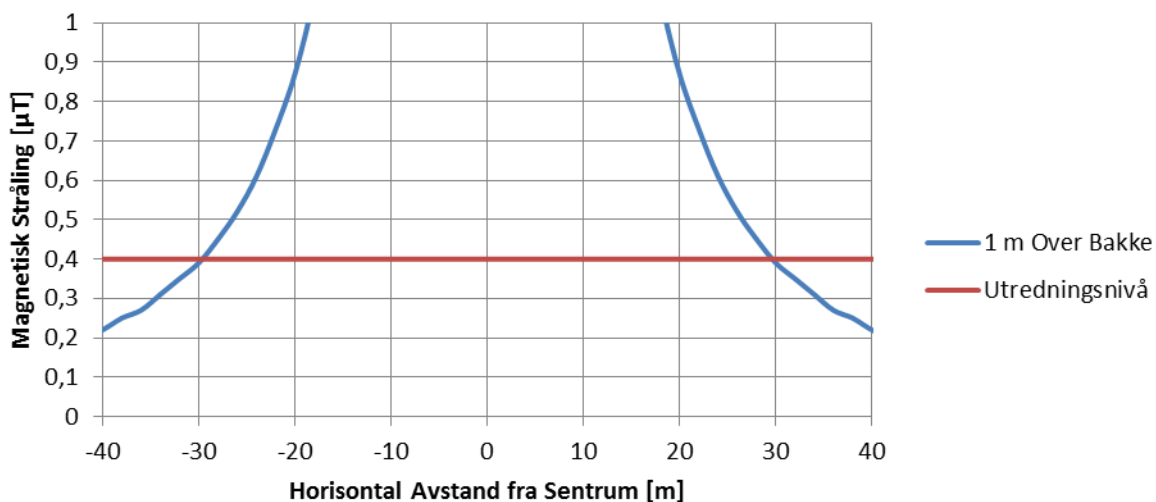
ABB har oppgitt en vannrett avstand mellom foringene på 1,5 m. Det er antatt en minimums høyde for 97 kV gjennomføringene i vegg på 4,5 meter. Følgende beregninger ble oppnådd ved en høyde på 1 meter over bakken.



Figur 16: Magnetisk stråling fra sekundære transformatorgjennomføringer, mot grenseverdi

Figur 16 viser at EMF (B_{RMS}) beregnes til $25 \mu T$ som er lavere enn Statens strålevern maksimalgrense for yrkesbefolkningen, $200 \mu T$.

Figur 17 viser den samme grafen, men fokuserer på området hvor utredningsnivået på $0,4 \mu T$ oppnås. Hvis transformatorgjennomføringene på 97 kV var eneste høyspentkomponent ville utredningsnivået blitt oppnådd 30 meter unna komponenten.

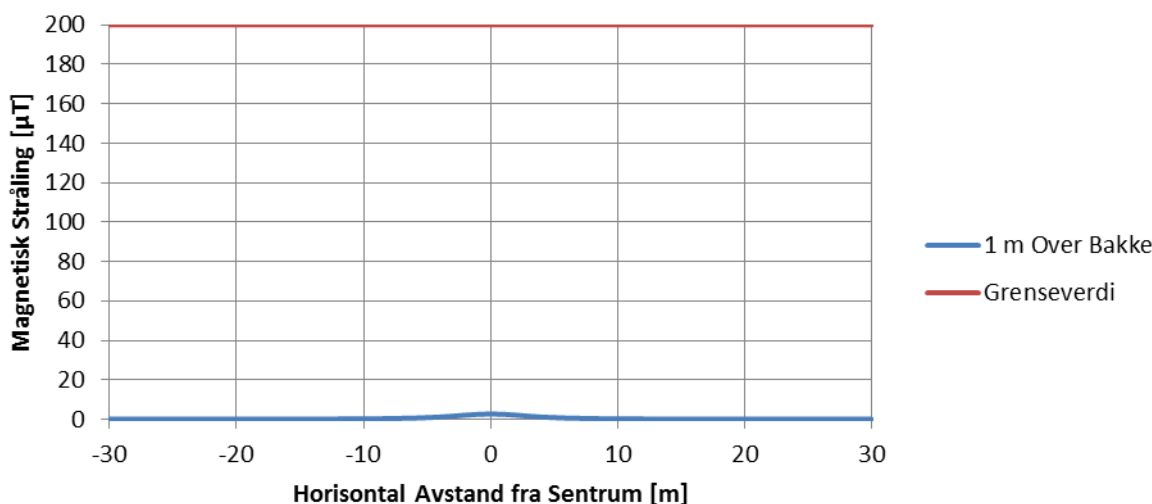


Figur 17 Magnetisk stråling fra sekundære transformatorgjennomføringer, mot utredningsnivå

