

Håvard Sæther
Marius Nysæter

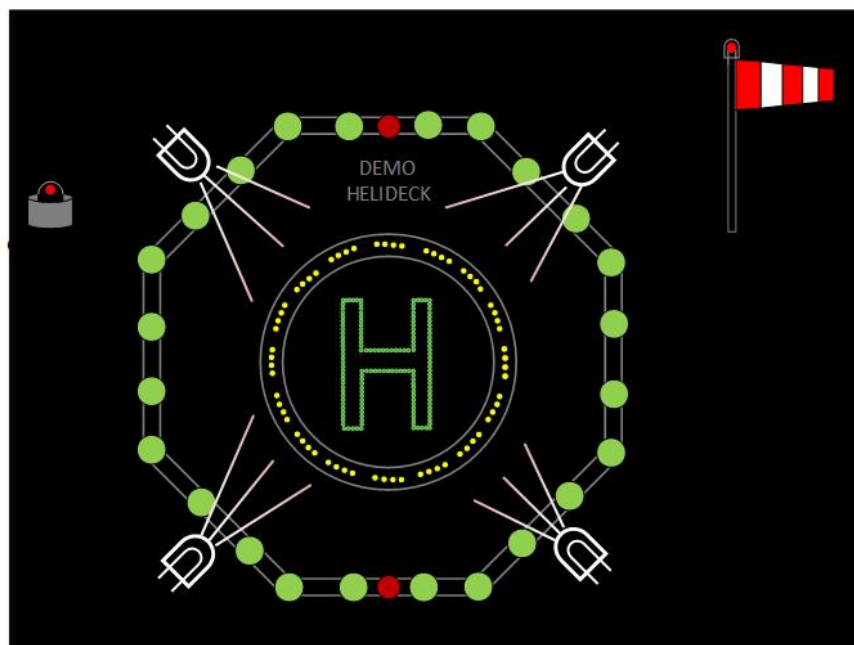
Helikopterdekkets belysningsystem

IE303612 Bacheloroppgave

Mai 2021

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for IKT og realfag



Bacheloroppgave

2021



Håvard Sæther
Marius Nysæter

Helikopterdekkets belysningsystem

IE303612 Bacheloroppgave

Bacheloroppgave
Mai 2021

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for IKT og realfag



Kunnskap for en bedre verden

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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Egil Viken og Marie R. Pettersen

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: 18.05.2021

SAMMENDRAG

Belysning på flytende helikopterdekk har som formål å gi tilstrekkelig sikt til piloter i alle slags værforhold. De nåværende løsningene på markedet for helikopterdekkbelysning baseres i hovedsak på at utstyret monteres direkte på dekket. I tillegg er prisene for belysningens styresystem kostbare.

Hensikten med oppgaven er på grunnlag av dette å utvikle et styresystem til belysning på helikopterdekk. I tillegg skal metoder for skjulte løsninger av belysningsutstyr og kabling undersøkes, slik at de kan installeres på luksuriøse skip.

I rapporten forklares hvordan de forskjellige belysningsseksjonene på helikopterdekket installeres. Metodene viser innfelte løsninger for belysningen der det er mulig, og kabling som ligger i rør og i kabelbroer under helikopterdekket.

Belysningen kan bli styrt av to paneler. Det ene styrepanelet er lokalt plassert ved styreenheten, og består av fysiske trykknapper. Dette panelet kan bare skru av og på belysningen, og benyttes dersom hovedstyrepanelet ikke fungerer. Hovedstyrepanelet er styrt av en programmerbar logisk styring (PLS), og lokaliseres i styrehuset på skipet. Dette panelet har flere funksjoner enn det lokale styrepanelet, og kommuniserer med PLS og skipets alarmsystem (IAS).

Systemet som er utviklet er basert på komponenter fra Wago. Systemet er tilkoblet uavbruddsfri strømforsyning, som sørger for at belysningen til enhver tid kan driftes. Totalprisen på systemet gir et resultat som gjør at det kan selges til markedspris som likevel gir investeringer.

ABSTRACT

The purpose of a helideck lighting system is to give adequate visual aid to pilots in all weather conditions. The solutions on the market for helideck lighting is mainly mounted directly on the deck. In addition, prices for control system is expensive.

Based on this, the purpose of the project is to develop a helideck control system. In addition, the task is to project installation methods for flushmounted and hidden lighting equipment.

In this report, the installation methods for the different lighting sections is explained. The methods shows flushmounted solutions for the lighting, where the cables lays in pipes and cable trays below the helideck.

The lighting can be controlled by two panels. A local control panel contains of physical push buttons, which allows to control the lighting on and off. The main control panel is located in the ship wheelhouse, and is controlled by a programmable logic controller (PLC). This control panel has more functions than the local control panel, and communicates with the PLC and the integrated automation system (IAS).

The system is based on components from Wago. It is connected to an uninterrupted power supply, which allows continuously operation at all times. The total cost of the system gives an investment of the system when it is sold for market price.

FORORD

I utdanningsløpet Bachelor i ingeniørfag - Elkraft, er bacheloroppgaven det siste og avgjørende emnet. Dette prosjektet er utført av Marius Nysæter og Håvard Sæther ved NTNU Ålesund. Begge studentene har gått y-veien med fagbrev som skipselektrikere. Veilederene til studentene er Marie R. Pettersen og Egil Viken. Oppdragsgiver til oppgaven er Vard Electro. Gruppens kontaktperson i Vard er Tommy Sønderland.

Hensikten med denne rapporten er å dokumentere det arbeidet som er blitt utført i bacheloroppgaven på en måte som gjør det mulig for leser å gjennomføre sluttproduktet på nytt. I tillegg skal rapporten dokumentere det arbeidet som er lagt ned av studentene.

Prosjektets hovedinnhold er metode for gjennomføring av prosjektet, og resultater av disse. For å forstå oppgavens helhet bør rapporten leses med sammenheng mellom beskrivelse, utvikling og resultat, samt drøfing og konklusjon. I tillegg inneholder rapporten vedlegg som medfører gir en ekstra oversikt over systemets utvikling. Vedleggene består av en engelsk versjon av forretningsplan, funksjonsbeskrivelse og installasjonsguide, samt programkode og teknisk dokumentasjon.

Prosjektgruppen ønsker å takke sine veiledere for god oppfølging av både studentene og prosjektet. I tillegg vil gruppen takke Vard Elektro for en spennende oppgave og teknisk inspirasjon som har kommet studentene til gode. En stor takk til Wago Kundesupport, som har vært svært interesserte i å hjelpe gruppen med å finne de beste løsningene for prosjektet.

Takk til Ivar Blindheim og Webjørn Rekdalsbakken som har vært gruppens ressurspersoner innenfor automatiserte løsninger.

Dette prosjektet har i stor grad foregått digitalt i en tid med sosial distansering,

som følge av den globale pandemien. Dermed gis en stor takk til familie og venner som har hjulpet studentene med riktig avkobling fra arbeidet.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	i
ABSTRACT	iii
FORORD	v
LISTE OVER FIGURER	xiii
LISTE OVER TABELLER	xvii
TERMINOLOGI	xix
1 INNLEDNING	1
1.1 Motivasjon for oppgaven	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Målet for prosjektet	2
1.4 Prosjektets innhold	2
1.5 Rapportens innhold	3
2 BESKRIVELSE AV SYSTEMETS KOMPONENTER OG UTSTYR	5
2.1 Helikopterdekkets belysningssystem	5
2.1.1 Belysning i landingsområdet	6
2.1.2 Varslingsbelysning	6
2.1.3 Visuelle hjelpemidler	7
2.1.4 Antall belysning på helikopterdekket	7
2.2 Programmerbar logisk styring	9
2.2.1 CPU	10
2.2.2 Minne	11
2.2.3 Strømforsyning	11
2.2.4 Inn- og utganger	12
2.2.5 Kommunikasjonsenhet	13
2.3 Kommunikasjonsprotokoller	15

2.3.1	Ethernet	15
2.3.2	Modbus	16
2.4	Programvarer	19
2.4.1	e!COCKPIT	19
2.4.2	Programspråk	19
2.4.3	Variabler	20
2.4.4	Datatyper	21
2.5	Strømfordeliger	22
2.5.1	Distribusjon	22
2.5.2	Avbruddsfri strømkilde	23
2.5.3	Vern for strømforsyninger	23
2.5.4	Kabelverrsnitt for strømforsyninger	24
2.5.5	Måling av strøm	24
2.6	Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder	27
2.6.1	NEK 410	27
2.6.2	CAP 437	28
2.6.3	DNV RU-SHIP PART 4 CH. 8	31
3	UTVIKLING AV SYSTEMET	33
3.1	Helikopterdekkets belysning	33
3.1.1	Perimeterlys	34
3.1.2	TD/PM belysning	36
3.1.3	Status- og repetisjonslys	38
3.1.4	Vindindikator	39
3.1.5	Flomlys	39
3.1.6	HMS status repetisjonslys system	39
3.1.7	Forlegningsmetode til kabel	40
3.2	Styreenhet	42
3.2.1	Plassering og kabling	43
3.2.2	Komponenter	43
3.2.3	Sikringer	43

