

Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

Prosjektering av lavspenningsnett i hyttefelt Orrelia

IE303612 - Bacheloroppgave Elkraft

Thomas Martin Tynes (460303)

Totalt antall sider inkludert forsiden: 84

Ålesund, Innleveringsdato 20.05.2019

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

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

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 180

Veileder(e): Ibrahim A. Hameed.

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

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

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

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

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

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

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

Dato: 20.05.19

FORORD

Dette prosjektet er den avsluttende delen av utdanningen i bachelor ingeniørfaget Elkraft. Utdanningen består av 180 studiepoeng, og bacheloroppgaven utgjør 20 studiepoeng av disse. Prosjektet ble gjennomført som en enmannsoppgave og laget i samarbeid med Sykkylven Energi.

Takk til Sykkylven Energi som var villig til å være oppdragsgiver til prosjektet og tilby arbeidsplass for prosjektoppgaven, samt tilgang til ressurser. Stor takk til hele personellet ved Sykkylven Energi, og en spesiell takk til Halvard Hjorthol, Jens Kåre Blakstad, Olav Martin Lid og Arvid Skinnes for støtte og hjelp ved faglige problemstillinger.

Stor takk til programansvarlig for elkraftsystemer Eike Matthias Garbe for lærerike år hos NTNU Ålesund. Ønsker også å gi stor takk til veileder Ibrahim A. Hameed og Ola Furuhaug, Eilif Hugo Hansen og Asbjørn Nesse for veiledning av prosjektoppgaven.

Ønsker til slutt å gi en stor takk til familien for støtten gjennom bachelor-perioden.

NTNU Ålesund 20.mai.19



Thomas Martin Tynes

SAMMENDRAG

Det skal prosjekteres et lavspenningsnett med transformatorstasjon til nytt hyttefelt i Orrelia på Orreneset i Sykkylven kommune. Effektbehovet til de 32 hytteboligene må beregnes i forhold til dagens forbruk, og for riktig valg av utstyr. Lavspenningsnettet skal planlegges etter nyest mulig plan for å gi prosjektet størst mulig verdi, samt dimensjoneres med Febdok. Eksisterende hytteboliger i F17B er forsynt av Stranda Energi, og blir derfor utelatt fra dimensjoneringen.

Det dimensjonerte resultatene av lavspenningsnettet inneholder valgt utstyr som høyspentkabel, lavspentkabler, transformator, kabelskap og tilknytningsskap med valgt innvendig utstyr. For å se om lavspenningsnettet oppfyller kravene for selektivitet, ble det også utført en selektivitetsanalyse av hytteboligen lengst unna transformator. Til slutt ble det laget en kostnadskalkyle av lavspenningsnettet. Hyttefeltet vil bli forsynt av Sykkylven Energi som er oppdragsgiveren til prosjektet, og vil kunne bruke denne besvarelsen som et forslag til løsning for lavspenningsnettet.

SUMMERY

A low-voltage grid with transformer station will be designed for a new cabin area in Orrelia at Orreneset in the municipality of Sykkylven. The power requirement for the 32 cabin dwellings must be calculated in relation to current consumption, and for the correct choice of equipment. The low-voltage grid must be planned according to the newest possible plan to give the project the greatest possible value, as well as being dimensioned with Febdok. Existing cabin residences in F17B are provided by Stranda Energy, and are therefore omitted from the dimensioning.

The designed results of the low voltage grid contain selected equipment such as high-voltage cable, low-voltage cables, transformer, cabling and connection cabinets with selected internal equipment. To see if the low voltage grid meets the selectivity requirements, a selectivity analysis of the cabin home furthest away from the transformer was also performed. Finally, a cost calculation was made of the low voltage grid. The cabin field will be provided by Sykkylven Energi, which is the client of the project, and will be able to use this answer as a proposal for solution for the low voltage grid.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	V
TERMINOLOGI	1
Begreper	1
Symboler	1
Forkortelser	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Problemstilling	4
1.2 Mål	4
2 TEORETISK GRUNNLAG	5
2.1 Planer ved Orreneset	6
2.2 Plan for hyttefelt Orrelia	7
2.3 Lavspent fordelingsystemer.....	8
2.3.1 Forskrifter FEF, NEK400	8
2.4 Betegnelse for jordklassifisering.....	9
2.5 Strømforbruk og utfordringer.....	12
2.5.1 EL-biler	12
2.5.2 El. apparater i hjemmet	14
2.5.4 Effektbehov og brukstid.....	15
2.5.5 Samtidighetsfaktor	16
2.5.6 Spenningsfall.....	16
2.5.7 Jordingsystem	17
2.5.8 Vern.....	18
2.5.9 Selektivitet	19
2.5.10 Ulike tap og virkningsgrad i transformator.....	19
2.5.11 Tverrsnitt beregninger.....	20
2.5.12 Magnetiske felt.....	23
3 MATERIALER OG METODE	24
3.1 Data	24
3.2 Programmer.....	25
3.3 Metode	25
3.4 Materialer og utstyr.....	27
4 RESULTATER OG DISKUSJON	27
4.1 Valgt utstyr og utførelse.....	28
4.1.1 Nettstasjon.....	30
4.1.2 Transformator.....	32
4.1.3 Kabler.....	35
4.1.4 Kabelskap.....	41
4.1.5 Tilknytningsskap.....	46
4.1.6 Strømmåler.....	48
4.1.7 Optisk fiber	49
4.2 Prosjektering av lavspenningsnettet.....	51
4.2.1 HMS og risikovurderinger	51
4.2.4 Vurdering av magnetiske felt	56
4.2.5 Plassering av materialer og utstyr	57
4.2.6 Prosjektering av jordingsystem (globaljord)	58
4.2.7 Dimensjonering i Febdok.....	61
4.3 Økonomi.....	66
4.3.1 Kostnadsestimering.....	67
4.3.2 Tverrsnitt for lavspentkabel	68

4.3.3 Tverrsnitt til høyspentkabel	69
5 KONKLUSJON.....	70
7 REFERANSER.....	72
8 VEDLEGG.....	77

TERMINOLOGI

Begreper

PSS@Sincal - Programvare for dimensjonering av elektriske anlegg.

Febdok - Programvare for dimensjonering av elektriske anlegg.

Ekom – Optisk fiber

Symboler

KW	Kilowatt
K_1/K_2	Valenderkonstanter
Hz	Hertzh
KV	Kilo Volt
A	Ampere
V	Volt
t/år	Brukstid (eller T_B)
MV	Mega Volt
MW	Mega Watt
Δu	Spenningsfall
P_{maks}	Maksimal belastning
$\cos \varphi$	Forventet effektfaktor (reaktiv effektfaktor Q)
R_f	Resistans (Ohm/m)
R_x	Reaktans (Ohm/m)
M	Meter
μs	Mikrosekund

Forkortelser

Pga. - På grunn av

U.å. – Uten årstall

Pkt. – Punkt

DC – Likestrøm

AC – Vekselstrøm

REN – Rasjonell elektrisk nettvirksomhet

FEF – Forskrifter om elektrisk forsyningsanlegg

FSE – Forskrifter om sikkerhet ved arbeid

FEL – Forskrifter om elektriske lavspenningsanlegg

NEK - Norsk elektronisk komite

IEC – Den internasjonale elektrotekniske kommisjonen

KV-N – Kortslutningsvern i kabelskap til nettselskap

KV-TKS – Kortslutningsvern i tilknytningsskap

AMS – Smart strømmåler

HD-K – Teststandard og konstruksjon

EN - Europeisk standard

PVC – Polyvinylklorid

PEX – Polyetylen

HMS – Helse, miljø og risikovurdering

CDC – Kabel distribusjon kabinett

HB – Hyttebolig

OV-B – Overbelastningsvern i tavle til bolig

OV-HB – Overbelastningsvern i tavle til hyttebolig

F_GR_1 – Fordeling i garasje nr.1 (el-bil lader)

Jfb. – Jordfeilbryter

D₂ - Kabel - Lagt direkte i jord

A₁ - Kabel - skjult i vegg

1 INNLEDNING

Ved Orreneset i Sykkylven befinner de seg et urørt hyttefelt ved navn «Orrelia», hvor det ble laget en «*Bygnadsplan for «Orrelia» felt. H17B i 24/5-2007*». (Vestplan, 2007)

Prosjektet har ingen tidsfrister eller reguleringsplan, men en arkitektskisse til forslag for hyttetomter med boliger. Prosjektet kunne derfor tildeles fra nettselskapet Sykkylven Energi som er oppdragsgiver og har levert kraftproduksjon siden 22/1-1918 og ble 100 år i fjor. Selskapet er kommunalt og ble aksjeselskap i 1997. (Sykkylven Energi, u.å.)

Prosjektet er altså fiktivt og kan justeres etter omfanget av prosjektarbeidet og for nyere effektbehov til dagens teknologi. Denne rapporten inneholder de ulike elementene for hvordan lavspenningsnett er oppbygd, og hvilke utstyr som behøves for å distribuere strømforsyning til hytteboliger. Valgt utstyr og komponenter vil bli dimensjonert i Febdok for effektbehovet, og laget etter krav i forskrifter og normer beskrevet i Renbladene.

1.1 Problemstilling

Prosjektets problemstilling blir å finne de effektbehovet til hytteboligene med tanke på dagens teknologi for riktig valg av utstyr til lavspenningsnettet. Effektbehovet for hytteboliger vil bare øke i fremtiden siden flere og flere har el-bil som fremkomstmiddel, oppvarmingsanlegg som varmpumpe styrt fra app på mobilen, induksjonsovner og andre apprater slik som i vanlige hjem. Hyttefelt som blir dimensjonert i dag må ta hensyn til disse lastene, og for det hytteboligene som allerede eksisterer må evt. oppgraderes for denne teknologiutviklingen. (Distrikts energi, 2019) En av utfordringene med oppgaven blir å finne ut om «Bygnadsplan for «Orrelia» felt. H17B i 24/5-2007» er den nyeste planen for hyttefeltet, og prosjektere ut ifra veier og avstander til nyest plan.

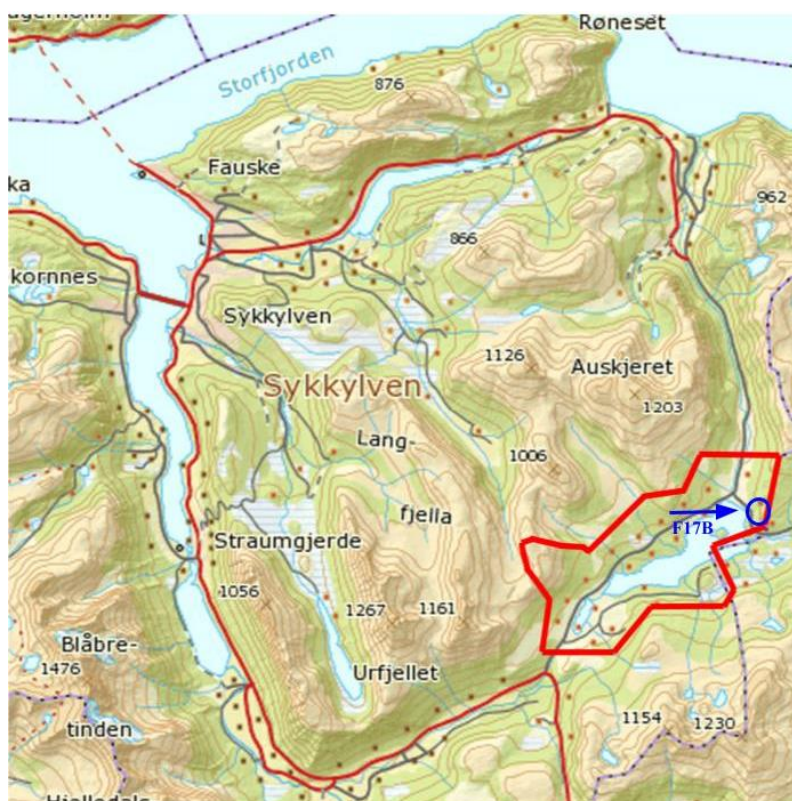
1.2 Mål

Det skal prosjekteres og dimensjoneres et lavspenningsnett med nettstasjon til hyttefelt Orrelia. Etter avtale med oppdragsgiver og veiledere vil dette prosjektet gå ut ifra ny høyspentkabel som skal gå langs veien fra Sykkylven til Stranda kommune. Det vil derfor ikke være vanskeligheter for å forsyne hyttefeltet, samt tapkostnader blir minimale selv om bruksmønsteret er mye lavere hos hytteboliger. Pr. dags dato befinner de seg allerede 18 hytter i hyttefeltet som vil bli utelatt fra beregningene, siden disse hytteboligene blir allerede forsynt fra Stranda Energi. Felt - H17B til Vestplan AS inneholder forslag til totalt 67 hytteboliger, men etter avtale med oppdragsgiver og veileder ble hyttefeltet avgrenset til punkt nr.1 og 2, hvor punkt nr.1 er det aktuelle hytteområdet for dette prosjektet. Målet blir å gi prosjektet størst mulig verdi med nyest plan, om hyttefeltet skulle realiseres en gang i fremtiden. Sykkylven Energi vil kunne bruke resultatene fra denne rapporten som et forslag til løsning av lavspenningsnettet.

2 TEORETISK GRUNNLAG

Nysætervannet befinner seg ved fjellområdene i Sykkylven ved grensen til Stranda kommune, som kan ses i figur 2.1 nedenfor. Nysætra er en del av Sunnmørsalpene med mye friluftsliv som alpint, langrenn og har flere turmuligheter. Sykkylven kommune har publisert en «Planomtale» for Nysætervannet, som handler om hvordan naturlandskapet rundt Nysætervannet skal beveres ved blant annet fargevalg til nettstasjoner, som er beskrevet i delkapittel 4.1.1 (Sykkylven kommune, 2014A)

Kapittel 2 presenterer om den nyeste planen for hyttefelt Orrelia F17B og oppbygging av lavspenningsnett, samt viktige faktorer som er nødvendig for dimensjoneringen av transformator, kabler og vern ved prosjekteringen.



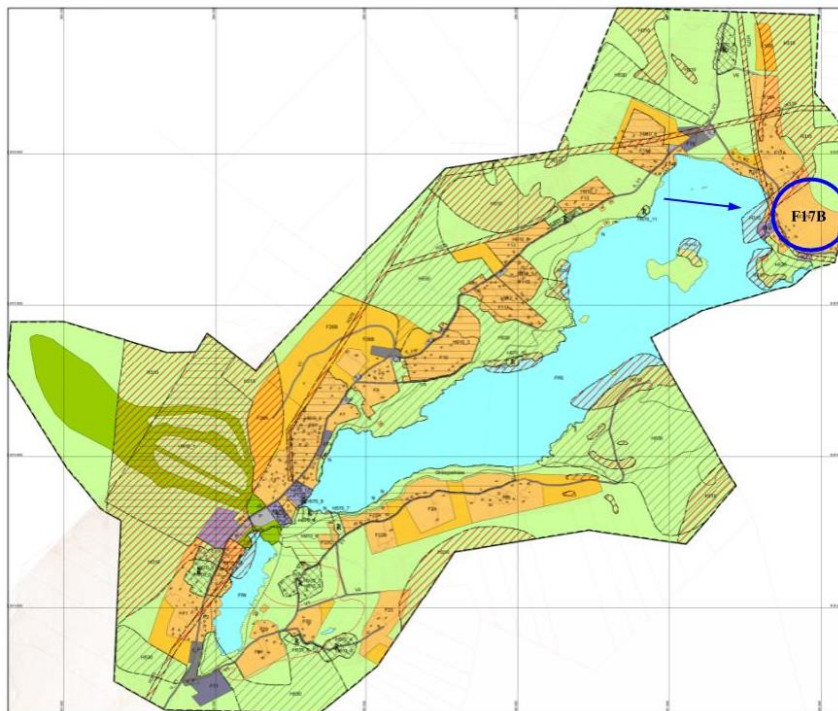
Figur 2.1: Orrelia i kommunedelplan for areala rundt Nysætervannet.

(Modifisert fra: Sykkylven kommune, 2014A)

2.1 Planer ved Orreneset

Hyttefelt Orrelia befinner seg rett ovenfor Misjonscenteret på Orreneset i Sykkylven, se figur 2.2 nedenfor. Etter avtale med oppdragsgiver og veiledere vil dette prosjektet gå ut ifra ny høyspentkabel som skal gå langs veien ved Orreneset til Stranda kommune. Den nye høyspentkabelen skal kunne forsyne Sykkylven og Stranda kommune ved evt. strømbrudd.

Det vil derfor ikke være vanskeligheter for å forsyne hyttefeltet, og tapskostnader blir minimale selv om bruksmønsteret er mye lavere hos hytteboliger. Dette prosjektet vil kun ha fokus på lavspenningsnett for hyttefelt F17B som vil bli forsynt med en 22kV fra Sykkylven Energi.



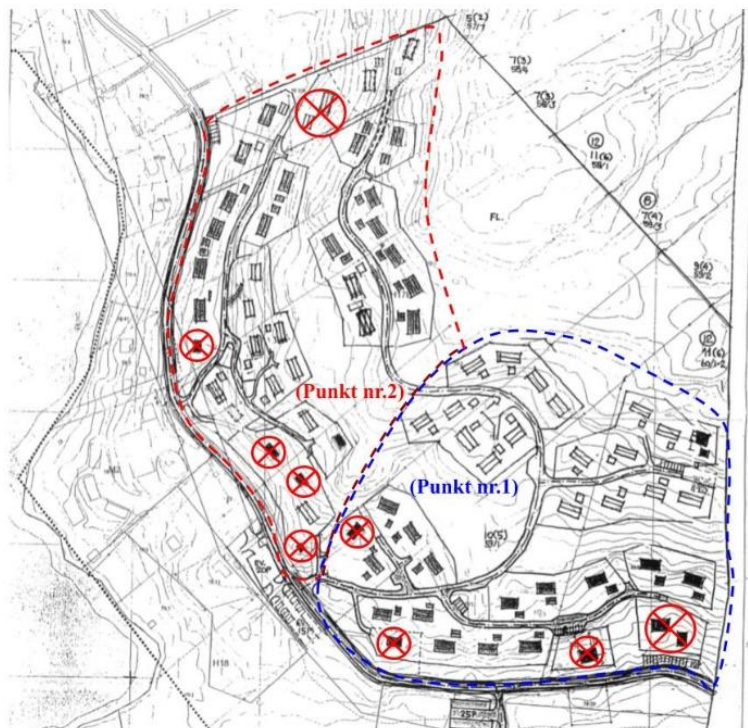
Figur 2.2: Orrelia i plankart om Nysætervannet i Sykkylven.
(Modifisert fra: Sykkylven kommune, 2014B)

Nysætervannet i Sykkylven er et stort ferskvann med langrennsløyper rundt vannet, og blir mye brukt på vinterstid. Nysætervannet blir også brukt som drikkevann og er en viktig ressurs for blant annet dyrelivet. Eksisterende - og nye hytteboliger skal plasseres minimum 1 km unna registrert urørt naturområder. (Sykkylven kommune, 2014A)

2.2 Plan for hyttefelt Orrelia

I starten av prosjektet ble det undersøkt etter nyest mulig plan for hyttefeltet for å gi prosjektet størst mulig verdi. Arkitekttegningen «bygnadsplan for «Orrelia» – felt H17B» ble laget i 2007 av Vestplan AS og er den siste og nyeste planen til hyttefeltet F17B. Hyttefelt Orrelia ble i 2007 kalt H17B, H for *hyttefelt* og ble endret til F17B, F for *fritidsbusetnad* i planomtalen. (Sykkylven kommune, 2014A)

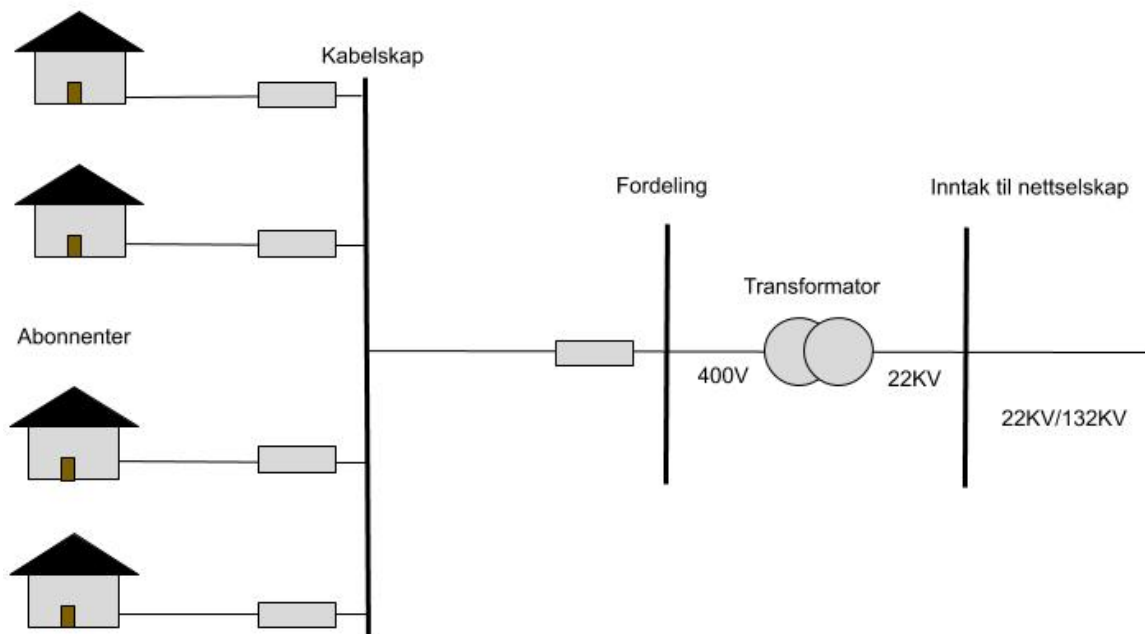
I planomtalen er det så langt en godkjent plan for 34 hytteboliger i felt F17B med 18 eksisterende hytter. I figur 2.3 nedenfor er det hyttene som eksisterte i 2007 markert med rød ring. Disse hytte-boligene blir i dag forsynt av Stranda kommune og blir utelatt fra prosjektet. Bygnadsplan for Orrelia ble delt inn i 2 punkt, siden planen inneholdt totalt 67 hytteboliger. Punkt nummer 1 er valgt for dette prosjektet med 32 hytteboliger (eneboliger) med en transformator. Prosjektet er fiktivt og mangler reguleringsplan, og er derfor et forslag for løsning av lavspenningsnett for pkt.1 i hyttefelt Orrelia i Sykkylven kommune. (Sykkylven kommune, 2014A)



Figur 2.3: Oppdeling av punktene i Orrelia. (Modifisert fra: Vestplan, 2007)

2.3 Lavspent fordelingssystemer

Fordelingssystemene (distribusjonsnett) i Norge skiller mellom likestrøm (DC) og vekselstrøm (AC). (Olsen og Øvrebakk, 2016) Lavspente fordelingssystemer for vekselspanning har spenningsverdier: 230V, 400V, 230/400V, 400/690V og 1000V. Dette er en nedtransformert spenning som kommer fra fordelingstransformatoren, og som har transformert spenning fra 22 KV til 230V eller 400 KV slik som i figur 2.4 nedenfor. Om denne nettstasjonen har bare en matekabel, de vil si bare en linje for energitilførsel, betyr de at vi har et strålenett (radialnett) som er den vanligste for 22KV. Om nettstasjonen har flere matekabler, er det et ringnett (maskenett) som er vanligst for høyere spenninger. (Svarte og Sebergesen, 2015)



Figur 2.4: Prinsipp av et lavspent ringnett, fordelingsnett fra nettstasjon til bolig.