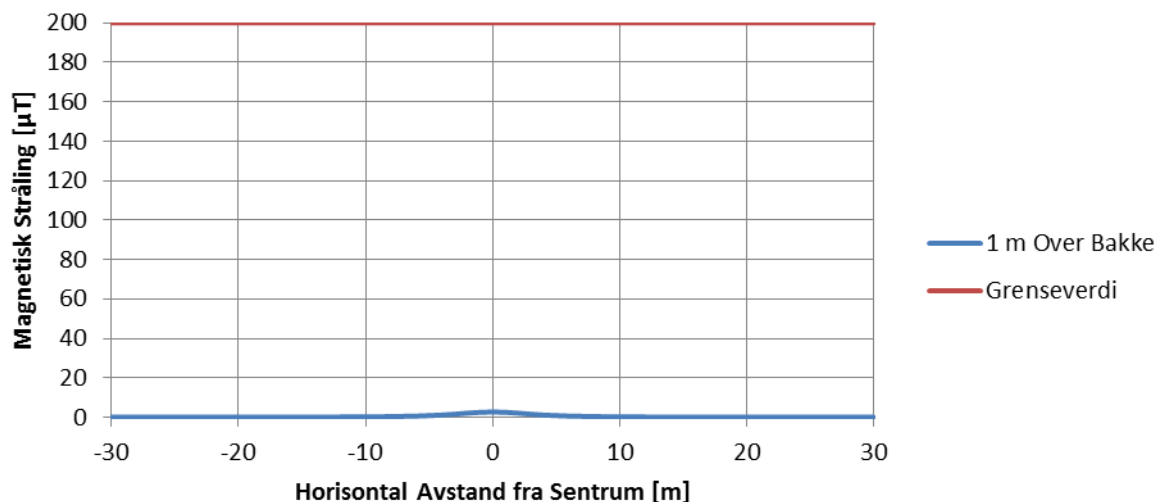
6.4 BEREGNING TRANSFORMATORGJENNOMFØRINGER 22KV

For denne rapporten er det oppgitt følgende tekniske data for transformatorens tertiærside; 22 kV gjennomføringer mot AC hall, som vil kunne oppnå en maksstrøm på 53 A. (2MVA)

ABB har oppgitt en vannrett avstand mellom foringene på 1,5 m. Det er antatt en minimums høyde for 22 kV gjennomføringene i vegg på 3,9 meter. Følgende beregninger ble oppnådd ved en høyde på 1 meter over bakken.

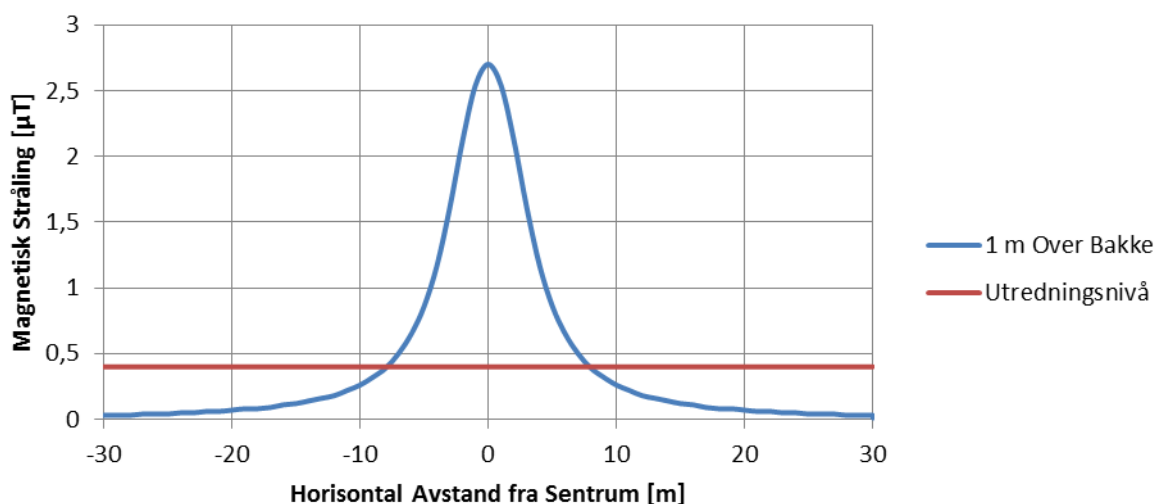


Figur 18: Magnetisk stråling fra tertiære transformatorgjennomføringer, mot grenseverdi



Figur 18 viser at EMF (B_{RMS}) beregnes til $2,7 \mu\text{T}$ som er lavere enn Statens strålevernens maksimalgrense for yrkesbefolkningen, $200 \mu\text{T}$.