3.2.4	Strømforsyning til PLSen	44
3.2.5	Inngang- og utgangsmoduler (I/O moduler)	45
3.2.6	Kontaktsett og relèer	45
3.2.7	Måling av strøm	46
3.2.8	Ethernet switch	46
3.2.9	Remote styrepanel	46
3.2.10	Lokalt styrepanel	47
3.3	Utvikling av programkode	48
3.3.1	Variabler	48
3.3.2	Funksjoner	48
3.3.3	Funksjonsblokker	51
3.3.4	Alarmgruppe	54
3.4	Utvikling av prototype	56
3.4.1	Visualisering av styrepanel	56
3.4.2	Simulering av belsningen	58
3.5	Kommunikasjon	61
3.5.1	Forbindelse mellom PLS og touch panel	61
3.5.2	Forbindelse mellom PLS og skipets alarmsystem	61
3.6	Strømforsyning	63
3.6.1	UPS	63
3.7	Dimmensjonering av kabler og vern	64
3.7.1	Valg av kabel og installasjonsmetode	65
3.7.2	Lastflyt	65
3.7.3	Valg av kabelverrsnitt og vern til styreskapets strømforsyning	66
3.7.4	Valg av tverrsnitt og vern til belsning	68
4	RESULTATER	69
4.1	Systemoversikt	69
4.2	Helikopterdekkets belsning	70
4.3	Styring av systemet	71
4.3.1	Hovedstyrepanel	72

4.3.2	Reserve styrepanel	75
4.4	Prototype av systemet	77
4.4.1	Visualisering og brukergrensesnitt	77
4.4.2	Simulering av systemet	77
4.5	Kommunikasjon mellom systemene	79
4.5.1	Kommunikasjon mellom PLS og hovedstyrepanel	79
4.5.2	Kommunikasjon mellom PLS og skipets alarmsystem	79
4.6	Strømforsyning	81
4.6.1	UPS	81
4.6.2	Dimmensjonering av kabler og vern	81
4.7	Systemets materialer og kostnader	83
5	DRØFTING	87
5.1	Vurdering av prosjektet	87
5.1.1	Gjennomføring iht. prosjektplan	88
5.2	Vurdering av metode og resultater	88
5.2.1	Utstyr og installasjon	89
5.2.2	Styresystem og prototype	89
5.2.3	Sammenligning med nåværende marked	90
5.3	Prosjektgruppens læringskurve	91
5.4	Videre arbeid	92
6	KONKLUSJON	93
6.1	Utstyr og installasjon	93
6.2	Styresystem	93
6.3	Prototype	94
6.4	Kostnader og pris	94
VEDLEGG		95
A	Business plan	96
A.1	Business idea	96
A.2	Product	97

A.3	Markets	97
A.4	Competitors	97
A.5	Purchase criteria	98
A.6	Competence	98
A.7	Technology	98
A.8	Collaborators	99
A.9	Critical success factors	99
A.10	Actions	99
A.11	Costs	100
A.12	System price	101
A.13	Return of invertment (ROI)	101
B	Function Description	102
B.1	Control system	103
B.2	Section Control	106
B.3	Broken cable detection	107
B.4	Alarm list	107
B.5	Transfer status	108
B.6	Lighting system	109
B.7	Helideck Monitoring System (HMS) Installation guide	109
C	Installation Guide	110
C.1	Control cabinet	110
C.2	Terminal blocks	111
C.3	Fuses	112
C.4	Power supply	112
C.5	Inputs	112
C.6	Outputs	112
C.7	Power measuring module	113
C.8	Software	113
C.9	Communication	113
C.10	Lighting equipment on helideck	115

C.11	TD/PM lighting	117
C.12	Requirements according to CAP 437	118
C.13	Power supply	118
D	Maintenance plan	120
D.1	Monthly maintenance	120
D.2	Maintenance every 6 month	120
E	Programkode	121
E.1	Global variable list	122
E.2	Main PLC program	126
E.3	Function for section control	127
E.4	Function for adjustment of TD/PM brightness	129
E.5	Function block for status light configuration	130
E.6	Function for alarms in simulation	131
E.7	Function block for the alarm settings	133
E.8	Modbus GVL	136
E.9	Common alarm Array settings	137
F	Teknisk dokumentasjon	138
F.1	Main Power diagram	143
F.2	Control circuit diagram	148
F.3	Terminal list	155
F.4	Layout	156

BIBLIOGRAFI	160
--------------------	------------

LISTE OVER FIGURER

1	Oversikt over landingsområdet til helikopterdekket	6
2	Helikopterdekkets D-verdi.	8
3	Fremstilling av PLSens oppbygging.	9
4	Prinsippskisse for redundansemodul.	12
5	Prinsippskisse av A/D omformer.	12
6	PLS med tilkoblede moduler.	14
7	Prinsippskisse av lokalt nettverk via Ethernet.	16
8	Prinsippskisse av Modbus TCP/IP.	17
9	Eksempel på IF-setning i e!cockpit.	20
10	Eksempel på hvordan variabler kan deklarerer i e!cockpit.	21
11	Oversikt over distribusjon av hoved- og nødstrøm i et skip.	23
12	Prinsippskisse av strømmåler.	25
13	Prinsippskisse av en Hall Effekt sensor.	26
14	Illustrasjon av belysning på helikopterdekk.	34
15	Illustrasjon av innfelt installasjon av perimeter belysningen.	35
16	Figuren viser hvordan kabelføringen til sirkelbelysningen installeres.	36
17	Illustrasjon av en lyslinje for sirkelbelysning.	37
18	Illustrasjon av kabelføringen for TD/PM belysningen.	37
19	Komplett H-enhet fra Q-aviation.	38
20	Illustrasjon av montasje av status og repetisjonslys.	38
21	Illustrasjon av innfelt kapsling til HMS belysning.	40
22	Tetningsløsning til kabelgjennomføringer.	40
23	Føringsvei til innfelt perimeterbelysning.	41
24	Oversikt over kabler som tilhører styreenheten.	42
25	Arrangementsskjema over styreskapet.	44
26	Brytere til lokalt styrepanel.	47
27	Kodesnutt av funksjonen <code>tdpmAdjustment()</code>	50
28	Kodesnutt av blinkesekvens.	52
29	Kodesnutt av alarmsettingen.	53

30	Kodesnutt av alarmene som settes til en liste.	53
31	Felles alarm over Modbus.	54
32	Trykknapper og indikasjonslys i styrepanelet.	57
33	Grafisk dimmer i visualiseringen.	57
34	Alarmtabell i visualiseringen.	58
35	Simulering av helikopterdekkets belysning.	59
36	Simulering av alarmtrigger.	60
37	Simulering av common alarm.	60
38	Oppsett av modbus slave i e!cockpit.	61
39	Oversikt over systemet.	69
40	Helikopterdekk sett på dagtid.	70
41	Helikopterdekk sett på natten.	71
42	Hovedstyrepanel lokalisert på skipets bro.	73
43	Justering av lysstyrken av TD/PM belysningen.	74
44	Alarmliste på hovestyrepanelet.	75
45	Lokalt styrepanel.	76
46	Demo av helikopterdekkets belysning.	78
47	Alarmtrigger i simuleringen.	78
48	Kommunikasjon mellom enheter i systemet.	79
49	System overview.	102
50	Remote control panel, page 1.	104
51	Remote control panel, page 2.	105
52	Local control panel.	106
53	Remote control panel, page 3.	108
54	Overview of the equipment on the helideck.	109
55	Arrangement drawing of control unit.	111
56	Modbus slave configuration.	114
57	Declare variable on Modbus slave.	114
58	Illustration of the pipes in the helideck and assembly to the perimeter light.	115

59	Illustration of the flushmounted status and repeater lights.	116
60	Installation of TD/PM lighting.	117
61	One lighting segment in circle lighting.	117
62	Sketch of cabling for TD/PM lighting.	118
63	Sketch of power distribution.	119

LISTE OVER TABELLER

1	(a) OG-funksjon. (b) ELLER-funksjon. (c) IKKE-funksjon.	11
2	Forskjellige datatyper.	21
3	Konfigurasjon av alarmgruppe.	55
4	Korreksjonsfaktor for antall kabler som berører hverandre.	64
5	Nominell kabelverrsnitt for de ulike installasjonsmetodene.	64
6	Korreksjonsfaktor for temperaturomgivelser.	65
7	Effektforbruk i belysningskretser.	66
8	Beregninger for hver seksjon.	81
9	Krav for dimmensjonering av vern.	82
10	Materialliste for Wagokomponenter.	83
11	Materialliste for utstyr på helikopterdekk.	84
12	Materialliste for diverse utstyr.	85
13	Systemets totale kostnad.	85
14	Overview of the functions for the control system.	107
15	Overview of installation description for each lighting sections on the helideck.	116

TERMINOLOGI

BEGREP

- Azimut - Vinkelavstand på et horisontalt plan.
- Bit - Et siffer i et binært tallsystem.
- Bypass - Overfører belastningen til hovedstrømforsyningen ved feil i UPS systemet.
- Byte - En byte tilsvarer 8 bits i et binært tallsystem.
- Codesys - Programmeringsspråk for PLS.
- Hexadesimal - Et heksadesimalt siffer representerer en gruppe av fire binære sifre. Dette kalles også sekstentallsystemet.
- Nautiske mil - En nautisk mil tilsvarer 1852 meter.
- PEX - Isolasjonsmateriell av polyetylen.
- Redundans - Reserveutstyr som fungerer som backup.
- Relè - En elektromekanisk bryter som aktiveres ved tilkoblet strøm.
- Spenningsfall - Forskjellen i spenning mellom kilde og forbruker.
- Switch - Enhet for samling av ethernetporter.
- Windsock - Vindpølse som indikerer vindretning.

SYMBOL OG NOTASJON

- ρ - Resistivitet i leder.
- ΔU - Spenningsfall.

- a - Avstand.
- B - Magnetfelt.
- Cu - Kobber.
- E - Energi.
- h - Timer
- I_b - Belastningsstrøm.
- I_n - Nominell strøm.
- I_z - Kabelens strømføringsevne.
- k - Konstant faktor.
- P - Effekt.
- U - Spenning.