(Modifisert fra: Svarte og Sebergesen, 2015; RENblad, 2012A)

2.3.1 Forskrifter FEF, NEK400

Distribusjonsnettets dimensjoneres etter kravene til REN bladene (Rasjonell elektrisk nettvirksomhet AS). REN bladene inneholder de spesifikasjonene, metodene, forskrifter som FEF (forskrifter om elektriske forsyningsanlegg) og FSE (forskrifter om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske forsyningsanlegg), for å oppfylle normer og krav for reguleringsplan fra norske myndigheter. (REN, u.å.)

2.4 Betegnelse for jordklassifisering

Jordforholdene bokstavbetegnelse beskriver jordforholdets funksjonalitet og hvordan det er bygd opp i som et fordelingssystem (AC). Systemene er kjent som IT-, TT-, TN-system. (Hansen, 2010; Olsen og Øvrebakk, 2016)

Første bokstav forteller hvordan nettsystemet er jordet:

T = (*terra*) forteller at en har jordet transformator i sekundærviklingens nøytralpunkt.

I = (*isolert*) alle spenningsførende deler slik som ytterledere eller nøytralpunktet i transformator er isolert fra jord via gjennomslagsvern. (Hansen, 2010; Olsen og Øvrebakk, 2016)

Andre bokstav forteller hvordan utsatte anleggsdeler er jordet:

T = (*terra*) forteller at alle utsatte anleggsdeler er jordet, og er ikke avhengig av jording andre steder i systemet.

N = (*nøytral*) forteller at utsatte anleggsdeler har en beskyttelsesleder som er koblet direkte til systemets jordingspunkt (PE(N)-leder). (Hansen, 2010; Olsen og Øvrebakk, 2016)

Tredje bokstav og andre etterfulgte bokstaver beskriver bruken av N-leder og PE-leder eller kombinert PEN-leder i TN-nett:

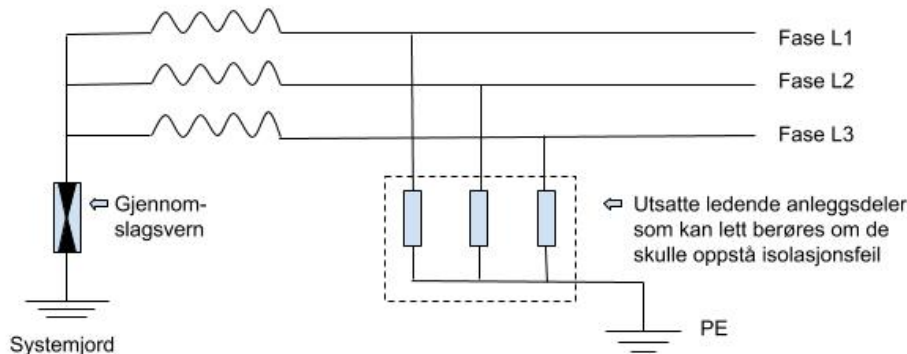
S = (*separate*) forteller at N-lederen og PE-lederen er separate ledere.

C = (*kombinert*) forteller at N-lederen og PE-lederen er en kombinert leder, det vil si en (PEN-leder). (Hansen, 2010; Olsen og Øvrebakk, 2016)

IT – system

IT-systemet er isolert fra jord ved gjennomslagsvernet på sekundærsiden til Transformatoren, og er det mest brukte nettsystemet til norske boligfelt med nominell spenning opptil 230V. Det finnes også IT-systemer som har spenninger opptil 400V, 600V og 1000V, men de brukes av industrien og kan ikke brukes til lys, styrestrøm og varme. For spesielle anlegg kan IT-systemer bygges slik det kan drives selv om det er en jordfeil. (Hansen, 2010)

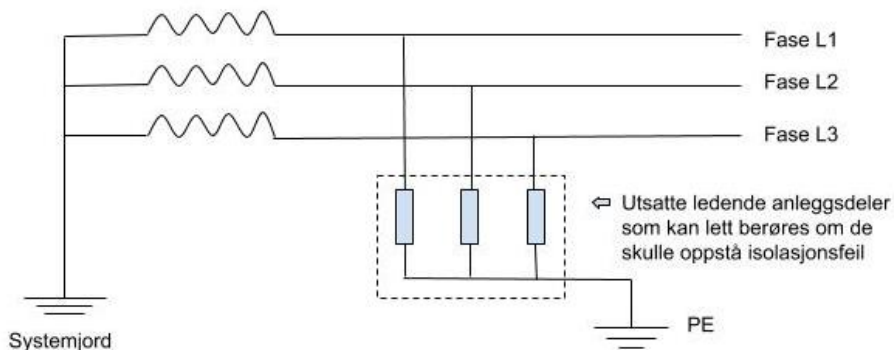
Slike anlegg brukes f.eks. i operasjonsaler i sykehus der de er kritisk visst anlegget blir koblet ut, eller om det kommer farlige strømmer. (Hansen, 2010) Selv om IT-systemet er de mest brukte i Norge, er det mange IT-system som har gjennombrøt gjennomslagsvern i transformator pga. Atmosfæriske overspenninger. Det vil si IT-systemet fungerer som et TT-system, som enkelte nettselskap har fått dispensasjon til å bruke. Figur 2.5 nedenfor illustrerer prinsipp for IT-nett. (Olsen og Øvrebakk, 2016)



Figur 2.5: Prinsipp for IT-nett.
(Modifisert fra: Hansen, 2010; Ormbostad, 2015A)

TT – system

Det fleste TT-systemene i Norge er egentlig ment for å være IT-systemer, før de ble utsatt for lyn overspenninger. Forskjellen fra IT-system er at nullpunkt i transformatoren er koblet direkte til systemjord, se figur 2.6 nedenfor. TT-systemet blir brukt med nominellspenning opptil 230V, og har direkte jordet nøytralpunkt mens utsatte anleggsdeler er jordet separat. (Olsen og Øvrebakk, 2016)



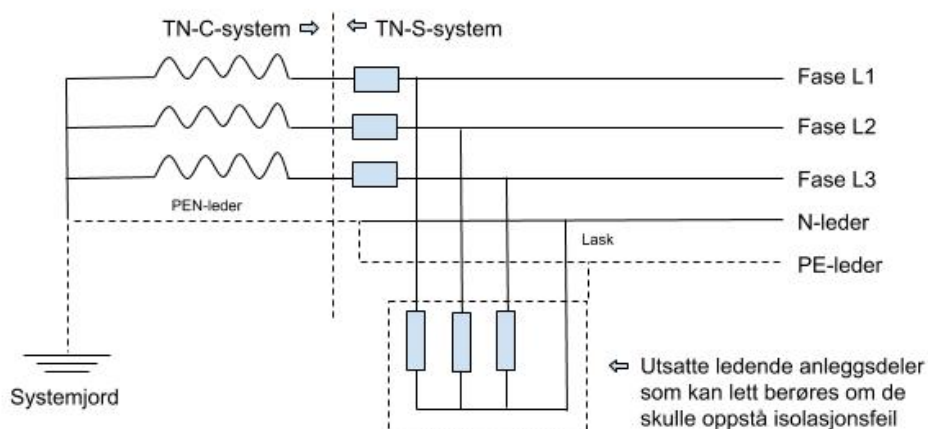
Figur 2.6: Prinsipp for TT-system.
(Modifisert fra: Hansen, 2010; Ormbostad, 2015A)

TN – system

TN-systemet første bokstav T viser at det er en jordet transformator, vanligvis i sekundærviklingens nøytralpunkt. Andrebokstaven N forteller at systemet har en beskyttelsesleder (PE-leder). TN-systemet fungerer som et 230/400V system som kan utføres etter behov som:

- Tofase: 400V linjespenning mellom to faseledere og 230V mellom en faseleder og nøytralpunkt.
- Trefase: 400V kan tas ut mellom de tre faselederne.

TN-systemer kan utføres som TN-C-system, TN-S-system og TN-C-S-system som er en kombinasjon av begge systemene, hvor -C står som tredje bokstav. C forteller at nettsystemet har en del der nøytrallederen (N-lederen) og beskyttelsesjordleder (PE(N)-lederen) er kombinert i en leder, og -S som separate ledere, se figur 2.7 nedenfor (Hansen, 2010)



Figur 2.7: Prinsipp til et 230/400V TN-C-S-system.
(Modifisert fra: Hansen, 2010; Ormbostad, 2015A)

Nettsystemet til hyttefeltet Orrelia

Hyttfeltet prosjekteres som et TN-system med tanke på større effektbehov en før og for mindre effekttap. TN-system for 230/400V kan gi like mye effekt som 230V-systemer som IT- og TT-system, selv om systemet bruker mindre strøm. Dette er kostnadsbesparende siden kabler kan dimensjoneres med mindre tverrsnitt. (Hansen, 2010)

2.5 Strømforbruk og utfordringer

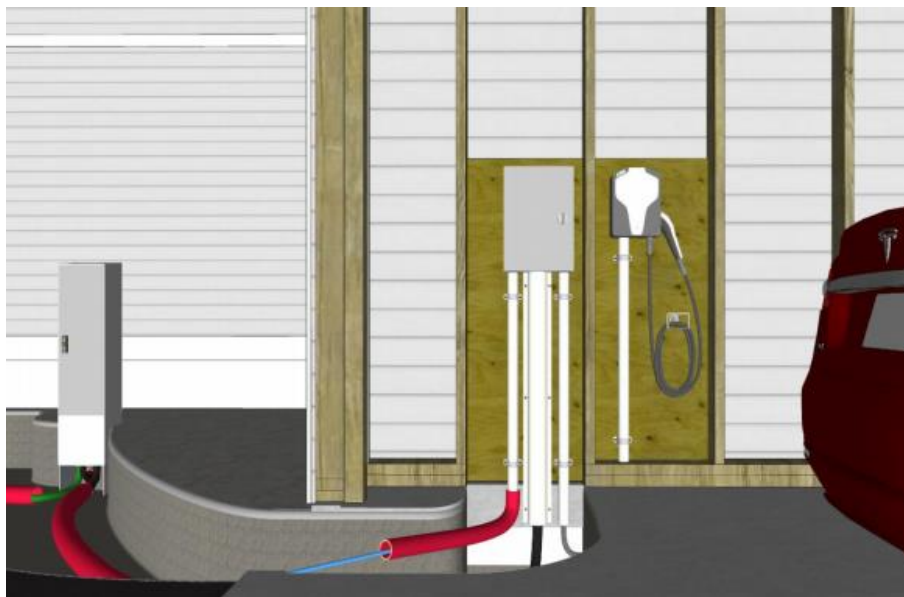
Effektbehovet i dag økes pga. nyere teknologiske løsninger ved f.eks. oppvarming via varmepumpe, varmekabler og fremkomstmidler som el-biler. Hyttefelt som skal forsynes etter disse behovene må dimensjoneres for dette strømforbruket, spesielt for det dagene som f.eks. fredag før påskeferien. Hyttefelt har mye lavere brukstid i forhold til vanlige boligfelt, men dager som fredag før påske vil det kanskje dras mye mer energi over kortere tid. Det er derfor viktig at nyere hyttefelt dimensjoneres etter disse effektbehovene på en forsvarlig måte etter forskrifter og normer. (Distrikts energi, 2019)

2.5.1 EL-biler

Valg av fremkomstmiddel i dag baserer seg veldig på miljøvennlige valg. Flere og flere velger derfor el-bil som nyttekjøretøy pga. av null utslepp ved bruk. Det anbefales derfor å lade elbilene om natten for da har nettselskapene størst overskudd av fornybare energi. (Distrikts energi, 2019)

Et av problemene nettselskapene opplever er at ladestasjonene ikke har fulgt vekstfarten til salg av el-biler, som gjør at flere nettsystemer som hytteområder må oppgraderes. (Distrikts energi, 2019) I senere tid har el-bilene blitt mye mer effektive enn det var før, og alternativ ladningen av disse har blitt utviklet med nye løsninger. I dag blir de brukt tre metoder for oppladning av el-biler for boliger i Norge. (Nelfo, 2017):

- **Mode 1** (Normalladning): Helt enkel vanlig kabel til stikkontakt, mangler styringsboks og krever derfor egen 10 A-kurs og 30 mA jordfeilbryter. (Nelfo, 2017)
- **Mode 2:** Kabel med ladeboks som justerer ladestrømmen etter det bilen og elektriske anlegg håndterer. Krever jordfeilvern for kursen, selv om ladeboksen inneholder eget jordfeilvern og er den mest brukte løsningen i dag. (Nelfo, 2017)
- **Mode 3:** Fastmontert ladeboks på vegg som håndterer en fase, trefase og DC. Apparatet tolerer høy belastning over lengre tid, og krever egen kurs med 30 mA jordfeilbryter. Den mest anbefalte spesialtilpasset kontakten for hjemme ladning av el-bil ifølge Nelfo. (Nelfo, 2017) Utførelse av fastmontert ladeboks på vegg kan ses i figur 2.8 på neste side. (REN, 2018A)



Figur 2.8: Utførelse av fastmontert ladeboks på vegg. (REN, 2018A)

For å komme til Orrelia med el-bil, vil det være mange bratte bakker og kaldt klima om vinteren som kan bidra til å redusere batterilevetiden. Flere vil ha behov for el-bil lader i hytteboligen, og hvor lang tid elbilene bruker på å lade batteriet varierer fra ulike typer bilmerker. Nedenfor i tabell 2.1 er det beskrevet hjemmeladning med 10 A-kurs for 3 ulike el-biler.

Tabell 2.1: Strømforbruk av 3 ulike el-biler.

Bilmerke og effekt/hk	NEDC (Km)	WLTP (Km)	Hjemmeladning (10 Amp.) / hurtiglading	Strømforbruk (KWh/mil)	Batterikapasitet (KWh)
Volkswagen E-Golf 110 KW/136 hk (NAF, u.å.A)	300	229	16 timer / 45 min	1,27	35,8
Nissan Leaf 110 KW/150 hk (NAF, u.å.B)	378	270	17 timer / 45 min	1,5	40
Tesla Model S100D 4WD 449 KW/ 611 hk (NAF, u.å.C)	613	Ikke oppgitt	45 timer / 45 min	1,63	100

NEDC betyr «New European driving cycle» og er en målestandard ofte brukt i reklamene til bilprodusenten. Passer dårlig på norske forhold, og anslås for å være optimistisk. (NAF, 2017) *WLTP* er en ny europeisk testmetode for mer realistisk måling av rekkevidde. (NAF, u.å.D) *Hurtigladning* gir muligheten for 32 ampere strømkurs og 7,2 KW ladeeffekt. Ved oppladning av f.eks. E-Golf, reduseres ladetiden til 5t og 20 min ved bruk av fastmontert hjemmelader. (Volkswagen, u.å.)

2.5.2 El. apparater i hjemmet

I hjemmet har vi mange forskjellige apparater som drar elektrisitet. I tabell 2.2 nedenfor illustrerer strømforbruk i timer per uke, og sted i hjemmet. (Enøk, u.å.)

Tabell 2.2: strømforbruk av elektriske apparater i hjemmet. (Enøk, u.å.)

Sted i boligen	El. apparater i hjemmet	Effekt (Watt)	Brukstid (timer/uke)	Årlig forbruk (KWh/år)
Kjøkken	Komfyr	2200	7	800
	Kjøkkenvifte	75	2	10
	Kaffetrakter	1500	3,5	270
	Oppvaskmaskin	2000	7	730
	Kjøleskap	160	56	470
	Fryseboks	175	70	640
	Brødrister	1000	0,2	10
Bad	Vaskemaskin	2500	4	520
	Tørketrommel	3000	3	470
	Hårtørker	750	1	40
	Barbermaskin	10	0,5	~0
Stue	TV	100	21	110
	Stereoanlegg	25	28	40
	Støvsuger	1000	1	50
Gjelder for hele boligen	Oppvarming	3300	84	
	Vannoppvarming	1000	70	
	Belysning	1080	49	

2.5.4 Effektbehov og brukstid

Hvor stort effektbehovet er for boliger kan regnes med Velandersformel, som er laget med konstanter for bestemt belastningstype.

Velanders formel 1 (Sintef, 2014):

$$P_{max} = K_1 \times W + K_2 \times \sqrt{W} \quad (1)$$

Hvor: P_{max} er maksimal effekt i året (kW), K_1 og K_2 er Velanderkonstanter for bestemt belastningstype etter målinger, og W er forventet års verdi. (Sintef, 2014)

Hvor mye strøm en enebolig bruker i året kan oppgis som brukstid, som viser strømforbruket i timer per år (t/år). Hyttefelt dimensjoneres på lik linje slik som vanlige boligfelt, men har mye mindre brukstid. Velanders formell blir derfor feil å bruke ved hytteboliger i fjellområder som Nysætra. Grunnen til dette er at man får urealistisk lave verdier, og er derfor avhengig av å kunne bedømme effektbehovet etter nødvendige strømforbruk som er tiltenkt hytteboligene.

I RENblad nr. 8007 er det beskrevet:

«Hvis oppdragsgiver har egne belastningstall skal disse anvendes.» (REN, 2010B, s.3)

Sykkylven Energi frarådet derfor å bruke Velanders formel siden den ville gi for lave verdier for effektbehov til hytteboligene. Det ble derfor utført en sammenlikning av effektbruk til eksisterende hytteboliger på Nysætra i Sykkylven som kan ses nedenfor.

Sammenlikning av eksisterende hytteboliger for effektbehov:

Dette er en grov estimering av effektbehovet med stor feilmargin, og metoden må ikke brukes til noe annet en som pekepinn for effektbehovet.

Ved hjelp av Netbas til Sykkylven Energi ble det tatt en gjennomsnitts vurdering av eksisterende hytteboliger med totalt effektbehov på 535 KW og et forbruk til sammen på over 800 000 KWh. Det ble valgt 82 tilfeldige hytteboliger med en brukstid på 1750 (t/år). Det ga et resultat om gjennomsnittsforkbruk på ca. 6,5 KW pr. år.

Beregningene hadde stor feilmargin, og kan ikke antas for å være korrekte verdier, men den ga en pekepinn på hvor effektbehovet burde ligge. Resultatet ble en brukstid på ca. 1500 (t/år) og forventet strømforbruk på 10 kW, når årlig forventet energiforbruk er 15000 kWh. Grunnen til et resultat på 10 kW, var pga. de eksisterende hytteboliger i beregningen var fra 10 til over 20 år gamle.

2.5.5 Samtidighetsfaktor

Alle komponenter i et nettsystem belastes ved drift, men sannsynligheten for at alle komponentene blir belastet med maksimal belastning samtidig er ikke stor. Det brukes derfor samtidighetsfaktor, også kalt reduksjonsfaktor som er et mål for samtidigheten mellom komponentene i drift. (Hansen, 2010)

Samtidighetsfaktoren har mye å si for økonomien i anlegget. Når tverrsnitt av kabler skal velges er det nødvendig å ta hensyn til samtidighetsfaktoren for å ikke overdrive beregningen av tverrsnitt til kabler som f.eks. høyspentkabelen, viser til delkapittel 4.3.2 Tverrsnitt til høyspentkabel. (Olsen og Øvrebakk, 2016) Samtidighetsfaktoren er forskjellig for ulike typer bygg, og påvirkes av antall kurser som kan ses i tabell 2.3 nedenfor. (Ormbostad, 2015A)

Tabell 2.3: Samtidighetsfaktoren. (Ormbostad, 2015A, s. 117)

Antall kurser	Bolig	Andre bygg
2-3	0,8	0,9
4-5	0,7	0,8
6-9	0,6	0,7
≥ 10	0,5	0,6

2.5.6 Spenningsfall

Alle komponenter i en bolig som belaster kursene i lavspenningsnettet som f.eks. varmepumpen, trenger riktig spenning for å fungere optimalt og for å bevare levetiden til apparatet. Ønsket er å gi forbrukerne konstant spenning ved lasten, men det kan være vanskelig visst det er mange abonnenter med forskjellige effektbehov i brukstiden. Dette er

også en faktor ved valg av tverrsnitt til kabler i lavspenningsnettet, hvor forskriftene setter krav til spenningsvariasjonene. (Olsen og Øvrebakk, 2016)

Om installasjonen til en bolig forsynes av et vanlig allment forsyningssystem, dvs. at den ikke forsynes av egen transformator har virkning på spenningsfallet. Anbefaling fra NEK 400 for vanlig allment fordelingssystem, er spenningsfall på maks 3% for belysningsutstyr og maks 5% for annet forbruksutstyr. Nettselskap derimot kan leverer en nominell spenning med en toleranse på $\mp 10\%$ i utstyret som skal forsyne bolig med elektrisitet. (Ormbostad, 2015A)

Formel 2 til spenningsfall ved trefase:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I * \rho * L * \cos\varphi}{A} = V \quad \Delta U = \frac{P * \rho * L}{U * A} = V \quad (2)$$

Formel 3 til spenningsfall i prosent %:

$$\Delta u = \frac{\Delta U * 100}{U} = \% \quad (3)$$

Hvor: ΔU er spenningsfall (V), Δu er relativt spenningsfall (%), U er hoved spenning (V), U_0 er fasespenningen (V), ρ er resistivitet ($\Omega * \text{mm}^2/\text{m}$), I er belastningsstrøm (A), P er lasteffekt (kW), L er kabellengde (m), $\cos\varphi$ er lastens effektfaktor og A er ledertverrsnitt (mm^2). (Ormbostad, 2015A)

2.5.7 Jordingsystem

Skal sikre boligen i henhold til forskriftenes krav for berøringsoverspenning, og gi en god avledning til jord ved evt. andre overspenninger. (REN, 2012A)

Jordingssystemet består av (REN, 2012A):

- Hoved jordledere
- Utjvningsjordleder
- Jordelektroder («50 HZ jord» (REN, 2012A))

Lavspenningsnettet og høyspenningsnettet sitt jordingsystem kan være koblet sammen eller adskilt. Dette bestemmes etter vurdering om området er et «utbredt jordingsystemet» (global jord), viser til delkapittel 4.2.6 prosjektering av jordingsystem, som beskriver hvorfor hyttefelt Orrelia har global jord og bruk av Excal kalkulatoren til REN og formel 4 og 5 nedenfor. (REN, 2013A)

Formell 4 for overgangsmotstand for den ekvivalente potensialflaten (sirkel) R_G , ved bruk av Excel-kalkulatoren for dokumentasjon av globaljord, alternativ 1. (REN, 2013A):

$$R_G = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A} + \frac{\rho}{L_T}} = \Omega \quad (4)$$

Fra overgangsmotstanden R_G kan man også regne ut potensialstigningen ved å multiplisere enpolt jordfeilstrom, som vist i formel 5 (REN, 2013A):

$$U_E = R_G \times I_j = V \quad (5)$$

Hvor: ρ er Jordresistivitet, A er Områdets areal, a er Tverrsnitt Cu, L_T er Lengde jordtråd og I_j er jordfeilstrom. (REN, 2013A)

2.5.8 Vern

Det brukes verneinnretninger til elektriske installasjoner for å verne mot årsakene som fører til feil i det elektriske systemer. Årsaker til feil kan være f.eks. lyn overspenninger, feil på materiell og utstyr, og menneskesvikt ved montering eller drift. Vern skal blant anna beskytte liv og eiendom, samt redusere disse feilene når det oppstår. (Olsen og Øvrebakk, 2016)

Aktuelle vern for lavspenningsnettet:

- Kortslutningsvern (KV), monteres i kabelskapet og beskytter inntaksledningen og overbelastningsvern mot kortslutning.