Figur 19 viser den samme grafen, men fokuserer på området hvor utredningsnivået på $0,4 \mu\text{T}$ oppnås. Hvis transformatorgjennomføringene på 22kV var eneste høyspentkomponent ville utredningsnivået blitt oppnådd 8 meter unna komponenten.



Figur 19: Magnetisk stråling fra tertiære transformatorgjennomføringer, mot utredningsnivå

6.5 EVALUERING AV EMF NIVÅ I OMFORMERSTASJON

Resultatet av beregningene i kapittel 6.2, 6.3 og 6.4 kan ikke brukes ukritisk fordi alle komponenter i omformerstasjonen som generer et EMF med 50 Hz vil forsterke hverandre, samtidig som de elektromagnetiske felter i ulike komponenter vil ha forskjellige retninger og dermed også kan utlikne hverandre. Kapitlene ovenfor viser også kun tre av de mange punktene som generer EMF.

Det er derfor ikke mulig på dette tidspunkt, med liten kjennskap til plassering og tekniske data for komponenter å beregne det høyeste resulterende elektromagnetiske feltet som vil oppstå i stasjonen.

6.6 EKSPONERING AV OMGIVELSENE

Basert på enkeltberegninger foretatt for Haugsneset, målinger utført på en annen tilsvarende stasjon [14] og Formel 1 antas det med stor sannsynlighet at utredningsnivået på $0,4 \mu\text{T}$ er oppnådd i god avstand til nærmeste bolighus som er 120 meter unna omformerstasjonen. Dette underbygges også av ABB sin teknologi for VSC omformerstasjoner, «HVDC Light®» [6].

6.7 VURDERING AV ARBEIDSMILJØ

6.7.1 SIKKERHETSINNRETNINGER

Skjerming mot radiofrekvent stråling vil i omformerstasjonen bli ivaretatt i form av et Faradaybur, hvor innvendige vegger dekkes av et ledende materiale. Et faradaybur vil omslutte DC-hall, samtidig som alle reaktorene i AC-hallen vil ha skjerming på over- og undersiden.

Områdene som er beskyttet med Faradaybur vil ha et «interlock-system» (sperrsystem) som sikrer at personer ikke får adgang til disse rommene når utstyret er i drift. Det planlegges en inspeksjonskorridor rundt HVDC systemet på Haugsneset. Dette for at det skal være mulig å utføre en visuell inspeksjon når utstyret er i drift.

I følge [16] er ikke radiofrekvent stråling med disse frekvensene farlig for menneskers helse, men kan forstyrre utstyr som er avhengig av radiokommunikasjon, og dører skal derfor ikke åpnes med anleggene i drift.

6.7.2 OPPHOLD I OMFORMERSTASJONEN

Inspeksjons- og vedlikeholdsrutiner for omformerstasjonen er ikke kjent. Det er antatt at stasjonen normalt er ubemannet, men at det i perioder kan befinne seg personell i området over tid f.eks i forbindelse med reparasjon/vedlikehold. Det er ingen restriksjoner på adkomst eller oppholdstid i rommene som ikke er omfattet av Faradaybur og «interlock-system».

Rambøll har i sin studie [3] gjort en estimering av oppholdstider i omformerstasjonen:

Driftspersonell: $(2 \text{ timer} \times 52 \text{ uker}) + (2 \text{ timer} \times 12 \text{ måneder}) + (8 \text{ timer} \times 5 \text{ dager}) = 208 \text{ timer/år}$

Servicepersonell: $(8 \text{ timer} \times 5 \text{ dager} \times 2) = 80 \text{ timer/år}$

6.7.3 SAMSVAR MED GRENSEVERDIER

Grenseverdier for arbeidsmiljø er gitt i kapittel 3.1.

Da omformerstasjonen ikke har rom for varig opphold (kontor etc.) vil ikke $0,4\mu\text{T}$ være en relevant grenseverdi. Statens strålevern har en grenseverdi på $200 \mu\text{T}$ for varig eksponering. Basert på enkeltberegningene som er foretatt for Haugsneset (GIS-anlegg og transformatorgjennomføringer) og målinger utført på en annen tilsvarende omformerstasjon [14] vurderes det slik at arbeidstakere under opphold i rom utenfor Faradays bur mens anlegget er i drift ikke vil utsettes for høyere verdier enn $200 \mu\text{T}$ (gjelder 50 Hz vekselstrøm).