FORKORTELSER

- DNV - Det norske veritas.
- FSE - Forskrift om sikkerhet ved eller nær ved elektriske anlegg.
- GUI - Graphical User Interface.
- HMS - Helideck Motion Monitoring System.
- IAS - Integrated Automation System.
- IP - Internet Protocol.
- LAN - Local Area Network.
- MSB - Most Significant Bit.
- NEK - Norsk elektroteknisk komitè.

- PLS - Programmerbar Logisk Styring.
- RMS - Root-mean-square.
- TCP - Transmission Control Protocol.
- TD/PM - Touchdown/position marking.
- UPS - Uninterrupted Power Supply.

1 INNLEDNING

I denne seksjonen blir det gitt en innledning til prosjektrapporten. Her gjennomgås motivasjon, problemstilling og mål for oppgaven, samt prosjektet og rapportens innhold.

1.1 Motivasjon for oppgaven

Vard Group er et av det største skipsverftkonsernet i Norge og på verdensbasis. Konsernet står for design og bygging, samt utstyr og løsninger i den maritime industrien [1]. Vard Electro installerer det meste av elektriske installasjoner på nybygg av skip. I dagens situasjon installerer Vard blant annet belysning til helikopterdekk på skip.

De fleste leverandører for helikopterbelysning har produkt som i hovedsak monteres direkte på helikopterdekket. Kablene legges da i kabelgater ved siden av dekket, og andre kabler føres direkte på dekket.

Vard Electro har den siste tiden blitt attraktive på yacht- og cruisemarkedet, og ønsker å skaffe flere oppdrag i denne sektoren. Det som skiller seg ut med disse skipene, er at skipets design prioriteres høyt. Dette krever at utstyr som belysning og elektrisk installasjon har minst mulig påvirkning på det ytre designet.

For at Vard skal kunne installere belysningsutstyr til helikopterdekk på disse skipene, kreves det endringer i de løsningene den nåværende leverandør har. Disse endringene fører til svært høye kostnader. I tillegg er prisene for styresystem til belysningen høye.

På grunnlag av dette ønsker Vard Electro å utvikle et eget styresystem for helikopterbelysning. I tillegg vil de finne metoder og løsninger til skjult installasjon av kabling og belysning, som kan benyttes på luksuriøse skip. Denne oppgaven har blitt gitt

til studenter ved NTNU Ålesund.

1.2 Problemstilling

Oppgaven studentene har fått utdelt er å utvikle et styresystem til helikopterdekk. Grunnlag for utviklingen er å oppfylle den vanlige industristandarden til utstyret som brukes i denne typen installasjoner og systemer. Systemet må også være konkurransedyktig i pris. I tillegg skal det utvikles en prototype av systemet.

En viktig del av oppgaven er å finne løsninger for installasjon av belysning som ikke har for stor påvirkning av skipets ytre design. I tillegg skal systemet monteres i henhold til gjeldende regler og krav.

1.3 Målet for prosjektet

Formålet med prosjektet er å utvikle et system som resulterer i et attraktivt alternativ til de produktene som er på markedet. Dette innebærer at systemet utvikles i henhold til gjeldende regler og krav, blant annet CAP 437. CAP 437 er en standard for flytende helikopterdekk som gjelder for britisk-registrerte helikopter [2]. Det er også viktig at systemet som leveres ikke skal koste mer enn markedsprisen. I tillegg skal systemet kunne leveres med kundespesifikke løsninger, uten at det forekommer store kostnader.

1.4 Prosjektets innhold

Prosjektet inneholder i hovedsak prosjektering av elektrisk installasjon, og utvikling av styresystem til belysningen. Den elektriske installasjonen inneholder metoder for skjulte løsninger av helikopterdekkets belysning, samt begrensingene i forhold

1.5 Rapportens innhold

til de kravene som må tas hensyn til. Belysningen styres av en Programmerbar Logisk Styring (PLS).

1.5 Rapportens innhold

I denne rapporten gjøres det rede for hvordan prosjektet er gjennomført. Rapporten inneholder beskrivelse av komponenter og utstyr som benyttes, samt metode og kostnader for utvikling av systemet. I tillegg viser rapporten resultatene av styresystem, installasjonsmetoder, kostnader og prototype som utvikles, samt drøfting av disse.

2 BESKRIVELSE AV SYSTEMETS KOMPONENTER OG UTSTYR

Dette kapitlet beskriver alt utstyr, materiell og program som benyttes i utviklingen av helikopterdekkets belysning- og styresystem. I denne delen forklares det hvordan utstyret fungerer og hvilke krav som settes til de.

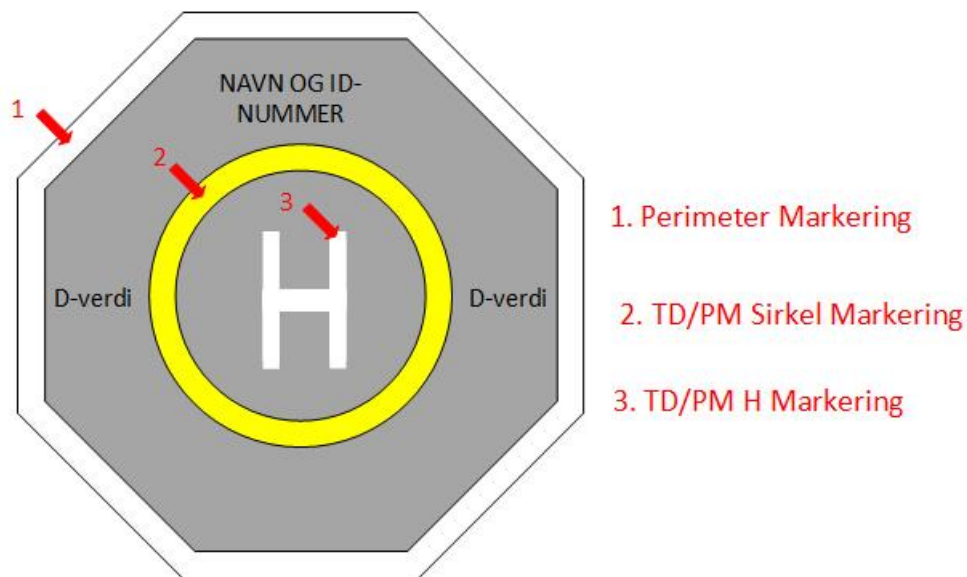
2.1 Helikopterdekkets belysningssystem

Helikopterdekkets belysningssystem designes i henhold til standarden CAP 437 for å opprettholde sikkerheten ved helikopterdrift i værforhold med dårlig sikt. Hensikten med belysningen er at piloter skal observere helikopterdekket fra luften, og kunne lande på en trygg og sikker måte. En oversikt over markeringsområdene på helikopterdekket er vist på figur 1, som blir beskrevet i seksjon 2.1.1.

For belysning av helikopterdekk har flombelysning tidligere blitt brukt. Denne belysningen har ført til at piloter får svekket nattsyn, og det kan oppstå en "black-hole effekt" som gjør at helikopterdekket ser ut til å sveve i luften. Løsningen på dette er å installere belysning rundt Touchdown/position marking (TD/PM) sirkel- og H-markeringen. Denne belysningen gjør at ulempene med flombelysning ikke oppstår [3].

I følge CAP 437 - edition 8 amendments, utgitt i 2018, er kravet om flombelysning tatt bort. For all operasjon ved helikopterdekket, skal flombelysningen være skrudd av dersom dette er montert. De kommende ansnitt om helikopterdekkets belysning, beskrives i henhold til definisjoner og krav i CAP 437 [3]. I seksjon 2.6.2 listes alle gjeldende krav som omfatter dette systemet.

2.1 Helikopterdekkets belysningssystem



Figur 1: Oversikt over landingsområdet til helikopterdekket .

2.1.1 Belysning i landingsområdet

Belysningen piloten i hovedsak trenger for landing, er belysning på helikopterdekkets markeringsområder som vist i figur 1. Perimeterbelysningen er grønn, og skal lyse opp omkretsen rundt landingsområdet på helikopterdekket. TD/PM belysningen skal lyse opp selve landingsområdet til helikopteret. Sirkelbelysningen skal være gul, og lyser opp den gule sirkelmarkeringen rundt senter av landingsområdet, mens H-belysningen skal være grønn, og lyser opp H-markeringen inn i sirkelen.

2.1.2 Varslingsbelysning

Det kan oppstå situasjoner på et skip som fører til at det ikke er trygt for helikopter og bemanning på helikopterdekket. Derfor skal belysningen på helikopterdekket inneholde et varslingsystem. Varslingsystemet består av statusbelysning og repetisjonslys som skal blinke rødt. Dette forteller piloten at helikopteret ikke skal lande, eller evakuere fra helikopterdekket dersom det har landet.

2.1.3 Visuelle hjelpemidler

Flombelysningen lyser opp helikopterdekkets overflate, og skal hjelpe piloten å se skipets navn og identifikasjonsnummer fra luften. I tillegg skal flombelysningen hjelpe av- og påstigende passasjerer med å se helikopterdekket. For å ikke forstyrre hovedbelysningen skal flombelysningen være avskrudd ved helikopteroperasjon.