Typer kortslutningsvern:

- Effektbryter
 - Automatsikringer
 - Smeltesikringer
 - Høyeffektsikringer/knivsikringer (Ormbostad, 2015A)
- Overspenningsvern, monteres i tilknytningsskapet og beskytter belastninger som koblet inn/ut og atmosfæriske overspenninger som lynnedslag. (Ormbostad, 2015A)
 - Overbelastningsvern, beskytter boligen mot overstrømmer og monteres før sikringsskap innvendig i bolig og evt. før garasjen. (REN, 2018A)

2.5.9 Selektivitet

Når det oppstår feil og bare det nærmeste vernet slår ut, har vernet i ledningsnettets selektivitet som tyder «å utvelge». (Hansen, 2010) Det ønskes derfor at man har god selektivitet mellom kortslutningsvern og overbelastningsvern for å minske skade på større deler av ledningsnettets ved evt. feil. For å kunne oppnå selektivitet må maksimal og minimal kortslutningsstrøm dokumenteres for selektiv bryteevne mellom vernene. (Hansen, 2010)

2.5.10 Ulike tap og virkningsgrad i transformator

I jernrammen (*jernkjernen*) til en transformator får vi ulike tap som spiller inn hvor effektiv virkningsgraden til en transformator er. For å kunne utnytte mest mulig av strømenergien regnes disse tapene ved å bruke formelen (nr). Det oppstår varmetap i spolene og jerntap som består av hysteretap og virvelstrømtap. Når en skal finne ut jerntap i en trafo så måles tomgangstapene, da disse er lik jerntapene i praksis. Jerntapene varierer i forhold til transformatorens fluks (kvadratet av spenningen), men pga. at fluksen er så liten når en måler varmetapet til viklingens belastning i kortslutning, brukes det då å se vekk fra jerntapene uavhengig av belastningen. (Dalva og Thorsen, 2013)

Om transformatoren skal være av typen aluminium eller kobber har mye å si for tapene, samt hvor mye tap det oppstår over tid. En kobbertransformator har mindre tap i forhold til en aluminiums transformator, men siden transformatoren skal forsyne et hyttefelt vil det

ikke være gunstig over tid for å bruke en betraktelig dyrere kobbertransformator pga. bruksmønsteret er så mye lavere kontra vanlige boligfelt. (Dalva og Thorsen, 2013)

Virkningsgraden til en transformator, formel 6 (Dalva og Thorsen, 2013):

$$\eta = \frac{n * S_N * \cos\varphi_2}{n * S_N * \cos\varphi + P_0 + n^2 * P_k} \quad (6)$$

Hvor: n er belastningsfaktor, S_N er merkeverdi for transformator (VA), $\cos\varphi_2$ er lastens effektfaktor, P_0 er tomgangstap (W) og P_k er belastning ved merkestrøm (W). (Dalva og Thorsen, 2013)

2.5.11 Tverrsnitt beregninger

Dette underkapittelet tverrsnitt beregninger beskriver det faktorene som ligger for økonomisk tverrsnitt til kabler for lavspenningsnett.

Investeringskostnader for kabler nedenfor i formel 7 (Sintef, 2010):

$$K_0 = (K_0 + K_{tv} \times A) \times l \quad (7)$$

Hvor K_0 er tverrsnituavhengig kostnad (kr/km), K_{tv} er tverrsnittavhengig kostnad (kr/km, mm²), A er tverrsnitt (mm²) og l er lengde (km). (Sintef, 2010)

Tapkostnader for kabler (Sintef, 2010):

Tapene ved overføringer kan skrives med formel 8 (Sintef, 2010):

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \text{ (W/km)} \quad (8)$$

Kapitaliserte tapskostnader («Kapitalisering, *utregning av kapitalverdien av en serie betalinger.*» (Stoltz, 2015) i den økonomiske levetid kan skrives med formel 9 (Sintef, 2010):

$$K_{\Delta P} = \Delta P \times 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N} \text{ (kr)} \quad (9)$$

Hvor K_{pgj} er gjennomsnittlig ekvivalent tapspris i den økonomiske levetid (kr/kW, år) og $\lambda_{r,N}$ er kapitaliseringsfaktor med kalkulasjonsrente r og analyseperiode N . (Sintef, 2010)

Uttrykket omformes til formel 10 (Sintef, 2010):

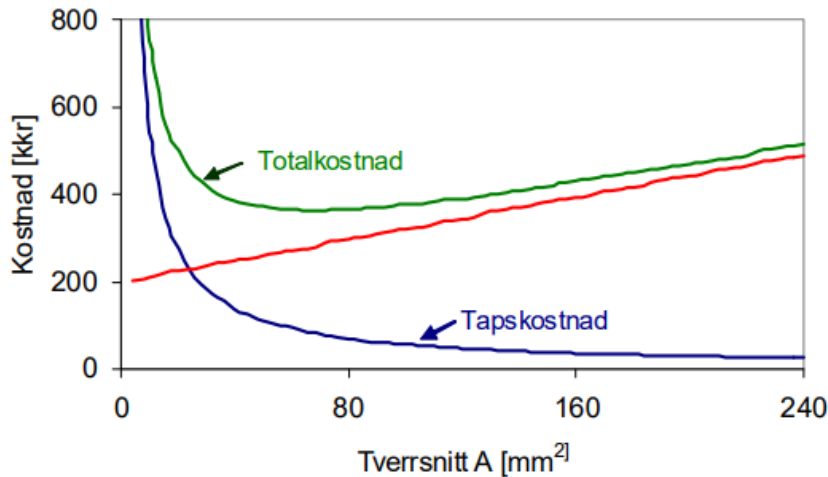
$$K_{\Delta P} = 3 \times I^2 \times \rho \times \frac{l}{A} 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N} \text{ (kr)} \quad (10)$$

Hvor ρ er resistivitet ($\Omega\text{mm}^2/\text{km}$) (Sintef, 2010)

Totale kostnader kan skrives med formel 11 (Sintef, 2010):

$$K_{Tot} = (K_0 + K_{tv} \times A) \times l + 3 \times I^2 \times \rho \times \frac{l}{A} \times 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N} \text{ (kr)} \quad (11)$$

Optimalt tverrsnitt er ønskelig for å få minst mulig tidskostnader. Figur 2.9 på neste side, viser det prinsipielle forholdet til total kostnader som funksjon av tverrsnitt A (mm^2), hvor kabelens kostnadsøkning er konstant ved fast tverrsnittsøkning. I praksis er den ikke helt konstant slik som i figuren, men mer stykkevis tilnærmet konstant. (Sintef, 2010)



Figur 2.9: Totale kostnader som funksjon av tversnitt A [mm²]. (Sintef, 2010)

Formel 12 for optimalt tversnitt kan uttrykkes ved å sette svaret lik null og derivere kostnadsfunksjonen. (Sintef, 2010):

$$\frac{dK_{Tot}}{dA} = K_{tv} \times l - 3 \times I^2 \times \rho \times \frac{l}{A^2} \times 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N} = 0 \quad (12)$$

Dette gir formel 13 (Sintef, 2010):

$$A^2 = \frac{3 \times I^2 \times \rho \times 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N}}{K_{tv}} \quad (13)$$

Eller som formel 14 (Sintef, 2010):

$$\frac{I}{A} = \sqrt{\frac{K_{tv}}{3 \times \rho \times 10^{-3} \times K_{pgj} \times \lambda_{r,N}}} \quad (14)$$

Optimal strømtetthet vil bli forskjellig ved bruk av forskjellige materialer, et eksempel på dette er kobber som har bedre ledningsevne enn aluminium. Om det er last økning i perioden, erstattes $\lambda_{r,N}$ med $\lambda_{r,P,N}$ som inneholder også prosentvis last økning P , som en diskonteringsfaktor. (Sintef, 2010) («Å diskontere vil si å omregne en fremtidig verdi til nåverdi.» (Sirnes, 2018))

2.5.12 Magnetiske felt

Kabler, transformator og annet utstyr i et ledningsnett skaper magnetiske felt pga. den strømføringen som går gjennom komponentene. I anlegg som lavspenningsnett skal det tas hensyn til disse magnetiske feltene i risikovurderingen for å eliminere evt. farlige strålinger som kan gi helserisikoer selv om dette midlertidig ikke en endelig konklusjon av statens strålevern (50 Hz magnetfelt og helse). (REN, 2015C)

Det skilles mellom elektriske felt (Spenningsforskjell mellom to objekter, hvor spenning deles på avstand i meter (V/m)) og magnetiske felt (μT , feltstyrke fra lederens strøm og avstand mellom ledere), også kalt elektromagnetiske felt. Magnetiske felt måles ved Enheten Tesla (T) eller μT (mikrotesla), hvor $1 \mu\text{T} = 0,000001 \text{ T}$. Beregning av magnetisk flukstetthet gjøres ved formel 15 under. (REN, 2015C)

$$B = K \times \frac{d}{r^2} \times I \quad (15)$$

Hvor: B er magnetisk flukstetthet, K er konstant (2×10^{-7}), d er faseavstand, r^2 er avstanden til beregningspunktet og I er strømmen. (REN, 2015C)

3 MATERIALER OG METODE

Ved oppstart av prosjektet ble planlagt oppstartsmøte med veileder og oppdragsgiver, samt brukt mye tid på planlegging for selve utførelse av oppgaven, lesing av bøker, RENblader, forskrifter og normer. Dimensjonering av lavspenningsanlegget gjøres med et dimensjoneringsprogram for elektriske anlegg. Det skal tas valg av utsyr, risikovurderinger og kostnadskalkyle av selve prosjektet. I dette kapittelet beskrives framgangsmåten for prosjektering av lavspenningsnett til hyttefelt Orrelia punkt nr.1.

Prosjektet består av en person som prosjektleder/sekretær. Som prosjektleder har man ansvar for prosjekteringen og utførelse av selve prosjektet. I tillegg som sekretær har et ansvar for å avtale oppstartsmøte, veiledningsmøter, statusmøter med veileder og oppdragsgiver.

3.1 Data

I prosjektet hyttefelt Orrelia vil det bli brukt forslag for løsninger til RENblad og bøker. RENblad gir gode forslag etter krav til forskrifter og normer, men er ikke en forskrift i seg selv. For å løse problemstillingene til lavspenningsnettet ble det brukt mye tid på å sette seg inn i alle forskrifter og normer som er beskrevet i RENbladene. Kilder har sine positive og negative sider siden noen av bøker kan inneholde foreldet informasjon.

Trygge kilder

- Nyere bøker
- RENblad, oppdateres automatisk
- Sykkylven Energi
- Veileder

Usikre kilder

- Nettsider hvor hvem som helst kan publisere tekster, f.eks. Wikipedia, kommentarspalter og blogger.
- Eldre bøker med utdatert informasjon

3.2 Programmer

- Office pakken til Microsoft, hvor det er brukt:
 - Word – skriveprogram
 - Excel – planlegging-, til ulike kalkulasjonsprogram
 - Power Point – framvisning av prosjekt
 - OneDrive – skylagring og sikkerhetskopiering av dokumenter
- Febdok
- PSS®Sincal
- Ren programmer
 - Prosjektsystem, kostnadskalkyle av prosjekter
 - Distribusjonsnett kabel – Grøftenitt (regneark for beregning av grøftesnitt)
RENblad nr. 9030 – versjon 2,0
 - Distribusjonsnett – beregning av globaljord, RENblad nr. 8013 – versjon 1,0.

3.3 Metode

Strukturen av prosjektrapporten fra start til slutt som innhenting av informasjon, forskrifter og dimensjonering. Dette er et lite referat om hvordan prosjektet ble løst punkt for punkt.

Bachelorrapporten

- RENblad, forskrifter og normer.
 - Ble brukt til prosjektering og dimensjonering av anbefalte løsninger i REN og krav til forskrifter FEL, FEF, FSE, og normen NEK 400 og NEK 499.
- Valg og dimensjonering av utstyr og komponenter til hyttefeltet
 - Framlegging av valgt utstyr for oppdragsgiver og veileder for eventuelle endringer etter anbefalte løsninger.
- HMS og risikovurderinger
 - Det ble laget HMS, SHA-plan og gjort vurdering av risikoer innenfor lavspenningsnett.
- Oppmåling av lengder i hyttefeltet etter målestokk til arkitektskissen
- Office pakken til Microsoft
- Dimensjonering av lavspenningsnett i Febdok.

- Lavspenningsnett dimensjoneres i Febdok som er et Norsk dimensjoneringsprogram for elektriske anlegg, og brukes av installatører, ingeniører, rådgivere og skoler. I henhold til NEK 400 dimensjoneres og dokumenteres elektriske installasjoner i Febdok. (Febdok, u.å.)
- Prosjektering og dimensjonering av lavspenningsnett
- Visualisering
- Analysering av selektivitet til riktig valg av utstyr
- PSS@Sincal
 - Prosjektering
- Ren programmer
 - Prosjektsystem, estimering av selve lavspenningsnett med ulike arbeidsoppgaver fra kjente verdier til REN.
 - Distribusjonsnett kabel – Grøftenitt (regneark for beregning av grøftesnitt). RENblad nr. 9030 – versjon 2,0, til videre arbeid i prosjektet.
 - Distribusjonsnett – beregning av globaljord, RENblad nr. 8013 – versjon 1,0.
- Kostnads kalkyle og tverrsnitt beregninger av prosjektet
 - Kostnads kalkyle av alle utgifter i lavspenningsnett.
 - Tverrsnitt beregninger, det ble ikke gjort utregninger av optimal økonomiske tverrsnitt av kabler for hyttefeltet, men brukt anbefalte tverrsnitt av Sykkylven Energi. Tverrsnitt beregningene i delkapittel 4.3.1 er beskrevet for å gi sammenheng til effektbehov, kostnader og brukstid.

3.4 Materialer og utstyr

Scale master II

Måling av lengder for høyspent- og lavspentkabler ble gjennomført med måleinstrumentet Scale Master II (Digital plan measuring system), se figur 3.1 nedenfor. Dette er et utstyr som hører til Sykkylven Energi, og brukes til å måle ulike lengder i kart med målestokk. For rette linjer ble lengdene sammenlignet med vanlig linjal. Viser til delkapittel 4.2.5, plassering av materialer og utstyr for mer beskrivelse om måling av lengdene i F17B-pkt.1



Figur 3.1: Svale Master II. Foto: Thomas Martin Tynes, (2019)

Illustrasjonsverktøy til Google

Det figurene som ble modifisert og laget til bachelorrapporten, ble utført i illustrasjonsverktøyet til Google docs.. Denne funksjonen ligger som en funksjon for innsetting av illustrasjoner til dokumenter.

4 RESULTATER OG DISKUSJON

Kapitel 4 inneholder beskrivelse og diskusjon for valgt utstyr i prosjekteringen av lavspenningsnett. Det er laget kort beskrivelse for utførelse og montering av nødvendig utstyr med tanke på prosjektering av beskyttelse.

Dimensjonering av lavspenningsnett i Febdok er beskrevet i delkapittelet 4.2.7, og gjelder for punkt nr. 1 i Orrelia, som kan ses i figur 4.27 i delkapittel 4.2.5 plasserings av materialer og utstyr.

Materieller og utstyr som skal brukes i prosjektet velges etter sikkerhet, effektbehov og økonomi. Siden det prosjekteres er et hyttefelt blir de også tatt hensyn til bevaring av landområdets utsende og naturmangfoldet i området. Prosjektet fokuserer på det elektriske lavspenningsnettet til punkt nr.1, ikke avløp eller vann. Valgt utstyr kan ses i tabellene 4.1 og 4.2.

4.1 Valgt utstyr og utførelse

Tabell 4.1: Resultat av valgt utstyr, med variant og fabrikat.

Utstyr	Variant	Fabrikat
Nettstasjon	FLEX 3	Møre Trafo
Transformator	Standard 500 KVA	Møre Trafo
Lavspenningskabel – stikkledning (D ₂)	TFXP-O 1kV (8-tall) 50 mm ²	Nexans
Lavspenningskabel - Matekabel (D ₂)	TFXP-O 1kV (8-tall) 240 mm ²	Nexans
Høyspentkabel (D ₂)	TSLF-OJ 24kV 50 mm ²	Nexans
Kabelskap	Kabeldon CDC 440 NOG	ABB
Sikringsbryter	SD000 eller SD00	ABB
Smeltesikring – 315A (Samleskinne i nettstasjon)	NH patron	IEC
Smeltesikring – 160A (kabelskap)	NH patron	IEC
Smeltesikring – 80A (tilknytningsskap)	NH patron	IEC
Kabelklemme	AD300	ABB
Skillebryter	FD3300	ABB

Tabell 4.2: Valgt utstyr, med variant, type og fabrikkat for hyttebolig nr. 27

Tilleggsutstyr ved testing av selektivitet til hyttebolig nr. 27	Variant ved testing av selektivitet til hyttebolig nr. 27	Fabrikkat ved testing av selektivitet til hyttebolig nr. 27
Automat overbelastningsvern	40 A (A/E)	ABB - S750DR E 35-63A
Automat m/jordfeilbryter	16A m/30mA (A/B)	ABB - DDA 200 B
Automat u/ jordfeilbryter	10/16A (A/B)	ABB – S800 - B
Stikkledninger etter tilknytningsskap til bolig/garasjen (D ₂)	4G16 og 25 mm ²	TFXP Cu
Stikkledninger innvendig (A ₁)	1,5, 2,5, 4 og 16 mm ²	PN Cu
Overspenningsvern	Type 2	
Måler	Type kWh	

4.1.1 Nettstasjon

Nettstasjon eller trafokiosk er som et lite hus for transformatoren, og er laget for å beskytte transformator mot omgivelsene rundt, og berøringssikker som vist i figur 4.1 nedenfor.

Oppgaven til nettstasjonen er å sikre tilknytningspunkt for nettselskapet og transformere ned høyspenninger fra 11 - 22 kV til 230/400V til lavspente fordelingsystemer. (Rosvold, 2018)

Dette gjøres ved at nettstasjonen inneholder:

- Fordelingstransformator(er)
- Lastskillebrytere
- Og/eller effektbrytere
- Strøm – og spenningstransformatorer
- Overstrømsvern
- Smart strømmålere (AMS)
- Nyere nettstasjoner er også utstyrt med fjernstyring (Rosvold, 2018)



Figur 4.1: FLEX 3, nettstasjon fra Møre Trafo. (Møre Trafo, u.å.B)

Valg av nettstasjon

Nettstasjonen Flex 3 som er valgt til prosjektet, og er produsert av Møre Trafo AS. Flex 3 skal monteres med betongplattning. (Møre Trafo, u.å.B) Nettstasjonen er produsert for å være motstandsdyktige mot korrosjon, og består av glassfiberarmert polyestertak med rammeverk, vegger og fundamentet bygget som en integrert del av varmforzinkede stål, og lakkert med teflonpulverlakk. Det blir produsert nettstasjoner som har andre alternative fasader som STENI-plater, aluminium og treverk, men ikke for denne størrelsen. Andre nettstasjoner har også alternativt saltak med shingel, stålpanner og larvikspanel. (Møre Trafo, u.å.A)

Nettstasjonens utsende

Det er viktig å bevare landbrukets utsende, velger derfor en nettstasjon som egner seg fargemessig i forhold til naturen. Flex 3 kan ikke leveres med tre-kledning, men kan velges i annen farge for en mer nøytral fasade. Flex 3 kan fås i samme grønnfarge (RAL 6009) som kan ses under i figur 4.2. (Møre Trafo, u.å.B)

Leveringsalternativer av fargevalg:



Figur 4.2: Leveringsalternative farger til FLEX 3. (Modifisert fra: Møre Trafo, u.å.B)

Landområdet

Det er viktig at det blir tatt hensyn til naturen rundt nettstasjon ved valg av farge etter ønske fra Sykkylven kommune. Fargen bør derfor være så nøytral som mulig og ikke skille seg ut i området den skal monteres. For eksempel kan de være fornuftig med gråfargen (RAL 7021) i fjellområder, grønnfargen (RAL 6009) ved skogsområder.

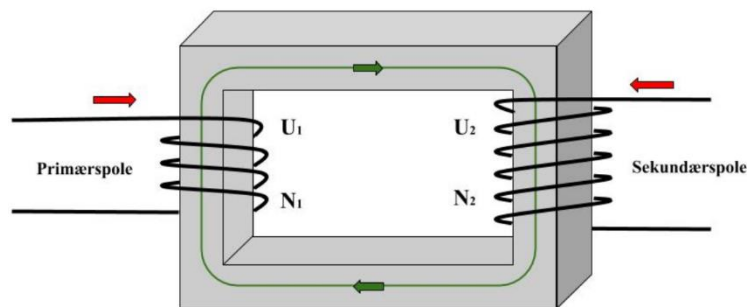
Sykkylven kommune setter stort fokus på naturen rundt Nysætervannet blir bevart med riktig bruk av fargevalg. Et eksempel på et uønsket fargevalg i området er rødfargen (RAL 3005), som skiller seg betraktelig ut i området, se figur 4.3. (Sykkylven kommune, 2014A)



Figur 4.3: «Trafokiosk med uheldig fargevalg/materiale». (Sykkylven kommune, 2014A)

4.1.2 Transformator

Transformatorer brukes for å transformere ned eller opp spenning i et vekselstrømnett. Dette gjøres (kort og grovt forklart) via et felles magnetfelt (*veksselfelt*) som kobles sammen via en jern-ramme. På hver side av jernrammen er de spoler, den ene siden har flere spoler en den andre. I tilfellet under, figur 4.4 er det sekundærsiden som har høyest spenning ut, og den siden med færrest spoler er primærsiden og har lavest spenning inn. (Dalva og Thorsen, 2013)



Figur 4.4: Modifisering av prinsipp av transformator. (Gyldendal, u.å.)