Vekslingen fra AC til DC kan forårsake EMF med mye høyere frekvenser enn strømfrekvens (50 Hz). Høyere frekvensnivåer er ikke kjente og heller ikke vurdert/beregnet i denne studien. Det anbefales å gjøre målinger av strålingsnivå ved ulike frekvenser når anlegget er i drift og

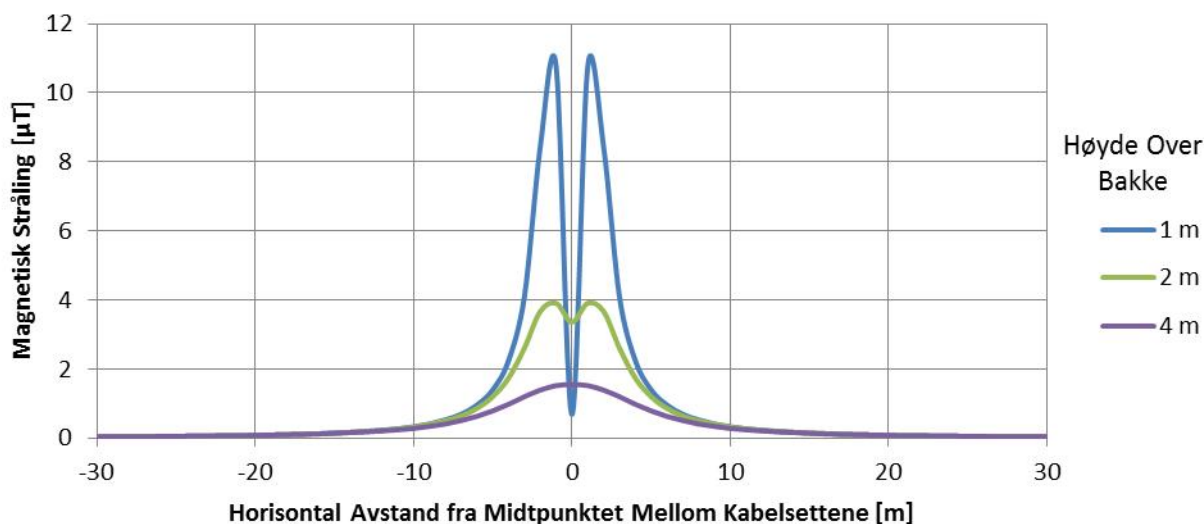
på bakgrunn av resultatene vurdere om skjermingen er tilstrekkelig. Det anbefales i tillegg periodevise målinger for å sikre at Faradayburet ikke blir redusert.

7. ELEKTROMAGNETISK STRÅLING FRA DC SJØKABEL

7.1 DC – UNDERSJØISK KABELBEREGNINGER

Metode for å utføre beregninger er beskrevet i kapittel 3.2.3.

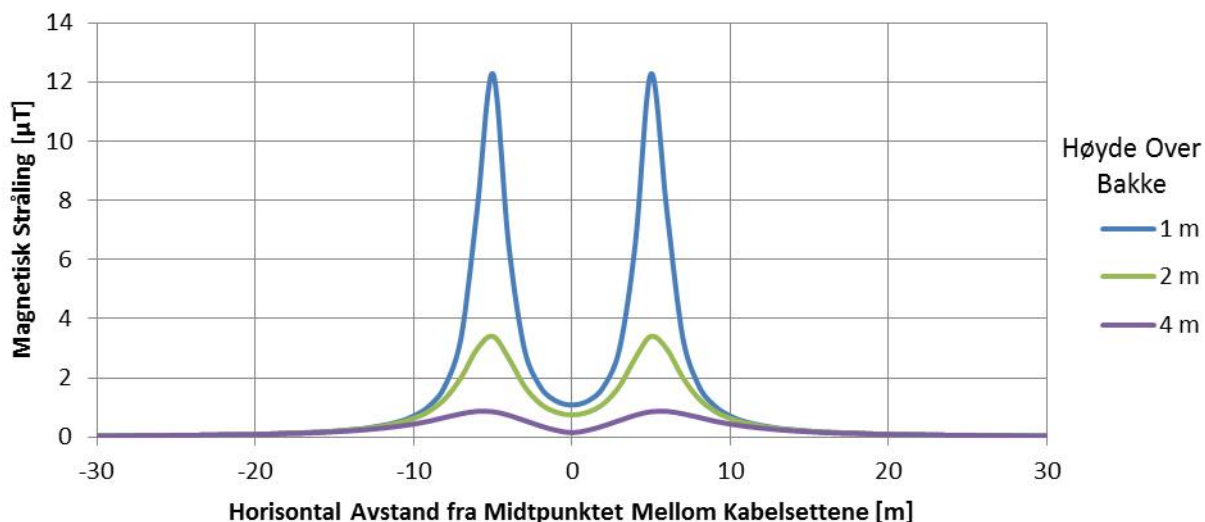
Gjennomsnittlige forventet strømgjennomgang gjennom hvert kabelsett ble oppgitt til 683 A. Ved en minste separasjonsavstand mellom kabelsettene på 2 m, ble følgende resultater oppnådd:



Figur 20: Magnetisk stråling fra DC kablene, med 2 m avstand mellom kabelsettene

Den maksimale magnetiske flukstetthet (B_{maks}) av disse studiene er oppnådd ved en høyde på 1 m over sjøbunnen. EMF (B_{maks}) beregnes til maksimal 10,8 μT ved 1 meter, 3,9 μT ved 2 meter, og 1,6 μT ved 4 meter over havbunnen.

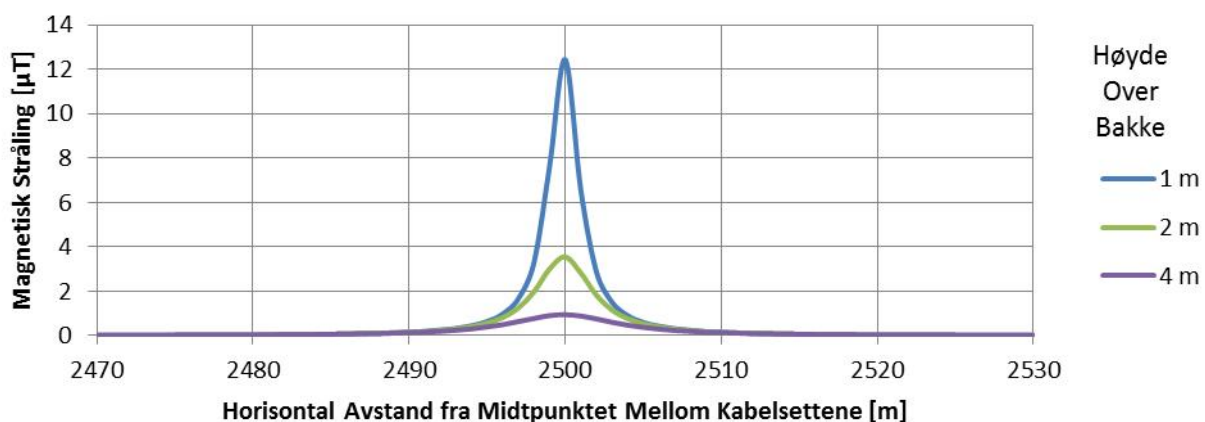
Gjennomsnittlige forventet strømgjennomgang gjennom hvert kabelsett ble oppgitt til 683 A. Ved en minste separasjonsavstand mellom kabelsettene på 10 m, ble følgende resultater oppnådd:



Figur 21: Magnetisk stråling fra DC kablene, med 10 m avstand mellom kablesettene

EMF (B_{maks}) beregnes til maksimalt 12,3 μT ved 1 m, 3,4 μT ved 2 m, og 0,9 μT ved 4 meter over havbunnen.

Gjennomsnittlige forventet strømgjennomgang gjennom hvert kabelsett ble oppgitt til 683 A og den minste tillatte avstand mellom de nærmeste punkter på hvert sett ble satt til 5 km. Følgende resultater ble oppnådd.



Figur 22: Magnetisk stråling fra DC kablene, med 5 km avstand mellom kablesettene

EMF (B_{maks}) beregnes til maksimal 12,4 μT ved 1 m, 3,6 μT ved 2 m, og 1 μT ved 4 meter over havbunnen.

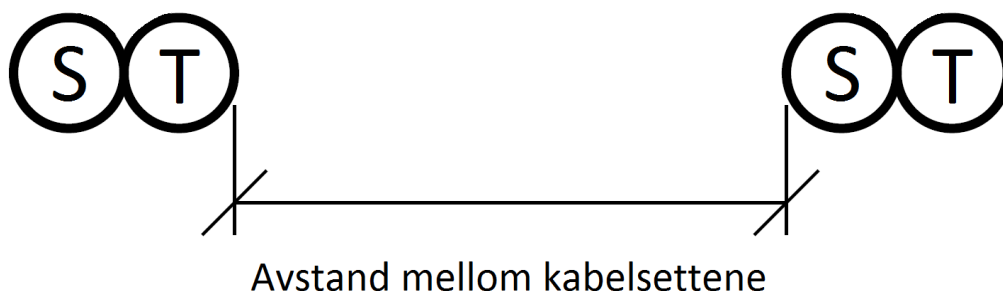
Figur 22 viser kun tallene for et kabelsett, selv om den magnetiske samspill med det andre kabelsettet er redegjort for i beregningene. Tallet for det andre kabelensettet 5 km unna ligger identiske og speilet om den vertikale akse.