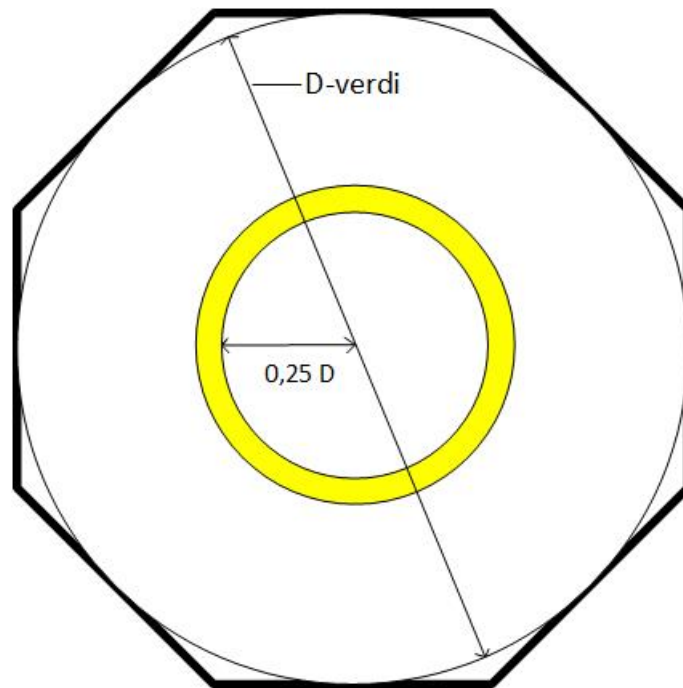
I tillegg skal det monteres obstruksjonslys på gjenstander som kan oppleves som hindringer for piloten. Helikopterdekket skal også være utstyrt med en Windssock (vindpølse) for å vise vindretningen på skipets lokasjon. Denne monteres med integrert obstruksjonslys.

2.1.4 Antall belysning på helikopterdekket

For at størrelsen på helikopterdekket skal kunne bestemmes, og dermed hvor mye belysning helikopterdekket trenger for optimal ytelse må helikopterdekkets D-verdi være kjent.

Helikopterets D-verdi er den største totale størrelsen på helikopteret når rotorbladet roterer. Verdien er målt mellom fremste del av hovedrotoren, og bakerste del av akterrotor. Helikopterdekkets D-verdi måles gjennom diagonalen på omkretsen rundt landingsområdet, som vist på figur 2.

2.1 Helikopterdekkets belysningssystem



Figur 2: Helikopterdekkets D-verdi.

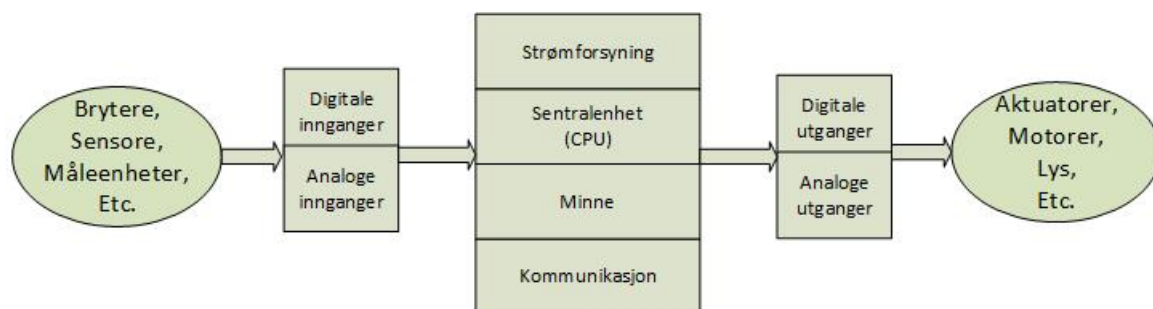
2.2 Programmerbar logisk styring

I denne seksjonen vil det bli forklart hvordan en PLS fungerer. I tillegg vil de viktigste komponentene som tilhører et PLS system bli beskrevet. Automatiserte industrielle systemer ble opprinnelig styrt av relèbaserte kontrollsystemer, også kalt trådbundet logikk. Disse systemene består av blant annet relèer, kontaktorer, tid-sur og tellere.

I dagens industrielle systemer er PLSer vanlig som en erstatning for trådbundet logikk. Ved å programmere styringen digitalt, blir antall kabler og relèer redusert betraktelig. Ved hjelp av læreboken "Programmerbare Logiske Styringer" [4] blir PLSens oppbygning og virkemåte forklart i dette delkapittelet. Ved bruk av andre kilder oppgis dette i gjeldende avsnitt.

En PLS er en industriell datamaskin som består av Central Processing Unit (CPU), minne, kommunikasjonsenhet, strømforsyning, innganger og utganger som vist i figur 3. Disse forklares nærmere i kommende avsnitt.

Figur 6 viser en skisse av en PLS som inneholder kommunikasjonsenhet, holder for eksternt minnekort, tilkobling for strømforsyning, samt inn- og utgangsmoduler. Denne skissen er et eksempel på hvordan en PLS med tilhørende utstyr kan se ut.



Figur 3: Fremstilling av PLSens oppbygning.

2.2.1 CPU

PLSens viktigste komponent er CPUen. Her blir all programmering og informasjon prosessert. En CPU beregner alle aritmetriske og logiske operasjoner, og utfører de instruksene som blir gitt i programvaren [5].

Viktige logiske operasjoner som CPUen håndterer er digital logikk. Dette baseres på diskrete signal som settes logisk høy eller logisk lav. Begrep som sann og usann, eller 1 og 0 kan brukes om de diskrete signalene. For å forklare teorien bak, benyttes diskrete variabler A og B, der F er utfallet av A og B. Den digitale logikken består i hovedsak av følgende tre logiske funksjoner [4].

OG-funksjon:

Tabell 1 (a) viser resultatene ved en OG-funksjon. Dersom A er lav og B er lav, vil utfallet F være lav. Dersom A er høy og B er lav, er utfallet F lav. Samme gjelder viss A er lav og B er høy. Dersom både A og B er høy, er utfallet F høy. Dermed må både A OG B være høy for at utfallet skal være høy.

ELLER-funksjon:

Tabell 1 (b) viser resultatene av en ELLER-funksjon. Dersom enten A eller B er høy, vil utfallet F være høy. Det vil si at både A og B må være lav for at utfallet F skal være lav.

IKKE-funksjon:

Tabell 1 (c) viser resultatene av en IKKE-funksjon. Denne funksjonen gjør at utfallet er motsatt av det variabelen er. Det vil si at dersom A er lav, vil utfallet F være høy. Dersom A er høy, vil utfallet F være lav.

2.2 Programmerbar logisk styring

Tabell 1: (a) OG-funksjon. (b) ELLER-funksjon. (c) IKKE-funksjon.

A	B	F
LAV	LAV	LAV
HØY	LAV	LAV
LAV	HØY	LAV
HØY	HØY	HØY

(a)

A	B	F
LAV	LAV	LAV
HØY	LAV	HØY
LAV	HØY	HØY
HØY	HØY	HØY

(b)

A	F
LAV	HØY
HØY	LAV

(c)

2.2.2 Minne

Minne kan beskrives som en kjede med lagringsdata, hvor hvert minne har en egen adresse, som lagrer normalt en *byte* data. Denne informasjonen representeres som binære tallkombinasjoner, for eksempel *hexadesimaler* [5].

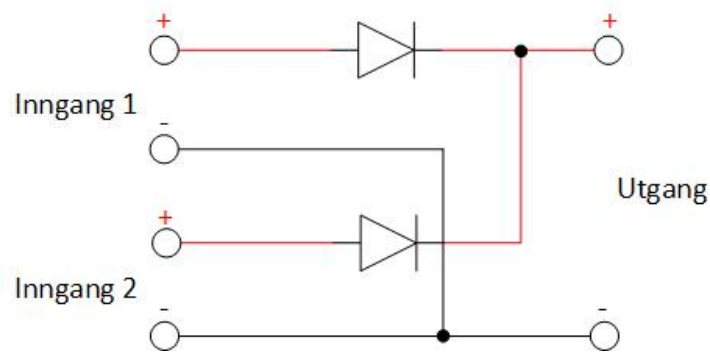
2.2.3 Strømforsyning

PLSens strømforsyning leverer spenning til systemet, vanligvis på 220 VAC, 110 VAC eller 24 VDC avhengig av hva PLSen trenger. Strømforyningen kan leveres integrert i PLSen eller som en ekstern modul. En ekstern modul er som regel mest hensynsmessig siden den da kan byttes ut ved feil. For PLSer med 24 VDC, består strømfosyningen av en transformator som konverterer vekselstrøm til likestrøm.

I noen tilfeller krever system at PLSen har to strømkilder. Da kan hver strømforsyningsmodul kobles til en redundansemodul, som gjør at systemet fortsatt vil ha spenning dersom en av strømforsyningene ryker.

Redundansemodul har to innganger og en utgang. Begge inngangene er koblet til en diode i positiv retning, og koblet sammen ved utgangen slik strømmen opprettholdes ved brudd i ene strømforsyningen. Dette fungerer bare med likestrøm, siden strømmen bare kan gå en vei gjennom en diode. Figur 4 viser prinsippet til en 24 VDC redundansemodul.

2.2 Programmerbar logisk styring



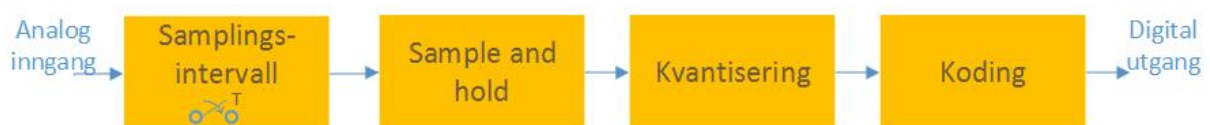
Figur 4: Prinsippskisse for redundansemodul.

