
RAPPORT

Utredning av jordkabel mellom Krossberg-Harestad transformatorstasjoner

OPPDRAGSGIVER

Lyse Elnett AS

EMNE

Utredning av jordkabel

DATO / REVISJON: 03. desember 2021 / 05

DOKUMENTKODE: 10205476-RIEn-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Utredning av jordkabel mellom Krossberg-Harestad transformatorstasjoner	DOKUMENTKODE	10205476-RIEn-RAP-002
EMNE	Utredning av jordkabel som alternativ til luftlinje	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Lyse Elnett AS	OPPDRAAGSLEDER	Øystein Klokkehaug
KONTAKTPERSON	Inge Lunde	UTARBEIDET AV	Kjell Erik Fossen / Christian Svihus
KOORDINATER	FLERE	ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

SAMMENDRAG

Lyse Elnett AS har analysert behovet for økt effektbehov frem til 2030 i området fra Krossberg transformatorstasjon nordover til Harestad og videre ut til Nordbø transformatorstasjon. Det er avdekket et stort behov for å øke overføringskapasiteten og leveringssikkerheten som kan oppnås ved å bygge ny forsyning med en 132 kV linje eller kabel fra Krossberg til Harestad transformatorstasjon og videre til Nordbø transformatorstasjon. Den nye tilførselen er planlagt bygget med to kurser slik at man oppnår en redundans for å sikre forsyningen ved feil på den ene kursen. Det vil si at en kurs må kunne ta all last i høylastperioder. For å ta ut økt effekt i området nord for Krossberg, planlegges det å bygge en ny transformatorstasjon i området ved Harestad. Det pågår et parallelt arbeid med å finne traseer både for å bygge luftlinjer og jordkabel mellom de to transformatorstasjonene. Denne rapporten tar for seg muligheter og utfordringer med å bygge forsyningen med jordkabel fra Krossberg og frem til Harestad transformatorstasjon.

Traseene er identifisert ved hjelp av kart, ortofoto, underlag fra KU, befaring 2018, planer for ny E39 fra Statens Vegvesen og opplysninger gitt av Lyse Elnett AS i forbindelse med tilbakemeldinger etter melding av anlegget. Underlag for kostnadsestimering er basert på tall fra 2019, og er ikke regulert iht. indeks, materialkost eller eventuell effekter fra pandemi.

Tabell 1 Trasekostnader for aktuelle trasealternativ og antall kabelsett

Alternativ	Beskrivelse	Kostnad [MNOK]		
		Antall kabelsett:		
		1	2	3
K1.0	Fra Krossberg- til Harestad transformatorstasjoner korteste vei.	42.226	77.590	113.232
K2.0	Fra Krossberg transformatorstasjon frem til E39 og følger denne frem til Harestad transformatorstasjon.	46.463	85.505	125.221
K3.0	Fra Krossberg transformatorstasjon via Stora Stokkavatnet til Dusavika. Sjøkabel til Grødemhammaren og jordkabel videre til Harestad Transformatorstasjon.	89.959	153.743	225.065

05	03.12.2021	Revisjon tatt inn kostnader og tekst for 3 kabelsett	CHS	ØK	ØK
04	05.10.2021	Revisjon etter kommentarer fra kunde	KEF	CHS/ØK	ØK
03	21.05.2021	Revisjon med oppdaterte termiske vurderinger og hybridalternativ	KEF	ØK	ØK
01	22.01.2020	Revisjon etter tilbakemeldinger fra oppdragsgiver	GE	ØK	ØK
00	13.12.2019	Utredning av jordkabel som alternativ til luftlinje	ØK	ANV/GE	ØK
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Trasévalg	7
2.1	Generelle forutsetninger	7
2.2	Termisk betraktning av strømføringsevne	8
2.2.1	Strømføringsevne linje	8
2.2.2	Strømføringsevne jordkabler	9
2.2.3	Forutsetninger	10
2.2.4	Antall sett med kabler	10
2.2.5	Kabel forlagt i gang og sykkelvei og kommunale veier	13
2.2.6	Kabel forlagt i jordbruksareal med 1,0 meter overdekning	15
2.2.7	Fire kabelsett for hybridalternativ (kabel og linje)	17
2.2.8	Oppsummering strømføringsevne jordkabel	19
2.2.9	Kabel forlagt i OPI kanal / innstøpt rør ved kryssinger	20
2.2.10	Mulig løsning kryssing av E39	21
3	Vurderinger kabeltraseer	23
3.1	Trasé K1.0: jordkabel, korteste trasé mellom Krossberg Harestad	23
3.2	Alternativ K2.0: jordkabel fra Krossberg til Tasta og langs E39 mot Harestad	25
3.3	Alternativ K3.0: kabel gjennom Stokkakvatnet til Dusaviga og sjøkabel mot Harestad	27
3.4	Kryssing og fellesføring E39	28
3.5	Hybridløsning med jordkabel til nord for Friheim	29
4	Konsekvenser ved valg av jordkabel	31
4.1	Kryssinger	32
4.2	Utfordringer med de vurderte kabeltraseene	32
4.3	Feilstatistikk for kabelanlegg	34
4.4	Sjøkabelanlegg	36

1 Innledning

Lyse Elnett AS har analysert behovet for økt effektbehov frem til 2030 i området fra Krossberg transformatorstasjon nordover til Harestad og videre ut til Nordbø transformatorstasjon. Det er avdekket et stort behov for å øke overføringskapasiteten og leveringssikkerheten. Dette kan kun oppnås ved å bygge ny forsyning med en 132 kV linjer eller kabler fra Krossberg til Harestad transformatorstasjon og videre til Nordbø transformatorstasjon. Den nye tilførselen er planlagt bygget med to kurser slik at man oppnår en redundans for å sikre forsyningen ved feil på den ene kursen, for å kunne ta all last i høylastperioder. For å ta ut økt effekt i området nord for Krossberg planlegges det å bygge en ny transformatorstasjon i området ved Harestad. Det pågår et parallelt arbeid med å finne traseer både for å bygge luftlinjer og jordkabel mellom de to transformatorstasjonene. Denne rapporten tar for seg muligheter og utfordringer med å bygge forsyningen med jordkabel fra Krossberg og frem til Harestad transformatorstasjon.

Traseene er identifisert ved hjelp av kart, ortofoto, underlag fra KU, befaring 2018, planer for ny E39 fra Statens Vegvesen og opplysninger gitt av Lyse Elnett AS i forbindelse med tilbakemeldinger etter melding av anlegget.

I høringen i forbindelse med tidligere melding til NVE har det kommet frem klare ønsker om å utrede flere kabeltraseer, som et alternativ til luftlinjene.

I denne rapporten er det vurdert og beskrevet tre ulike alternativer for føring av jordkabel mellom Krossberg- og Harestad transformatorstasjoner. Det er forsøkt å velge rasjonelle traséer med minst mulig påvirkning for personer og tredjeparter, slik som kulturlandskap, dyrket mark, bebyggelse, kryssinger av annen infrastruktur o.l. I tillegg er Lyse Elnett sine spesifikasjoner for kabelanlegg lagt til grunn.

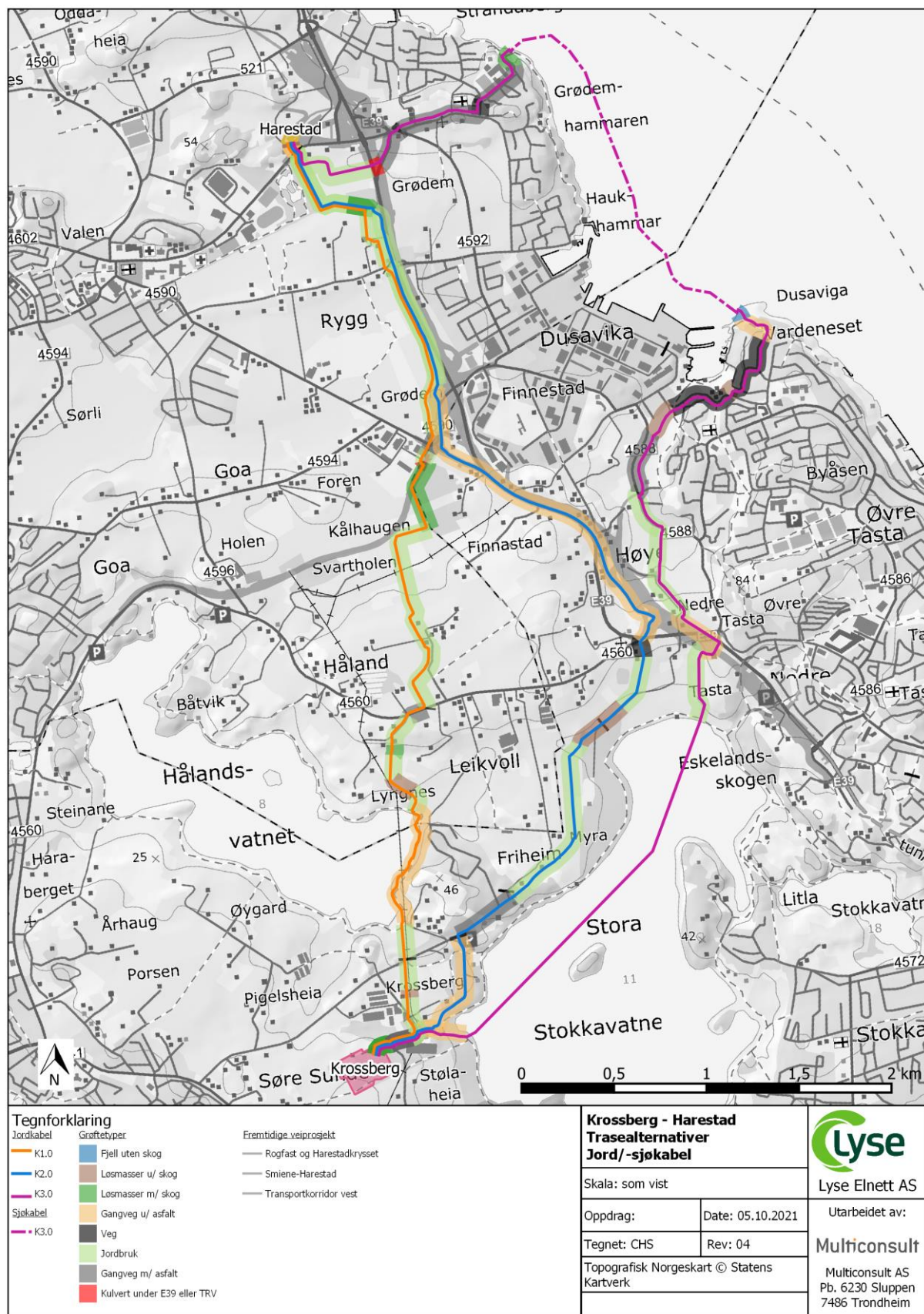
Det skal etableres to kurser mellom Krossberg og Harestad. Hver luftlinjekurs skal ha en overføringskapasitet på minimum 1600 A. For en eventuell jordkabelforbindelse vil det av hensyn til driftssikkerhet og fremtidig overføringskapasitet bli nødvendig med 3 kabelsett. Det kan derimot være aktuelt å legge to sett med kabler i første byggetrinn. Da kan man legge til rette for et tredje sett med kabel i et senere byggetrinn, enten ved å legge trekkerør eller utvide grøften med ett ekstra sett på et senere tidspunkt. For en nærmere vurdering rundt antall kabelsett se kapittel 2.2.2.

Den korteste traseen (nå kalt K1.0) går fra Krossberg til Randaberg og videre langs E39 til Harestad, men legges uavhengig av byggingen av E39.

Videre ble det fremmet et forslag (nå kalt alt. K2.0) å legge kabeltraseen langs E39 fra Tasta til Harestad. Dette er vurdert som en av løsningene ved at traseen legges i gang og sykkelvei der dette er mulig og eller langs E39 på resten av traseen.

I høringene i forbindelse med meldingen ble det lagt fram et forslag (nå kalt alt K3.0) om å legge kabel gjennom Store Stokkavatnet og jordkabel videre ut til Dusavika. Fra Dusavika kan det legges sjøkabel nordover til Grødemhammeren og jordkabel inn til nye Harestad transformatorstasjon. I sjøen mellom Dusavika og Grødemhammeren er det foreslått en løsning med tre-leder sjøkabler av type TKVA 145 kV 3x1x630 mm² KQ+FO. I Stokkavatnet er det foreslått å bruke jordkabel, men avhengig av blant annet dybde, kan det være behov for å bruke tilsvarende sjøkabel som mellom Dusavika og Grødemhammeren.

Det er vist en oversikt over de tre alternative rutene for kabler i Figur 1-1.



Figur 1-1: Oversiktskart for kabelrutealternativ mellom Krossberg- og Harestad transformatorstasjoner, inkludert grøftetype.

Det er vurdert fremkommelighet og kostnader for de tre alternative rutene med 3x3x1600mm² AL Jordkabler.

- Alternativ K1.0 (Orange trasé) består av kabelføring som er lagt i den korteste traseen fra Krossberg til Harestad
- Alternativ K2.0 (Blå trasé) starter i Krossberg, går mot øst frem til Tasta og ligger i gang- og sykkelvei langs E39 frem til Harestad
- Alternativ K3.0 (Fiolett trasé) starter i Krossberg, går mot øst ut i Store Stokkavatnet og tas opp på land rett sør for Nedre Tasta. Fra landtaket går traseen opp til Randabergveien, krysser ny E39 over tunellaket, fortsetter til Dusavika og videre ut i sjøen på Vardeneset. Traseen fortsetter fra Vardeneset til Grødemhammaren og videre og krysser E39 gjennom en kulvert før den går inn til Harestad transformatorstasjon

Alternativene er beskrevet mer detaljert i kapittel 3.