7.2 DC SJØKABEL EVALUERING AV EMF-NIVÅ

Beregningene utført sammenfaller med beregninger i Rambøll-rapporten [3], som viser at avstanden mellom kablesettene ikke påvirker det resulterende feltet i stor grad, så lenge avstanden er minst 2 meter.

Beregningene viser også at feltene avtar raskt med avstand til kableten.

Alle de beregnede feltene er som forventet betydelig lavere enn jordens naturlige magnetiske felt (tilnærmet 1/10). For å oppnå disse resultatene er det viktig at fasene legges som skissert i Figur 23, dvs. at pluss og minuskabel legges parallelt.



Figur 23: Forlegningsprinsipp DC Sjøkabel

Det vurderes derfor som lite sannsynlig at feltene vil påvirke marint liv eller kompass-systemer, se kapittel 7.3 nedenfor.

7.3 EKSPONERING TIL OMGIVELSER

I kapittel 7.1 og 7.2 er det beregnet EMF-nivå 10,8-12,5 μT i en avstand 1m fra kabel, ved 2m eller mer mellom kabelsettene. Nivåene er betydelig lavere enn jordens geomagnetiske felt, som varierer fra 30 – 70 μT (ca 50 μT på våre breddegrader) [8].

Forstyrrelser på navigeringsutstyr

I Rambøllrapport avsnitt 2.2 og kapittel 6 vurderes mulige effekter av statisk EMF fra undersjøiske likestrømskabler for forstyrrelse på navigeringsutstyr [3]. Rambøll konkluderer med at virkningene av EMF fra undersjøiske likestrømskabler på navigeringsutstyr vil være lav.