2.2.4 Inn- og utganger

Som vist på figur 3, består PLSen av innganger og utganger. Disse kan håndtere flere typer signal med ulike formål, men hovedsaklig diskrete og analoge signal. Hver inngang og utgang har egen adresse som kan settes opp i programkoden. Diskrete signaler er enten logisk høy eller logisk lav. Analoge signaler omgjøres til binære verdier gjennom en analog-til-digital (A/D) omformer.

En A/D omformer konverterer et analogt signal, for eksempel en spenning- eller strømverdi, til et digitalt binært tall. Den mest vanlige metoden for A/D konvertering er suksessive approksimasjoner. Denne prøver å slå om den *mest signifikante biten (MSB)* først, og deretter den nest signifikante biten. Slik fortsetter den til den digitale verdien motsvarer den analoge inngangsverdien [6].

Omforming av et analogt signal til et digitalt signal skjer gjennom følgende steg [4]. Figur 5 viser en prinsippskisse av A/D-omformingen.



Figur 5: Prinsippskisse av A/D omformer.

2.2 Programmerbar logisk styring

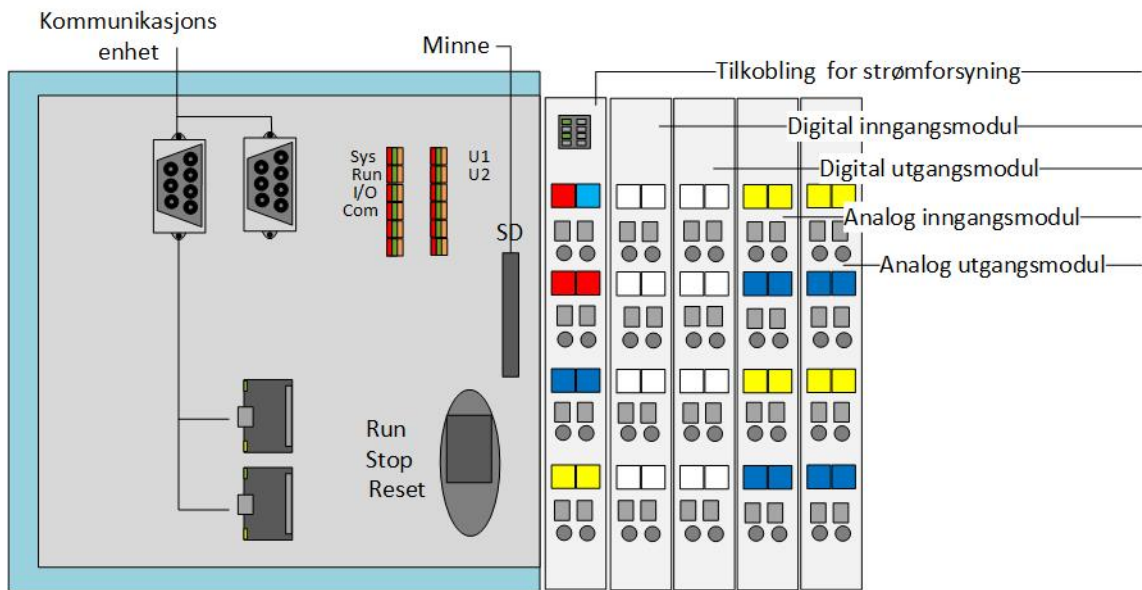
1. Først samples inngangsverdiene i en fast intervall gitt av samplehastigheten. Samplehastigheten angir hvor raskt det analoge signalet blir avlest i antall avlesninger pr sekund.
2. Så benyttes en "Sample and hold" krets, slik at amplituden holder seg konstant frem til neste sampling.
3. Deretter kvantiseres signalet. I dette steget samles alle samplingene og avrundes til det nivået som er nærmest mulig. Oppløsningen er da gitt av det digitale tallområde for omformeren, altså antall bits.
4. Til slutt skjer kodingen. I dette steget omsettes hver kvantisert verdi til et digitalt signal.

Figur 6 viser inngang- og utgangsmoduler som er koblet opp mot en PLS.

2.2.5 Kommunikasjonsenhet

Kommunikasjonsenheten sørger for at programkoden kan lastes opp til PLSen, og at systemet kan kommunisere med andre systemer. Denne består av en eller flere kommunikasjonsprotokoller, som kan opprette kommunikasjon mellom enheter både trådløst og via direktekobling. Kommunikasjonsenhetene på figur 6 gjelder to stk. RJ45 kontakter for ethernet. Dette er beskrevet nærmere i seksjon 2.3.

2.2 Programmerbar logisk styring



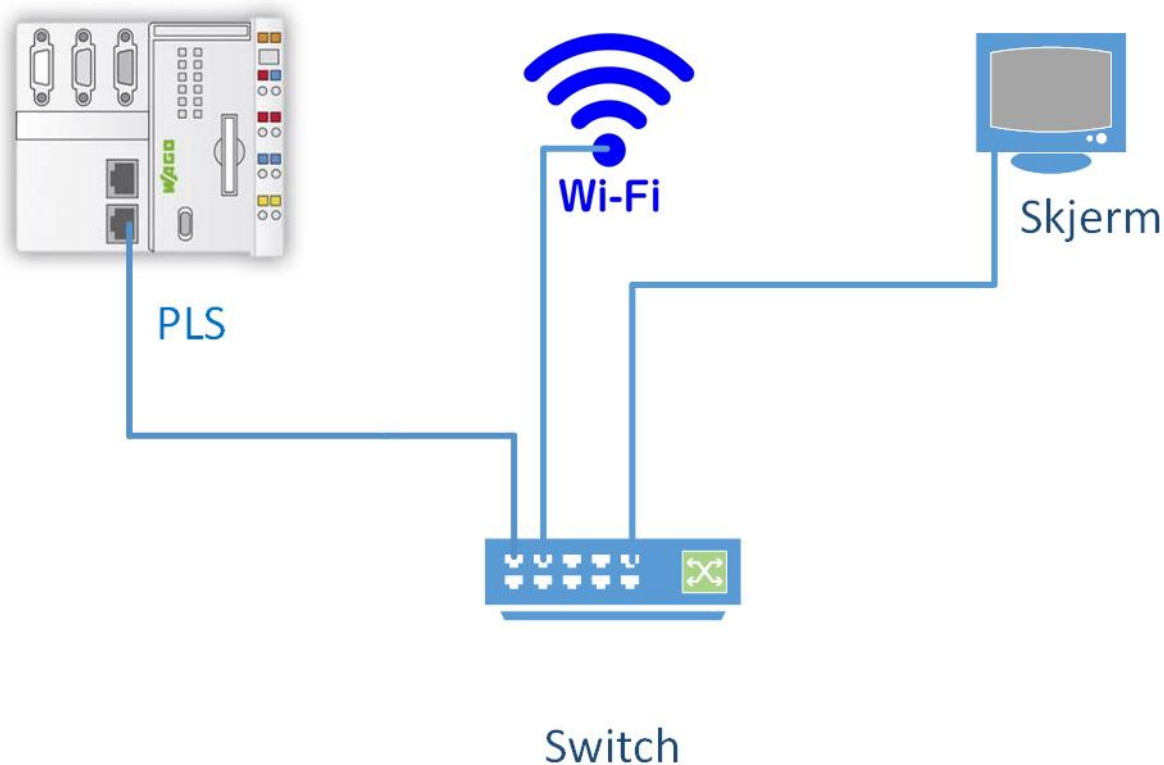
Figur 6: PLS med tilkoblede moduler.

2.3 Kommunikasjonsprotokoller

Denne delen beskriver hvordan komponenter og enheter kommuniserer med hverandre. Feltbuss er en samling av kommunikasjonsprotokoller som inngår i standarden IEC 61158 [7]. Disse metodene gjør at instrumenter og industrielle elektroniske enheter kan sammenkobles i et nettverk og kommunisere med hverandre, uavhengig av hvilke produsenter utstyret har. Nedenfor beskrives de protokollene som benyttes i prosjektet.

2.3.1 Ethernet

Ethernet er en kommunikasjonsprotokoll som benyttes for å danne et lokalt nettverk mellom enheter. Ved hjelp av en nettverkskabel dannes det forbindelse mellom enheter i det lokale nettverket [8]. Figur 7 viser en nettverksforbindelse mellom enheter gjennom en switch i et lokalt nettverk.

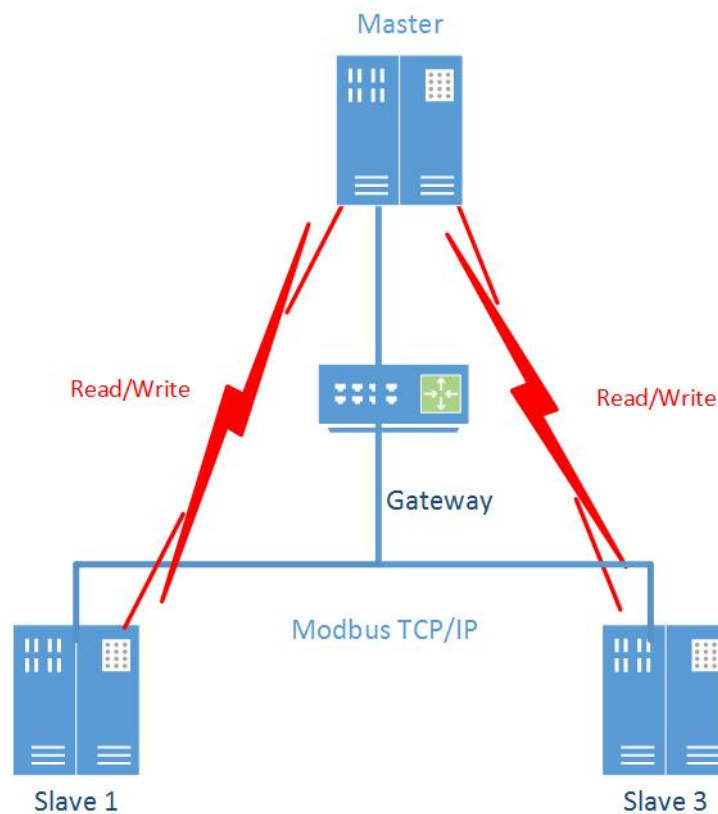


Figur 7: Prinsippskisse av lokalt nettverk via Ethernet.