2 Trasévalg

2.1 Generelle forutsetninger

Lyse Elnett setter en del krav og forutsetninger for kabel og kabelføring i sin spesifikasjon for kabelanlegg (Lyse Elnett AS, 2017). Dette inkluderer blant annet:

- Merkespenning for kabler skal være 145kV med driftsspenning 132 kV
- Standard forlegningsmåte er kabler direkte forlagt i jord, i trekantformasjon
- Standard størrelse på kabler er 1600 mm² AL med segmentleder, anbefalt av Lyse Elnett
- Skjermareal skal minimum være 95 mm², dette må dimensjoneres under detaljprosjektering
- Det skal legges jordwire parallelt med kablene i grøften, med antatt minimum tverrsnitt 70 mm².
- Det skal inkluderes fiber i kablene for temperaturovervåkning

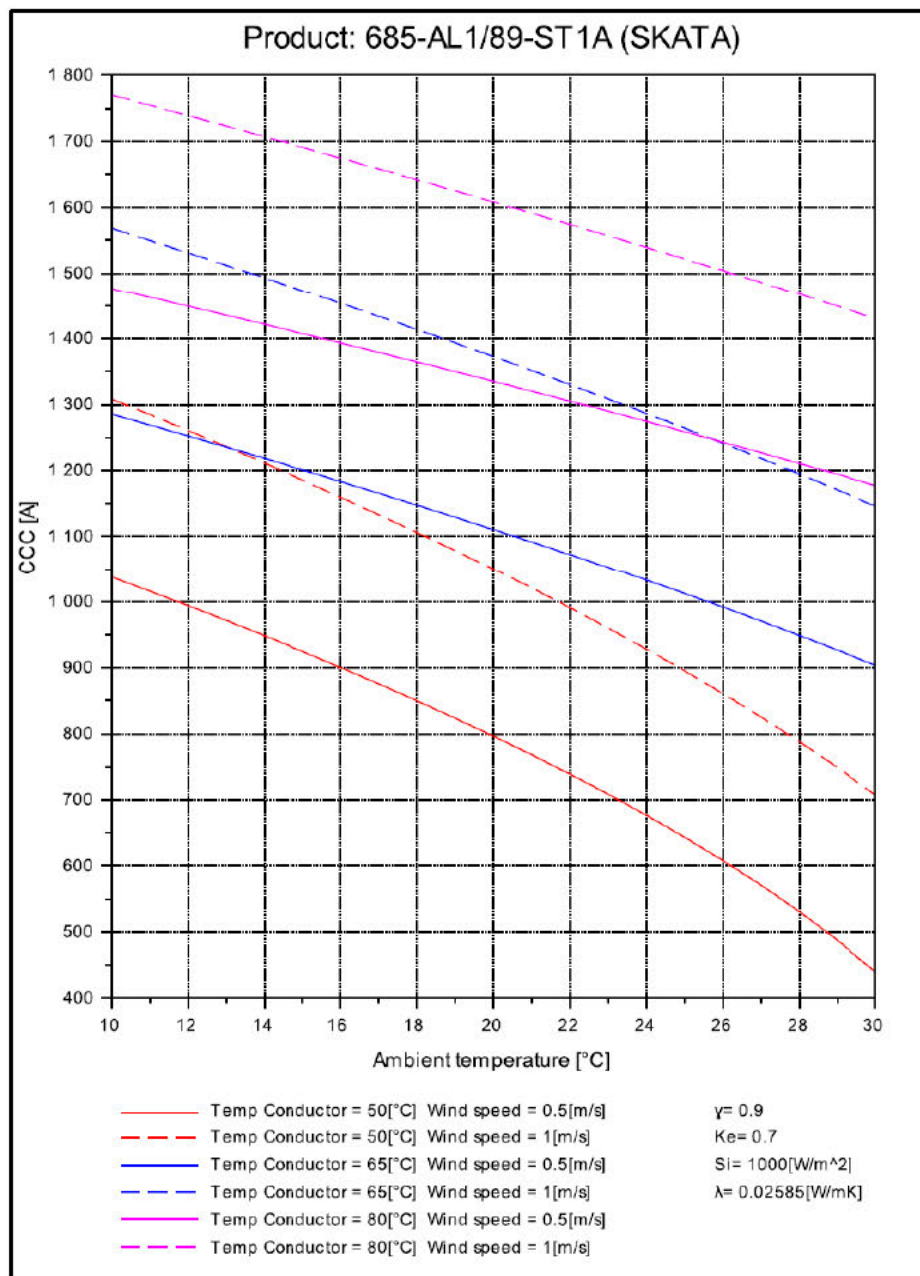
Andre prosjektspesifikke forutsetninger stilt av Lyse Elnett:

- Det skal legges fiber i eget trekkerør i kabelgrøft
- Forsyningen mellom Krossberg og Harestad skal kunne opprettholdes med en kurs. Strømføringsveie på en kurs forutsettes å kunne opprettholdes med to kabelsett, som skal tilsvare linetverrsnitt AL59 685, med en overføringskapasitet på 1600 A.
- For traséene er det ønskelig å forsøke å følge turveier, stier og grenser for dyrket mark samt unngå steingjerder og legge traseen slik at klausuleringsbelte (byggeforbudsbelte) ikke berører eksisterende bygninger. En kabelgrøft vil generelt ha en bredde på to meter. Lyse Elnett har et klausuleringsbelte på 3 meter fra ytterste fase. Dette vil gi et klausuleringsbelte på totalt åtte meter. Det skal ikke være boliger, garasjer etc. innenfor disse avstandene.
De deler av traseene som ligger langs E39 samordnes med Statens Vegvesen, for alternativ K2.0 planlegges det at traseen så langt som mulig skal legges i gang og sykkelveg som bygges i forbindelse med ny E39. Det er en rekke kryssing og fellesføring med veier, fiber, gass og VA som er beskrevet nærmere i *kapittel 3*. I boligfelt er det også ønskelig at traseen legges i kommunale veier for å unngå at traseen ligger på private boligtomter.
- Avstanden mellom kabelsettene er på min 70 cm, hvis ikke de termiske forholdene krever økt avstand.
- Standard forlegningsdybde følger REN 9012 for viktige kabler med 900 mm overdekning.

2.2 Termisk betraktning av strømføringssevne

2.2.1 Strømføringssevne linje

For å ha tilstrekkelig overføringskapasitet mellom Krossberg og Harestad transformatorstasjoner er det beregnet at det skal benyttes 685-AL som har en overføringskapasitet på ca. 1600A ved 20°C.



Figur 2-1 Strømføringssevne for ett linje sett

Ledningsevnen til linjen er basert på IEC61597 med følgende data:

- Linjetype AL 59 685
- Ledertemperatur 80 grader
- Vindhastighet 0,6 m/s.
- Omgivelsestemperatur på 20°C
- Dette gir en overføringssevne på ca. 1600A for en linje/kurs

2.2.2 Strømføringsevne jordkabler

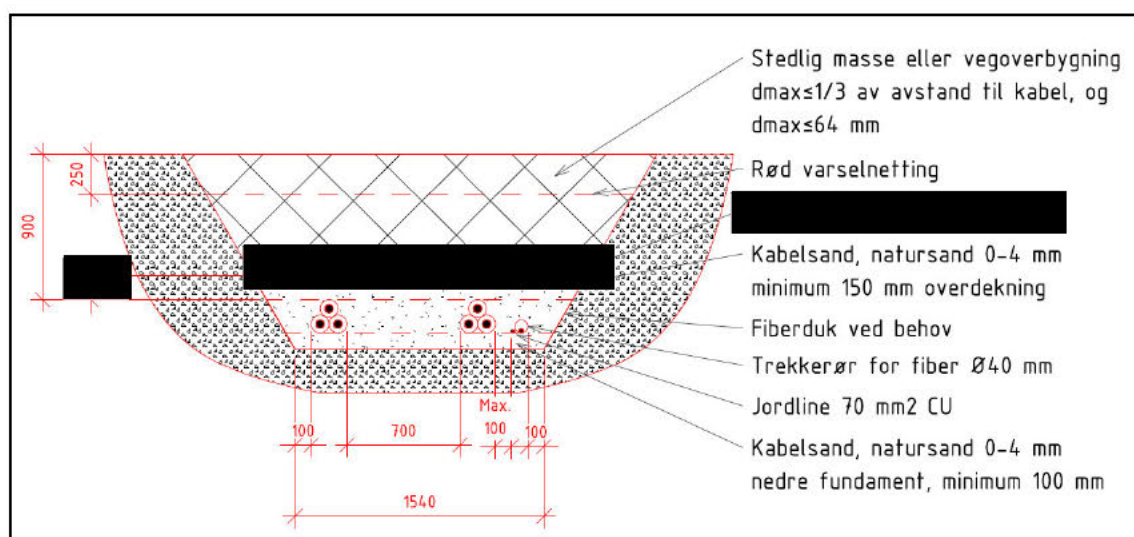
Begrensningen for hvor mye strøm en høyspentkabel kan føre er bestemt av hvor mye varme isolasjonen tåler. Nye kabler som installeres i dag benytter som regel kryssbundet polyetylen (PEX) som isolasjon. Denne isolasjonen bør ikke utsettes for temperaturer over 90 °C over lengre tid, da dette vil redusere levetiden drastisk. Ved planlegging av kabelruter må det derfor tas hensyn til omstendigheter som kan redusere kabelens mulighet til å avgi varme. Direkte forlegning i jord gir som regel en god varmeledning bort fra kablene. Forlegning i omstøpt rørpakke (OPI-kanal) der rørene ikke etterfylles med bentonitt, vil begrense muligheten til å lede bort varme, og derfor redusere strømføringsevnen. Det samme gjelder kabel forlagt i trekkerør. Lyse Elnetts standard løsning er direkte forlegning i jord (Lyse Elnett AS, 2017). På grunn av gjennomføringstidspunkt ifm. kryssing av E39 må dette planlegges for å opprettholde kravet til varmeavgivelse da veimasser som pukk og asfalt har mindre resistivitet en jord og kabelsand. Enkelte løsninger vil være vanskelig å få til da temperaturen i kablene vil overskride anbefalte verdier.

Det er utført en termisk beregning av strømføringsevne for følgende konfigurasjoner:

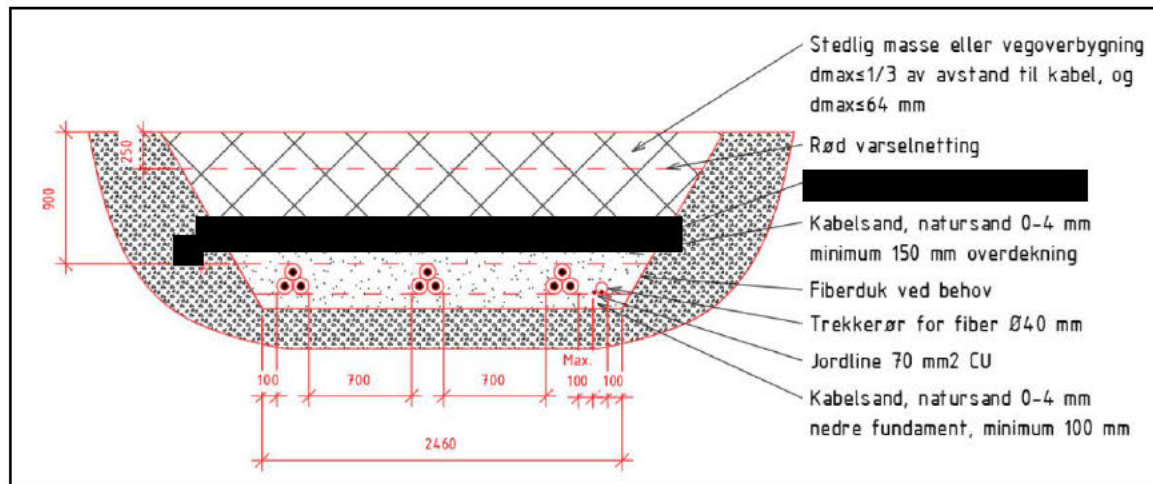
- Drift på to kabelsett, forlagt direkte i jord.
- Drift på to kabelsett, med et tredje, utkoblet kabelsett i samme grøft
- Drift på to kabelsett, der ett kabelsett ligger i trekkerør.

Kabelen skal driftes på 132 kV. Strømføringsevnen kan bli begrenset når kablene legges dypere enn det som er lagt til grunn, for eksempel ved kryssing av veier og annen infrastruktur. Det er utført beregninger ved hjelp av verktøyet «Ren Grøft» på strømføringsevne for forlegninger med 0,9 cm overdekning både direkteforlagt og med kabler i rør. Statens Vegvesen har antydnet at det ikke er tilstrekkelig å legge rør i krysningspunktet under E39. De ønsker at det skal benyttes OPI kanal eller at rør støpes inn i betong, noe som gir en høyere temperatur på kablene.

Den innbyrdes avstand mellom hvert kabelsett forlagt i jord er for de normale kabelgrøftene satt til 70 cm mellom hvert kabelsett. Denne avstanden er noe større enn det som normalt kreves for å opprettholde god nok kjøling av kabelen, men stor nok avstand til å forenkle arbeid ved feilretting på kabel. Figur 2-2 og Figur 2-3 viser prinsipielt grøftesnitt med 70 cm avstand mellom settene. Det vil være nødvendig å øke avstanden i Gang og sykkelveier, kommunale og private veier og der det er benyttet andre masser med større resistivitet en det som er lagt til grunn her.



Figur 2-2: Prinsipielt grøftesnitt for to kabelsett, 900 mm overdekning og 700 mm avstand



Figur 2-3: Prinsipielt grøftesnitt for tre kabelsett, 900 mm overdekning og 700 mm avstand.

2.2.3 Forutsetninger

I beregningene er det benyttet data for en kabeltype som tilsvarer Lyse Elnett sine krav:

- TSLF 1x1600 mm² med aluminiumsleder
- 95 mm² skjermareal
- Diameter over leder 49,8 mm
- Total diameter 105,5 mm
- Strømføringssevne ved «standard» forlegning 1030 A pr kabel. (Nexans)

Det er benyttet 15 °C omgivelsestemperatur og termisk resistivitet 1,3 Km/W for jordsmonnet.

I henhold til IEC 60287 kan 1 Km/W benyttes for våte omgivelser (regn med jevne mellomrom) og 2,0 Km/W for tørre omgivelser (sjeldent regn) (Norsk elektroteknisk komité, 2017). Det vil være punkter langs traséen der det er usikkert hvor tørt jordsmonnet er, for eksempel ved kryssing av E39, i områder med mye sprengtstein og generelt ved lengre perioder uten nedbør. Slike punkter vil kunne være dimensjonerende for strømføringssevnen til jordkabelen. Det antas at 1,0 Km/W kan benyttes for ledningssonen og 1,3 Km/W kan benyttes for gjenfyllingssonen, men at det må regnes med 2,0 Km/W i gjenfyllingssonen i veier.

2.2.4 Antall sett med kabler

For alle alternativene, K1.0, K2.0 og K3.0, er det forutsatt at alle kablene for begge kursene legges i samme grøft. Antallet kabler vil i seg selv begrense overføringssevnen på grunn av gjensidig oppvarming.

Som vist i Figur 2-1 skal en kurs med to kabelsett mellom Krossberg og Harestad transformatorstasjoner kunne overføre 1600 A. Dette med bakgrunn i at all last skal forsynes på en kurs ved utfall på den andre kursen. Det er også vurdert et alternativ med et tredje kabelsett, direkte forlagt eller i trekkerør. Dette vil medføre at belastning fordeles over tre kabelsett i en normal driftssituasjon. Ved en utkobling/feil på ett av kabelsettene, skal de to andre kabelsettene kunne overføre 1600 A. Ved bruk av standard tabellverdier iht. REN-blad 9118 (Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet, 2011) kan man ta utgangspunkt i at strømføringssevnen i en grøft med to sett kabler reduseres til 87 % av kapasiteten.