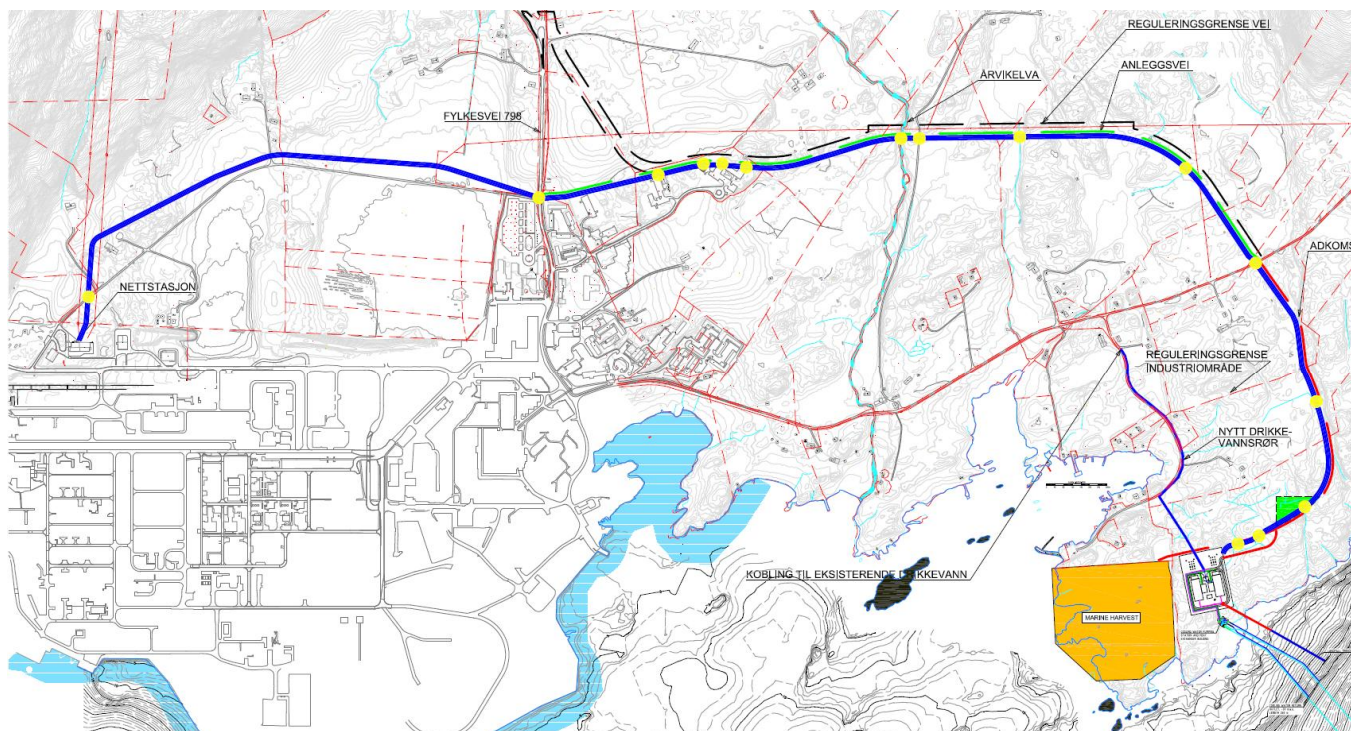
Påvirkning på marine organismer

De beregnede verdiene i kapittel 7.1 og 7.2 tangerer det laveste deteksjonsnivået for strålingssensitive marine organismer gitt i kapittel 3.1. Som nevnt innledningsvis er beregnede nivåer betydelig lavere enn bakgrunnsstrålingen fra jorden. Nåværende løsning anses derfor som akseptabel.

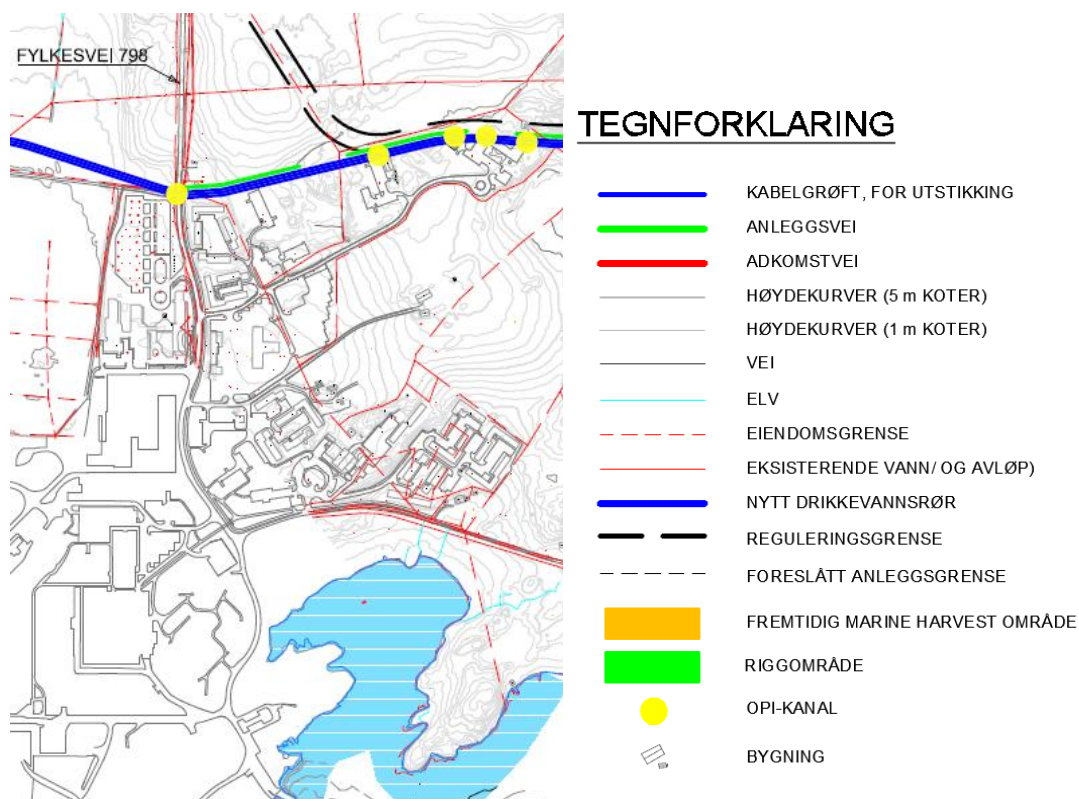
Det refereres til Rambøllrapport [3] for mer detaljer rundt forskningsresultater og vurdering av EMF-påvirkning på marine organismer.