Når magnetfeltet overfører spenning gjennom primær- og sekundærsiden vil primærsiden med minst spoler få lavere spenning inn, og en får en induisert spenning mellom klemmene. På denne måten blir spenningen transformert opp. Spenninger som er vanlig å transformere ned er f.eks. ved distribusjonsnett, hvor 22 KV fra nettselskap transformeres ned til 230/400 V ut av sekundærsiden. I dette tilfellet vil de være flere spoler ved primærsiden (*spenning inn*) enn ved sekundærsiden (*spenning ut*). (Dalva og Thorsen, 2013)

Faktorer ved valg av transformator

Når det skulle velges transformator ble de først fokusert på hvilke effektbehov lavspenningnettet har og hvilke omgivelsestemperaturer som var vanlig for hyttefeltet. Siden transformatoren skal installeres på Nysætra i Sykkylven, må trafoen tilpasses for kaldt klima og store strømforbrukene til oppvarming av hytteboliger f.eks. før påske. Lave omgivelsestemperatur vil øke effektbehovet kontra vanlig boligfelt med høyere omgivelsestemperaturer i denne perioden. Tabellen 4.3 viser hvilke lastfaktorer en transformator har ved ulike omgivelsestemperaturer. (REN, 2016C)

Tabell 4.3: Nettstasjon prefabrikkert – ulike klasser. (REN, 2016C)

Ute temperatur	Last faktor/klasser		
Transformator Klasse	10	20	30
-30 grader celsius			1,2
-20 grader celsius		1,2	1,1
-10 grader celsius	1,2	1,1	1
0 grader celsius	1,1	1	0,9
10 grader celsius	1	0,9	0,8
20 grader celsius	0,9	0,77	0,6
30 grader celsius	0,8	0,64	
35 grader celsius	0,75	0,55	

Valgt Transformator:

Det er valgt en standard 500 KVA aluminium transformator til hyttefelt pkt.1, se figur 4.5 til høyre. Dette er en EU 548 – Eco design transformator som kan brukes til TN-system og egner seg for angitt nettstasjon FLEX 3. Transformatoren er oljefylt med mineralolje og produsert i henhold til IEC60076-1, EN og REN. (Møre Trafo, u.å.C)



Figur 4.5: Standard transformator av Møre Trafo. (Møre Trafo, u.å.C)

Kobling av transformator

På innsiden av en trefasetransformator er sekundær- og primær-viklingene koblet i stjerne. (Dalva og Thorsen, 2013) Viklingene kan kobles på mange ulike måter, men den mest vanligste er trekant koblet høyspentside og stjernekoblet lavspentside. Det er også vanlig for 230V forsyning å stjerne koble viklingene på begge sider, men denne koblingen er mest vanlig for eldre koblinger. (REN, 2012B)

Hvordan transformatoren er koblet kan ikke ses fra utsiden, men blir merket utvendig for hvilken kobling som har blitt brukt. Trefasetransformatoren er kan kobles som f.eks. i

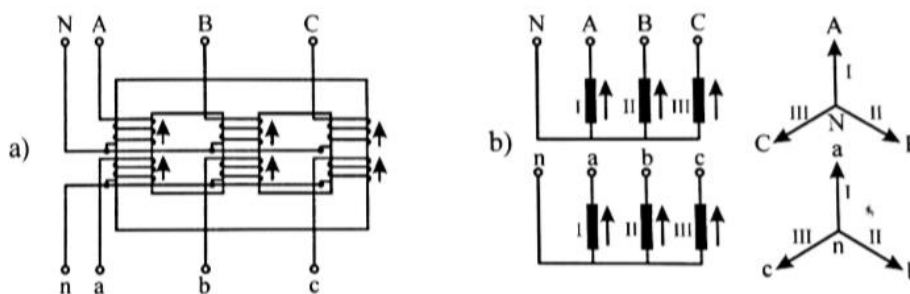
Dyn11 form, hvor store bokstaver er høyspentsiden og omvendt for lavspentsiden. Koblingsgruppesymbolene inneholder klokke-timmetall for fasevinklene til figur 4.6, C nedenfor, også kaldt koblingsgruppesiffer. Figur 4.6 nedenfor er for en 3-viklet transformator, men prinsippene er det samme. (Dalva og Thorsen, 2013)

Koblingsgruppesymbol:

- Y = stjernekobling (høyspentsiden), y = stjernekobling (lavspentsiden)
- D = trekantkobling (høyspentsiden), d = trekantkobling (lavspentsiden)
- Z = sikksakk – kobling (høyspentsiden), z = sikksakk – kobling (lavspentsiden)
- N = nøytralpunkt (høyspentsiden), n = nøytralpunkt (lavspentsiden) (Dalva og Thorsen, 2013)

Grupper:

- I. Klokketimetallene: 0, 4, 8.
- II. Klokketimetallene: 2, 6, 10.
- III. Klokketimetallene: 1, 5.
- IV. Klokketimetallene: 7, 11. (Dalva og Thorsen, 2013)

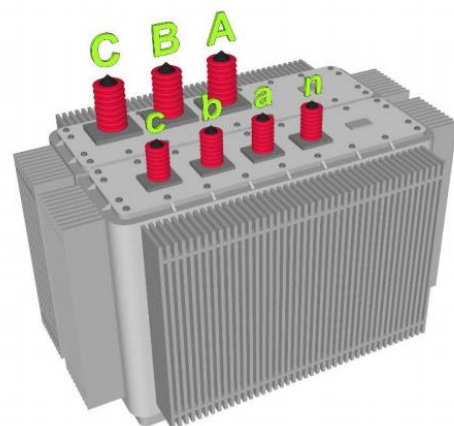


Figur 4.6: Prinsipiell oppbygning av en trefasetransformator. (Dalva og Thorsen, 2013)

Utsiden av transformatoren

På utsiden av transformatoren kan man se det ulike uttakene som tilkobles, se figur 4.7 til høyre.

På grunn av høy spenning ved høyspentsiden er uttakene mye større pga. det mer isolert i forhold til lavspentsiden, men mindre tverrsnitt siden lavspentside har større strøm-utgang. (REN, 2012B)

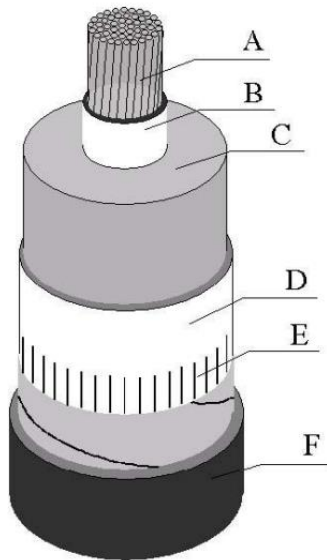


Figur 4.7: Fordelingstransformator. (REN, 2012B)

4.1.3 Kabler

Tradisjonelle kabler består av ulike lag med ulike funksjoner. Disse lagene er laget i forbehold for å ivareta kabelen mot korrigering og generell beskyttelse.

Kabelen i figur 4.8 består av: *Leder (A)*, *indre halvleder (B)*, *lederisolasjon (C)*, *ytre halvledende sjikt (D)*, *Skjerm eller konsentrisk leder eller armering (E)* og *Ytter kappe (F)*. (REN, 2012C)



Siden kabelens oppgave er å overføre energi fra en plass til en annen, må materialet som leder strøm (leder) være laget av et elektronledende materiale. Det brukes vanligvis aluminium og kobber til ledemateriale. Noen av grunnene til det to brukes er ledningsevnen, men også fordi det kan bøyes, bearbeides og er motstandsdyktige mot korrosjon. Aluminium har ikke like god ledningsevne som kobber, men er mer gunstig på pris. (REN, 2012C)

Figur 4.8: Kabeloppbygning. (REN, 2012C)

Plastmaterialene som ofte brukes for *Ytter kappe* er gjerne polyetylen (PEX) eller polyvinylklorid (PVC). Det PVC-kablene som har PEX som *lederisolasjon* (TFXP) er vanlig å bruke i lavspenningsanlegg. PEX kabler kan belastes mer en PVC kabler, men kombinasjonen gir en kabel som er godt isolert og godt beskyttet. PVC har som fordel å inneholde mye klor som hindrer oksygentilførselen ved evt. brann. (REN, 2012C)

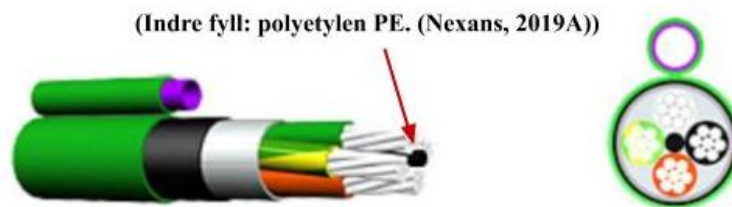
Valg av lavspenkabel

Kabeltypen for stikk- og matekabler i lavspennettet skal gå i direkte i jord, og velger derfor kabeltypen TFXP-O 1kV med fiberrør (8-tall) som tillatt i jord uten ekstra beskyttelse. I figur 4.9 og 4.10 på neste side kan man se at kabelen har mulighet for blåsing av fiber. Dette utgjør en verdi for nettselskapet lengre fram i tid, da muligheten for fibertilkobling er allerede tilrettelagt.

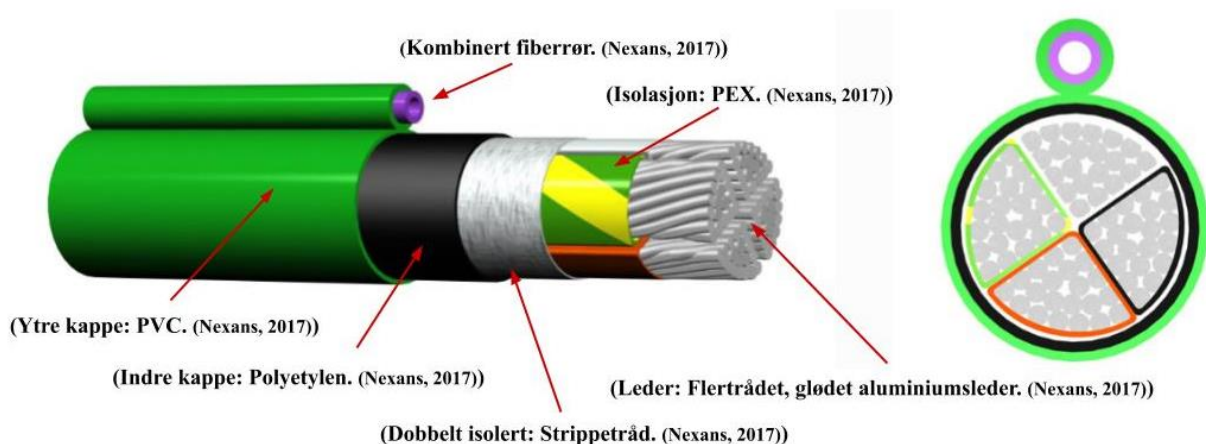
For å gi prosjektet størst mulig verdi til nyest bygningsplan, vil dette være gunstig på sikt dersom andre skal forsynes med fiber og graving for ny kabel ikke er nødvendig. (Nexans, 2017) Valg av kabeltype TFXP-O 1KV (8-tall) ble også anbefalt fra Sykkylven Energi. TFXP-O kommer i tverrsnittene 25, 50, 95, og 240 mm², som vist i tabell 4.4 på neste side, som inneholder egenskapene for lavspentkabelen. (Nexans, 2019B)

Konstruksjon:

Konstruksjonen til TFXP-O 1kV med tverrsnittene 25 mm² og 50 mm² har karakteristisk mye mer synlig indre fyll av polyetylen (PE). (Nexans, 2019A)



Figur 4.9: TFXP-O 1KV 4G 25 mm² og 50 mm² (8-tall) – fiber, og fire faser snoes sammen. (Modifisert fra: Nexans, 2019A)



Figur 4.10: TFXP-O 1 kV 4G 95 mm² og 240 mm² (8-tall) – fiber, og fire faser snoes sammen. (Modifisert fra: Nexans, 2017)

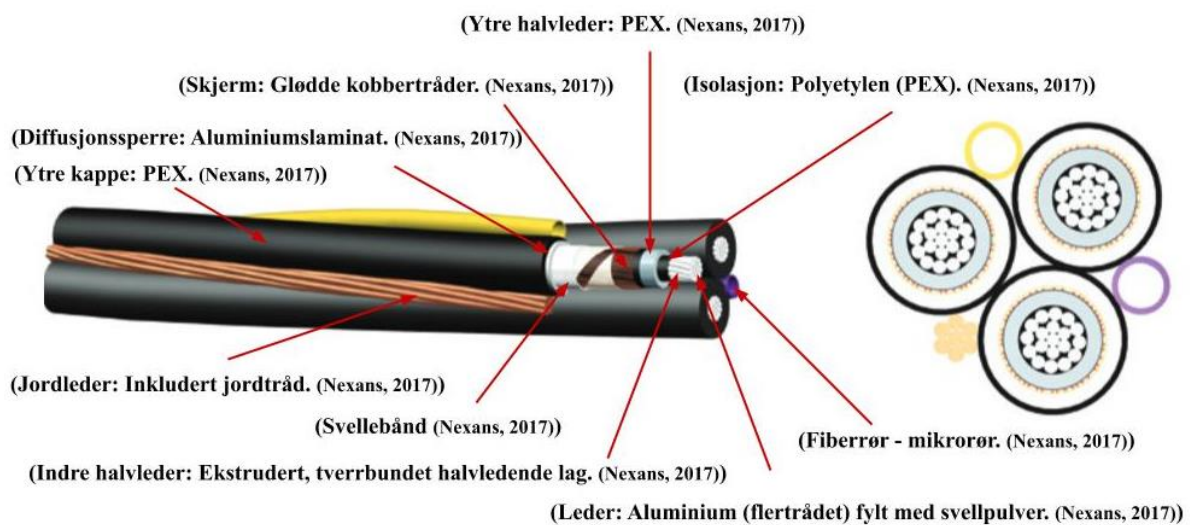
Tabell 4.4: Egenskaper for TFXP-O 1Kv4G 50/240 mm². (Nexans, 2019A; Nexans, 2019B)

Egenskaper	TFXP-O 1KV4G 50 mm²A (Nexans, 2019A)	TFXP-O 1KV4G 240 mm²A (Nexans, 2019B)
Dimensjon egenskaper		
Antall ledere	4	4
Ledertverrsnitt	50mm ²	240mm ²
Leder diameter	8,1mm ²	26,4mm
Nominell ytre diameter	31,0mm ²	19,7mm
Høyde	41,2mm ²	56,0mm
Rørdiameter	8mm	73mm
Indre diameter	4,5mm	9mm
Vekt (ca.)	99,8 kg/100m	385,0 kg/100m
Elektriske egenskaper		
Normert spenning i 3 fase systemer U0/U	0,6/1kV	0,6/1kV
Tillatt belastning i luft	165A	430A
Tillatt belastning nedgravd	180A	435A
Tillatt kortslutningsstrøm	4500A	21600A
Maks ledermotstand DC v/20 grader celsius	0,641 Ohm/km	0,125 Ohm/km
Nominell induktans	0,27 mH/km	0,26 mH/km
Bruksegenskaper		
Minimum installasjonstemperatur	0 grader celsius	0 grader celsius
Minimum bøyeradius v/gjentatt bøying eller bearbeiding	6(xD)	6(xD)
Maksimal kontinuerlig ledertemperatur	90 grader celsius	90 grader celsius
Lengde	500m	400m
Flammehemmende	IEC 60332-1	IEC 60332-1
Forpakning	K14	K20
Værbestandighet	Ja	Ja

Valg av høyspentkabel

Høyspentkabelen skal gå direkte i jord. Grunnlag for valg av kabel må følge opp det kriteriene som kreves for isolasjon med tanke korrosjon over lengre tid. Høyspentkabelen forsyner transformatoren med 22KV fra nettselskapet. Valgt høyspentkabel er TSLF-OJ 24kV med to mikrofibrerør for blåsning av fiber og egen jordleder. Høyspentkabelen TSLF-O ble først tatt til vurdering, men pga. mangel på intrigert jordleder, ble TSLF-OJ et mer gunstig valg, og anbefalt av Sykkylven Energi. (Nexans, 2017)

Konstruksjon:



Figur 4.11: Oppbygging av TSLF-OJ 24KV treleder – fiberrør og kabellag.

(Modifisert fra: Nexans, 2017)

TSLF-OJ er også den mest brukte høyspentkabelen til Sykkylven Energi siden høyspentkabelen har egen jordleder som er kostnadsbesparende i motsetning til å legge egen jordleder. Høyspentkabelen er laget for 12KV, og 24 KV som vil bli brukt til forsyning av transformator. (Nexans, 2017) Godkjent for konstruksjon og teststandard HD 620 – 10K. (Nexans, 2017)

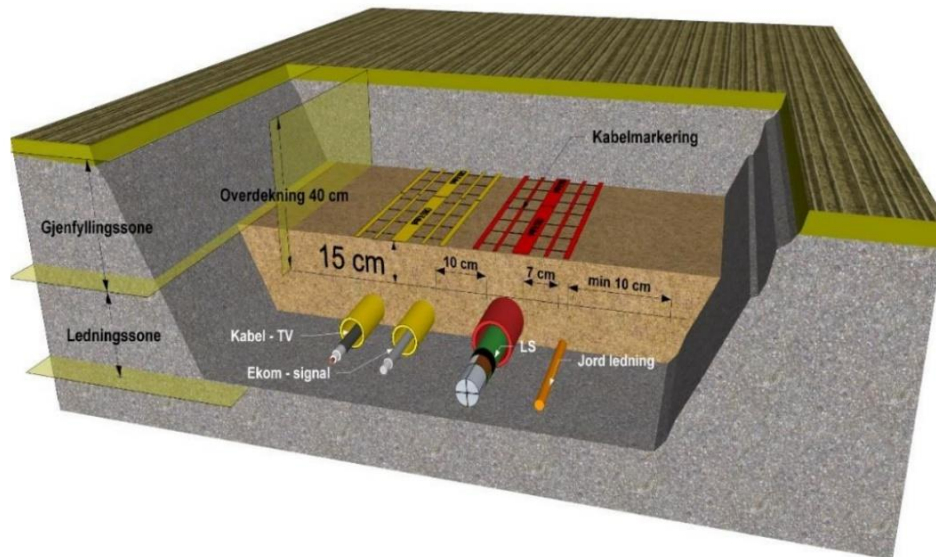
TSLF-OJ er en treleder med 2 mikrofibrerør og en jordleder som kan ses i figur 4.11 ovenfor. Viser til delkapittel 3.4.7 Optiskfiber, om anbefalt mikrokabler. (Nexans, 2017) Kabelen TSLF-OJ 24KV kan leveres med dimensjonene 50 mm², 95 mm², 150 mm² og 240 mm². Egenskaper for høyspentkabelen er beskrevet i tabell 4.5 på neste side. (Nexans, 2019C)

Tabell 4.5: Egenskaper for TSLF-OJ 24kV 3x1x 50mm²A KGF50. (Nexans, 2019C)

Egenskaper	TSLF-OJ 24KV 3x1x 50 mm²A KGF50 (Nexans, 2019C)
Dimensjonsegenskaper	
Ledertverrsnitt	50mm ²
Leder diameter	8,0mm ²
Nominell isolasjonsbeskyttelse	5,5mm ²
Diameter over isolert leder	19,3mm
Skjermtverrsnitt	9mm ²
Gjennomsnitt tykkelse ytre kappe	2,1mm
Vekt (ca.)	2681 kg/km
Rørdiameter	14mm
Tverrsnitt jordleder	50mm ²
Elektriske egenskaper	
Maks ledermotstand DC v/20 grader celsius	0,641 Ohm/km
Reaktans trekant 50 Hz	0,14 Ohm/km
Tillatt belastning i jord v/15 grader celsius – trekant forlegning	180A
Tillatt belastning i luft v/25 grader celsius – trekantforlegning	190A
Tillatt kortslutningsstrøm	4500A
Nominell kapasitans leder – jord	0,16µF/km
Bruksegenskaper	
Maksimal kontinuerlig ledertemperatur	90 grader celsius
Maksimal ledertemperatur v/ kortslutning	250 grader celsius
Minimum installasjonstemperatur	-20 grader celsius
Minimum bøyeradius v/gjentatt bøying eller bearbeiding	5(xD)

Krav for kabelmarkering

I figur 4.12 nedenfor viser snitt av kabelgrøft med kabelmarkering som er påkrevd i alle grøfter. Denne kabelmarkeringen fungerer som en kabelbeskyttelse i form av dekkbord. Det skal ikke være mer enn maks 50 cm mellom markeringene og 30 cm for ytterkant grøft til kabelmarkering. (REN, 2016A)



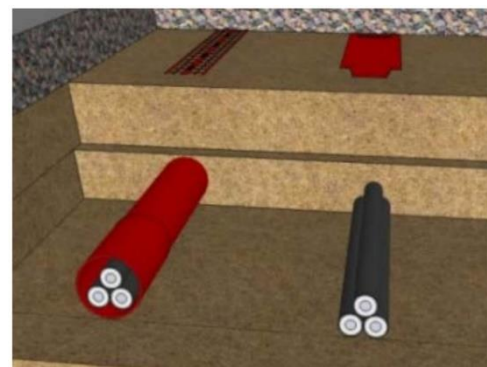
Figur 4.12: Snitt av kabelgrøft. (REN, 2018A)

Krav for kabelbeskyttelse

Dette er en anretning som plasseres med et lag ovenfor kablen som kan ses i figur 4.13. De to metoder for denne anretningen, er dekkplater eller kabelrør i henhold til norske forskrifter som skal beskytte kablen mot fysiske påkjenninger. (REN, 2016A)

1. «prNS2967 kabelrør av plast med glatt rørvegg.» (REN, 2016A, s.6)
2. «NEK EN 50520 kabeldekkplater.» (REN, 2016A, s.6)

Figur 4.13: kabelrør av plast og kabeldekkplater.
(REN, 2016A)

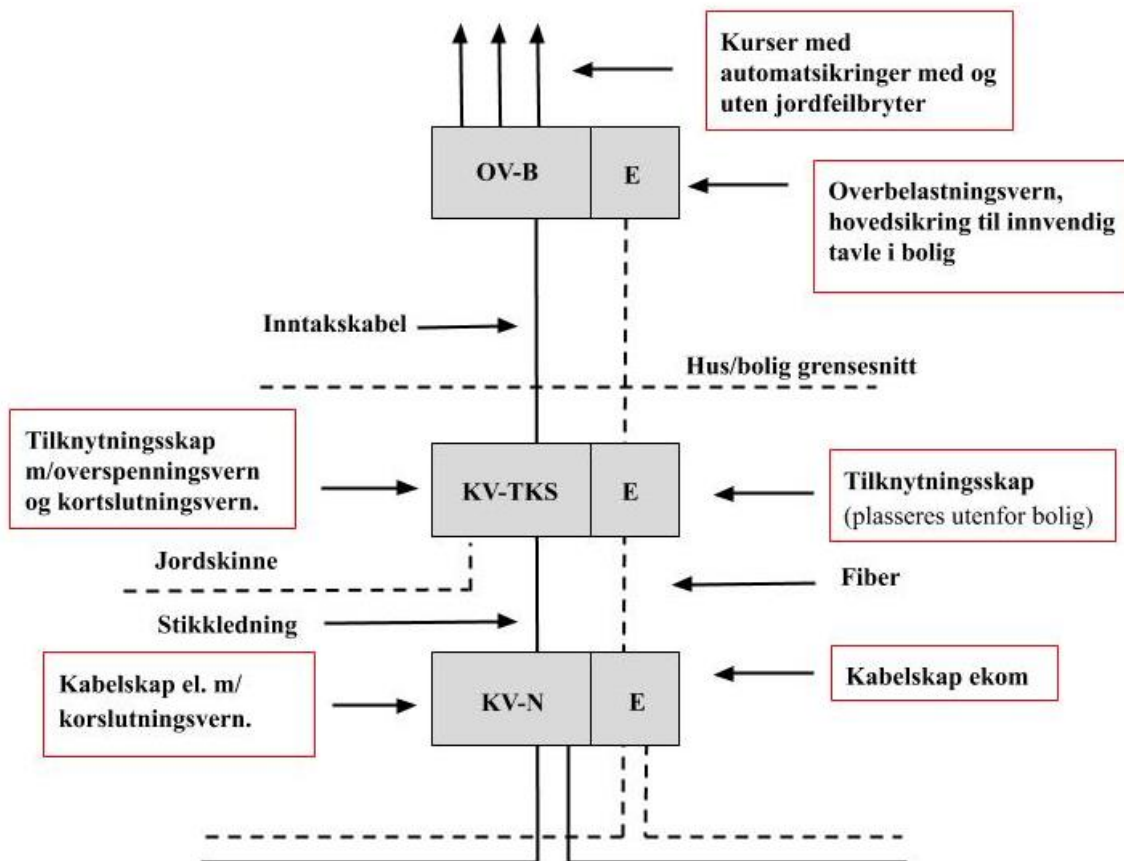


Metode 1 skal brukes som kabelbeskyttelse for nødvendige matekabler og stikkledninger i hyttefeltet. Hvorfor dette er nødvendig er beskrevet i delkapittel 4.2.1 HMS og Risikovurdering.