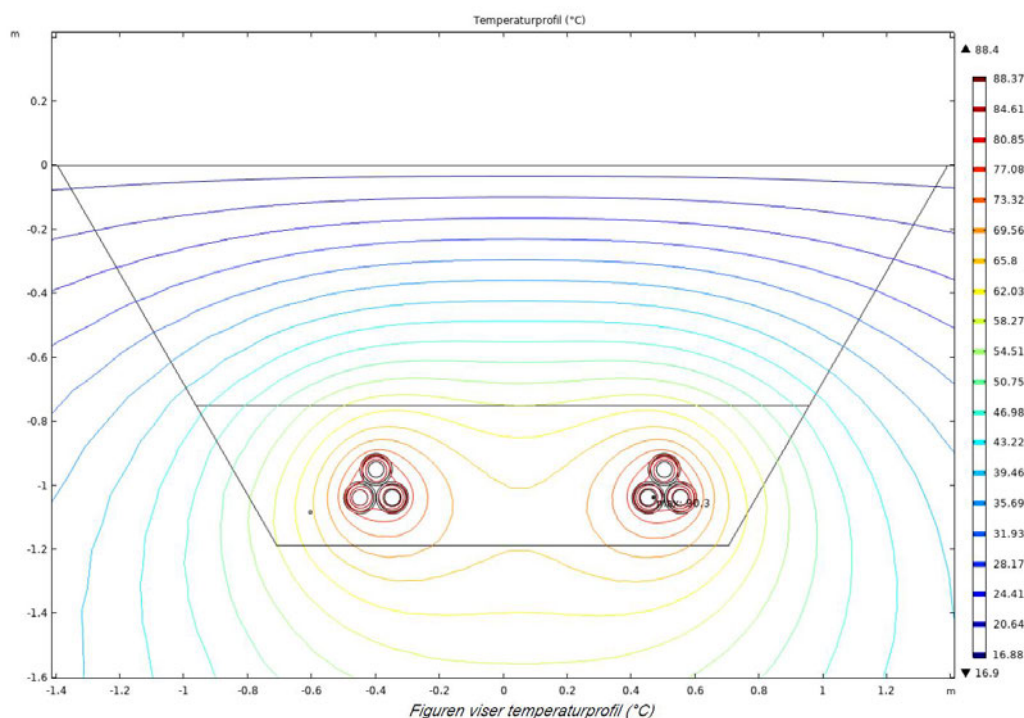
For å kontrollere at strømføringssevnen er innenfor kravet er det benyttet verktøyet REN Grøft. Kabel forlagt i vanlig kabelgrøft

- Trekantforlegning, lukket kappe

- 70 cm innbyrdes avstand mellom kabelsettene
- 90 cm overdekning
- Termisk resistivitet 1,0 Km/W i ledningssonen
- Termisk resistivitet 1,3 km/W i gjenfyllingssonen.
- Det er forutsatt lik strømfordeling mellom kabelsettene

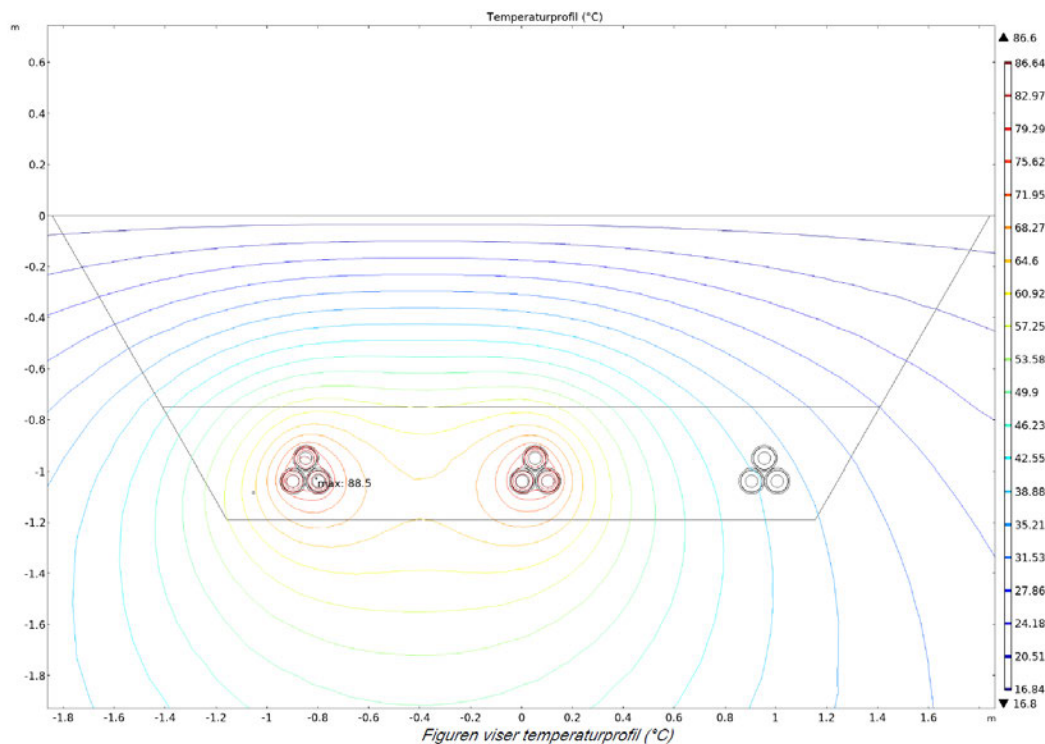
Dette gir en maksimal overføringskapasitet på $2 \times 860 \text{ A} = 1720 \text{ A}$ ved 90°C som vist i Figur 2-4 og Figur 2-5. I forhold til overføringskravet på 1600 A , gir dette en overføringsevne som er ca. 7 % større enn kravet.

Hvis et tredje kabelsett skal legges i trekkerør og et kabelsett blir tatt ut av drift, vil det ikke kunne overføres mer enn $2 \times 740 \text{ A} = 1480 \text{ A}$. Dette er vist i Figur 2-6.

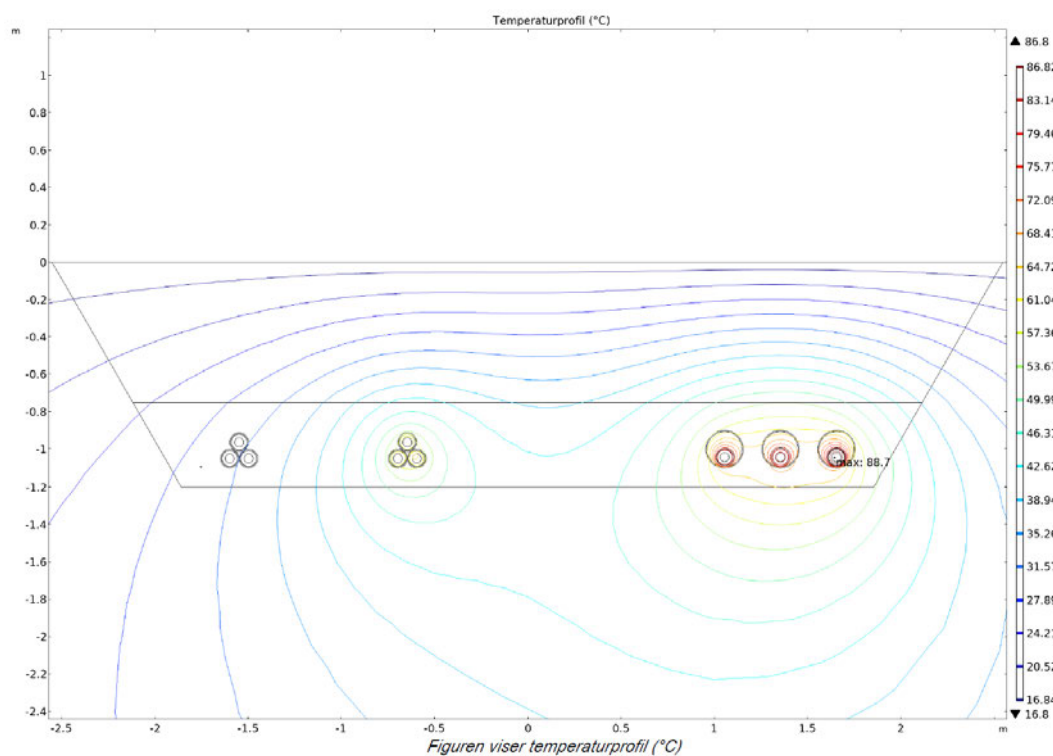


Figur 2-4 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 70 cm avstand ved 1720 A fordelt på to kabelsett.

Ved å øke avstanden mellom kabelsettene, vil varmeavledningen bort fra kablene forbedres og temperaturen i kabelen reduseres. Dermed kan overføringsevnen økes noe ved at avstanden mellom kabelsettene økes.



Figur 2-5 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 70 cm avstand ved 1720 A fordelt på to kabelsett og ett kabelsett ute av drift (til høyre)

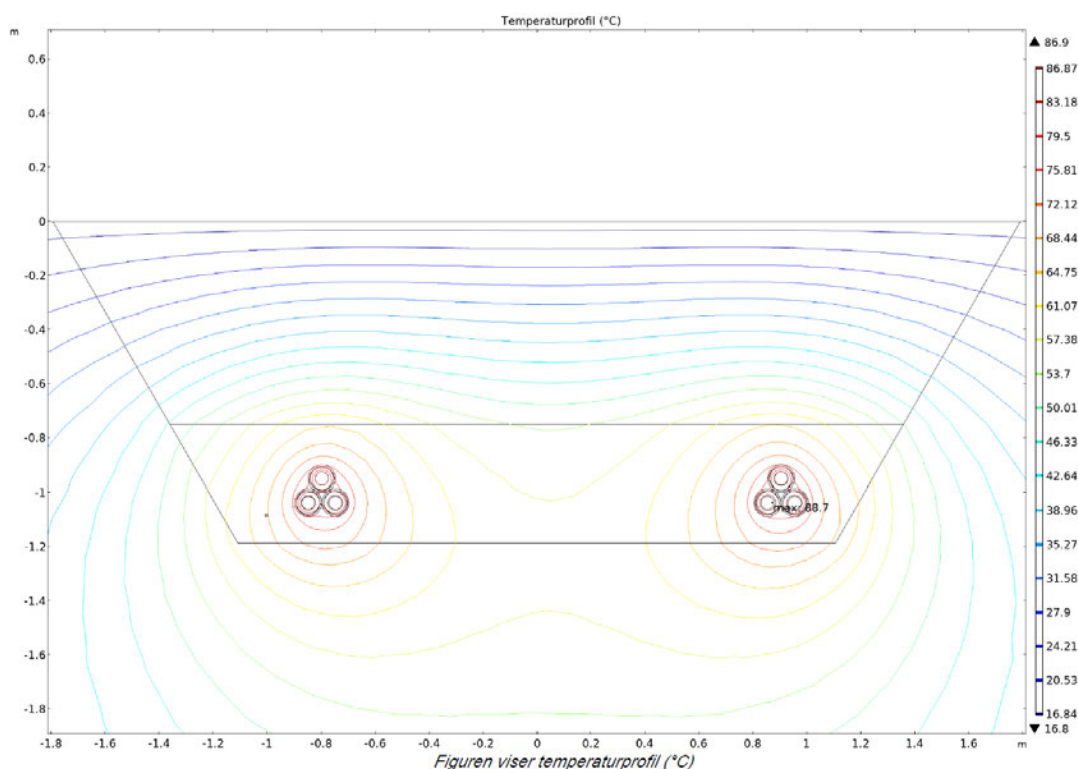


Figur 2-6 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 150 cm avstand mellom kabel og trekkerør ved 1480 A fordelt på to kabelsett, der det ene kabelsettet ligger i trekkerør. Ett kabelsett er ute av drift (til venstre)

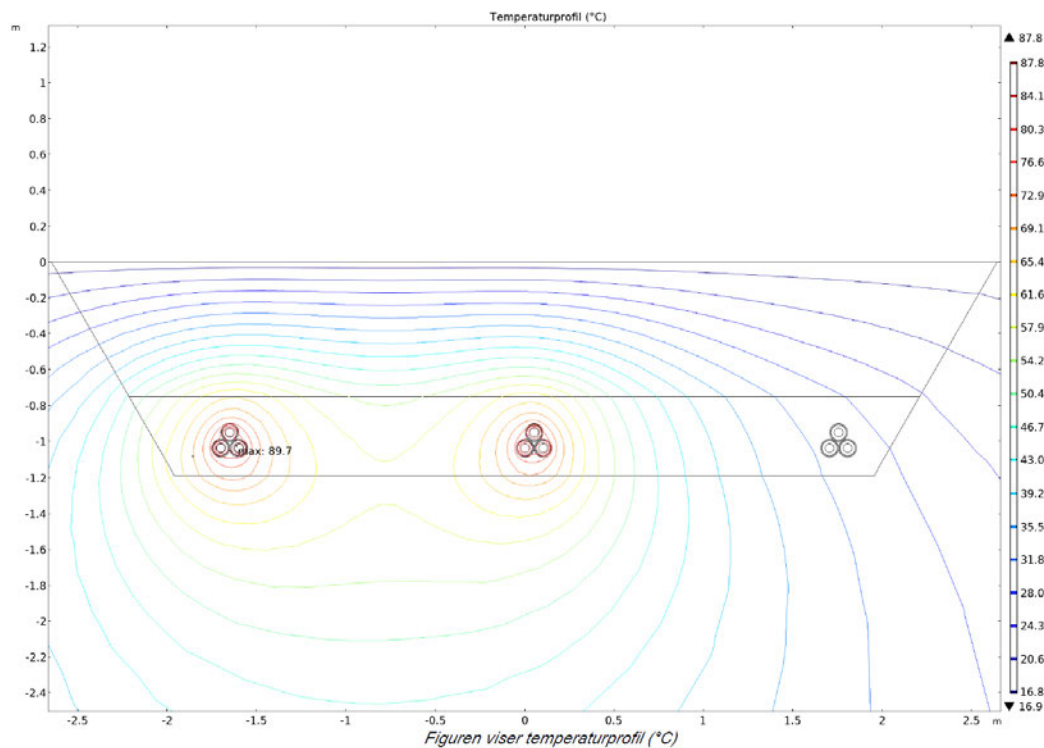
2.2.5 Kabel forlagt i gang og sykkelvei og kommunale veier

For å se på muligheten til å benytte samme type kabler i gang og sykkelvei og i kommunale veier har vi i denne modellen lagt til grunn en resistivitet på 2,0 km/W i igjenfyllingssone og omliggende masser. Det vil si at vi har tatt hensyn til at massen er drenerende og vil være tørre i deler av året. Resultatet viser at ved en forlegning av kablene i Gang og sykkelvei og langsgående i kommunale veier må den innbyrdes avstanden mellom kabelsettene økes til ca. 1,5 meter for å kunne overføre 1600 A på to kabelsett. Ved utvidelse til et tredje kabelsett forlagt i trekkerør, blir overføringskapasiteten redusert til 1320 A under en feilsituasjon, der det ene kabelsettet er ute av drift. Det er forutsatt lik strømfordeling mellom kabelsettene. Dette er vist i Figur 2-9.