8. KART OG REFERANSER

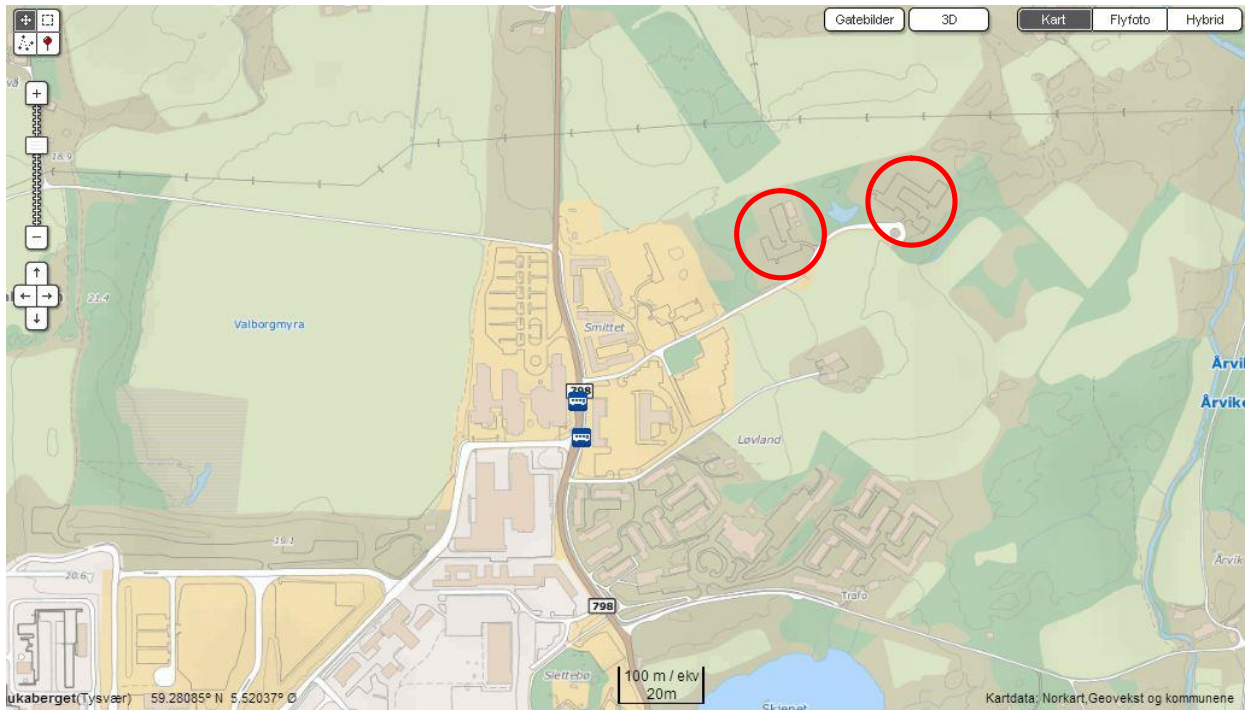
8.1 KART



Figur 24: Kartutsnitt AC landkabeltrasé



Figur 25: Kartutsnitt som viser kabeltrasé med mulige OPI-kanaler nær bygninger



Figur 26: Kartutsnitt som markerer to bygninger inntil planlagt AC landkabeltrasé

8.2 REFERANSER

- [1] "Route Engineering Report", IKM Ocean Design AS, Dokument nummer 1606011-IKM-Y-RA-0003, 07.11.2013
- [2] "HAZID Haugneset 26.08.14 presentation", mottatt på e-post fra TH Felle 19.8.2014
- [3] "Utsira High Power Hub EMF Study", Rambøll, Dokument nummer 131609005-ROGN-S-RA-10001 rev 01, August 2013
- [4] "Environmental Aspects Report-Environmental Risk and Opportunity Assessment", Utsira High Power FEED Study, Dokument nummer C145-ABB-S-SA-0001, 2012-11-23
- [5] "Utsira High Power from Shore, Cable Routing, Typical Section", Tegning, Dokument nummer C145-ABB-Q-XE-0006-03_2, 2012-09-20
- [6] "It's Time to Connect", ABB, brochure of HVDC Light power converter station, December 2012
- [7] «Bolig nær høyspentanlegg», Statens strålevern, <http://www.nrpa.no/dav/1795074b60.pdf>
- [8] "Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2009
- [9] "Extremely Low Frequency Fields – Environmental Health Criteria Monograph No. 238", World Health Organization
- [10] "Høyspentledninger og transformatorer", <http://www.nrpa.no/temaartikler/90641/hoeyspentledninger-og-transformatorer>, Statens strålevern, Publisert 06.02.2014, Oppdatert 06.02.2014 16:03
- [11] "Utsirahøyden elektrifisering – virkninger for miljø og samfunn" Rambøll, desember 2012
- [12] "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz)", International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2010
- [13] "Effects of EMFs From Undersea Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species", Bureau of Ocean Energy Management, 2011-09
- [14] EMC measurements at the Nord E ON1 on-shore converter station BlmSch (2)
- [15] TR 0926 Working environment , final version 4, valid from 2012-03-05
- [16] "Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure", International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection Standing Committee on Epidemiology: Anders Ahlbom, Adele Green, Leeka Kheifets, David Savitz, Anthony Swerdlow. Environmental Health Perspectives, 2004-12, 112(17): 1741–1754.
- [17] Strålevernforskriften, <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-10-29-1380>