Ethernetkabelen er en kabel bestående av 8 ledere som er parvis tvinnert. Denne kabelen deles inn i kategorier som spesifiserer båndbredde og hastighet for overføring av data. Den mest brukte kategorien er Cat 5e som har en hastighet på 1 Gb/s og båndbredde på 100 MHz. RJ 45 er standard for kabelens endeplugg [9].

2.3.2 Modbus

Modbus er en av feltbussprotokollene som er mest benyttet til industrielle formål. Dette er en seriell kommunikasjonsprotokoll som baserer seg på Master/Slave prinsippet. Dette går ut på at en Master enhet i nettverket kan iverksette en handling ved å sende en forespørsel til slave enhetene, for eksempel en aktuator eller sensor.



Figur 8: Prinsippskisse av Modbus TCP/IP.

Slaveenhetene responderer ved å utføre kommandoer, eller gi tilbakemelding på forespørselen. Modbus er en åpen løsning som gjør at produsenter kan benytte seg av protokollen uten å måtte betale.

Modbus TCP/IP er en av versjonene for seriell kommunikasjon. Her blir Modbus brukt sammen med Transmission Control Protocol (TCP) og Internet Protocol (IP), og benytter Ethernet for overføring av data.

TCP oppretter sammenkobling mellom enheten som sender informasjon og enheten som mottar kommunikasjon. Her kontrolleres dataflyt, og sørger for at enhetene er klare for å sende eller motta data. Denne metoden har altså ansvaret for overføringen av data mellom enheter [10].

IP står for organisering og kartlegging av nettverksadresser i systemet, uavhengig

2.3 *Kommunikasjonsprotokoller*

av hvilke teknologier som er benyttet av enhetene [11].

2.4 Programvarer

For at en PLS skal kunne utføre instruksjoner, må instruksjonene programmeres i et dataverktøy. Det finnes mange forskjellige programvarer, men de fleste baserer seg på de samme programspråk. Programkoden kan bestå av funksjoner og funksjonsblokker som settes inn i hovedprogrammet. Informasjon i følgende avsnitt er hentet fra boken *Programerbare Logiske Styringer* [4].

2.4.1 e!COCKPIT

WAGOs e!COCKPIT er basert på CODESYS 3 for programmering og er en automatiseringsprogramvare. CODESYS står for "Controller Development System" og er et utviklingsverktøy. Denne programvaren brukes til å utvikle programmer og konfigurere maskinvare [12]. I tillegg inneholder det et visualiseringsverktøy. Her kan visualiseringer lages ved hjelp av generelle figurer, trykknapper og lys med mer.

2.4.2 Programspråk

I programvaren kan programkoden organiseres ved hjelp av Program Organization Units (POU). Et hovedprogram kan "kalle" på funksjoner og funksjonsbokker som utfører forskjellige instruksjoner.

En funksjon er en POU uten minne, som gjør at den utgir det samme resultatet hver gang funksjonen kjøres. En funksjonsblokk er en annen type POU som har internt minne. Denne kan da utgi forskjellig resultat hver gang funksjonsblokken blir kjørt. Både funksjoner og funksjonsblokker kan legges inn i et program.

Hver POU kan programmeres i forskjellige programspråk, blant annet Strukturert Tekst (ST). Dette språket er et høynivåspråk der koden skrives som tekst. Ofte baserer instruksene i koden seg på spørrende setninger, som vist i figur 9. Der-

2.4 Programvarer

som betingelsen (VERDI_1 er mindre enn VERDI_2) er oppfylt, utføres instruksjonen 'GJØR_DETTE'. ST kodene kan kommenteres, slik at de som leser den skal forstå hva som har blitt gjort.

```
IF VERDI_1 < VERDI_2
  THEN
    GJØR_DETTE := TRUE;
  ELSE
    GJØR_DETTE := FALSE;
END_IF
```

Figur 9: Eksempel på IF-setning i e!cockpit.

2.4.3 Variabler

En variabel er et sted for lagring av data. Dette kan være et ord eller symbol som representerer en verdi. I figur 9 er 'VERDI_1', 'VERDI_2' og 'GJØR_DETTE' variabler. Variablene kan bli deklarete lokalt og globalt. *Lokale variabler* kan brukes bare i den delen av programmet de er deklarerert, for eksempel i en funksjon eller funksjonsblokk.

Globale variabler kan brukes i alle deler av programmet. Det vil si at de kan brukes i en funksjonsblokk uten at den trenger å bli deklarerert i funksjonsblokken. Eksempel på hvordan variabler kan deklarereres vises i figur 10. Her lagres 'VERDI_1' og 'VERDI_2' som datatypen BYTE, og 'GJØR_DETTE' som datatypen BOOL.

```
VAR
VERDI_1 : BYTE;
VERDI_2 : BYTE;
GJØR_DETTE : BOOL;
END_VAR
```

Figur 10: Eksempel på hvordan variabler kan deklarerer i e!cockpit.

2.4.4 Datatyper

For å deklarere variabler i et program, må brukeren vite hvilken datatype som skal benyttes. Datatypen forteller hvilken øvre og nedre grense tallverdien til variablene har. Tabell 2 viser eksempler på datatyper.

Tabell 2: Forskjellige datatyper.

Datatype	Nedre grense	Øvre grense	Størrelse
BOOL	USANN	SANN	1 bit
BYTE	0	255	8 bits
WORD	0	65535	16 bits
DWORD	0	4294967295	32 bits

2.5 Strømfordeliger

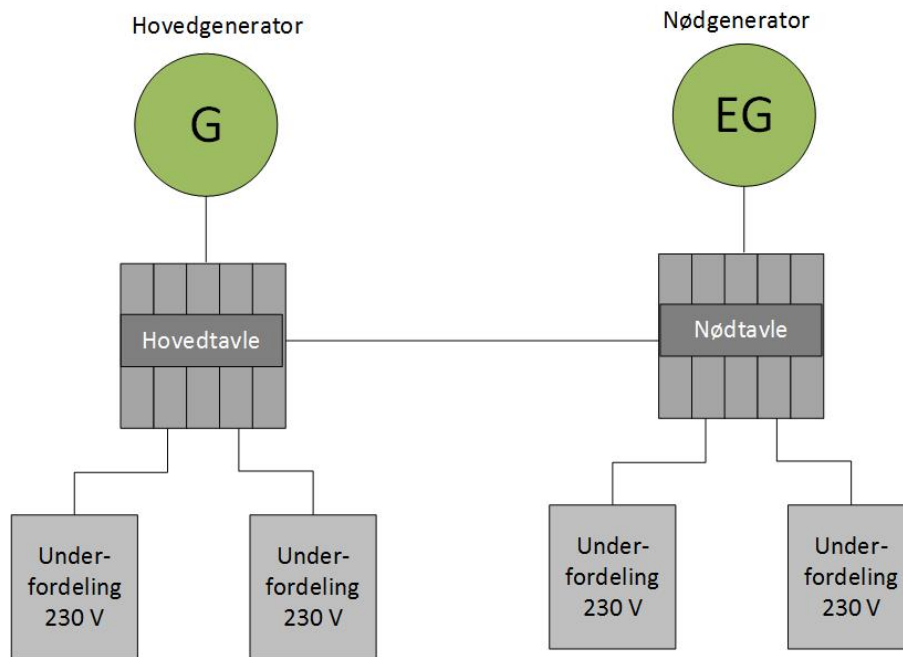
I denne seksjonen forklares skipets strømfordelinger. Det er kritisk dersom et skip mister motorkraft. Derfor har fartøyer alltid en hovedstrømforsyning og en nødstrømforsyning. I tillegg krever noen utstyr tilgang til strøm når begge strømforsyningene er ute av drift [13]. Definisjoner og krav i henhold til NEK 410 og DNV forklares nærmere i seksjon 2.6.1 og 2.6.3.

2.5.1 Distribusjon

Skipets strømfordeling er i hovedsak delt inn i hovedforsyningstavle og nødforsyningstavle. Hovedtavlen er direkte forsynt fra hovedgeneratorene, og fordeler den elektriske energien til skipets systemer og utstyr [14].

Nødtavlen er direkte forsynt fra hovedtavlen, men ved strønbrudd i hovedforsyningen skal nødgenerator starte opp automatisk og være innkoblet innen 45 sekund. Da forsyner nødtavlen elektrisk energi til det kritiske utstyret via skipets nødgenerator. Figur 11 illustrerer at hoved- og nødtavlen fordeler strømmen til flere underfordelinger i skipet.

2.5 Strømfordeliger



Figur 11: Oversikt over distribusjon av hoved- og nødstrøm i et skip.

2.5.2 Avbruddsfri strømkilde

For utstyr som trenger strøm i den perioden skipet er strømløst, kreves det Transitional power source (Overføringsstrømkilde). En Uninterruptable Power Supply (UPS) er en avbruddsfri strømforsyning som er koblet til strømnettet.

UPSene består av batterier, som opprettholder strømmen i den perioden som kreves. En online UPS forsyner utgangslasten via en vekselretter, og sørger for kontinuerlig og stabil utgangsspenning [13].