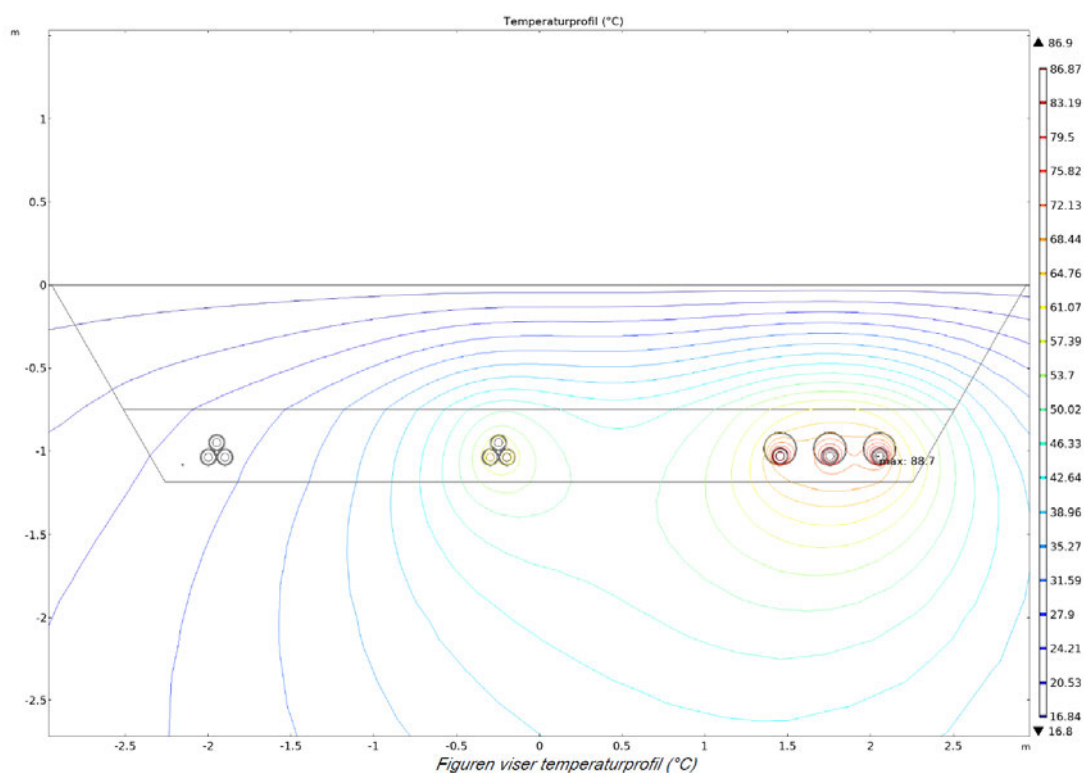
- Trekantforlegning, lukket kappe
- 150 cm innbyrdes avstand mellom kabelsettene
- 90 cm overdekning
- Termisk resistivitet 1,0 Km/W i ledningssonen
- Termisk resistivitet 2,0 km/W i gjenfyllingssonen
- Det er forutsatt lik strømfordeling mellom kabelsettene



Figur 2-7 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 150 cm avstand ved 1600 A fordelt på to kabelsett.



Figur 2-8 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 150 cm avstand ved 1600 A fordelt på to kabelsett og ett kabelsett ute av drift (til høyre).



Figur 2-9 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 150 cm avstand mellom kabel og trekkerør ved 1320 A fordelt på to kabelsett, der det ene kabelsettet ligger i trekkerør. Ett kabelsett er ute av drift (til venstre)

Denne forlegningen gir en overføringskapasitet på $2 \times 800 \text{ A} = 1600 \text{ A}$ ved 90°C som vist i Figur 2-7. Dette gir ingen margin i forhold til et overføringskrav til på 1600 A . Hvis et tredje kabelsett legges i trekkerør, vil det ved en feilsituasjon (der det ene kabelsettet er ute av drift) kunne overføre maksimalt 1320 A .

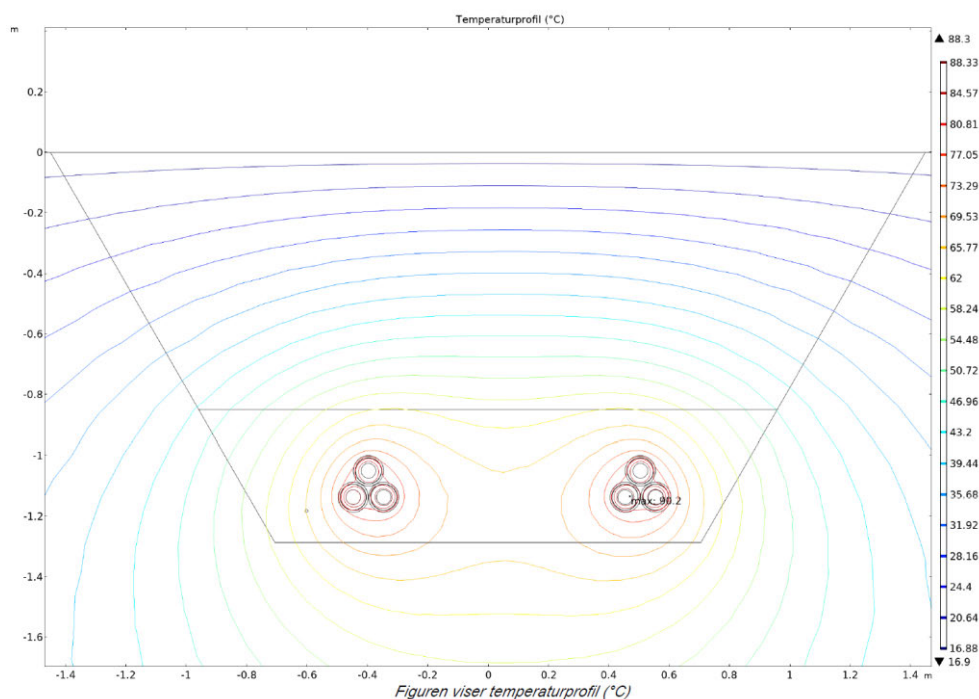
2.2.6 Kabel forlagt i jordbruksareal med 1,0 meter overdekning

For å se på muligheten til å benytte samme type kabler i jordbruksområder som i resten av traseen har vi i denne modellen lagt til grunn en resistivitet på $1,3 \text{ km/W}$ i igjenfyllingssone og omliggende masser. Resultatet viser at ved en forlegning av kablene i jordbruksareal må den innbyrdes avstanden mellom kabelsettene økes til ca. $1,5 \text{ meter}$ hvis det skal benyttes trekkerør for et tredje kabelsett. Ved en slik forlegning vil kabelgrøften bli ca. $4,0 \text{ meter}$ bred i bunnen.

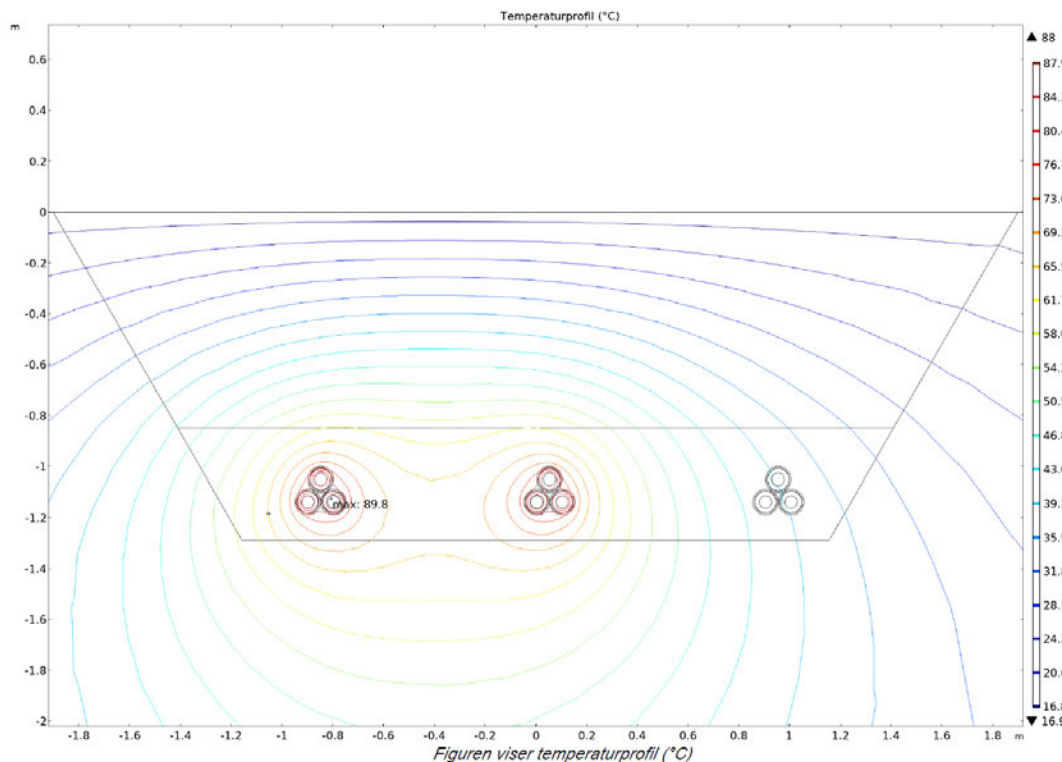
- Trekantforlegning, lukket kappe
- 70 cm innbyrdes avstand mellom kabelsettene
- 100 cm overdekning
- Termisk resistivitet $1,0 \text{ km/W}$ i ledningssonen
- Termisk resistivitet $1,3 \text{ km/W}$ i igjenfyllingssonen

Det er forutsatt lik strømfordeling mellom kabelsettene

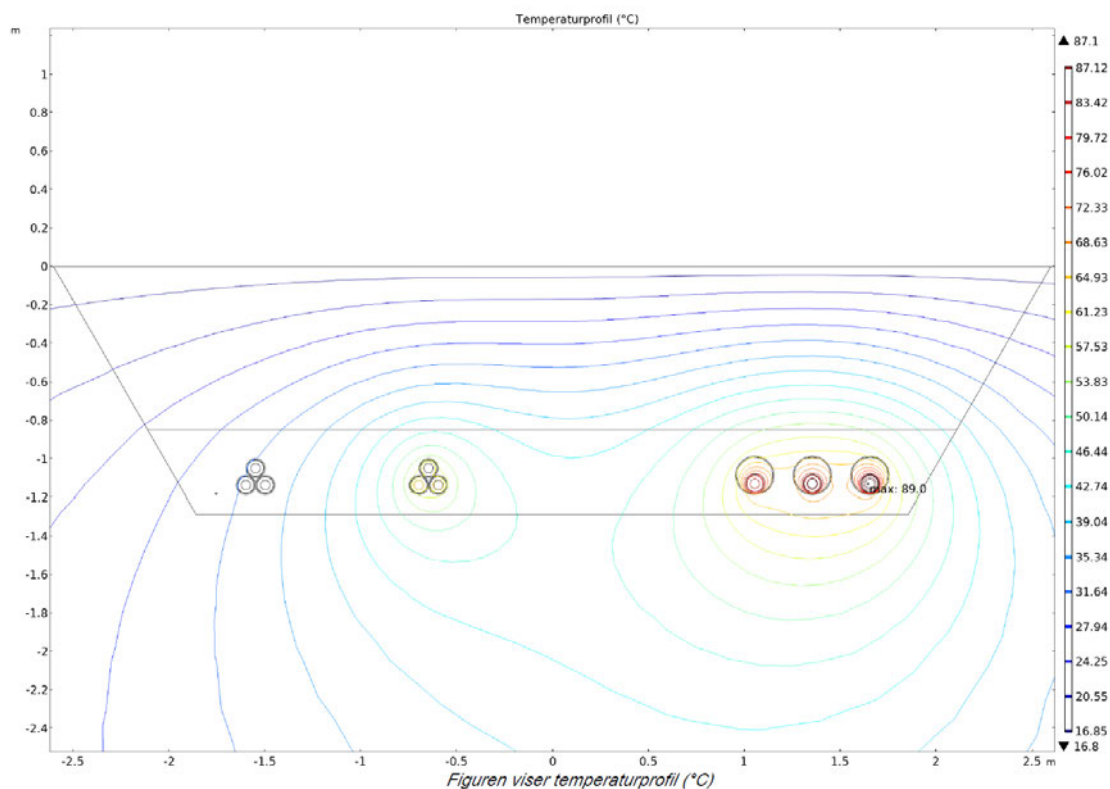
Dette gir en overføringskapasitet på $2 \times 850 \text{ A} = 1700 \text{ A}$ ved 90°C , som vist i Figur 2-10. I forhold til overføringskravet på 1600 A , gir dette en overføringsevne som er ca. 6% større enn kravet.



Figur 2-10 Viser makstemperatur på kabler forlagt med 100 cm overdekning og 70 cm avstand og overføring på 1700 A .



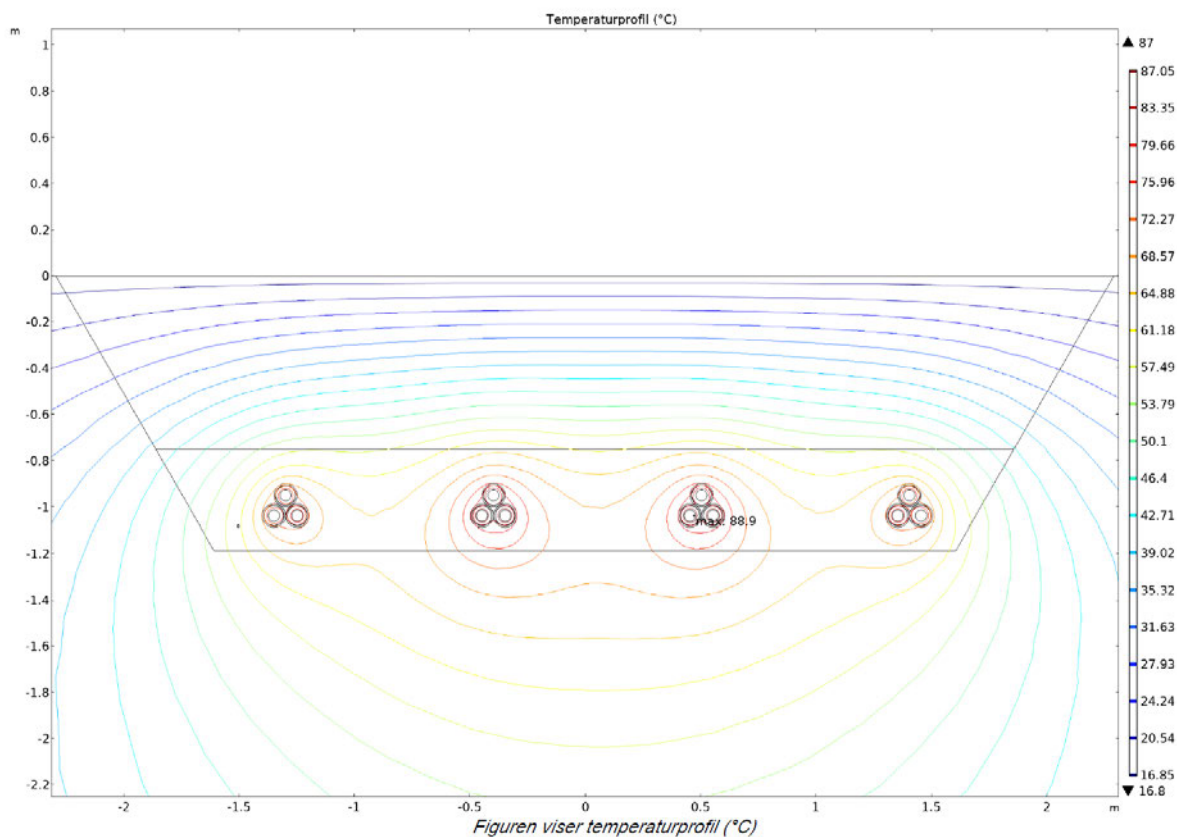
Figur 2-11 Viser makstemperatur på kabel ved 100 cm overdekning og 70 cm avstand ved 1700 A fordelt på to kabelsett og ett kabelsett ute av drift (til høyre).