4.1.4 Kabelskap

Kabelskap er tilknytningspunkt for matekabler fra nettselskapet, hvor kablene blir montert til å forsyne stikkledninger til en bolig. Kabelskapet inneholder kortslutningsvern for å beskytte stikkledninger for overstrømmer. (REN, 2018A) Figur 4.14 under har to kabelskap hvor det ene kabelskapet (**KV-N**) er for elektrisk forsyning fra nettselskapet og har betegnelse KV for kortslutningsvern og -N for nettselskap, forkortet KV-N. (Olsen og Øvrebakk, 2016; REN, 2018A)

Det andre kabelskapet er (**E**) er for TV-kabler og internettkabler som optiskfiber. (Olsen og Øvrebakk, 2016; REN, 2018A) Dette kabelskapet har betegnelse ekom-nett, hvor fiberkabelen kobles til bolig. Hvordan fiberkabelen fordeles til boliger kan ses i delkapittel 4.1.7, optiskfiber. (NEK, 2015) For dette prosjektet vil fiberkablene kunne blåses i høyspent- og lavspentkablene, det vil derfor ikke være nødvendig med eget ekom-skap.



Figur 4.14: Enlinjeskjema av fordeling med Kabelskap og ekomskap til enebolig..
(Modifisert fra: Olsen og Øvrebakk, 2016; REN, 2018A)

Valg av kabelskap

Ved valg av type kabelskap ble det undersøkt i REN bladene om det mest vanlige kabelskapene brukt i Norge. Egenskaper og spesifikasjoner til kabelskapet må oppfylle kravene til forskriftene og normer som er beskrevet i RENbladene. Siden skapet skal være montert på Nysætra blir det også tatt hensyn til Sykkylven kommune sine ønsker om naturvennlige fargevalg, se figur 4.15 nedenfor. (REN, 2016B)

Valgt kabelskap er Kabeldon CDC (*cable distribution cabinet*) 440 NOG fra ABB med fargen RAL 6012. (ABB, u.å.A) kabelskapet er laget for utendørsbruk i lavspent distribusjonsnett, og kan også brukes til bredbåndsystemer for optiskfiber eller for TV-kabler. (ABB, u.å.B)



Figur 4.15: Kabeldon CDC 440 NOG. (Modifisert fra: ABB, u.å.A)

Kabeldon CDC oppfyller REN sine forskrifter og normer, og har isolerte skinner for spenning opptil 400V og strøm opptil 400A og isolasjonsmerkespenning opptil 1 kV. (REN, 2016B) Kabeldon CDC fra ABB brukes av Sykkylven Energi, og siden kabeldon CDC 440 NOG har plass til 40 moduler, passer fint til eneboliger siden skapet hverken er for lite eller for stort. Kabelskapet etterlater litt plass til overs etter at valgt innvendig utstyr er montert. Viser delkapittel 4.2.7 dimensjonering i Febdok for beskrivelse av plass i kabelskapet, og til neste side om spesifikasjonen til valgt utstyr i kabelskapet.

Generelle krav beskrevet i REN er f.eks. at kabelskapet skal ha levetid opptil minst 25 år, PEN eller N-samleskinne skal kunne brytes av eller løsnes i tilfelle kabelskapet blir overkjørt av kjøretøy. Ferdigmonterte kabelskap som er lukket skal ha kapslingsklasse IP34D og IP2X som er egenskaper for beskyttelse og er beskrevet på neste side. (REN, 2015B)

Kapslingsklassene

IP34D

- IP = international protection
- 3 = beskyttelse mot berøring og inntrenging, diameter større en 2,5 mm.
- 4 = sprutsikkert fra alle vinkler
- D = ledning/tråd (Ornbostad, 2015A)

IP2X

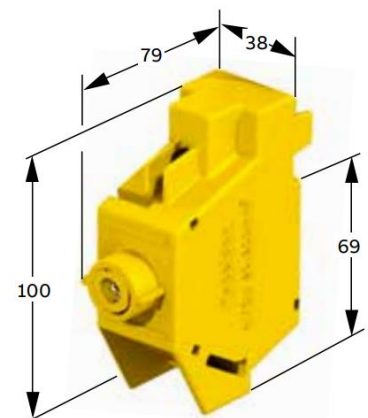
- IP = international protection
- 2 = beskyttelse mot berøring og inntrenging, (finger) større enn 12 mm
- X = beskyttelse mot vanlig inntrenging av vann (Ornbostad, 2015A)

Kabelskapet er laget av varmgalvanisert stål som er pulverlakkert for beskyttelse mot korrosjon. [46] I kabelskapet skal utstyret for kobling mellom matekabler og stikkledninger installeres med samleskinnen som kan ses i figur 4.15 på forrige side.

Kabelskapet skal inneholde sikringsbryter m/sikringer, skillebryter og kabelklemme til kobling av kabler. (REN, 2016B) Nedenfor er valgt utstyr som skal monteres i kabeldon CDC 440 NOG, se figur 4.16, 17, 18 og 19.

Kabelklemme AD300

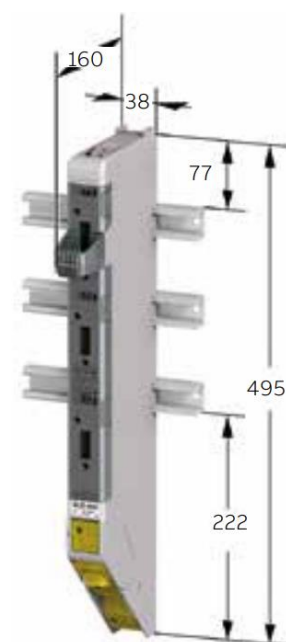
- 50-300 Al/Cu (kabeldimensjon) (REN, 2016B)
- Isolert klemmer. Maks belastning 630A. (REN, 2016B)
- Bredde: 3 moduler (1 modul = 12,5 mm) (REN, 2016B)



Figur 4.16: AD300 (avstander i mm). (ABB, u.å.B)

Sikringsbryter SLD000

- 2,5 – 95 Al/Cu (kabeldimensjon) (REN, 2016B)
- Merkestrøm/spenning: 100A/400V
og 100A/690V (ABB, u.å.B)
- NH000 (sikringsstørrelse 100A) (ABB, u.å.B)
- Bredde: 3 moduler (1 modul = 12,5 mm) (ABB, u.å.B)
- Vekt 1,7 kg (ABB, u.å.B)
- Alternativ sikringsbryter:
SLD00, 4 moduler. (ABB, u.å.B)



Figur 4.17: SLD000 montert m/samleskinne (avstander i mm). (ABB, u.å.B)

Smeltesikring NH patron (høyeffektsikring)

- Merkestrøm/spenning: 80A (elektroimportøren, u.å.)
- Nominell bryteevne: 120 kA (elektroimportøren, u.å.)
- Aktuelt fabrikat: SIBA (elektroimportøren, u.å.)
- VDE 0636-201 IEC60269-2-1 standard. (elektroimportøren, u.å.)
- Høyeffektsikring er standard for kortslutningsvern i kabelskap. (REN, 2018A)
- Alternativ høyeffektsikring: 160A NH patron, ved bruk av sikringsbryter SLD00. (REN, 2016B)



Figur 4.18: NH000 80A/500V(AC). (V&U, u.å.)

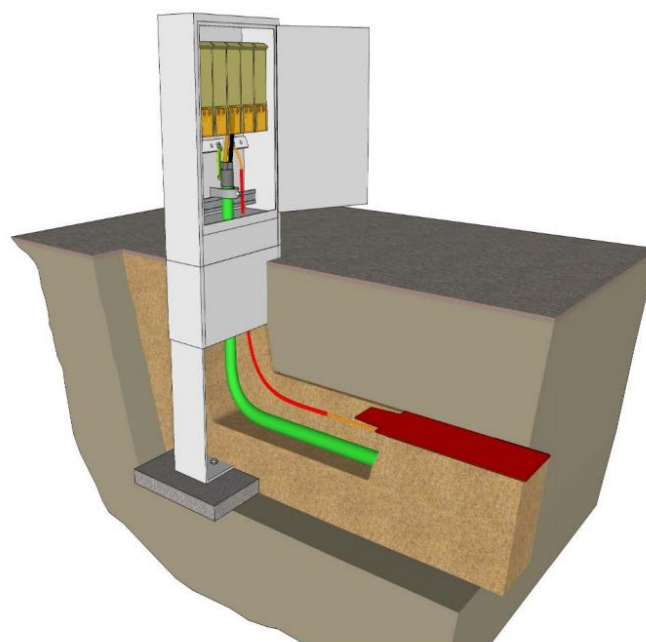
Skillebryter FD3300

- 50 – 300 Al/Cu (kabeldimensjon) (REN, 2016B)
- Bredde: 7 moduler (1 modul = 12,5 mm) (REN, 2016B)
- Isolert skillekontakt med maks belastning 400A. (REN, 2016B)
- 3 koblingskniver for enpolig bryting med en bryteevne på 600A. (REN, 2016B)
- Fordel ved å bruke koblingskniver mellom inntilliggende stikkontakt: Muligheten til å gjøre faseskinnene spenningsløse uten å bryte den gjennomgående strømtilførselen. (REN, 2016B)
- Vekt: 2,6 kg. (ABB, u.å.B)



Figur 4.19: FD3300 montert m/samleskinne (avstander i mm). (ABB, u.å.B)

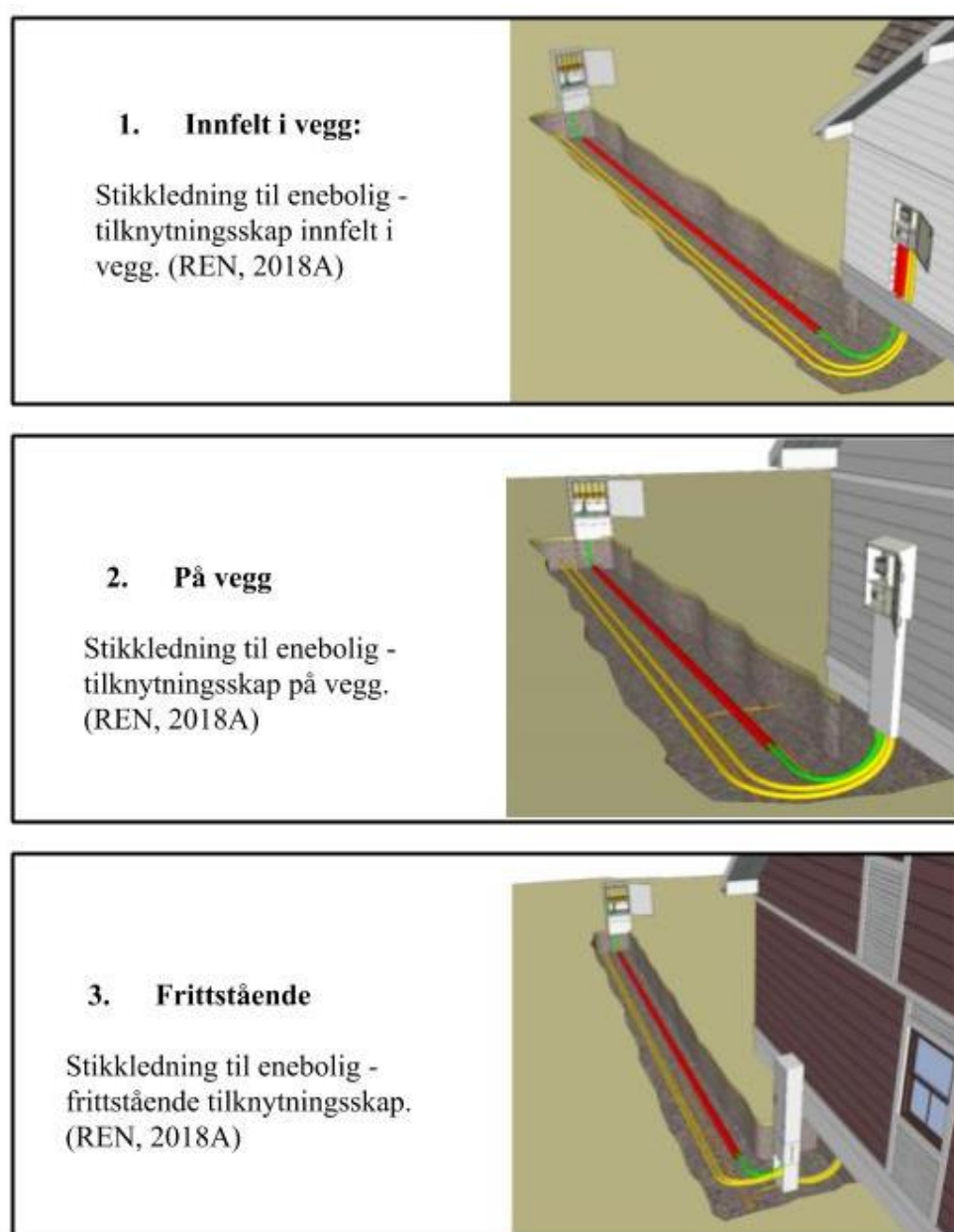
Kabelskap blir montert på komprimert bunn, fjell eller på ferdigstøpt betongelement. Figur 4.20 illustrerer oppføring av kabelskap med dekkplater for kabelbeskyttelse. (REN, 2015A) Kabelskapet skal ha lås mot uønsket betjening (ikke sakkyndige personer), som spesifiseres av oppdragsgiver. (REN, 2015B)



Figur 4.20: Oppføring av kabelskap. (REN, 2015A)

4.1.5 Tilknytningskap

Tilknytningskap er hvor stikkledningene fra kabelskapet kobles for å forsyne en bolig, denne kundetilknytningen har maksimalt overbelastningsvern på 125A og har forkortelse (**KV-TKS**) i figur 4.14, 23 og 28. I dag monteres tilknytningskapene utenfor boligen for sikkerhet med tanke på brann og lett tilgjengelighet for kunde/nettselskap. Designet til tilknytningskap må være beregnet for usakkyndig betjening og laget av ubrennbart materiale. (Olsen og Øvrebakk, 2016) I figur 4.21 beskriver REN sine tre varianter for plassering av tilknytningskap i for eneboliger. (REN, 2018A)



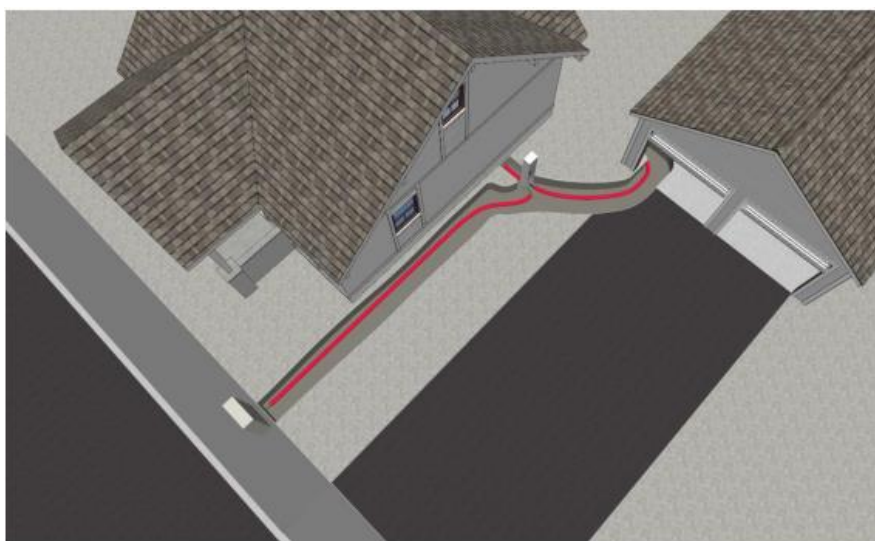
Figur 4.21: Tilknytningskap innfelt i vegg, på vegg og frittstående. (REN, 2018A)

I dette prosjektet er det valgt variant 3, hvor plassering av frittstående tilknytningsskap skal være maks 1 meter fra bolig pga. jordelektroden til bolig skal termineres inni tilknytningsskapet slik som figur 4.21 på forrige side. Det kan også inngås avtale mellom bygningseier og nettselskap om annen plassering, men ellers skal skapet stå direkte nærhet av bygningens jordelektrode. (REN, 2018A)

Beskyttelsesutstyr i tilknytningsskap:

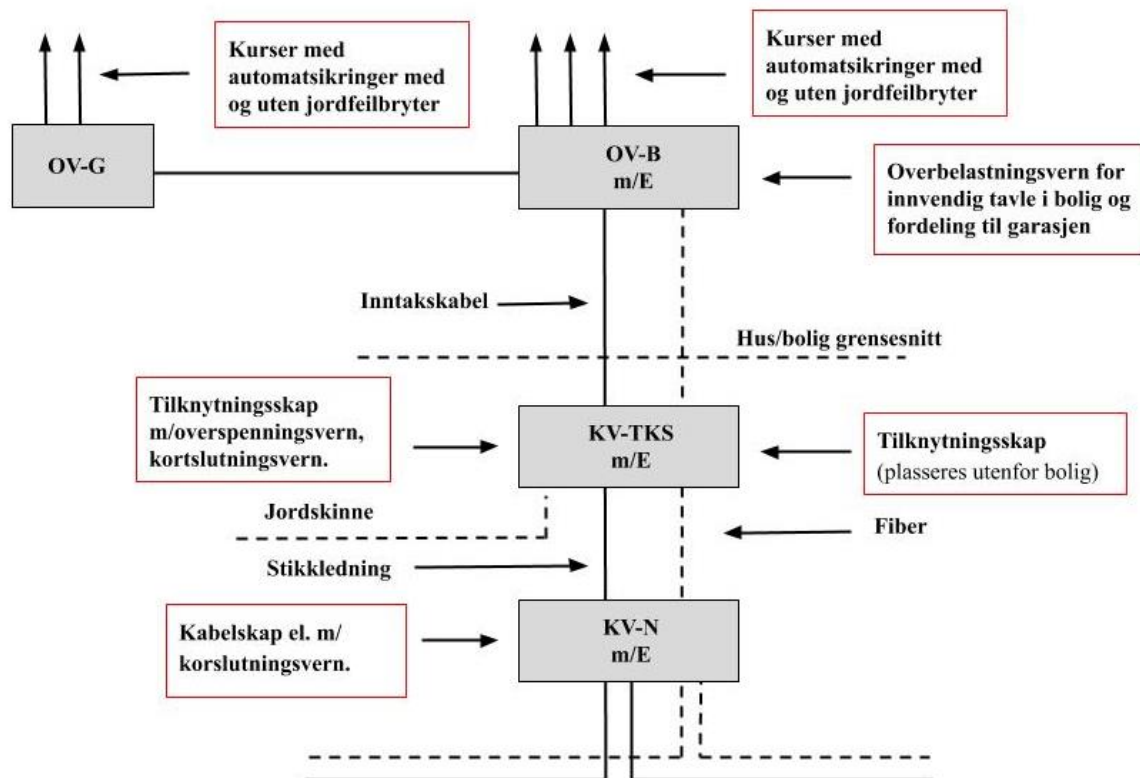
- Termineringsklemmer
- Kortslutningsvern (KV kunde)
- Overspenningsvern
- Jordskinne overgang til PEN til PE og N. (REN, 2018A)

Kobling av frittstående tilknytningsskap for stikkledninger til bolig (**OV-B**) med overbelastningsvern og evt. garasje med overbelastningsvern (**OV-G**). Et eksempel på dette er garasje som er beskrevet i figur 4.22 nedenfor, og enlinjeskjema i figur 4.23 på neste side for installasjon av stikkledninger til enebolig med garasje. I dimensjoneringen ble det brukt innvendig tavle i bolig med en fordeling til garasjen, viser til vedlegg 1 dokumentasjon av lavspenningsnett for hyttefelt Orrelia. På denne måten slipper man egen tavle i garasjen. Overbelastningsvern monteres i innvendig tavle i bolig og i fordelingen til garasjen. (REN, 2018A)



Figur 4.22: Stikkledning til enebolig med utomhus installasjon – eksempelvis garasje – prinsippskisse. (REN, 2018A)

Koblingskjema for inntak til bolig og garasje:



Figur 4.23: Enlinjeskjema av fordeling til kabelskap m/E til enebolig og garasje.
(Modifisert fra: Olsen og Øvrebakk, 2016; REN, 2018A)

4.1.6 Strømmåler

Strømmåler installeres innvendig i tilknytningsskapet, på vegg eller som tavle innvendig i bolig, inntakskablene tilkobles fra tilknytningsskapet. Strømtilførselen fordeles gjennom boligen med ulike kurser som har automatsikringen med og uten jordfeilvern dersom f.eks. en jordfeil skulle oppstå. Strømmåleren skal beskyttes i tilknytningsskapet mot overbelastningsstrømmer og det skal tas hensyn til evt. temperaturendringer. (REN, 2018A) Figur 4.23 ovenfor illustrerer kursene som kommer ut av innvendig sikringskap med overbelastningsvern og automatsikringer med eller uten /jordfeilbrytere før belastningen. Vernet kan også frakobles ved evt. arbeid som skal utføres. (REN, 2018A)

Strømmålerens oppgave er å registrere strømforbruket til boligen. Før måtte boligeiere fysisk avlese strømforbruket ved strømmåleren, men i dag blir målingene registrert og sendt til nettselskapet gjennom internett som en fjernavlesning. (REN, 2018A)