2.5.3 Vern for strømforsyninger

Alle fordelinger, underfordelinger og kurser er vernet mot overbelastning og kortslutninger. Disse vernene må dimensjoneres i henhold til NEK 410, som forklares nærmere i seksjon 2.6.1. I tillegg er det viktig at alle vern opprettholder selektivitet.

2.5 Strømfordeliger

Selektivitet mellom vern er definert som det vernet som ligger nærmest feilsted blir utkoblet. Dette oppstår dersom en overstrøm eller en kortslutning skjer på grunn av overbelastning eller feil [15].

Forskjellen i spenning mellom kilde og forbruker kalles et spenningsfall. For elektriske installasjoner på skip skal ikke spenningsfallet overskride 6% [16]. Dette blir også beskrevet i seksjon 2.6.1. Spenningsfallet fremvises teoretisk gjennom likning 1.

$$\Delta U_{x\%} = \frac{\Delta U * 100\%}{U} \rightarrow 6\% = \frac{\Delta U_x * 100\%}{U} \rightarrow \Delta U_x = \frac{6\% * U}{100\%} \quad (1)$$

2.5.4 Kabeltverrsnitt for strømforsyninger

Størrelsen på strømforsyningskabler avhenger av forbrukerens strømtrekk. Kabeltverrsnittet dimensjoneres også i henhold til NEK 410, som igjen forklares nærmere i seksjon 2.6.1. Teoretisk fremstilling av kabelens minste teoretiske tverrsnittvises i likning 2.

$$A_{min} = \frac{I_b * \rho_{cu} * l * 2}{\Delta U_x} \quad (2)$$

2.5.5 Måling av strøm

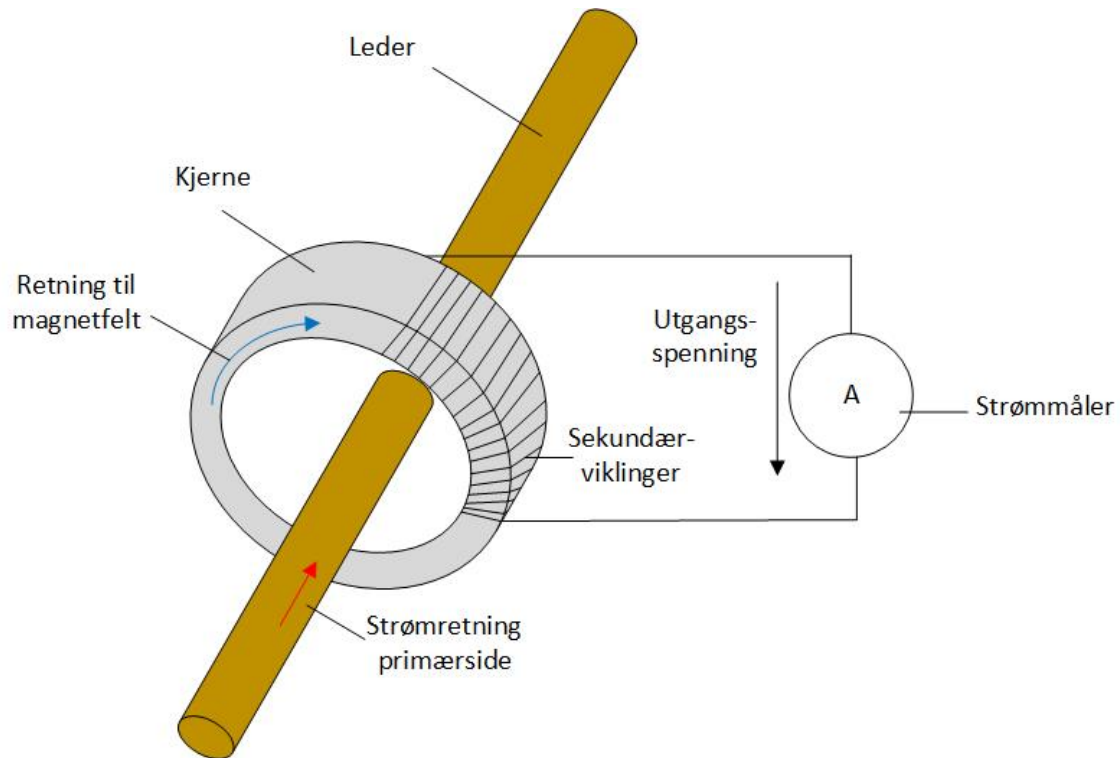
For overvåking av kabelbrudd, jordfeil eller andre formål i strømkretser benyttes måling av strøm.

Strømtransformatorer (Strømtrafo) er en vanlig komponent som brukes i forbindelse med måling av strøm. Ofte omformes strømmen til et lavere nivå, som gjør det optimalt for et instrument å utføre måling.

Figur 12 viser prinsippet til en strømtrafo. Strømtrafoen består av en rund kjerne

2.5 Strømfordeliger

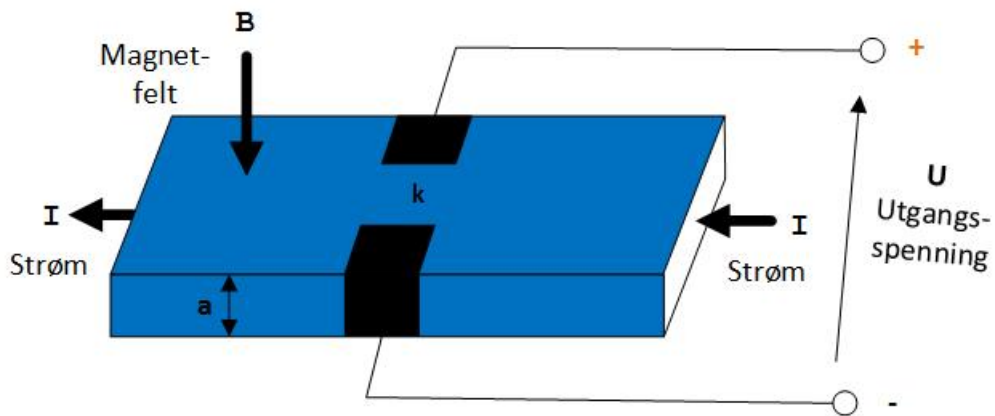
med primær- og sekundærviklinger. Når en strømførende leder eller kabel føres gjennom kjernen induseres et magnetisk felt i kjernen. Det magnetiske feltet vil måles i et måleinstrument [17].



Figur 12: Prinsippkisse av strømmåler.

En vanlig metode for måling av lavere strømmer er bruk av amperemeter. Disse måleinstrumentene baserer seg på samme prinsipp som strømtrafoer. Gjennom en *Hall Effekt sensor* vil magnetfeltet måles.

2.5 Strømfordeliger



Figur 13: Prinsippskisse av en Hall Effekt sensor.

Denne sensoren inneholder, som vist på figur 13, et elektrisk ledende materiale med en tykkelse a . Materialet inneholder en konstant faktor k . Når sensoren plasseres slik at magnetfeltet er vinkelrett til strømmen, vil utgangsspenningen variere med motstanden i materialet, som er proporsjonalt med magnetfeltet, som vist i likning 3. Utgangsspenningen kan skrives som [18] [19]:

$$U = k * \frac{I * B}{a} \quad (3)$$

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

Helikopterdekkets belysning er utviklet for å opprettholde sikkerheten ved operasjon på natten. For at systemet skal være så robust og sikkert som mulig, er det viktig å følge de forskriftene og normene som gjelder.

For installasjon av det elektriske anlegget gjelder forskriften NEK 410. For helikopterdekkets belysning og visuelle hjelpemidler gjelder standarden CAP 437. For at den elektriske installasjonen skal godkjennes av DNV, må installasjonen også følges av Regler for Klassifisering av DNV [13].

2.6.1 NEK 410

NEK 410 er en serie med normer som baserer seg på standarder om maritime elektriske anlegg. Denne serien inneholder to deler, hvor del A [14] tar for seg design, utstyr, installasjon, verifikasjon og testing. Del 2 [16] gjelder for valg og installasjon av kabel, styremaskiner, elektrisk fremdrift, tankskip, skip som fører farlig gods, mindre fartøy, høyspennings landtilkobling og EMC [20].

Følgende krav gjelder for elektrisk utstyr som installeres på skip, og krav for valg av vern og kabelverrsnitt.

- *NEK 410A-101, 4.7 Definisjoner og generelle krav:*

Generelt skal alt elektrisk utstyr konstrueres av holdbart flammehemmet materiale som ikke tar skade av fuktighet, omgivende atmosfære eller temperatur som utstyret forventes å bli utsatt for.

- *NEK 410-2 del 509, 9.2.2 Vekselstrømssystemer:*

For vekselstrømssystemer skal tverrsnitt for ledere fastsettes slik at spenningsfallet fra hoved- og nødtavlens samleskinner til hvilket som helst punkt i installasjonen i normal drift med maksimum strøm ikke overstiger 6% av nominell spenning.

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

- *NEK 410-2 del 352, 3.3.4 Korreksjonsfaktor for omgivelsestemperatur:*
Korreksjonsfaktor for forskjellige omgivelsestemperaturer skal følges i henhold til tabell 6.
- *NEK 410-2 del 352, A.4 Korreksjonsfaktor for kabelgrupper:*
Kabelens strømføringssevne påvirkes av ledertemperaturen i kabelen. Dette vil igjen påvirke tillatt kabeltverrsnitt. For maksimal ledertemperatur på 90 °C, skal tabell 5 følges.
- *NEK 410-2 del 352, Tabell A.6 Korreksjonsfaktor for antall kabler som ligger ilag:*
For å finne kabelens strømføringssevne, finnes korreksjonsfaktor for antall kabler som ligger ilag i tabell 4.