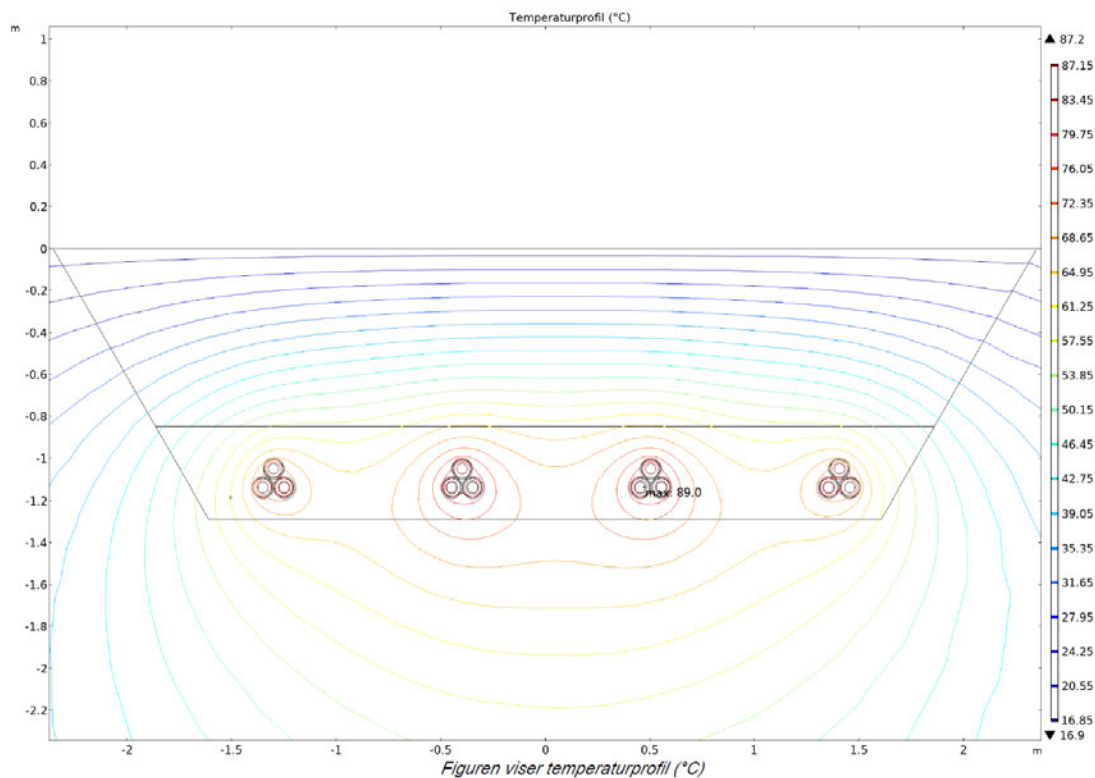
Figur 2-12 Viser makstemperatur på kabel ved 100 cm overdekning og 150 cm avstand mellom kabel og trekkerør ved 1460 A fordelt på to kabelsett, der det ene kabelsettet ligger i trekkerør. Ett kabelsett er ute av drift (til venstre)

2.2.7 Fire kabelsett for hybridalternativ (kabel og linje)

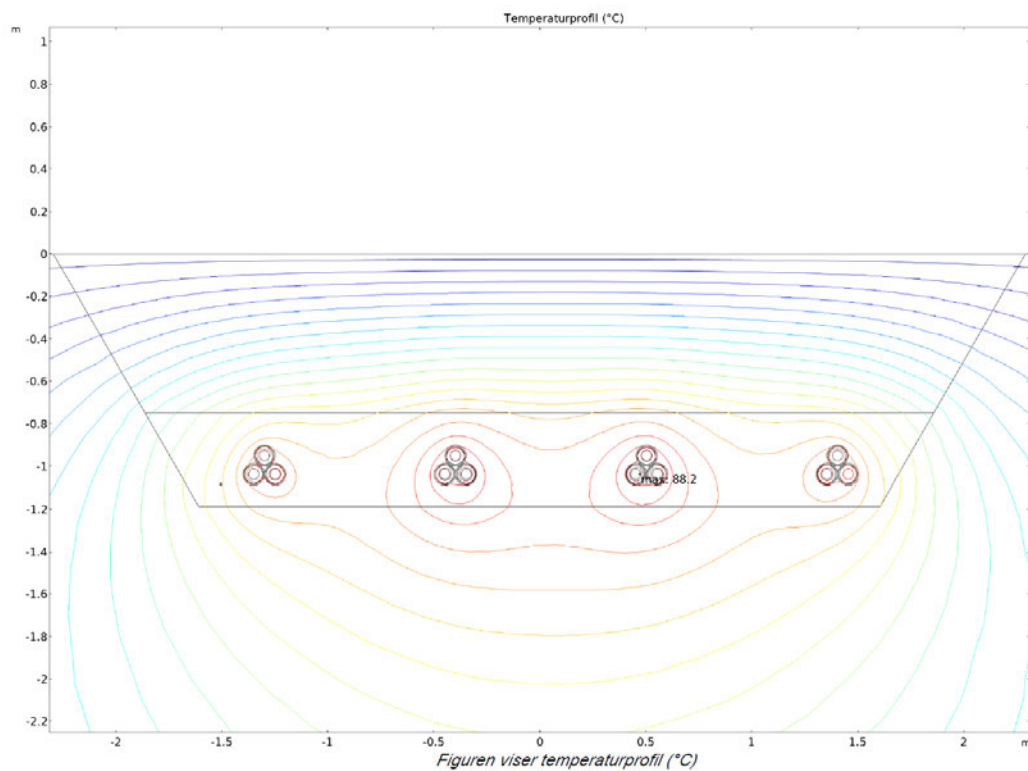
Det er også vurdert hybridløsning med jordkabel fra Krossberg frem til kabelmast nord for Friheim, med linje videre til Harestad. Denne grøfta vil bestå av fire kabelsett, det er kjørt en termisk analyse for finne maksimal belastning med fire kabelsett. Total belastning ved feil på en kurs er 1600 A. Den begrensende faktoren vil være forlegning i gang og sykkelvei og kommunale veier. På grunn av en høyere termisk resistivitet i gjenfyllingssonen (2.0 mK/W). Maksimal overføringskapasitet for en slik konfigurasjon vil være $4 \times 650 \text{ A} = 2600 \text{ A}$. Resultatet er vist i figurene under.



Figur 2-13 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 70 cm innbyrdes avstand og overføring på $4 \times 760 \text{ A}$. Termisk resistivitet på 1.3 mK/W i gjenfyllingssonen.



Figur 2-14 Viser makstemperatur på kabel ved 100 cm overdekning og 70 cm innbyrdes avstand og overføring på 4 x 740 A. Termisk resistivitet på 1.3 mK/W i gjenfyllingssonen



Figur 2-15 Viser makstemperatur på kabel ved 90 cm overdekning og 70 cm innbyrdes avstand og overføring på 4 x 650 A. Termisk resistivitet på 2.0 mK/W i gjenfyllingssonen.

2.2.8 Oppsummering strømføringssevne jordkabel

Tabell 2 oppsummerer overføringskapasiteten for de forskjellige grøftetypene. Oppnådd overføringskapasitet er ved maksimal kabeltemperatur på 90°C. Alternativet med kabel forlagt i trekkerør, vil ikke oppnå en overføringskapasitet på 1600 A når et kabelsett er ute av drift. Basert på denne termiske analysen, vil det ikke være hensiktsmessig å etablere trekkerør langs kabeltrasen, unntatt ved korte veikryssinger (se kap. 2.2.9).

Tabell 2 Overføringskapasitet kabel

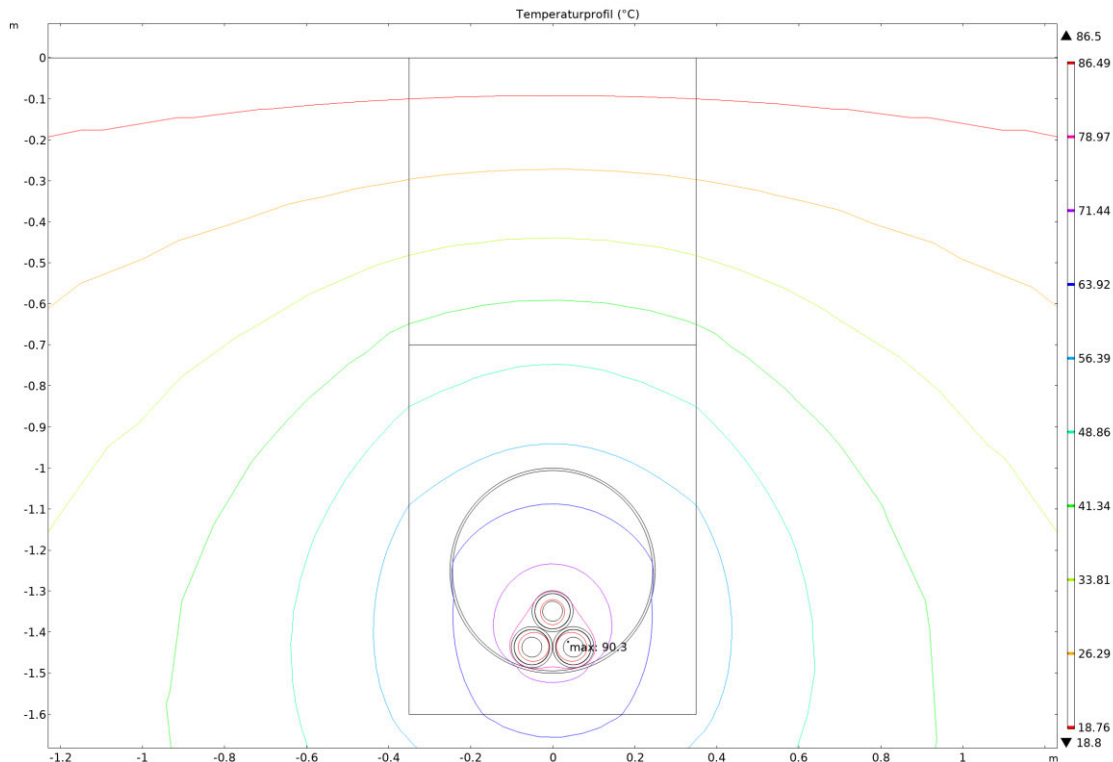
	90 cm overdekning 1.3 mK/W (standard grøft)	100 cm overdekning 1.3 mK/W (jordbruksareal)	90 cm overdekning 2.0 mK/W (gang/syssel - vei og kommunal vei)
To kabelsett	1720 A	1700 A	1600 A
Tre kabelsett (to kabelsett i drift)	1720 A	1700 A	1600 A
Tre kabelsett (to kabelsett i drift, ett i trekkerør)	1480 A	1460 A	1320 A
Fire kabelsett	4 x 760 A	4 x 740 A	4 x 650 A

2.2.9 Kabel forlagt i OPI kanal / innstøpt rør ved kryssinger.

For å se på muligheten til å benytte OPI kanal/ innstøpte rør ved kryssing av kommunale- og fylkesveier har vi lagt til grunn en resistivitet på 2,0 km/W i igjenfyllingssone og omliggende masser. Resultatet viser at ved en forlegning av kablene i OPI kanalinnstøpt rør må den innbyrdes avstanden mellom hvert kabelsettene økes til en så stor avstand at de ikke påvirker hverandre. Det er kjørt tester på å legge kabler i en vanlig OPI kanal med ett rør per kabel. Resultatet viser at en slik forlegningsmåte ikke er mulig grunnet økt termisk påvirkning. Det kan være en løsning å støpe inn ett rør på 500 mm som alle tre kablene, i ett kabelsett, trekkes samlet inn i. Samtaler med Statens Vegvesen har vist at de foretrekker en slik forlegning ved kryssing av veier. Ved en slik forlegning vil det bli tre helt uavhengige kabelgrøfter.

- Trekantforlegning, lukket kappe i felles innstøpte 500mm trekkerør.
- Kabelsettene må ikke påvirke hverandre termisk
- 90 cm overdekning
- Termisk resistivitet 1,0 Km/W i ledningssonen
- Termisk resistivitet 2,0 km/W i igjenfyllingssonen.

Dette gir en overføringskapasitet på 850A = 1700 A ved 90 °C, som vist i Figur 2-16. I forhold til overføringskravet på 1600 A, gir dette en overføringsevne som er ca. 5 % større enn kravet. Det er store utfordringer ved å trekke tre kabler på samme tid i røret. For å ha mulighet til å gjøre dette må det planlegges en skjøt på den ene siden av kryssningen. Dette kan totalt gi flere skjøter noe som er prisdrivende. Skjøter er en potensiell feilkilde og flere skjøter kan gi større sannsynlighet for feil.



Figur 2-16 Trekantforlegging med 90 cm overdekning i felles 500 mm innstøpt rør.

2.2.10 Mulig løsning kryssing av E39

Statens Vegvesen (SVV) har planer for ny E39 blant annet på strekningen mellom Tasta og Harestad. Dette vil påvirke alle kabeltraseene som er vurdert i denne rapporten i form av fellesføring langs E39, kryssing og legging i Gang og sykkelvei.

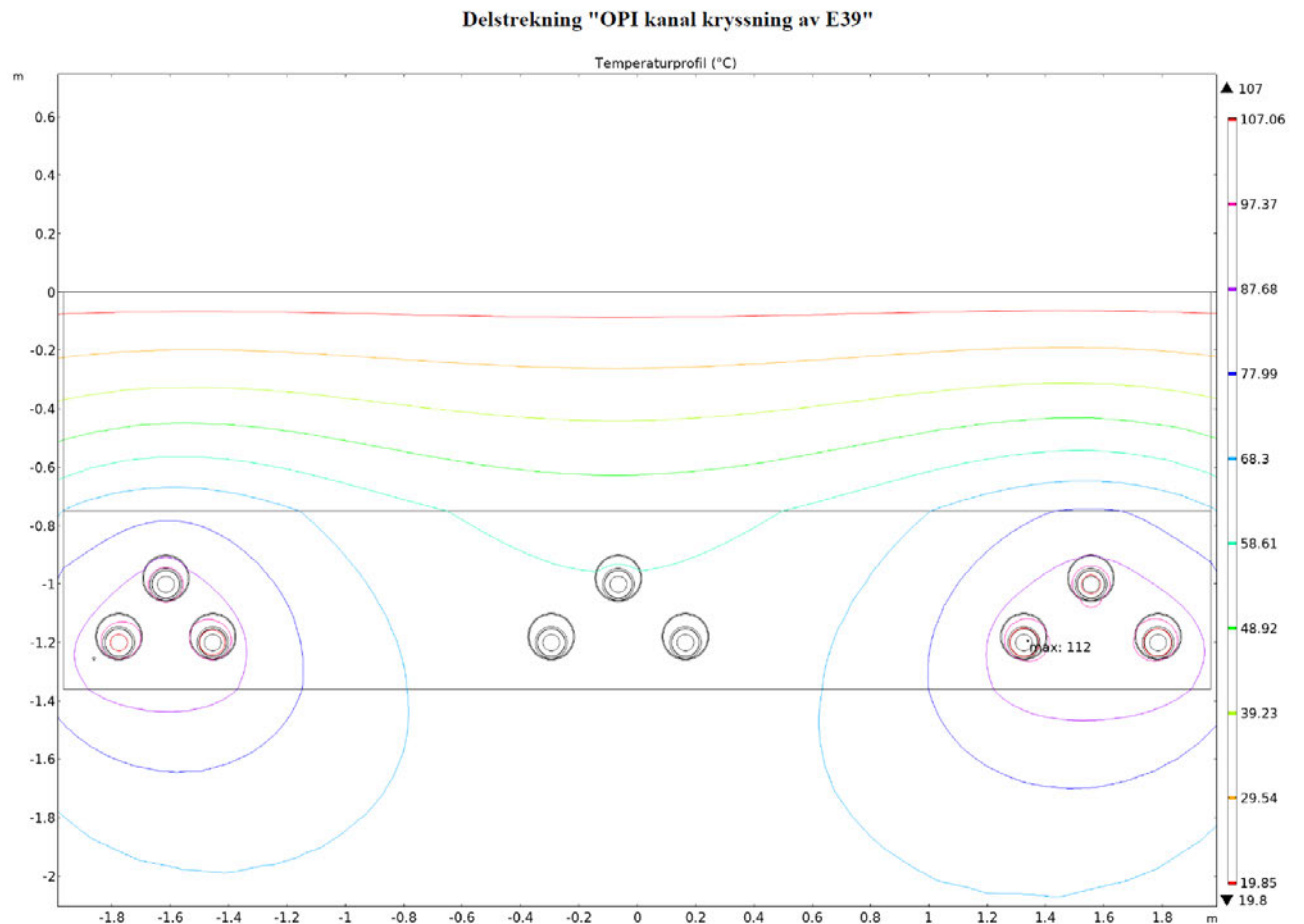
Trasé K2.0 vil ha lange parallelle føring med E39 hvor den er tenkt plassert i gang og sykkelvei, der dette er mulig. Parallellføringer gir fordeler ved at inngrep samlokaliserer og beslaglegger totalt mindre arealer. For å ha mulighet til å bygge kabelanlegg i tilknytning til E39 må anleggsarbeidene for E39 og kabelanlegget samordnes.