4.1.7 Optisk fiber

Kabelskapet ekom forsyning (**E**) i figur 4.15 på side 42 skal være av typen Optisk fiber. (REN, 2018A) Optisk fiber er et nettsystem for høy kapasitet og gir muligheten for raskere nedlastnings-hastighet og overføringskapasitet enn eldre nettsystemer som *Oppringt modem, VDSL og DOCSIS 3.0 GPON, EPON*. Tidligere nettsystemene hadde begrenset ytelse siden det ble påvirket av varierende trekkbelastning, og det felles overføringene ga ulike overføringshastigheter pga. underdimensjonert systemkapasitet. Fiberoptiske nett med punkt-til-punkt-forbindelse (P2P), har ikke disse problemstillingene siden kapasiteten er så mye større, og har mye mer symmetrisk overføringshastighet ved normal bruk. (NEK, 2015)

Lavspentkabelen TFXP-O 1kV (8-tall) og høyspentkabel TSLF-O 24KV har mulighet for kombinasjon med fiber. Denne typen kabel kalles «hybride kabler» og reduserer kostnader ved installasjon av optiskfiber i senere tid. Med tanke på fram tidsmessige behov og teknologi-utviklingen vil det være ideelt å velge kabler med kombinert mikrorør som er laget for blåsing av optiskfiber. (NEK, 2015)

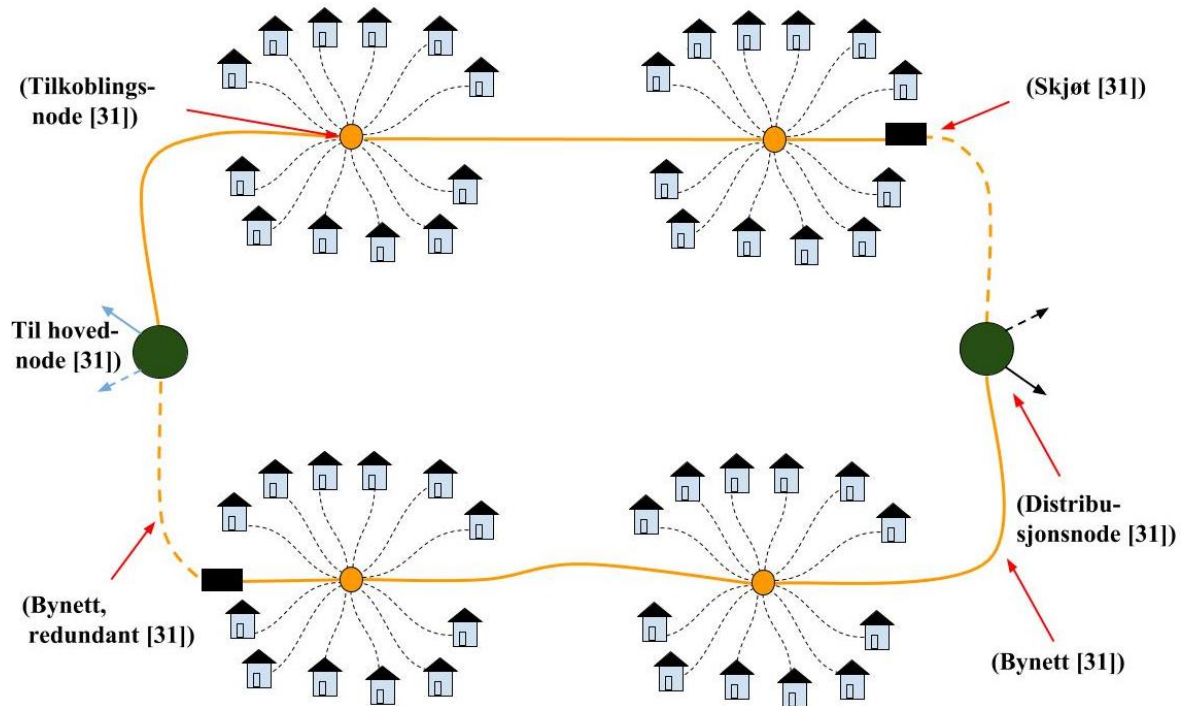
Anbefalt mikrokabel for senere innblåsing for TFXP-O 1kV (8-tall):

- G2-G12 657A B-lite green 2,5 mm for TFXP-O 4G50 mm²A. (Nexans, 2017)
- 24, 48 og 72 fiber MB-0613 B-lite green 5,4 mm og G96-9 B-lite green 6,4mm for TFXP-O 4G240 mm²A. (Nexans, 2017)

Anbefalt mikrokabel for senere innblåsing for TSLF-OJ 24 kV:

- G2 – G12-9 UT-25 B-lite green. (Nexans, 2017)
- G24-9 UB-32 B-lite green 2,5mm. (Nexans, 2017)
- G24-G72 – MB-0613 B-lite green 5,4mm. (Nexans, 2017)
- G96-9 MB-0813 B-lite green 6,4mm. (Nexans, 2017)

Vanlige løsninger for installasjon av optiskfiber til eneboliger med (P2P), som inneholder 2 optiske fibre hvor en er for nedlastning og en for opplastning. Figur 24 nedenfor viser hvordan separate kabler og rør kobles mellom boliger og et sentralt distribusjonspunkt. (NEK, 2015)



Figur 4.24: Separate kabler og rør mellom boliger og et sentralt distribusjonspunkt. (Modifisert fra: NEK, 2015)

4.2 Prosjektering av lavspenningsnett

Dette delkapittelet handler om sikkerhet, prosjektering og dimensjonering av hyttefelt punkt 1 av F17B. Plassering til materialer og utstyr, samt bruk av grøftkalkulator til REN for gjenfyllingssone.

4.2.1 HMS og risikovurderinger

HMS - helse, miljø og sikkerhet, handler om å redusere risiko for ulykker og farer ved arbeidsplassen for å kunne gi et godt arbeidsmiljø. I prosjekter som dette er det viktig å ta hensyn til risikoer for ulykker og farer som brann, overspenninger og feil som kan føre til farlige omgivelser for arbeidere og hytteeier. Det er derfor viktig å ta risikovurdering i dimensjoneringen slik at nødvendig verneinnretninger blir installert. (Arbeidertilsynet, u.å.A)

Internkontrollforskriften (HMS-forskriften) gjelder for alle arbeidsplasser, SHA-plan er for et bestemt prosjekt, hvor det utføres risikovurderinger i prosjekteringsfasen. (REN, 2018B)

Internkontrollforskriften sitt formål §1 (Arbeidertilsynet, u.å.B, side 1):

«§1. Formål

Gjennom krav om systematisk gjennomføring av tiltak, skal denne forskriften fremme et forbedringsarbeid i virksomheten innen:

- *Arbeidsmiljø*
- *Sikkerhet*
- *Forebygging av helseskade eller miljøforstyrrelser fra produkter eller forbrukertjenester*
- *Vern av det ytre miljø mot forurensing og en bedre behandling av avfall*
- *Forebygging av uhell og ulykker forbundet med egen lovlig aktivitet*
- *Forebygging av uønskede tilsiktede hendelser*

Slik at målene i helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen oppnås.» (Arbeidertilsynet, u.å.B side 1)

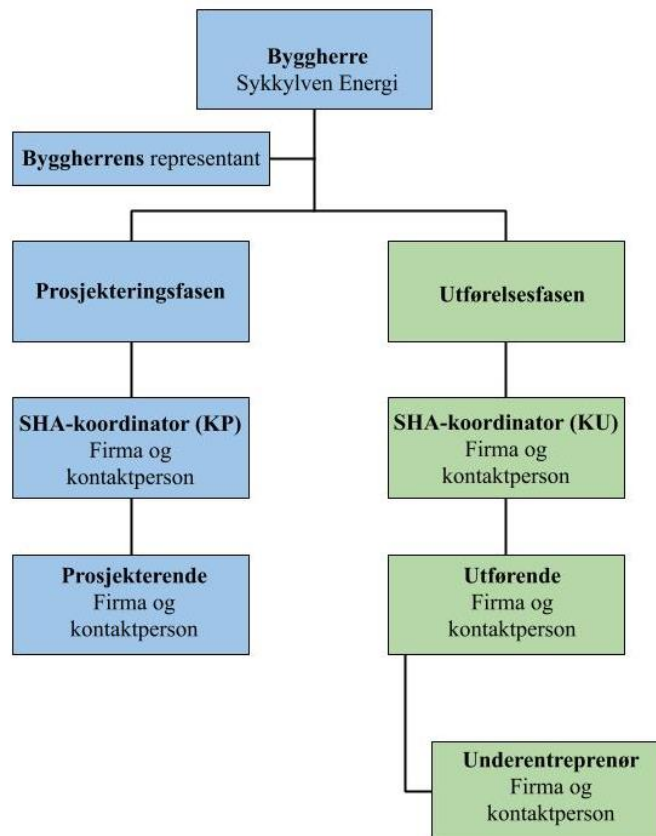
I prosjektet er det brukt RENblad nr.1250 for risikovurdering av arbeid og til SHA-plan, samt avviksskjema til RENblad nr. 1201, viser til vedlegg 3 og 4. Disse RENbladene brukes som forslag til løsning for SHA-plan for F17B pkt.1. Prosjektnivå 2 er valgt av 3 nivåer til REN SHA-krav for nettvirksomhet.

- Prosjektnivå 1 er for typisk større bygge- eller anleggsplasser, hvor risiko elementer krever koordinering siden kan være kjente eller ukjente. (REN, 2018B)

- Prosjektnivå 2: er bygge- eller anleggsplasser hvor hovedfokus er å montere et elektrisk anlegg. I slike prosjekter kan det oppstå annen type arbeid som f.eks. gravearbeid fra annen virksomhet. Arbeidsfordelingen er godt samkjørte og risikoene er godt kjent. (REN, 2018B)
- Prosjektnivå 3: er bygge- eller anleggsplasser av mindre omfang, hvor risiko elementene er typisk kjente. (REN, 2018B)

SHA-plan organisering

Det ulike rollene for slike prosjekter er blant annet entreprenører som skal utføre arbeid som graving for hyttetomter. Hvordan dette organiseres kan ses i figur 4.25 nedenfor for SHA-organisering.



Figur 4.25: SHA-organisering. (Modifisert fra: Sykkylven Energi, 2019)

- **Byggherren** er den som har får et bygge- eller anleggsarbeid utført, og har ansvaret for oppfølging av sikkerhet, helse og arbeidsmiljøloven i et anleggsområde. (REN, 2018B)
- **Byggherre representant** skal sikre gode rapporteringsrutiner, samt sikre pålagte plikter for prosjekterende og koordinatoren(e), arbeidsgiver og enmannsbedrifter blir fulgt opp. (REN, 2018B)
- **Koordinatorer:**
 - **KP** skal ha nødvendig kunnskap om HMS og arbeidsmiljølovgivningen. Denne rollen skal avdekke og eliminere eller redusere risiko under hele prosjekteringsfasen. (REN, 2018B)
 - **KU** skal være oppdatert på relevant bygge- eller anleggsarbeid med praktisk arbeidserfaring og gjelder for utførelsesfasen. (REN, 2018B)

IEC og CENELEC

Tidligere er det nevnt IEC koder i spesifikasjoner for kabler og vern. Disse kodene er laget for å beskrive hvordan utstyre er laget for å verne personer og eiendeler fra blant annet støt, brann og forbrenning. IEC («*The International Electrotechnical Commuission*») er den internasjonale elektronisk komite, hvor i Norge er NEK den «*Norsk Elektronisk Komite*». Utstyr som har IEC eller CENELEC godkjenning er laget etter sikkerhetskravene i normene. (Hansen, 2010) CENELEC (europeisk standard for kraftkabler og ledninger) har godkjenningkoder for konstruksjon og teststandard HD eller ED. (Nexans, 2009)

Kapittel IV i lovdata. Planlegging og utførelse (lovdata, u.å.)

«FEL §16. planlegging og vurdering av risiko

Elektriske anlegg som planlegges og utføres slik at mennesker, husdyr og eiendom er beskyttet mot fare og skader ved normal bruk og slik at anlegget blir egnet til den forutsatte bruk.» (lovdata, u.å.)

Krav for overdekning

For anlegg skal det tas risikovurdering, hvor det skal tas hensyn til om det er behov for mer overdekning eller andre krav som annen ekstra beskyttelse for at kabelen ikke skal kunne bli skadet. Overdekning forteller hvor mye masse som ligger oppå kabelen, avstanden mellom kabel og bakkenivå. Disse verdiene er minimumskrav, og grunneier kan f.eks. kreve at det skal være mye mer overdekning. (REN, 2016A)

«Tettbygde strøk/veiområder/utmark

- *REN anbefaling:*
 - *Kraftkabel minimum 0,4 m overdekning og kabelbeskyttelse.*
 - *Ekomkabel minimum 0,4 m overdekning og kabelmarkering.*
- *Opsjon: minimum 0,6 m overdekning og kabelmarkering. (REN, 2016A)*

Jordbruksareal

Fulldyrket eller overflatedyrka område. Kabelen skal ikke kunne bli skadet av landbruksmaskiner, også etter mindre terrengforandringer.

- *REN anbefaling:*
 - *Kraftkabler og ekomkabler minimum 1 m overdekning og kabelmarkering.*
- *Opsjon: minimum 1m overdekning og kabelbeskyttelse.» (REN, 2016A, s.6)*

Tilleggsbeskyttelse for kablene

Ikke alle matekabler og stikkledninger trenger å ha rør som beskyttelse, men det viktige for de kablene som forsyner boliger hvor strømbrudd kan ha store konsekvenser. Dette kan være høyspentkabel til transformator eller boliger hvor det utføres helsehjelp som f.eks. hytteboliger til Røde kors. Siden prosjektet dreier seg om et vanlig nyere hyttefelt vil det ikke ta utgangspunkt for disse, men for høyspentkabel til transformator og stikkledninger etter kabelskap, selv om dette ikke er kreves i forskriftene. (REN, 2016A)

Det brukes kobberledninger for installasjoner innvendig i boliger, mens aluminiums kabler brukes som høyspent- og lavspentkabler for inntak-, mate- og stikkledninger. (DSB, 2006) Om TFXP begynner å brenne har kabelen et beskyttelseslag av PVC som er selvslukende pga. innholdet av klor i materialet til beskyttelseskappen til kabelen. (REN, 2012C)

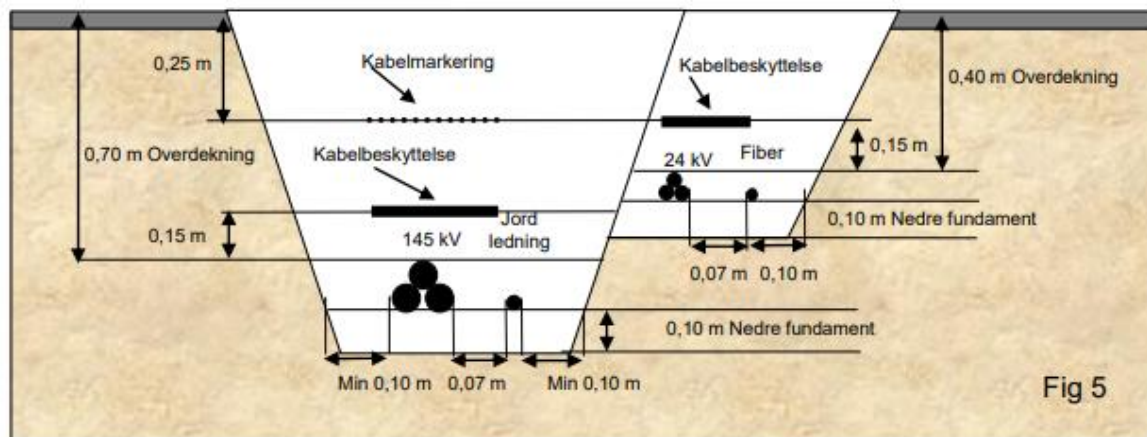
Selv om TFXP har et beskyttelseslag av PVC, ønsker Sykkylven Energi at stikkledningen fra kabelskap til tilknytningsskap beskyttes i rør pga. at aluminium leder strøm selv om den evt. smelter til flytende form inni kabelen.

Avstander ved kryssing av kabler

Kraftkabler krysses over gassrør, fjernvarme og VA ledninger. Høyspentkabel skal krysses normalt under lavspentkabel, og kraftkabler krysser normalt under telekabel med dekkplater mellom. Det er viktig at disse kablene krysses så vinkelrett som mulig. (REN, 2016A)

Avstander for kabler

Figur 4.26 illustrerer REN sitt forslag til hvordan avstander til kabler utføres i lavspenningsnett. (REN, 2012D)



Figur 4.26: Illustrasjon av avstander for kabler i lavspenningsnett. (REN, 2012D)

4.2.4 Vurdering av magnetiske felt

I områder f.eks. nært høyspentanlegg finnes det tidligere tester, hvor det var muligheter for økt sjanse for leukemi ved eksponering av magnetiske felt over 0,4 μT . Er det høyere magnetfelt enn dette, anbefaler det norske myndigheter at det utføres en «varsomhetsstrategi» for disse feltene selv om det ikke er noen forskriftskrav for grenseverdi til magnetiske feltstyrker. (REN, 2015C)

Alternativer for å redusere magnetiske felt etter formel 15:

- Bruk av høyere spenning for å redusere strømmen I til ønsket effekt.
- Kortere faseavstander
- Siden avstanden har stor betydning, vil økning av avstanden til forstyrret utstyr også kunne redusere magnetfeltet. (REN, 2015C)

Kabler

I kabler som TFXP og TSLF brukes det tynn isolasjon av PEX for å redusere avstanden mellom lederne for å redusere unødvendig kabeldiameter, minske varmeutvikling, og redusere magnetfelt i kabelen som økes når fasene ligger langt fra hverandre. (REN, 2012C)

Nettstasjoner

Plassering av nettstasjon er viktig i forhold blant annet magnetiske felt, brann, telefri og stabil fundamentering, tilgjengelighet for aggregat og vedlikeholdsarbeid, samt akustisk støy (støy fra skruer og lignende som ikke er bra nok festet). Det er også nødvendig å avtale plasseringen med byggherre, og med abonnenter så lenge dette ikke utgjør noen større risikoer eller kostnader. (REN, 2018C)

Oljefylte transformatorer (O/K)

- Mineraloljeisolert transformator (O) – IEC61100.4 (REN, 2018C)
- Silikon og esteroljeisolert transformator (K) – IEC61100.4 (REN, 2018C)
- Tørrisolerte transformatorer (A) (REN, 2018C)

I lavspenningsnettet til hyttefelt Orrelia plasseres nettstasjon med mineraloljeisolert transformator (O) med hensyn på disse risikoene. Den plasseres midt mellom kurs 1-2 og 3-4, slik som i figur 4.27 i underkapittel 4.2.5. Dette gjør at avstanden til nærmeste hyttebolig nr. 15 er ca.12 meter. Anser avstanden for å være tilstrekkelig siden forskriftene krever at 1000 liter oljefylte transformatorer i nettstasjon skal plasseres med en avstand på minimum 5m fra bygning med brennbar overflate. (REN, 2018C)

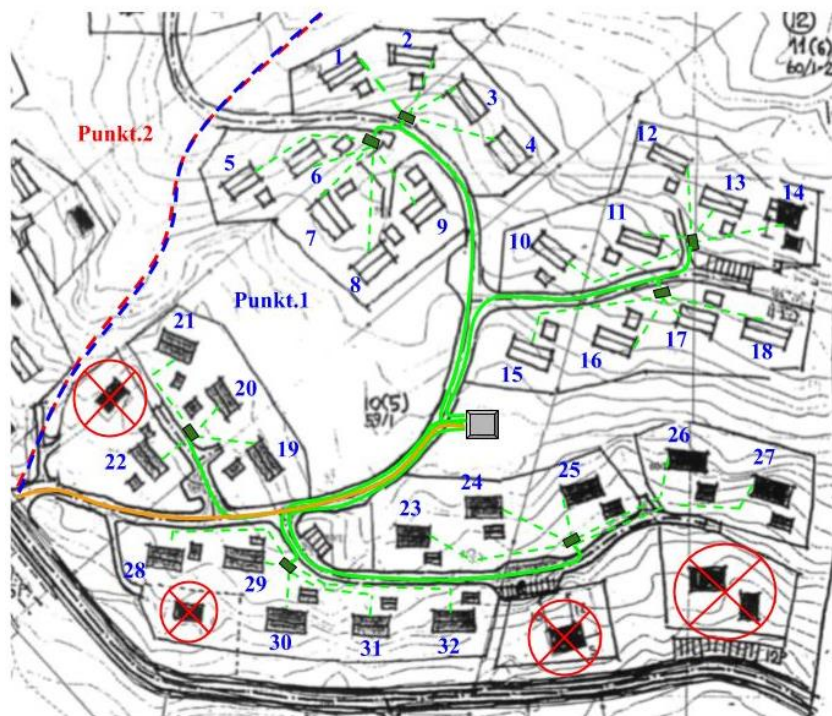
4.2.5 Plassering av materialer og utstyr

Siden prosjektet baserer seg på Skisseforslaget til Orrelia (Vestplan, 2007), ble valgt utstyr for lavspenningsnettet som kabelskap plassert med hensyn til tilgjengelighet, nettstasjon og hytteboligene. Ved å plassere kabelskapet lett tilgjengelig, gjør det mulig for sakkyndige personer å betjene for normal drift og vedlikehold. (REN, 2018D) Siden dette er et fiktivt prosjekt vil målingene være et forslag til kabellengder siden arkitektskissen har målestokk på 1:2000 med stor feilmargin.

For at målingen av kabellengder skulle være så fornuftig som mulig, ble skissen sammenlignet med korrekt målestokk fra Netbas 1:2500 av området. Arkitektskissen hadde gjennomsnittlig feilmargin på ca. 4,2 meter. Kabellengde til dimensjoneringen i Febdok ble måling av stikkledninger utført f.eks. for hyttebolig nr.26:

$$HB_{26} (1:2000) = 2,7cm \times 20m = 54 m - 4,2 m = 49,8 m \approx \underline{50 m}$$

Målingene ble utført med linja og måleinstrumentet Scale Master II («*digital plan measuring system*») for måling av høyspent- og lavspenkabler i veier med sving. Måleinstrumentet ble utlånt fra Sykkylven Energi som har brukt denne metoden tidligere før digitalisering. I figur 4.27 på neste side er det illustrert valgt plassering av nettstasjon, kabler og kabelskap til punkt nr. 1 i skisseforslaget til Orrelia. (Vestplan, 2007)



Figur 4.27: Lavspenningsnett i Orrelia punkt nr.1. (Modifisert fra: Vestplan, 2007)

4.2.6 Prosjektering av jordingsystem (globaljord)

Som beskrevet i delkapittel 2.5.7 skal jordingsystem sikre boligen i henhold til forskriftenes krav for berøringsoverspenning, og gi en god avledning til jord ved evt. andre overspenninger. (REN, 2012A) Om jordingsystemet er «utbredt jordingsystem» globaljord må bestemmes etter forskriftene til FEF (forskrifter om elektriske forsyningsanlegg). (REN, u.å.)