Den største utfordringen ved dette er samordningen mellom veiprosjektet og kabelanlegget, grunnarbeidet for gang og sykkelveier må være ferdigstilt før kabellegging kan starte. Videre må alle kablene være lagt og skjøtet før resten av toppdekket for Gang og sykkelveiene kan legges ferdig. Det er vurdert å legge kabler i rør i gang og sykkelvei, men tester viser at kablene må legges direkte i kabelsand med trekant forlegning for å opprettholde overføringskapasiteten.

For trasé K3.0 vil det være nødvendig å krysse E39 to ganger, noe som gir flere utfordringer. For trasé K3.0 vil det være de samme utfordringer rundt grunnarbeidet for gang og sykkelveier som for trase K2.0. Grunnarbeidene må være ferdigstilt før kabler legges i Gang og sykkelveien over tunellen ved Tasta skole

Den andre utfordringen som må tas hensyn til er utformingen og forlegningen av kablene ved kryssing under E39 ved Harestad. Det ble initiert fra Statens vegvesen at en kryssing under E39 bør bygges med OPI kanal (innstøpte rør i lettbetong). Det er kjørt tester på OPI kanal i Comsol som viser at dette ikke er mulig med de antall kabler som er planlagt. I tillegg ble det også forsøkt å øke tverrsnittet til 3x3x2000 mm² AL kabler uten at dette gav tilstrekkelig overføringskapasitet i krysningspunktet med E39. Se Figur 2-17.

Det er også vurdert om det kan legges seks kabelsett i stedet for tre, men selv da vil det ikke være mulig å opprettholde overføringskapasiteten i krysningspunktets med E39 ved benyttelse av OPI kanal. Løsning med OPI kanal ble forkastet og det ble diskutert med SVV om det er mulig å bygge en kulvert under E39. Ved en slik løsning kan man ha kontroll på varmeavgivelse og overføringskapasiteten i krysningspunktet. Dette ble avklart som en mulig løsning og kostnadene for kulvert er tatt inn i trasé K3.0 for sjøkabelalternativet.



Figur 2-17 OPI kanal med 160 mm rør 3x3x2000mm² AL kabler.

3 Vurderinger kabeltraseer

3.1 Trasé K1.0: jordkabel, korteste trasé mellom Krossberg Harestad



Figur 3-1: Trasé alternativ K1.0.

Trasé K1.0 er den korteste traseen fra Krossberg til Harestad. Fra Krossberg følger kabeltraseen langs vestsiden av dagens 50 kV luftledning, krysser gassrørledning og Krossbergveien før den kommer frem til pumpestasjonen ved Hålandsvatnet. Traseen krysser en fiberforbindelse like før pumpehuset og går nært naturtypen «Krossberg – våtmarksområde». Traseen går videre i turstien til nordsiden av Hålandsvatnet mot Friheim 33C, på et smalt område, som ligger like ved vannet og turstien. Her må traseen svinge inn på tomten til Friheim 33C før den igjen fortsetter i turstien et stykke for så å følge VA-ledninger over jordbruksareal, mot Kvernevikveien ved Leikvoll. Ved å benytte denne traseen vil det i byggperioden være vanskelig å opprettholde turstien slik at det i en periode være konflikt mellom byggingen og bruk av turområdet. Kostnader for avbøtende tiltak i byggeperioden er ikke vurdert i budsjettet. Traseen følger gang- og sykkelvei langs Kvernevikveien et lite stykke før den krysser denne og svinger et kort stykke inn på veien Austmarka, før den passerer vestsiden av Austmarka 5 og 18. Deretter går den videre langs naturlige grenser mellom eiendommer og teiger, og unngår VA-ledninger som følger samme trasé. Det er tatt mest mulig hensyn til at kabelen ikke skal gå tvers gjennom områder for grønnsaksproduksjon. Dette er gjort ved å legge traseen i veier og langs grenser og steingjerder. I området Austmarka 5-6 vil det bli konflikt med VA- og fiber-ledninger og traseen flyttes derfor til vestsiden av Austmarka 6 og 18 og går i utkanten av jordbruksarealet. Fra Austmarka 18 og helt inn til Randabergveien følger traseen eksisterende VA-ledninger. Det må forventes at det blir noen kryssinger eller nærføringer av disse. Traseen svinger så inn mot ny E39. Herfra følger traseen vestsiden av E39 frem til Ryggveien og fortsetter i ny Gang- og sykkelveien frem til Harestad transformatorstasjon (alternativ 1). Det ligger flere kulturminner i området hvor traseen følger ny E39.

Lengden på traséen er 6126 meter.

3.2 Alternativ K2.0: jordkabel fra Krossberg til Tasta og langs E39 mot Harestad

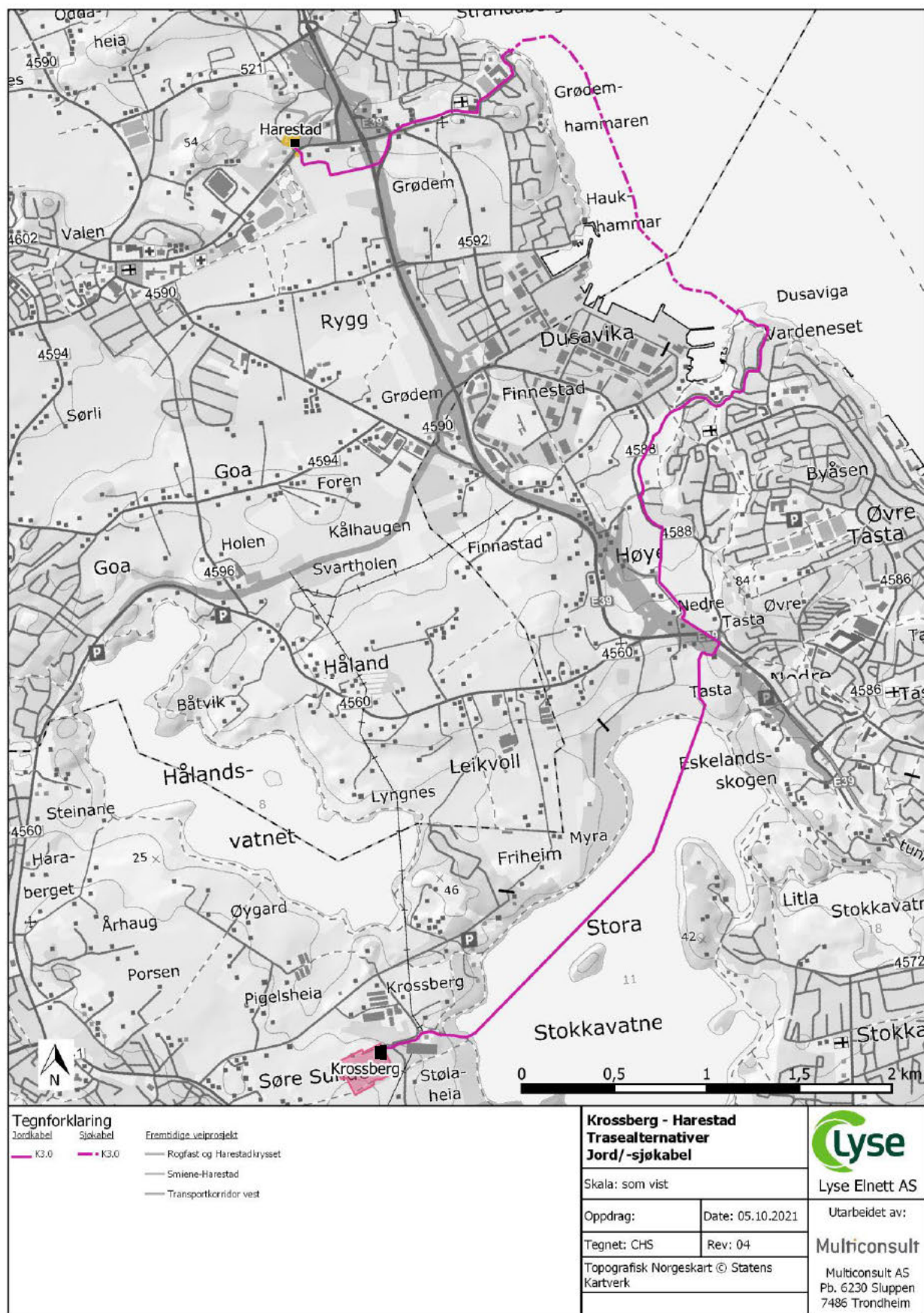


Figur 3-2: Trasé for alternativ K2.0.

Alternativ K2.0 starter i Krossberg, går mot nordøst og krysser gang- og sykkelvei som går langs Stokkavatnet. Videre krysser den under bekken ved bro Longemyr, og følger så gang- og sykkelveien frem til denne går sammen med Krossbergveien ved Madla speiderhus. Der kabelen graves under bekken, må det gjøres forebyggende tiltak mot tilslamming av bekken og det må vurderes om det er nødvendig å søkes løyve fra vannressursloven. Herfra går traseen langs Krossbergveien et lite stykke før den krysser over et jordbruksareal mot nordøst og fortsetter videre i grenser mellom jordbruksareal og naturlig terreng. Den vil gå tett på naturtypen «Tastas, Smiths minde» før den på nordenden av vannet går inn på nordsiden av Kvernevikveien. Ved Kvernevikveien 341 svinger traseen inn i Kvernevikveien før den fortsetter i ny Gang- og sykkelvei mot E39. I dette området hvor E39 starter ligger det i dag flere kulturminner. Traseen går videre nordover i samme trase som gang- og sykkelveier i forbindelse med E39 og fortsetter i samme trase som alternativ K1.0 ved Grødem inn mot Harestad transformatorstasjon alternativ 1.

Lengden på traséen er 6798 meter.

3.3 Alternativ K3.0: kabel gjennom Stokkakvatnet til Dusaviga og sjøkabel mot Harestad



Figur 3-3: Trase for alternativ K3.0.

Alternativ K3.0 starter i Krossberg, går mot øst i gang- og sykkelvei før den går ut i Stokkavatnet like sør for bukt med naturtypen «Rensedammer v/trafo». Det antas å kunne benytte standard jordkabel i Stokkavatnet, noe som eventuelt må avklares i detaljprosjekteringen. Det er beregnet at kabel må skjøtes før den senkes ned i vannet. Kabelen tas opp på land nordøst i vannet, like sør for Nedre Tasta. Landtaket ligger like ved tursti langs vannet. Fra landtaket går traseen langs eiendomsgrenser opp til Randabergveien. Her krysser den ny E39 og går over tunellaket i ny Gang og sykkelvei og fortsetter et lite stykke over jordbruksareal før den fortsetter langs østsiden av Kivollstien. Deretter går traseen videre langs traktorvei/grusvei mot Tastamyrveien og følger denne på vestsiden før veien krysses ved Eskelandsvingen. Traseen går så på sør-/østsiden av Tastamyrveien til den svinger av mot Dusaviktunet, hvor den går på skrå over et friområde. På denne strekningen krysser den en bekk på sør/øst-siden av Dusavikmarka og boligområde. Traseen går videre i den kommunale veien Dusaviktunet og i Gamle Dusavikveien før den krysser over friområde og følger veien Sotrabakken videre gjennom Våraldsøyveien og Bømloveien før den fortsetter ut i tursti og friområde ut mot Vardeneset. Fra Vardeneset og frem til Grødemhammeren legges det sjøkabel. Fra Grødemhammeren legges det jordkabel frem til Harestad transformatorstasjon. På denne strekningen vil den først gå i Fjordtykkveien og så videre mot sørvest i Fjordsolveien. Der Fjordsolveien møter Krystallveien fortsetter traseen rett sør (i Krystallveien) og så mot vest i Torvmøyveien. Traseen går i Torvmøyveien til den svinger inn på Mekjarvikveien og følger denne sørvest mot Harestad transformatorstasjon. På det siste stykke fram til transformatorstasjonen går traseen i jordbruksareal.

Det utredes for tiden også ny sjøkabel og landtak fra Harestad mot Rennesøy. Hvis de to anleggene bygges med landtak på samme sted vil det gjøre det vanskelig å unngå at hus kommer innenfor klausuleringsbelte på grunn av bredden på traseen.

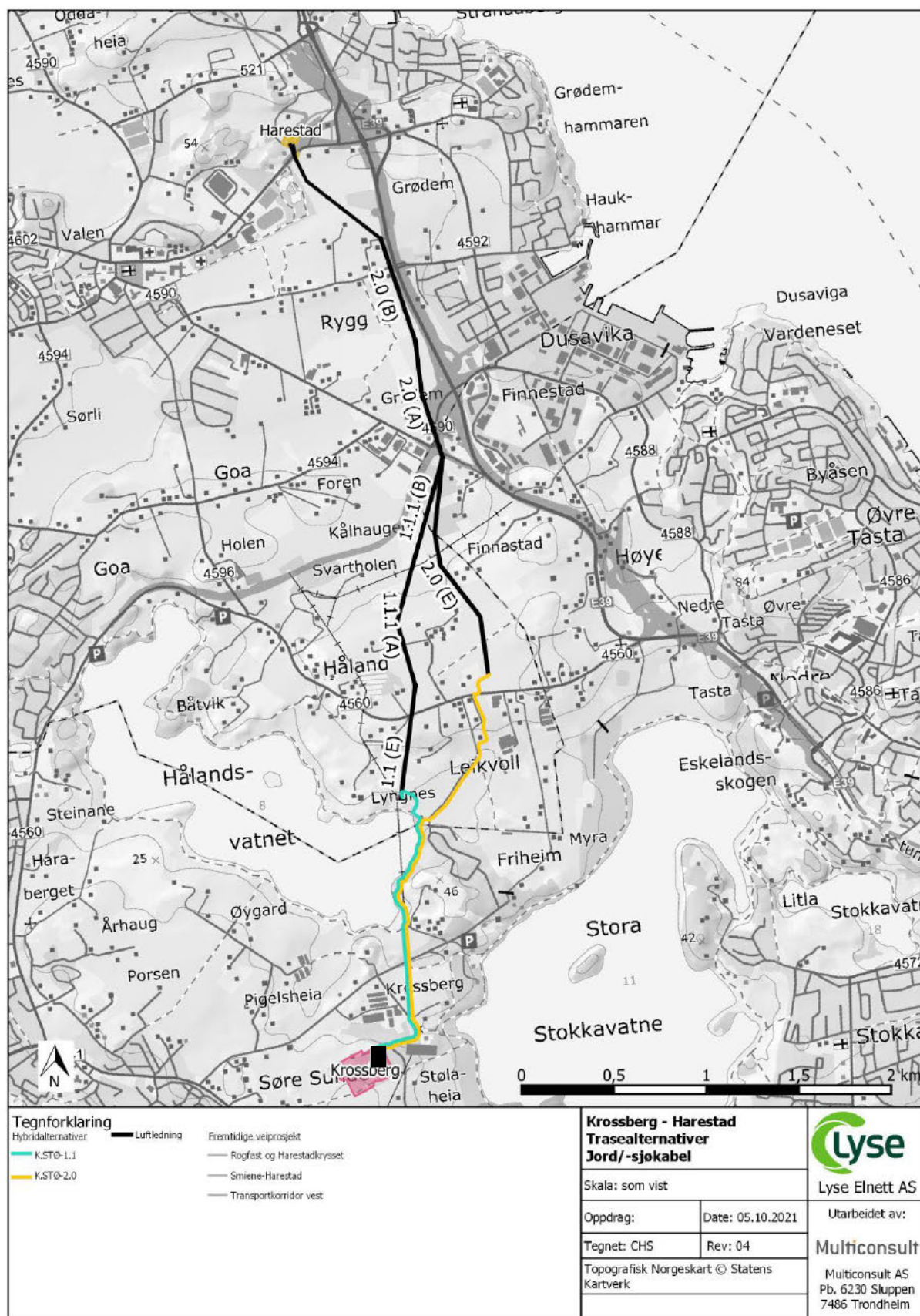
3.4 Kryssing og fellesføring E39

Det knytter seg stor usikkerhet om det er mulig å benytte E39 for fremføring av kabeltraseene. En samordning av vei og kabeltrasé må kontraktfestes og de må ha en felles fremdrift. Fremdriften i de to prosjektene vil være avgjørende for om det kan være mulig å bygge kabelanlegget i Gang- og sykkelvegene langs E39. Fremdrift for anleggene med oppstart- eller gjennomføringstidspunkt må følges opp videre.

Ved kryssing av E39 er det ikke mulig å opprettholde strømføringssevnen hvis kryssing blir i rørtrasé som kablene trekkes inn i på grunn av for lite varmeavgivelse rundt kabelen. Det vurderes å bygge en åpen kulvert som er luftet for å opprettholde kravet til strømføringssevne. Dette må beregnes i prosjekteringsfasen. Hvis kulvert blir løsningen for kryssing av E39 må dette samordnes med Statens Vegvesen.

Lengden på traséen er 9803 meter.

3.5 Hybridløsning med jordkabel til nord for Friheim



Figur 3-4: Trase for hybridalternativ

Det er også vurdert en hybridløsning med jordkabel på deler av strekning. Det vil da legges jordkabel fra Krossberg til nord for Friheim, hvor den vil gå over til luftledning mot Harestad. Fra Krossberg vil den i hovedsak følge samme trase som for alternativ K1.0

Denne kabelgrøfta vil bestå av inntil fire kabelsett, to kabelsett for hver kurs. Det er kjørt en termisk analyse for å finne maksimal overføringskapasitet som vil være 4 x 650 A, totalt 2600 A. Den begrensende faktoren vil være forlegning i gang og sykkelvei og kommunale veier. Det er lagt til grunn en innbyrdes kabelavstand på 70 cm.

Lengden på kabeltraséen (K.STØ-1.1) er 1830 meter.

Lengden på kabeltraséen (K.STØ-2.0) er 2549 meter.

Kostnad for kabel i hybridalternativ (K.STØ-1.1): MNOK 48.626

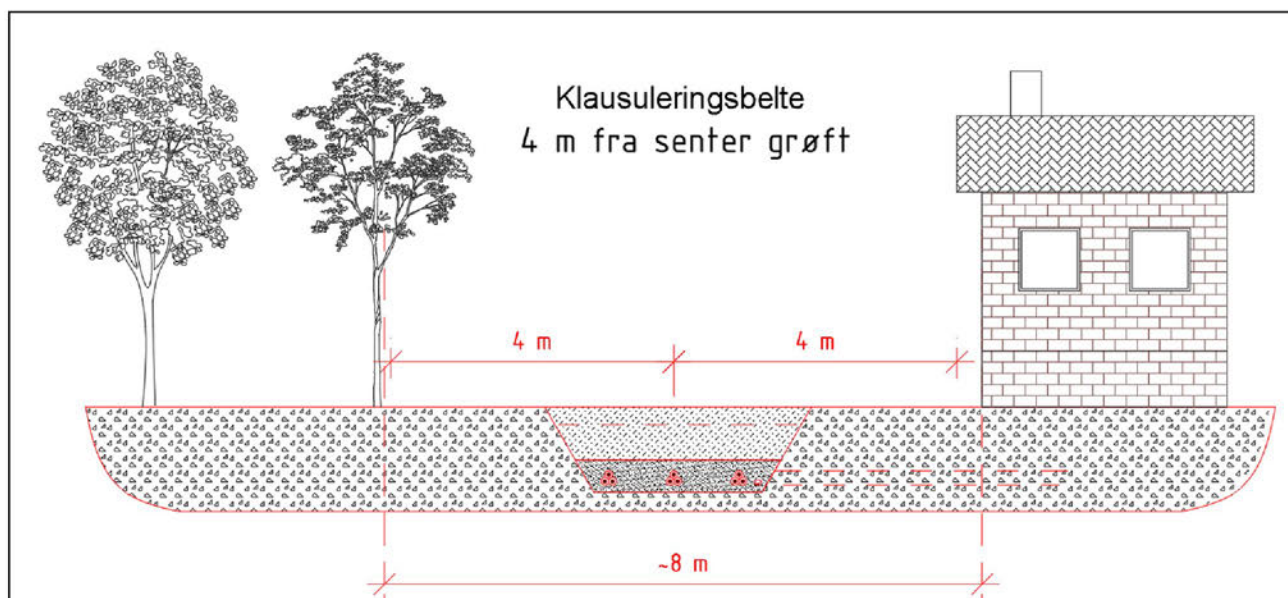
Kostnad for kabel i hybridalternativ (K.STØ-2.0): MNOK 62.945

4 Konsekvenser ved valg av jordkabel

Det finnes fordeler og ulemper ved å velge jordkabel fremfor luftledning. Den kanskje fremste fordel er å unngå det visuelle uttrykket som en luftledning gir, noe mange finner skjemmende. En kabel ligger også relativt godt beskyttet mot ytre påvirkning og utgjør for eksempel ikke hinder for luftfart, noe som linjetraseen heller ikke gjør i dette tilfellet. Likevel er det slik at for det spenningsnivået det her er snakk om, er det andre grunner som vanligvis ligger bak når en luftledning legges i jordkabel. Oftest er det tekniske aspekter som gjør det utfordrende eller ikke ønskelig å bygge luftledning, som leder til at det bygges jordkabel. Eksempelvis kan det i tettbygde strøk være behov for å utnytte areal best mulig, hvor luftledninger tar for mye plass.

I dag er det prismessig gunstig å legge jordkabel for lavere spenningsnivå, slik som 24 kV i distribusjonsnett. 24 kV bygges i dag mye med jordkabel. Dette er ikke direkte overførbart til høyere spenningsnivå, der kostnaden per km er vesentlig høyere, og konsekvensene ved brudd mer alvorlige.

Det er også en del aspekter som taler mot jordkabel som erstatning for luftledning. Ved etablering av kabelrute vil det ikke være anledning til å la denne gro helt igjen. Det må for ettertiden alltid minst sikres tilgang for anleggsmaskiner langs hele traséen samt adkomstvei til oppstillingsplass for tromler og viktige trekkepunkter. Dette for å kunne håndtere kabler med stor bøyeradius som det er snakk om på dette spenningsnivået, og for å kunne grave frem kablene og skjøte dem ved en eventuell feil på kabelen. Det vil båndlegge et brett belte langs kabeltraseen for å sikre tilstrekkelig plass til blant annet reparasjon, inspeksjoner og liknende. Klausuleringsbelte (byggeforbudsbelte) strekker seg 3 meter ut fra ytterste fase. Se Figur 4-1 for en illustrasjon av klausuleringsbelte med 70 cm innbyrdes avstand mellom kabelsettene. Innenfor klausuleringsbelte kan netteier drive skogrydding. Grunneier kan ikke plante, bygge eller endre terrenget uten etter nærmere avtale med Lyse Elnett. Den rydda kabeltraseen vil imidlertid være smalere enn for en tilsvarende luftledning. Ved større avstand mellom kabelsettene vil den totale bredden på klausuleringsbelte øke med tilsvarende bredde.



Figur 4-1: Klausuleringsbelte langs typisk trasé med 70 cm avstand mellom kabelsettene.

Ved en feil på kabel graves det ut en skjøtegrøp ved feilstedet. Vanlig trengs det en størrelse på ca 10-15 meter i lengderetningene og 1,5 meter til hver side for kabelen som er skadet. Ettersom det er lagt opp til fiber inkludert i hver kabel, vil denne også måtte skjøtes ved en eventuell kabelfeil.

I 2012 utformet Olje- og energidepartementet (OED) meldingen «Vi bygger Norge – om utbygging av strømmettet», der det er gitt en del føringer for valg av kabel og luftledning. Et utdrag av meldingen er gjengitt nedenfor.

Regionalnettet: For nett fra over 22 kV og til og med 132 kV skal luftledning velges som hovedregel. Jord- eller sjøkabel kan velges på begrensede delstrekninger dersom:

- luftledning er teknisk vanskelig eller umulig, som ved kryssing av sjø eller der den kommer nærmere bebyggelse enn tillatt etter gjeldende lover og forskrifter*
 - luftledning vil gi særlig store ulemper for bomiljø og nærfriluftsområder der det er knapphet på slikt areal, eller der kabling gir særlige miljøgevinster*
 - kabling kan gi en vesentlig bedre totalløsning alle hensyn tatt i betraktning, for eksempel der alternativet ville vært en innskutt luftledning på en kortere strekning av et kabelanlegg, eller ved at kabling inn og ut av transformatorstasjoner kan avlaste av hensyn til bebyggelse og nærmiljø*
 - kabling av eksisterende regionalnett kan frigjøre traséer til ledninger på høyere spenningsnivå og dermed gi en vesentlig reduksjon i negative virkninger av en større ledning, eller oppnå en vesentlig bedre trasé for den større ledningen*
 - kablingen er finansiert av nyttehavere med det formål å frigjøre arealer til for eksempel boligområder eller næringsutvikling, samtidig som bruk av kabel for øvrig er akseptabelt ut fra andre hensyn*
-

Vi bygger Norge – om utbygging av strømmettet, (Olje- og energidepartementet, 2012)

På bakgrunn av dette legges det opp til at det i utgangspunktet skal velges luftledning på dette spenningsnivået (132 kV) for disse traseene.

4.1 Kryssinger

Kryssinger av annen infrastruktur er langt mer komplisert for jordkabel enn luftledning. En luftledning vil i de fleste tilfeller passere over de fleste hindre slik som veier, elver og jernbane, så lenge det er tilstrekkelig høyde på mastene. For vedlikehold og tidlig deteksjon av feil er det med luftledning enkelt å utføre visuelle inspeksjoner med drone eller helikopter langs hele traséen. Når det etableres jordkabel, må det sikres tilgang til hele kabelens lengde for ettertiden. Det betyr at det ikke kan bygges over kabelruten. Mindre veier kan enkelt graves opp, men på større veier (stamveier, riksveier) er det ikke sikkert at eieren tillater dette på grunn av trafikkavviklingen. Derfor bør det i disse tilfeller lages en løsning som minimerer konflikt mellom vei og kabel, for eksempel gangbar kulvert under veien. En annen løsning er å legge ekstra rør under veien, slik at nye kabler kan trekkes gjennom ved behov. Uansett kan disse løsningene føre med seg forverrede termiske forhold fordi kablene ligger dypere under bakken enn vanlig.

I regional- og sentralnettet (kraftledninger med spenning 50 kV eller høyere) er kabling hovedsakelig brukt i forbindelse med anlegg i byer og kraftstasjoner i fjell, ved fjordkryssinger eller andre situasjoner hvor luftledning ikke er et mulig alternativ. I disse tilfellene er altså tekniske hensyn utslagsgivende. Kabling i sentralnettet og regionalnettet på grunn av miljøhensyn har til nå vært lite utbredt.

Kabel som alternativ til luftledning, (NVE, 2004)

4.2 Utfordringer med de vurderte kabeltraseene

Av de ulike forutsetningene for å velge jordkabel fremfor luftledning i dette området har det kommet inn flere begrunnelser og det er vurdert tre alternative traseer.

For alle kabeltraseene er det vurdert å benytte en innbyrdes avstand mellom kabelsettene på minimum 70 cm for å begrense sannsynligheten for feil på flere kabelsett på samme tid. Ved å legge kabelsettene med stor avstand vil det ved feil som skyldes menneskelig aktivitet som blant annet graving, være større sannsynlig at man oppdager den første skaden, før de andre kabelsettene blir ødelagt.

De tre alternativene som er presentert i denne rapporten ble valgt ut etter en vurdering i forbindelse med tilbagemeldinger i høringsprosessen. Kabelanleggene er vurdert ved å benytte GIS kartprogram hvor det er lagt inn kart og ortofoto. Det er tatt hensyn til kartlagte naturtyper og registrerte kulturminner i tillegg til eksisterende infrastruktur (distribusjonskabel, gassledninger og VA-anlegg) som ligger i området. Det er ulike fordeler og ulemper knyttet til hvert av alternativene som er behandlet i kapitlene under.

Trasé K1.0

Traseen er utfordrende med tanke på kryssingene med eksisterende infrastruktur, turstier, veier og jordbruksområder samt at det er flere kryssinger med gassrørledninger og fiberkabler. I tillegg er det mye utbygd VA-nett i området, nærhet til viktige naturtyper og rekreasjonsområder med turstier som deler av traseen må følge. Det positive med å legge traseen i eksisterende opparbeidet turstier at inngrep blir samordnet. Når dette ses sammen med ønske om å unngå å gå gjennom dyrket mark og ødelegge steingjerder er det meget utfordrende å få til en løsning som ikke kommer i konflikt med en eller flere av anleggene. Det er lagt til grunn av traseen i mest mulig grad ikke vil komme i konflikt med ny E39.