Fra FEF 2006 - §1-5, definisjoner:

” Global jord: (utbredt jordingsystem) jordingsystem som består av sammenkoblede nærliggende jordingsystem og som sikrer at farlige berøringsspenninger ikke oppstår. Et slikt system kan sies å danne en overflate med samme ekvipotensialnivå.” (REN, 2013A, s.3)

Hyttefeltet til prosjektet vil derfor ikke i utgangspunktet kunne sies å være globalt siden punkt nr. 1 inneholder bare en nettstasjon. Punkt nr. 2 kommer til å inneholde flere hytteboliger og vil derfor ha behov for egen nettstasjon som kan sammenkobles med nettstasjon i punkt.1. Det to nettstasjonene vil også være sammenkoblet nærliggende

nettstasjon i Rishaugen som er tilkoblet Melsethveien. Anser derfor punkt nr. 1 som global jord i dette prosjektet.

Om jordingsystemet er globaljord så slipper man å beregne berøringsspenninger under prosjektering, fordi globaljord gjør at man får så lav berøringspenning (U_{TP}) i forhold til hva som er tillatt. Det er derfor viktig å stadfeste dette tidlig i prosjekteringen. (REN, 2013A) For å dokumentere at hyttefeltet har globaljord ble det brukt REN sitt regneark i Excel «distribusjonsnett – beregning av global jord». (REN, 2008A)

Excel-kalkulatoren for dokumentasjon av globaljord krever inndata som brukes i formel 4 nedenfor:

- ρ - Jordresistivitet = 250 Ohm, er verdi for ledningsevnen i bakken, jordsmonn er torv og mold og ligger på 50 – 250 Ohm etter Wenners metode. (REN, 2012E) Går ut ifra denne verdien siden det ikke har blitt utført noen fysisk måling av jordsmonn. (REN, 2013A)
- A – Områdets areal = 87653 m², arealet som jordanlegget dekker [m²]. (REN, 2013A) For punkt 1 ble målt i kartfunksjonen til gulesider for eiendomsgrenser. (Gulesider, u.å.)
- a - Tverrsnitt Cu = 50 mm², er tverrsnitt for jordtråd i kablene. (REN, 2013A)
- L_T – Lengde jordtråd = 2070 m, total lengde på jordledere. (REN, 2013A) Kabellengder for stikkledning, matekabel og høyspentkabel med intrigert jordtråd ble målt etter målestokk (1:2000).
- I_j – jordfeilstrom = 49,963A, er enpolt jordfeilstrom. (REN, 2013A)

Dokumentasjonen har to alternativ for modeller som kan ses i vedlegg 2:

- Alternativ 1 – Flate, er modell 1 hvor blank jordleder i høyspentgrøft og lavspentgrøfter er sammenkoblet. (REN, 2013A)

- Alternativ 2 – Ring, modell 2 hvor det er ikke lagt blank jordleder i lavspentgrøft. (REN, 2013A)

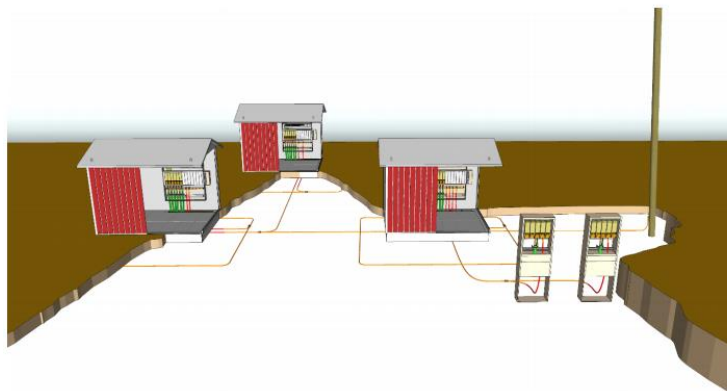
For prosjektet er det alternativ 1 som relevant siden høyspent og lavspentkablene leges direkte i jord som et sammenkoblet jordingsnett i nettstasjonen. Jordingsnettets moduleres som en sirkelflate, hvor en regner potensialstigningen til denne flaten i forhold til en jordfeil for sann jord. Jordelektronene innenfor arealet betraktes å være jevnt fordelt. (REN, 2013A)

Det er viktig at U_E ikke overstiger 150V, da potensialstigningen må være under 150V for å kunne sies å være globaljord. (REN, 2013A) Ved bruk av Excel-kalkulatoren til REN ble verdiene for potensialstigningen 24,7V for Alternativ 1, som er innenfor kravet til globaljord. (REN, 2013A) Viser til vedlegg 2 – dokumentasjon for globaljord.

Jording av nettstasjoner og kabelskap

Mellom transformator i nettstasjon og kabelskapene i hyttefeltet skal det brukes kabel TFXP-O med 50 mm² jordtråd av Cu i alle grøfter til hytteboligene. Jordtråden skal ligge uisolert i grøfter, men isoleres siste meter før nettstasjon hvor den tilkobles på jordingsskinne. Dette gjøres slik som på figur 4.28 nedenfor, hvor det legges som ringjord rundt nettstasjonen. Jordtråden kan isoleres liggende (horisontalt) ved hjelp av rør som markeres med f.eks. gul/grønn isolasjons tape eller PN - merking.

For avgreininger inntil 50m, kan hovedfordeler føres direkte ut/inn av nettstasjon, mens lengre jordledere skal kobles til avgreinings-jordleder og hovedjordleder i grøft. (REN, 2017A)



Figur 4.28: Prinsipp for globalt jordingsnett, (REN, 2017A)

4.2.7 Dimensjonering i Febdok

Å dimensjonere lavspenningnett i Febdok var utfordrende siden programmet brukte normen NEK 400 i hele lavspenningsnettet. Dvs. at utstyr fra nettstasjon til vernet i tilknytningsskap ble dimensjonert etter normen NEK 400, når nettselskap dimensjonerer forsyningsanlegg etter forskriften FEF med sakkyndige personer. Dette resulterte til feilmeldinger siden Febdok ikke ville tillate større vern enn 250A, som er grensen for usakkyndige personer. (Olsen og Øvrebakk, 2016)

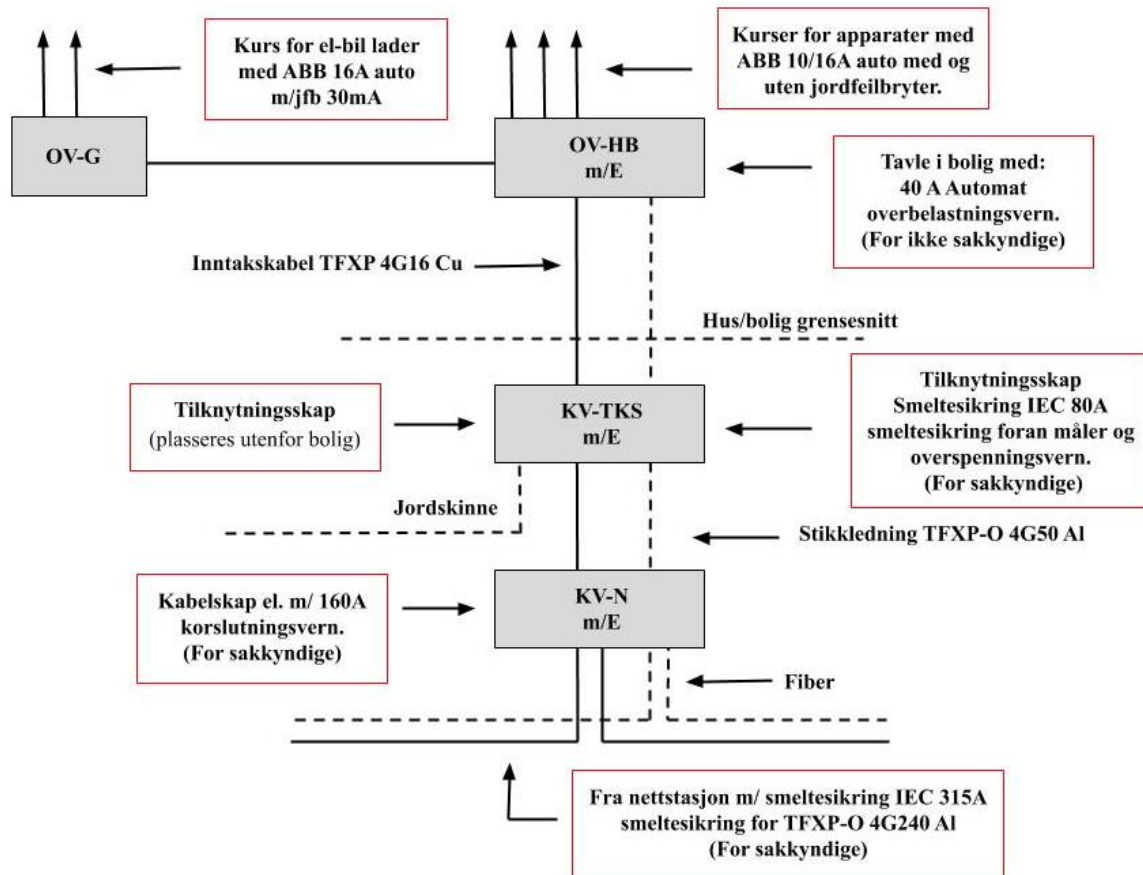
Selv om det ble brukt feil norm, var Febdok til nytte siden programmet kunne brukes til å beregninger av jordfeilstrømmer, kortslutningsstrømmer, selektivitet og spenningsfall. Selektivitet ble først prioritering for sikkerhet etter FEL §16 som beskrevet i delkapittel 4.2.1 HMS og risikovurderinger. Siden feil norm brukes i Febdok, er det laget et enlinjeskjema for plassering av vern fra nettstasjon til el-bil lader i garasjen til hyttebolig nr. 27. Denne hytteboligen ligger lengst unna nettstasjon i hyttefelt Orrelia, og i figur 4.29 på neste side er beskrevet hva vernene skal beskytte.

Tabell 4.7 i delkapittel 4.3.2 tverrsnitt av lavspenkabel, viser at TFXP-O 240 mm² Al tolerer en belastning på 435A og kortslutningsstrøm på 16,8 kA. (REN, 2011A) Smeltesikringen må beskytte matekabelen slik at den ikke utsettes for belastninger og kortslutningsstrømmer kabelen ikke tolerer. Velger en smeltesikring på 315A i nettstasjon for alle kurser i hyttefeltet. Dette er en IEC NH patron som beskyttelse av matekabelen som ligger direkte i jord frem til kabelskapet for hyttebolig nr. 27.

Alternativ smeltesikring er f.eks. IEC 400A, men siden det ikke er behov for å bruke maks størrelse på smeltesikring når størst total belastning på 10 hytteboliger ble på 151,9 A. Dette gjør at mindre smeltesikring kan også brukes, men bruker 315A med tanke på kostnader ved utskiftning evt. mindre sikringer som tolerer mindre. Febdok gir feilmeldinger og vil ikke bruke disse vernene pga. feil norm, men programmet kunne likevel brukes til å analysere selektiviteten for vernene frem til siste fordeling. I Febdok ble det benyttet sammenlagret strøm ved beregning av spenningsfall, som gjør at Febdok beregner spenningsfallet fra nettstasjon til siste fordeling. Dette blir garasjen til hyttebolig nr. 27, hvor el-bil laderen hadde lavest spenning fra transformator på 387,2V med et spenningsfall

totalt på 12,2 V og 3,05%. Viser til vedlegg 1 for selektivitet analyse og spenningsfall i Febdok.

Enlinjeskjema fra nettstasjon til hyttebolig nr. 27



Figur 4.29: Enlinjeskjema for valgt utstyr fra nettstasjon til hyttebolig nr. 27.

(Modifisert fra: Olsen og Øvrebakk, 2016; REN, 2018A)

Oppdeling av alle kurser og kabelskap

Lavspenningsnettet består av 4 kurser med 7 gruppefordelinger (KV-N 1 til 7) for kabelskapene, hvor hvert kabelskap forsyner 4 til 5 abonnenter. For kurs 1, 2 og 4 er kabelskapene KV-N: 1, 3 og 6 også et skjøtepunkt for matekabelen som går videre til kabelskapene KV-N: 2, 4 og 7. Kurs 3 består av et kabelskap KV-N_5 med 4 abonnenter som kan ses i tabell 4.6 på neste side.

Tabell 4.6: Belastning av det 4 kursene i nettstasjon.

Kurs	KV-N	Belastning pr. KV-N ved 10 kW pr. hyttebolig.
1	1 og 2	$I_b = \frac{9 \text{ stk.} \times 10 \text{ kW}}{400 \times \sqrt{3} \times 0,95} = 136,7 \text{ A}$
2	3 og 4	$I_b = \frac{9 \text{ stk.} \times 10 \text{ kW}}{400 \times \sqrt{3} \times 0,95} = 136,7 \text{ A}$
3	5	$I_b = \frac{5 \text{ stk.} \times 10 \text{ kW}}{400 \times \sqrt{3} \times 0,95} = 60,7 \text{ A}$
4	6 og 7	$I_b = \frac{10 \text{ stk.} \times 10 \text{ kW}}{400 \times \sqrt{3} \times 0,95} = 151,9 \text{ A}$

Plass i kabelskapet

Kabelskapet kabeldon CDC 440 NOG har plass til 40 moduler, og siden 1 modul er 12,5 mm som gir det 12,5 mm x 40 M = 500 mm ledig plass innvendig i skapet. (ABB, u.å.B)
Det er maks 5 abonnenter i kabelskapene, Dvs. det kabelskapet med flest abonnenter inneholder:

5 abonnenter x SLD000 (3 M) + AD300 (3 M) + evt. skillebryter FD3300 (7 M) = 25 M.

Alternativ for kabelskap med 160A NH patron:

5 abonnenter x SD00 (4M) + AD300 (3M) + evt. skillebryter FD3300 (7M) = 30 M.

Det gir litt plass til overs for begge alternativene, som var et ønske fra Sykkylven Energi.
Kabelskapene som trenger skillebryter er KV-N: 1, 3 og 6, som kan ses i vedlegg 1 dokumentasjon for lavspenningsnett i Febdok. (ABB, u.å.B)

Effektbehov og kortslutningsvern

Hver hyttebolig har et effektbehov på 10 kW og en belastning på ca. 15,2 A pr. abonnent. I dimensjoneringen ble det brukt IEC NH patron som kortslutningsvern i nettstasjon på 315A før matekablene, 160A i kabelskapene før stikkledninger og 80A i tilknytningsskap. IEC godkjente sikringer har et «breiere spekter» i selektivitetskurven som gjør det lettere for bytting av sikringer i ettertid. IEC vernet gjør denne løsningen uavhengig av fabrikat,

slik at det ikke må være det samme spesifikke merket om ble installert i dimensjoneringen, men ha dokumentasjon etter normen IEC.

Maksimal feilstrømmer og impedanser i fordelingene

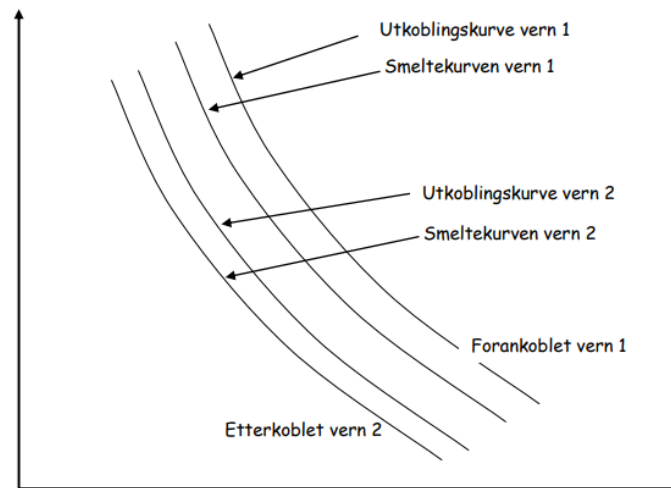
I dokumentasjon for anlegget hyttefelt Orrelia er det oppsummert maksimal feilstrømmer og impedanser på side 14 i detaljert kursfortegnelse. Denne oppsummeringen for maksimal feilstrøm på ca. 25 kA gjelder for samleskinnen i nettstasjon, og ikke for kabelskapene til hytteboligene. Ved å dimensjonere lavspenningsnett i Febdok, vil programmet feiltolke lavspenningsnett ved å se på transformator montert innvendig i en bygning på størrelsen av selve hyttefeltet. Dette er bakdelen ved å bruke Febdok, siden oppsummeringen kan lett mistolkes. Riktige maksimal feilstrømmer og impedanser i fordelingene til kabelskapene kan leses nedenfor i samme tabellen, hvor det står f.eks (HB_1).

Dimensjonering av Transformator

Det ble valgt ut en 500 KVA Standard transformator siden det var 32 hytteboliger, som til sammen blir: $32 \text{ HB} \times 10 \text{ kW} = 320 \text{ kW}$. I dimensjoneringen ble det brukt standardverdier til Febdok for transformator. Etter alle kurser med vern og belastninger var montert og dimensjonert i Febdok, ble størrelsen på transformatoren testet for belastningen av alle kurser i samleskinnen til nettstasjonen. Størrelsen på 500 kVA var tilstrekkelig siden merkeverdien til belastningene ble totalt 336,8 kVA. Den dimensjonerende laststrøm kom på totalt 486,19A for et effektbehov på 320 kW med $\text{Cos } \varphi 0,95$.

Selektivitet

Som beskrevet i underkapittel 2.5.9 har vi selektivitet mellom vernene dersom nærmeste vern slår ut ved evt. feil, som gir god beskyttelse mot skade på komponenter, utstyr og for andre abonnenter ikke skal bli påvirket. For å oppnå selektivitet til vernene i hyttefeltet må energien (utkoblingskurve 1) som bryter ut etter koblet smeltesikring (160A), være mindre enn den energien (utkoblingskurve 2) som bryter ut forankoblet smeltesikring etter nettstasjon (315A), slik som i figur 4.30 på neste side. (REN, 2010A)



Figur 4.30: Selektivitet sikring – forankoblet mot sikring. (Modifisert fra: REN, 2010A)

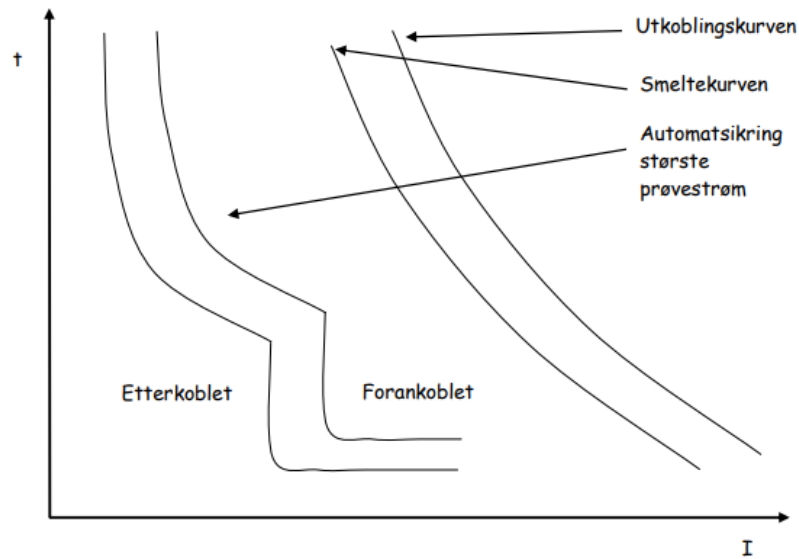
Testing av selektivitet

Siden hyttebolig nr. 27 er lengst unna transformator, det ble derfor laget en fordeling med installasjon i selve hytteboligen for å sikre at dimensjoneringen var tilstrekkelig. I hyttebolig nr. 27 er det installert nødvendige apparater og garasje med el-bil lader for å dokumentere selektiviteten mellom vernene lengst unna hytteboligen. For kabler innvendig i bolig og garasjen ble det brukt 30m PN 1,5, 2,5 og 4 mm² med automatsikring med og uten jordfeilbryter. I garasjen ble det brukt større tverrsnitt til PN-kabelen på 4 mm² for lavest mulig utkoblingstid og kortslutningsstrømer.

Til el-bil laderen ble det brukt automat av typen B med jordfeilbryter på 30mA, for å tilfredsstille kravet mode 1,2 og 3 beskrevet i delkapittel 2.5.1 El-bil lader. (Nelfo, 2017)

Selektivitet ved bruk av smeltesikringer og automatsikring:

I dimensjoneringen ble det brukt 80A smeltesikring i tilknytningsskap for å verne inntakskabel og måler til hytteboligen. Før tavlen i hyttebolig nr. 27 og fordeling til garasjen ble det montert ABB 40A automat overbelastningsvern, samt automat m/jfb og u/jfb for stikkontakter innvendig i tavlen og garasjen. Selektivitet oppnås dersom smeltesikringene ikke kommer bort utløserkurven til automatsikring, slik som i figur 4.31 på neste side. (REN, 2010A)



Figur 4.31: Selektivitet sikring – forankoblet mot automatsikring. (Modifisert fra: REN, 2010A)

Viktigst fokus ved dimensjoneringen og plassering av vern, var vernene ytterst ute hos forbruker hadde selektivitet i forhold til sikkerhetskrav til *FEL §16* som står i underkapittel 4.2.2 Andre risikovurderinger og sikkerhetskrav.

Ved f.eks. El-bil laderen i garasjen, vil vernene B/D bryte strømmen før noen av det forankoblet vernene før tilknytningsskap og kabelskapet påvirkes av kortslutningen. Grunnen til dette er at smeltesikringen bryter raskere ut, som kan ses i sensitivitetsanalysen til el-bil lader (F_GR_1). Viser til vedlegg 1 for mer detaljer om dokumentasjon til dimensjoneringen, selektivitetsanalysen, og kortslutningsberegninger.

4.3 Økonomi

I kapittelet økonomi vil kostnadene for prosjektet kalkuleres med kostnadskalkylen i REN. Siden bruksmønsteret for hytteboliger er så annenledes i forhold til standard boliger vil det ikke bli beregnet optimalt økonomisk tverrsnitt for kablene, og bruker heller anbefalt tverrsnitt fra Sykkylven Energi.

4.3.1 Kostnadsestimering

For å estimere kostnadene til prosjektet brukes kostnadskalkylen i REN. Den inneholder alle parametere og erfaringsmessige verdier for graving, arbeid, priser til REN sin standard til valg av utstyr. Denne kostnadskalkuleringen kan ikke forventes å være 100% korrekt siden REN går ut ifra effektive arbeidstimer, som vil sa at det ikke er tatt høyde for feil og mangler for arbeid og graving av hyttefeltet. I kalkylen er det brukt 25% påslag for matpauser, og andre kostnader som utenom ting og sjukefravær.

Kostnadskalkylen til inneholdt en enhet feil til kabelmerkebånd. Viser til mengderapport for materiell, «Varselbånd for jordkabel». Enhet står som m (meter) når det skal være stk. (pr. stykk). Dette er en feil som har oppstått pga. Sykkylven Energi regner pr. stk. mens kostnadskalkylen til REN regner i meter.

Tar utgangspunkt i at kabelmerkebånd er 250 meter pr. stk. (Onnien, u.å.), og korrigerer feil i kostnadskalkylen til:

- 6 m (stk.) til stikkledninger (Nybygging LS kabelnett stikkledning fra eksisterende kabel/kabelskap – TFXP 4x50 0,4kV - kabelmerkebånd)
- 6 m (stk.) til matekabler (Nybygging LS kabel TFXP 4x240Al i grøft - kabelmerkebånd)
- 1 m (stk.) til høyspentkabel (Nybygging HS kabel 24 kV TSLE/TSLF 50 Al i grøft – kabelmerkebånd)

Resultatet ble totalt 13 stk. kabelmerkebånd for alle kablene, og kan ses i mengderapport for materiell. Dette gir et overskudd til kabelmerkebånd om noe skulle bli ødelagt eller sløst bort i arbeidsperioden.