Når det kommer til kryssing av veier, er det utfordrende å få til en god løsning. Statens Vegvesen har antydnet at det må benyttes OPI-kanal eller rør innstøpt i betong ved krysningspunktene. Ved en slik løsning må det bygges tre stykk innstøpte rør, for hvert sitt kabelsett med så stor avstand at de ikke termisk vil påvirker hverandre.

For å kunne trekke kabler gjennom vei i krysningspunkter i felles rør må det lages skjøter i tilknytning av krysningspunktet. Dette vil øke kostnadene og flere kabelskjøter gir også mulighet for flere feil. En annen mulig løsning er å bygge en kulvert under veiene ved krysningspunkter. Det er i budsjettet lagt til grunn at det bygges kulvert for kabellegging under ny tverrforbindelse vest. Kostnader for dette er lagt inn i budsjettet. For kryssing av gassrør og VA er det vanskelig å estimere kostnader før anlegge blir detaljprosjekter, men det er lagt til en sum for dette i budsjettet.

Trasé K2.0

Denne traseen går fra Krossberg til Tasta og videre langs ny E39 til Harestad. Den har mange av de samme utfordringene som trase K1.0. Det er også her konflikt med eksisterende infrastruktur som fiberkabler, gassrørledninger, veier og dyrket mark. I tillegg må traseen gå gjennom det mye brukte rekreasjonsområdet ved Stokkavatnet. Der kabelen går langs E39 ligger det i dag flere områder med kulturminner. Disse ligger for det meste i traseen til E39 og må derfor fjernes i forbindelse med bygging av denne veien. Videre mot Harestad vil det være store utfordringene spesielt med tanke på at det er nødvendig at anleggsarbeidene for kabeltraseen og E39 koordineres på tid.

Trasé K3.0

Dette alternativet skiller seg vesentlig fra de andre ved at det legges jordkabel i Stokkavatnet og sjøkabler mellom Dusavika og Grødem. Legging av kabel i vann, og sjøkabel er vesentlig mer kostbart enn å forlegge kabel direkte i bakken, slik som for de to andre traseforslagene.

Traseen fra Krossberg til Stokkavatnet berører turstier og går i rekreasjonsområdet før det etableres landtak for overgang til vannet på sørsiden av en naturtype. Her er problemene ikke like store som for trase K1.0 men det vil være begrensning for turgåere i byggetiden. Kabelen fortsetter gjennom Stokkavatnet bort til landtaket på den andre siden av vatnet sør for Tasta. Landtakene vil, når de er ferdige arrondert og

tilvokst, ikke utgjøre noen hinder eller visuell ulempe da de vil bli gravd ned på begge sider av Stokkavatnet. Fra landtaket ligger kabeltraseen opp langs steingjerdet og inn på gang- og sykkelvei i forbindelse med ny E39.

Kabeltraseen krysser E39 i gang- og sykkelvei over tunelltaket og har samme utfordringer med koordinering av fremdrift mot SVV som de andre alternativene.

Mellom E39 og Dusavika må mye av traseen legges i kommunal vei, noe som gir utfordringer med hensyn på fremkommelighet for beboerne i området da det ikke er noen omkjøringsmuligheter. Det må graves og reasfalteres flere veier i traseen og det vil være en del beboere som ikke kan komme fram til sine eiendommer i anleggstiden.

Sjøkabel mellom Dusavika og Grødemhammaren kan gi økt sannsynlighet for at noen av kabelsettene kan bli skadet, da det er mye båttrafikk og ankring med større båter i området. En skade på sjøkabel er vanskelig å reparere og gir normalt svært lang utkoplingstid. Fra Grødem og fram til ny Harestad transformatorstasjon må store deler av traseen ligge i kommunal vei med de samme utfordringene som nevnt tidligere ved Dusavika.

En stor utfordring med denne traseen er at den må krysse under E39. SSV har anbefalt at krysninger bygges med OPI kanal. I kapittel 2.2.10 er det beskrevet utfordringer ved å benytte OPI kanal og det er videre drøftet mulighet til å bygge kulverter for å komme under E39. En løsning med kulvert er forholdsvis kostbart, men alternativet til dette er å legge flere kabelsett, noe som vil gi en mye større kostnad enn ved løsning med kulvert.

4.3 Feilstatistikk for kabelanlegg

Det er ulike typer feil som kan oppstå i kabelanlegg. I kabler er det mye kortere avstand mellom den spenningsførende lederen og omgivelsene (jord) enn det er for luftledninger. Dette stiller høye krav til isolasjonen mellom lederen som er under høyspenning og den jordede skjermen rundt kabelen. Det er vanlig å bruke kryssbundet polyetylen (PEX) som isolasjon i jordkabler. Dette er et svært godt isolasjonsmateriale som kan fremstilles i den kvaliteten som er nødvendig. Dersom det skulle inntreffe en feil under produksjonen som ikke blir avdekket, kan det være urenheter i isolasjonsmaterialet som over tid fører til havari. Dette kan ta en god stund fordi det først oppstår små utladninger i isolasjonen som bryter den ned, før det skjer fullt overslag. En slik feil ødelegger kabelisolasjonen og det må skjøtes inn et nytt stykke.

Ofte oppstår feil på kabelanlegg ikke på selve kabelen, men i en skjøt mellom kabler eller i endeavslutningen. Det er et presist håndverk å installere skjøter og endeavslutninger, selv små feil vil over tid kunne lede til overslag og jordslutning. Skjøter og avslutninger ses derfor på som svake punkter i et kabelanlegg.

I tillegg til iboende feil eller installasjonsfeil på kabel eller tilhørende utstyr, kan det inntreffe ytre hendelser som forårsaker feil. En uvanlig, men alvorlig, ytre hendelse er når kabler graves over med gravemaskin eller annen type graveutstyr. I en slik hendelse kan eventuelt gravemaskinen settes under spenning til feilstedet er koblet fra, noe som normalt skjer svært raskt. For å forhindre slike ulykker/feil legges det plater eller netting over kablene et stykke ned i bakken, slik at det er synlig for den som graver at det finnes høyspentkabel under merkingen. For å beskytte mot pløying der kabel legges i dyrket mark, er det vanlig å øke overdekningen noe. Vanlig overdekning i dyrket mark er 100cm.

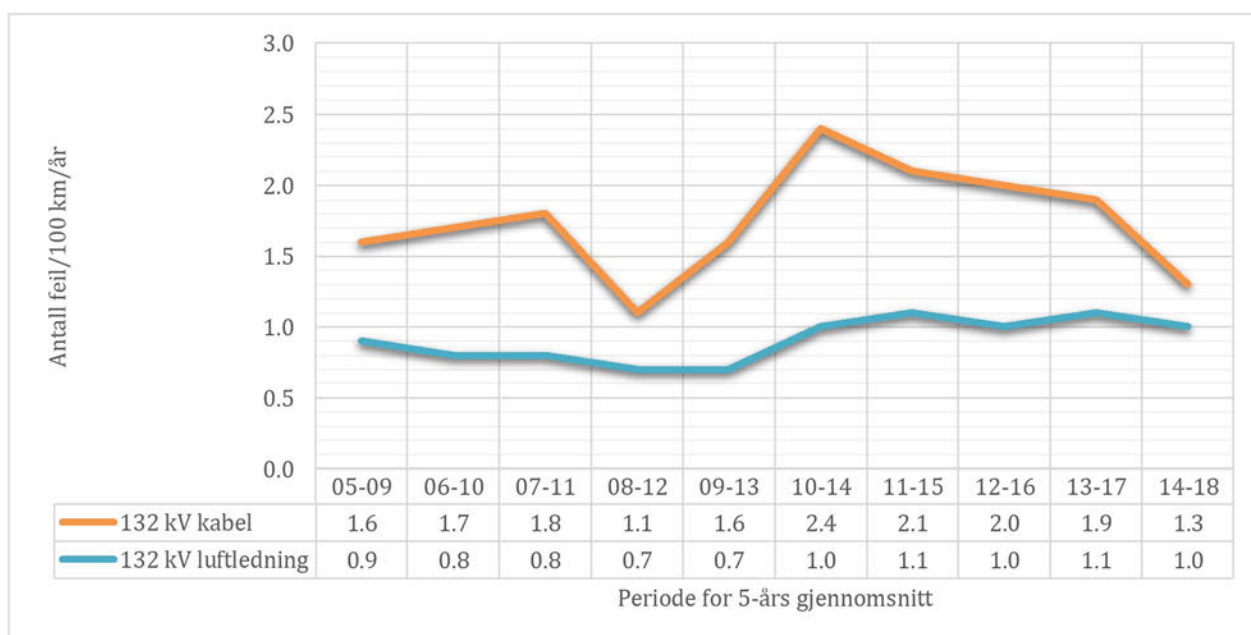
Kabelanlegg kan også være mer sårbart for overspenninger i strømmettet enn luftledninger. Skjøtepunktene i kablene virker som refleksjonspunkter der en spenningsbølge kan bli forsterket. Det er derfor viktig å gjøre en grundig vurdering av beskyttelse mot overspenninger (isolasjonskoordinering) i kabelanlegg og installere overspenningsavledere der det anses nødvendig.

I perioden 1996-2015 ble 48 % av feilene på kabelanlegg (100-150 kV) i Norge forårsaket av feil på teknisk utstyr (ENTSOE, 2017). Kun 11 % av feilene var forårsaket av «external influence». Dette kan tolkes til at en vesentlig del av feilene på kabelanlegg skyldes svikt i utstyr på grunn av iboende feil eller feil som oppstår som følge av dårlig installasjon.

For luftledninger er det andre typer ytre feil som ofte fører til nedetid. Den klart største mengden feil oppstår på grunn av omgivelsene, ikke iboende feil på utstyr eller installasjon. Vinterstid kan det være utfordringer med store snø- og islaster på selve ledningene, i tillegg kan trær velte over ledningene på grunn av tung snø. I Stavangerområdet har ikke Lyse Elnett erfaring med at snø og is på luftledningene er et hyppig problem for driften.

Sommerstid er mange feil på luftledninger forårsaket av tordenvær. Sterk vind kan forårsake feil både sommer og vinter, både ved at liner slås sammen og ved at trær blåser over ende. En nedgravd kabel er ikke utsatt for disse ytre påvirkningene på samme måte. Kabelanlegg kan imidlertid være utsatt for ras og masseutglidninger i områder der dette er en risiko, men slik hendelser vil også kunne ramme master for luftledning.

Statnett utgir årlig en feilstatistikk som omfatter både luftledninger og kabelanlegg. Rapporten utgitt i 2019 (frem til 2018) viser en feilrate for 132 kV kabelanlegg på 0,4 feil/100km/år og for 132 kV luftledning 0,7 feil/100km/år (Statnett, 2019). Begge disse tallene er noe lavere enn for tidligere år. Det er vist en sammenligning av feilrate for 132 kV kabel og luftledning i Figur 4-2. Statistikken viser at feilraten for kabelanlegg vanligvis ligger en del høyere enn for luftledning, men at forskjellen har minket de siste årene, uten at foreligger noen forklaring på hvorfor det har endret seg.



Figur 4-2: Feilstatistikk for 132 kV luft- og kabelanlegg. Antall feil per 100 km per år vist i femårsperioder. (Statnett, 2019)

Feil på kabelanlegg er som regel mer alvorlig enn feil på luftledning, da det kan være langt vanskeligere å rette en feil i kabelanlegget. Luftledninger rammes ofte av såkalte forbigående feil, det vil si kortvarige feil som ikke krever korrigerende vedlikehold. En slik feil kan være et tre som faller og berører linjen og gir en feil som registreres, men som faller videre til bakken og det blir en automatisk gjeninnkobling av ledningen. I et kabelanlegg er ofte feil av en slik karakter at det må utføres vedlikehold/reparasjon før den kan kobles inn på nytt. I statistikken gjengitt i Figur 4-2 er både forbigående og varige feil inkludert. For kabelanlegg er

en større andel av feilene varige feil, og de vil derfor medføre en lengre tid for retting både i gjennomsnitt per feil og totalt.

Tid for retting av kabelfeil er svært varierende. En feil i en nedgravd kabelskjøt, eller en isolasjonsfeil på selve kabelen et sted på traséen mellom skjøter, antas å ta lengst tid å rette. En tommelfingerregel kan være at reparasjonstiden ligger i området 1-3 uker for en kabelfeil. Feilstedet må først lokaliseres, noe som på lengre traséer kan være en utfordring. Det finnes i dag utstyr som kan lokalisere feil med stor grad av nøyaktighet for eksempel ved bruk av fiber i kabelen eller ved å sende elektriske støt i kabelen og måle bølgene som kastes tilbake fra feilstedet. Skjøting av kabel i felt krever oppsett av rigg og skjøtetelt, det skal graves en skjøtegrøp samt at kvalifisert personell må skaffes til veie. Tilgangen på reservedeler og personell er av høyeste betydning for reparasjonstiden. En kabelnetteier bør ha tilgjengelig ekstra kabel på lager, samt skjøter, endeavslutninger og annet materiell for å kunne reparere feil hurtigst mulig. Til sammenlikning kan man grovt estimere reparasjonstiden for luftledning til 1-3 dager for feil som ikke er forbigående.

4.4 Sjøkabelanlegg

REN er den organisasjonen i Norge som har tatt tak i problematikken med beredskap for sjøkabler. I REN blad 9305 beskriver de utfordringene med drift og vedlikehold av sjøkabelanlegg:

Etter installasjon av et sjøkabelanlegg er det mange faktorer som virker inn på levetiden til sjøkabelanlegget. Det er både teknisk og økonomisk hensiktsmessig og et myndighetskrav å holde et kontinuerlig tilsyn med sjøkabelanlegget for å hindre at anlegget blir skadet eller sabotert. Eieren av et sjøkabelanlegg skal til enhver tid ha oversikt over tilstand til sjøkabelanlegget. For viktige sjøkabelanlegg skal det foreligge en risiko og sårbarhetsanalyse.

Statistikk og erfaring tilsier at feil i sjøkabelanlegg oftest oppstår i forbindelse med landtakene. I dette området blir kabelanlegget ekstra utsatt for korrosjon og slitasje på grunn av økt tilgang på oksygen, bevegelse i form av bølger og strøm, sandvasking, gnaging mot fjell og stein, bevegelse av steiner, ras, geologiske fare, begroing, nedising osv.

Langs traséen kan sjøkabelanlegg være utsatt for treff fra fiskeredskap, anker eller andre objekter som slippes i sjøen.

Strøm og sedimentbevegelser kan endre sjøbunnen og eksponere/tildekke sjøkabelanlegget utilsiktet. Frispenn kan bli utsatt for uheldig strømningspåvirkninger (indusert vibrasjon). Det må derfor vies ekstra oppsyn der dette er kjent eller oppdages.

Det kan være lagt annen infrastruktur (kabler, rør, fiber, oppdrettsanker, fyllinger) over eksisterende sjøkabler som kan ha negativ teknisk innvirkning, eller være til hinder ved eventuell reparasjon.

Det er også krav til periodevis tilstandskontroll på hele kabelens lengde, inklusiv landtak, i hele kabelens levetid. Det skal minimum årlig utføres kontroll av landtak og kontroll av hele kabelen hvert 5. år med blant annet undervannsrobot (ROV). Driftig av sjøkabelanlegg vil medføre en høy driftskostnad for netteier.