Selv om kostnadskalkylen til REN ikke gir fullstendig korrekt estimering av prosjektet, vil det kunne gi en oversiktlig resultatliste over ulike arbeid og komponenter, og en pekepinn på kostnaden av et slikt prosjekt. Viser til vedlegg 5 for prosjektkalkyle og vedlegg 6 for mengderapport av materiell.

4.3.2 Tverrsnitt for lavspentkabel

Tverrsnitt for matekabler og stikk-kabler vurderes utefra strømføringsevne, kortslutningsstrøm, overbelastningsstrøm, spenningsfall og andre ytelser for bruksområdet. Sykkylven Energi bruker 240 mm² til matekabler og 25 mm² til stikk-kabler, og 50 mm² ved behov for bedre beskyttelse mot korslutningsstrøm. (Ormbostad, 2015A)

Siden Sykkylven Energi bruker disse tverrsnittene, velges det 240 mm² for matekabler og 50 mm² for stikk-kabler siden kablene skal kanskje legges over lengre avstander.

REN sier

«ved forsyning til tilknytningsskap skal stikkledningskabel være av type TFXP 4 x50 Al, hvis ikke annet oppgis av nettselskapet, og forelegges i rør.» (REN, 2018A, s.84)

I tabell 4.7 nedenfor kan man se det ulike spesifikasjonene for kabelen markert med blå farge. Ved (I_{th}) kan man lese belastningen kabelen tolerer ved det ulike tverrsnittene. F.eks. kan 50 mm² tole belastning opptil 180 A. (REN, 2011A)

Tabell 4.7: Spesifikasjon til TFXP 1KV Al, jordleder antatt i grøft. (REN, 2011A)

TFXP 1 KV Aluminium								
Tverrsnitt	Motstand		Kapasitanser		I _{th}	Kortslutningsstrøm	Null-system impedans (ohm/km)	
(mm ²)	R (ohm/km)	X (ohm/km)	C _j (uF/km)	C _d (uF/km)	(A)	1 sek (kA)	R _o	X _o
4x25	1,2	0,082	0,42	0,082	125	1,7	6,372	0,1243
4x50	0,641	0,079	0,53	1,08	180	3,5	4,089	0,096
4x95	0,32	0,075	0,57	1,1	260	6,7	2,103	0,0929
4x150	0,206	0,072	0,6	1,19	335	10,5	1,467	0,0809
4x240	0,125	0,072	0,64	1,26	435	16,8	0,843	0,0809

Kabeltypen TFXP-O 1KV (8-tall) egner seg godt som stikk-kabel til boliger og matekabel i distribusjonsnett. Konstruksjon HD 603 – 5M og teststandard tilfredsstillende brannkrav i henhold til IEC 60332 -1. kabelen kan også leveres med tverrsnittene 25 mm², 95 mm² og 150 mm². (Nexans, 2017)

4.3.3 Tverrsnitt til høyspentkabel

Valgt tverrsnitt for høyspenningskabel er 50 mm² for strømforsyning og 50mm² jordleder. Kabelen fulle navn er TSLF-OJ 24kV 3x1x 50mm²A KGF50, og er det minste tverrsnittet som leveres for TSLF-OJ 24kV med egen jordleder. (Nexans, 2019C) Effektbehovet tilsier at denne kabelen klarer å levere ønsket effekt når vi har 32 hytter som skal forsynes med 10 kW hver.

Drøfting om nødvendig tverrsnitt

Delkapittel 4.1.3 kabler inneholder en tabell 4.5 med egenskapene for høyspentkabelen. I hyttefelt Orrelia har vi 32 hytteboliger i pkt.1. Det regnes å bruke 10 KW pr. hyttebolig.

$$\text{Altså: } 32 \text{ stk. hytteboliger} \times 10 \text{ KW} = \underline{320 \text{ KW}}$$

TSLF-OJ 24kV 3x1x 50mm²A KGF50 kan belastes med 180A. (Nexans, 2019C) Om vi legger til sanntidig-hetsfaktor på ca. 0,8 fra tabell 2.3 (Ormbostad, 2015A), vil TSLF-OJ med 50 mm² kunne forsyne ca.

$$50 \text{ mm}^2 = 180\text{A} \times 22\text{KV} \times 0,8 \times \sqrt{3} = \underline{5487,1 \text{ KW.}}$$

Altså vil TSLF-OJ 24kV 3x1x 50mm²A KGF50 kunne overføre over 5GW mer enn hva lavspenningsnettets behøver. Og om hele hyttefeltet skulle forsynes med høyspentkabelen ville det fortsatt over 4GW enn det som kreves.

$$\text{Pkt.1} + \text{pkt.2} = 67 \text{ stk. hytteboliger} \times 10\text{KW} = \underline{670 \text{ KW}}$$

Høyspentkabler på 50 mm² er ganske vanlig å bruke i Sykkylven, og en av det mest brukte tverrsnittene hos Sykkylven Energi til forsyning av transformatorer for hyttefelt og andre boliger rundt Nysætervannet.

5 KONKLUSJON

Prosjektering av lavspenningsnett for hyttefelt Orrelia har gitt mye ny kunnskap og ny erfaring for hvordan det er å prosjektere slike arbeidsoppgaver i praksis. Oppnådd resultat gir et egnet forslag til løsning av problemstillingen for det fiktive prosjektet, samt oversikt over hva lavspenningsnettet inneholder av utstyr, grunnleggende sikkerhetskrav og de nødvendige beregninger for selektivitet mellom vernene. Ved prosjekteringen ble det tatt med det mest grunnleggende av HMS, SHA-plan og organisering av de ulike rollene, hvor omfanget er begrenset til en enmannsoppgave. Det ble lagt mest vekt på beskyttelse for kablene i hyttefeltet og for de ulike vernene etter *FEL §16*.

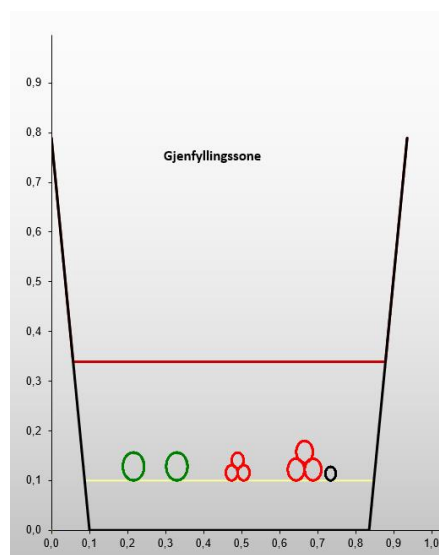
Valg for standard transformatoren på 500 KVA ble dimensjonert med tanke på at hyttefeltet punkt nr. 1 og 2 inneholder til sammen 67 hytteboliger, hvor det da ble behov for 2 stk. transformatorer på 500 KVA for hele hyttefelt F17B. For dette prosjektet ble lavspenningsnettet dimensjonert for 1 stk. 500 KVA med totalt 32 hytteboliger for å oppnå effektbehovet til fremtidig løsning for fremkomstmidler, oppvarming og andre apparater i hytteboligene, samt til større utbygginger ved nyere planer i fremtiden. Det ferdigdimensjonerte lavspenningsnettet for Orrelia punkt nr.1 oppnår de kravene som er forventet av oppdragsgiver.

6 Videre arbeid

Siden det ble prosjektert og dimensjonert lavspenningsnett for punkt nr. 1, vil punkt nr. 2 kunne dimensjoneres i ettertid til videre arbeid. I prosjekteringen ble det tatt med det mest nødvendig av HMS, hvor merking av utstyr, magnetiske målinger og andre risikovurderinger kan tas til vurdering. Til prosjektet kan det lages en arbeidsdokumentasjon om grøftesnitt som viser hvor mye masse som skal ligge mellom kabel og bakkenivå. (REN, 2011B)

Grøftekalkulator

Med regnearket for grøftesnitt til REN kan det lages en dokumentasjon for grensesnittene til høyspent- og lavspenningskablene. Denne dokumentasjonen skal kunne gi grave-entreprenører et forslag for arbeidsdokumentasjon til jobben innenfor hyttfeltet. Kablene blir vist slik som figur 6.1 til høyre, hvor noen av kablene har en rød ring for å illustrere at kablet er beskyttet med kabelrør. (REN, 2011B)



Figur 6.1: Gjenfyllingssone til kabler. (REN, 2011B)

7 REFERANSER

ABB, (u.å.A) *CDC 440 NOG Cable distribution cabinet*. Tilgjengelig fra:
<https://new.abb.com/products/2CGX063300574/cdc-440-nog-cable-distribution-cabinet>
(funnen 31.mars 2019)

ABB, (u.å.B) *Catalog - Kabelon Low Voltage Distribution System*. Tilgjengelig fra:
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CGC0036&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> (funnen 30.mars)

Arbeidstilsynet, (u.å.A) *HMS*. Tilgjengelig fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/>
(funnen 29.april 2019)

Arbeidstilsynet, (u.å.B) *Forskipt om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)*. Tilgjengelig fra:
<https://www.arbeidstilsynet.no/globalassets/regelverkspdf/interkontrollforskriften>
(funnen 30.april 2019)

Dalva, M. og Thorsen, O.V. (2013) *Elektriske maskiner og omformere*. 1.utgave/7.opplag 2013. Oslo: Gyldendals Norsk Forlag AS 2001.

Distrikts energi (2019) *Elbilene gjør at strømmettet i hytteområdene må oppgraderes*, tilgjengelig fra: <https://www.distriktsenergi.no/artikler/2019/1/16/elbilene-gjor-at-stromnettet-i-hytteomradene-ma-oppgraderes/> (funnen 1.mars 2019).

DSB, (2006) *Elsikkerhet*. Tilgjengelig fra:
<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/elsikkerhet-els/elsikkerhet-magasinet/2006-02-elsikkerhet-68.pdf> (funnen 26.april 2019)

Elektroimportøren, (u.å.) *Høyeffektsikring.NH000 80A 500V*. Tilgjengelig fra:
<https://www.elektroimportoren.no/hoeyef-sikr-nh00-80a-500v/1619230/Product.html?Event=frequentlyboughttogether> (funnen 25.april 2019)

Enøk, (u.å.) *Energiforbruk*. Tilgjengelig fra: https://www.enok.no/enokguiden/09_1.html
(funnen 27. februar 2019)

Febdok, (u.å.) *Febdok*. Tilgjengelig fra:
<https://nelfo.no/Verktoy/DataverktoyProgramvare/FEBDOK/> (funnen 25.april 2019)

Gulesider, (u.å.) *Kart, Eiendomsgrenser*. Tilgjengelig fra:
https://kart.gulesider.no/?c=62.355359,6.837037&z=16&l=aerial&som=0:%27no_realestate:Sykkylven:1528-59/3:null:null%27 (funnen 23.april 2019)

Gyldendal, (u.å.) *Tekniske tjenester - bildearkiv, Motorer, generatorer og transformatorer*. Gyldendal undervisning. Tilgjengelig fra:
http://web2.gyldendal.no/undervisning/felles/pixdir20/?archive=tip_tt&menuitem=menu_2_5&resultsourcesource=menu_2_5&detailsourcesource=image_188 (funnen 3.mars 2019)

Hansen, E.H. (2010) *Elektroinstallasjoner*. Utgave 2010. Kongsberg: Classica forlag AS.

Lovdata, (u.å.) Kapittel IV. Planlegging og utførelse, *FEL §16*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060#KAPITTEL_5 (funnen 3.mai 2019)

Møre Trafo, (u.å.A) FDV dokument, *Nettstasjoner fra Møre Trafo*. Tilgjengelig fra: <http://moretrafo.no/dokumenter/> (funnen 3.mars 2019)

Møre Trafo, (u.å.B) *Flex 3*. Tilgjengelig fra: <http://moretrafo.no/produkter/flex3/> (funnen 3.mars 2019)

Møre Trafo, (u.å.C) *Standard Transformator*. Tilgjengelig fra: <http://moretrafo.no/produkter/500-kva/> (funnen 2.mars 2019)

NAF, (2017) 11.spetember 2017, *Hvordan måles rekkevidden på elbilder*. Tilgjengelig fra: <https://www.naf.no/elbil/fakta-om-elbil/hvordan-males-rekkevidde-pa-elbiler/> (funnen 22.februar 2019)

NAF, (u.å.A) *Volkswagen e-Golf*. Tilgjengelig fra: <https://www.naf.no/elbil/elbiler-i-norge/volkswagen-e-golf/> (22. februar 2019)

NAF, (u.å.B) *Nissan LEAF 3.Zero*. Tilgjengelig fra: <https://www.naf.no/elbil/elbiler-i-norge/nissan-leaf-2018/> (funnen 22. februar 2019)

NAF, (u.å.C) *Tesla Model S*. Tilgjengelig fra: <https://www.naf.no/elbil/elbiler-i-norge/tesla-model-s/> (funnen 22. februar 2019)

NAF, (u.å.D) *Spørsmål og svar om WLTP*. Tilgjengelig fra: <https://www.naf.no/tips-og-rad/bilhold/teknisk-om-bilen/sporsmal-og-svar-om-wltp/> (funnen 22. februar 2019)

NEK, (2015) NEK TR 750:2015, Norsk elektroteknisk rapport *Fiberoptisk aksess til bruker*. Norsk Elektronisk Komite. (funnen 3.april 2019)

Nelfo, (2017) Faktahefter – Nelfo, *EL-bil*. Tilgjengelig fra: <https://nelfo.no/Bibliotek/Faktahefter/> (funnen 22. februar 2019)

Nexans, (2017) *Kabelboka*, Oslo: Follo 03/2017(funnen13.mars 2019)

Nexans, (2019A) *TFXP-O 1kV4G50mm²A*, Tilgjengelig fra: https://www.nexans.no/eservice/Norway-no_NO/navigateproduct_540148511/TFXP_O_1kV4G_50mm_A.html#characteristics (funnen 25.mars 2019)

Nexans, (2019B) *TFXP-O 1kV4G240mm²A*, Tilgjengelig fra: https://www.nexans.no/eservice/Norway-no_NO/navigateproduct_540148514/TFXP_O_1kV4G240mm_A.html#characteristics (funnen 26.mars)

Nexans, (2019C) *TSLF-OJ 24kV 3x1x 50A KGF50*, Tilgjengelig fra: https://www.nexans.no/eservice/navigation/NavigationProduct.nx?CZ=Norway&language=no_NO&productId=540151539#characteristics (funnen 26.mars 2019)

- Onninen, (u.å.) *Kabelmerkebånd «OBS! KABEL» 250m obs kabel*. Tilgjengelig fra: <https://onnshop.onninen.com/no/EFO/Merkeutstyr/KABELMERKEB%C3%85ND-%22OBS-KABEL%22-250M-OBS-KABEL/p/GCT509> (funnen 15.mai 2019)
- Olsen, P.A. og Øvrebakk, S. (2016) *Prosjektering av elektriske anlegg*. 2.Utgave/1.opplag 2016. Bergen: Fagbokforlaget.
- Ormbostad, J.E. (2015A) *Montørhåndboka NEK 400:2014*. 5. utgave/2. opplag 2015. Oslo: Elforlaget, NELFO.
- REN, (2008A) Regneark i Excel nr. 8013 – versjon 1,0, *Distribusjonsnett – beregning av globaljord*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/renblad/8013> (funnen 22.april 2019)
- REN, (2010A) blad nr. 9115 – versjon 3,2 2010, *LS Nett – Dimensjonering av ledning og valg av overstrømsvern*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9115> (funnen 25.april 2019)
- REN, (2010B) blad nr. 8007 – versjon 1,1 2010, *Distribusjonsnett – Kartlegging av belastning*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8007> (funnen 7.mai 2019)
- REN, (2011A) blad nr. 8041 - versjon 3,1 2011, *Distribusjonsnett – Tekniske verdier*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8041> (funnen 4.mars 2019)
- REN, (2011B) regneark i Excel nr. 9030 – versjon 2,0 2011, *Distribusjonsnett kabel – Grøftesnitt*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/renblad/9030> (funnen 25.mars 2019)
- REN, (2012A) blad nr. 8010 - versjon 3,4 2012, *Distribusjonsnett – Jordingsystem – Prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8010> (funnen 10.april 2019)
- REN, (2012B) blad nr. 6037 - versjon 1,2 2012, *Nettstasjon – Transformator – Isolasjonsmåling*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/6037> (funnen 15. mars 2019)
- REN, (2012C) blad nr. 9024 - versjon 1,2 2012, *HS Kabelnett – Teori for kabel, skjøter og endeavslutninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9024> (funnen 15.mars 2019)
- REN, (2012D) blad nr. 9012 – versjon 1,2 2012, *Kabelnett – Ekstra beskyttelse av viktige og utsatt kabler*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9012> (funnen 25.mars 2019)
- REN, (2012E) blad nr.8026 – versjon 2 2012, *Nett felles – måling av jordresistivitet – Wengers metode*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8026> (funnen 23.april 2019)

REN, (2013A) blad nr. 8009 – versjon 1,3 NOV/2013, *Distribusjonsnett – Jordingssystem – Global jord*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8009> (funnen 10.april)

REN, (2015A) blad nr. 9104 – versjon 3,2 04/2015, *Kabel – 0,23 – 1kV – Kabelskap – Utførelse*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9104> (funnen 27.mars 2019)

REN, (2015B) blad nr. 9111 – versjon 2,4 11/2016, *Kabel – 0,23 – 1kV – Kabelskap – Spesifikasjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9111> (funnen 30.mars 2019)

REN, (2015C) blad nr. 8014 – versjon 2,3 04/2015, *Saksbehandling, måling og håndtering av magnetiskefelt*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/8014> (funnen 1.mai 2019)

REN, (2016A) blad nr. 9200 – versjon 3,5 10/2016, *Kabelanlegg prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9200> (funnen 25.mars 2019)

REN, (2016B) blad nr. 4111 – versjon 1,0 – kladd 03/2016, *LS Nett – Kundetilknytning – Oversikt over kabel – og grunnmurskap*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/4111> (funnen 4.mars 2019)

REN, (2016C) blad nr. 6042 – versjon 1,3 02/2016, *Nettstasjon – Transformator – prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/6042> (funnen 15.mars 2019)

REN, (2017A) blad nr. 6010 – versjon 3,3 10/2017, *Nettstasjon – Montasje*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/6010> (funnen 7.mai)

REN, (2018A) blad nr. 4100 – versjon 4,0 09/2018, *Lavspenningsnett – Kundetilknytning – Utførelse*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/4100> (funnen 16.januar 2019)

REN, (2018B) blad nr. 1100 – versjon 1,2 05/2018, *IK: 0,23-420kV Veiledning SHA plan – hovedplan*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/1100> (funnen 30.april 2019)

REN, (2018C) blad nr. 6000 - versjon 5,5 07/2018, *Nettstasjon – Prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/6000> (funnen 5.mai 2019)

REN, (2018D) blad nr. 9103 – versjon 2,3 04/2018, *Kabel – 0,23-1kV – Kabelskap – Prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/renblad/9103> (funnen 12.mai 2019)

REN, (u.å.) *Strategi – REN as*. Tilgjengelig fra: https://www.ren.no/om_ren/strategi (27.februar 2019)

Rosvold, K.A. (2018) 16. februar 2018, *Nettstasjon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/nettstasjon> (funnen 1.mars 2019)

Sykkylven kommune, (2014A) Servicetorget.no - Sykkylven kommune i Møre og Romsdal 05.05.14, *Planomtale*. Tilgjengelig fra: http://www.sykkylven.kommune.no/getfile.aspx/document/epcx_id/1339/epdd_id/2293 (funnen 31.januar 2019)

Sykkylven kommune, (2014B) Servicetorget.no - Sykkylven kommune i Møre og Romsdal 05.05.14, *Plankart*. Tilgjengelig fra: http://www.sykkylven.kommune.no/getfile.aspx/document/epcx_id/1339/epdd_id/2294 (funnen 31.januar 2019)

Sintef, (2010) REN dokument, *Planleggingsbok for kraftnett – Økonomisk optimalt tverrsnitt*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/fe/638c8227-ee14-424c-896c-56fa99c964b8?filename=%C3%98konomisk%20optimalt%20tverrsnitt.pdf> (funnen 22.april 2019)

Sintef, (2014) *Planleggingsbok for kraftnett – Fastlegging av belastninger ved analyser av lavspenningsnett*. Tilgjengelig fra: <https://www.ren.no/doc/api/rest/download/fe/4c0cba4d-9e4f-4805-a743-9e0f3cfb7bea?filename=Fastlegging%20av%20belastninger%20ved%20analyser%20av%20lavspenningsnett.pdf> (funnen 9.mai)

Sirnes, E (2018) 20.februar 2018, *diskontere*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/diskontere> (funnen 7.mai 2019)

Stoltz, G. (2015) 7.desember 2018, *Kapitalisering*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kapitalisering> (funnen 7.mai 2019)

Svarte, S. og Sebergsen, J.H. (2015) *Energiproduksjon og energidistribusjon*. 1.utgave/8. opplag 2015. Oslo: Gyldendals Norske Forlag AS 2002.

Sykkylven Energi (2019) *SHA-plan Overføringsanlegg Aure, 31.08.19*.

Sykkylven Energi (u.å.) *Om oss*, tilgjengelig fra: <https://www.sykkylven-energi.no/om-oss/category810.html> (hentet: 2.april 2019).

V&U, (u.å.) *NH000-80 Fuse gG ceramic, industrial 80A 500VAC 220VDC*. Tilgjengelig fra: https://vuec.co.uk/FUSES_AND_CIRCUIT_BREAKERS/NH_FUSES/NH000_80_Fuse_fuse_gG_ceramic_industrial_80A_500VAC_220VDC_NH000_2000013_80_193495_1886.html (funnen 25.april 2019)

Vestplan, (2007) *Bygnadsplan for «Orrelia» - felt. H17B. Skisseforslag i målestokk 1:2000*. Vestplan AS – 24.05.07.

Volkswagen, (u.å.) *Lade elbil hjemme – ladestasjon hjemme*. Tilgjengelig fra: https://www.volkswagen.no/content/vw_pkw/importers/no/no/elbil/ladeelbil/ladestasjon-hjemme-normallading.html (funnen 23. februar 2019)

8 VEDLEGG

Vedlegg 1	Dokumentasjon for anlegget hyttefelt Orrlia (F17B punkt nr.1)
Vedlegg 2	Dokumentasjon av globaljord hyttefelt Orrelia punkt nr.1
Vedlegg 3	SHA-plan for hyttefelt Orrelia punkt nr.1
Vedlegg 4	Avviksskjema for hyttefelt Orrelia punkt nr.1
Vedlegg 5	Prosjektrapport – hyttefelt Orrelia
Vedlegg 6	Mengderapport Materiell – hyttefelt Orrelia
Vedlegg 7	Forprosjektrapport – Hyttefelt Orrelia