Kravet til strømkretsens vern I_n er at det er større enn belastningsstrømmen I_b og mindre enn kabelens strømføringssevne I_z :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

2.6.2 CAP 437

CAP 437 er gitt ut av Civil Aviation Authority (CAA) som er det britiske luftfartstilsynet. Denne standarden omfatter krav og regler for helikopterdekk på skip og flyttbare innretninger for britisk-registrerte helikopter [2].

CAP 437 setter krav til belysning rundt helikopterdekkets omkrets. Følgende liste omfatter identifisering, synlighet og montasje av perimeterbelysningen.

- Kapittel 4.4:
Helikopterdekkets perimetermarkering og belysning skal identifisere landingssområdet på helikopterdekket for operasjoner på dag og natt.
- Vedlegg C.5:

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

Perimeter belysningen skal være synlig på natten i et område på 0.75 nautiske mil.

- *Vedlegg C.15:*
Perimeter belysningen skal ikke monteres med mer enn 3 meters avstand.
- *Vedlegg C.16:*
For helikopterdekk med høyere D-verdi enn 16.00 meter, skal perimeterbelysningen ikke overstige 25 cm over flaten på dekket. På helikopterdekk med D-verdi på 16.00 meter eller mindre, skal ikke perimeterbelysningen overstige en høyde på 5 cm over flaten.

For belysning i TD/PM Sirkel- og H-områdene gjelder følgende krav og regler. Disse kravene omfatter arrangement, synlighet og montasje.

- *Kapittel 4.22:*
Et arrangement av belyst TD/PM sirkel- og H-markering er påbudt for operasjoner på natt.
- *Vedlegg C.6:*
Sirkelbelysningen skal være synlig på natten i et område på 0.5 nautiske mil.
- *Vedlegg C.7:*
H-belysningen skal være synlig på natten i et område på 0.25 nautiske mil.
- *Vedlegg C.10:*
TD/PM belysningen skal være justerbar i opp til dobbel lysstyrke fra gitt belysning.
- *Vedlegg C.21:*
Sirkelbelysningen skal inneholde minimum 16 "lyslinjer" med en avstand på minimum 0.5 meter.
- *Vedlegg C.33:*
H-belysningen skal være i takt med H-markeringen.

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

Andre krav og regler for belysning på helikopterdekket som er viktig for å opprettholde sikkerheten ved operasjon er listet opp her. Dette omfatter visuelle hjelpemidler og varslingsystem på helikopterdekket.

- *Kapittel 4.5:*

Det skal installeres en vindpølse som skal indikere retningen på vinden ved skipets lokasjon. Denne skal være synlig ved nattoperasjon.

- *Kapittel 4.22:*

Ved helikopter operasjon skal flombelysningen på helikopterdekket slås av, med unntak av det som er beskrevet i kapittel 4.24.

- *Kapittel 4.24:*

Flombelysning kan benyttes for opplysning av skipets navn og identifikasjonsnummer.

- *Kapittel 4.26:*

Et visuelt varslingsystem skal installeres for situasjoner om bord i skipet som kan være farlig for et å lande.

- Denne belysningen skal være i form av blinkende rødt lys.
- Denne standarden krever to eller flere statuslys som blinker i en hastighet på 120 blink per minutt.
- Dette systemet bør integreres i skipets sikkerhetssystemer, slik at varslingen skjer automatisk ved farlig situasjon.

- *Kapittel 4.37:*

Røde obstruksjonslys skal installeres slik at plasseringene til potensielle hinder er synlige fra alle tilnærmingsretninger over landingsområdet.

Listen som følger nedenfor gjelder generelt for helikopterdekkets belysning. Dette omfatter strømforsyning og synlighet.

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

- *Kapittel 4.30:*
Helikopterdekkets belysningsystem skal være tilkoblet UPS, slik at feil i strømforsyningen ikke fører til strømbrudd.
- *Vedlegg C.1:*
Belysningsystemet bør være synlig i et område på 360 °azimut.
- *Vedlegg C.2:*
Belysningen skal være vertikalt synlig i området 2 nautiske mil.

Til slutt skrives et krav som ikke omfatter helikopterdekkets styresystem, men som er viktig å tenke på for belysningens installasjonsmetoder som beskrives i neste kapittel. Dette gjelder varslingsystem av vær- og vindforhold.

- *Vedlegg A.8:*
Der det er aktuelt, skal Helideck Motion Monitoring System (HMS) installeres. Krav om belysning til varsling tres i kraft 1. april 2021.

2.6.3 DNV RU-SHIP PART 4 CH. 8

DNV er det verdensledende klassifiseringsselskapet for maritim industri, og står for sertifisering av maritime installasjoner. Reglene og standardene av DNV gjelder for å oppnå og beholde klassesertifikat [13]. Følgende liste omfatter krav som gjelder for strømforsyning.

- *Seksjon 2.1.1 - Hovedstrømforsyning:*
Hovedtavlen skal ha kapasitet til å forsyne all kritisk og nødvendig utstyr som holder skipet i normal drift.
- *Seksjon 3.1.1 - Nødstrømforsyning:*
Nødtavlen skal forsyne all kritisk og nødvendig utstyr for normal drift ved svikt i hovedstrømforsyningen.

2.6 Definisjoner og krav i henhold til normer og standarder

- *Seksjon 3.2.1 - Transmittional power source (Overføringsstrømkilde):*
En overføringsstrømkilde er krevd når det nødgenerator ikke kobles automatisk inn innen 45 sekund, eller ved krav fra andre regler eller standarder.

3 UTVIKLING AV SYSTEMET

I dette kapitlet gjøres det rede for hvordan helikopterdekkets belysning og styresystem er utviklet. Alt utstyr som ble beskrevet i forrige kapittel blir nå forklart hvordan de monteres, installeres, og henger sammen med hverandre.

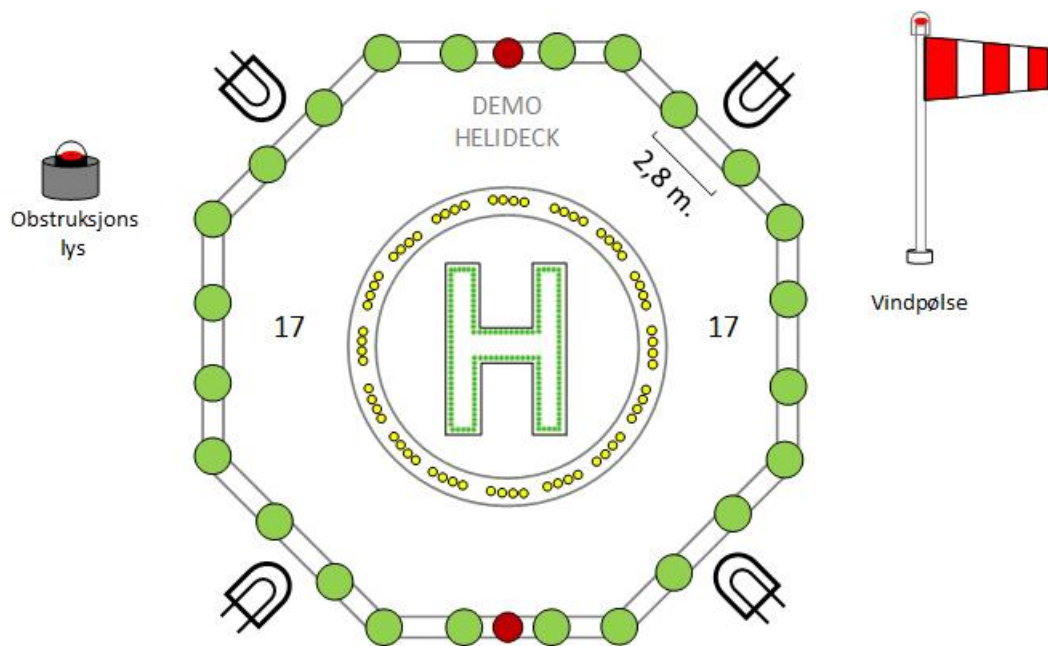
3.1 Helikopterdekkets belysning

I denne seksjonen forklares hvordan helikopterdekkets belysning monteres. For minst mulig visuell påvirkning på skipets ytre design, monteres utstyr skjult der det er mulig. Det er viktig å passe på at montering og installasjon skjer i henhold til CAP 437 og NEK 410. Der det er mulig monteres belysningene i en innfelt løsning, mens kablene legges under helikopterdekket.

Utstyret som benyttes på helikopterdekket er fra den nederlandske leverandøren Q-aviation, som vist i tabell 11. Utstyret har høy kvalitet, og sørger for at belysningens egenskaper tilfredsstillende kravene i CAP 437.

For å beregne hvor mye belysning som trengs for å tilfredsstillende kravene i CAP 437, benyttes Q-aviations Helikopterdekk kalkulator. Denne kalkulatoren regner ut hvor mye belysning helikopterdekket trenger, og avstanden mellom lysene. Ved å fylle ut helikopterdekkets D-verdi og hvilken standard som skal følges, vil kalkulatoren gi den løsningen med mest optimal belysning ut i fra gitt D-verdi [21].

3.1 Helikopterdekkets belysning



Figur 14: Illustrasjon av belysning på helikopterdekk.

Figur 14 viser hvilken belysning kalkulatoren har regnet ut for en D-verdi på 17 meter. Det monteres 24 perimeterlys med avstand på 2,8 meter, et statuslys og et repetisjonslys på perimetermarkeringen. På sirkelmarkeringen monteres det 16 lyslinjer, mens H-belysningen monteres rundt hele markeringen. I tillegg monteres det seks flomlys og en vindpølse. Obstruksjonslys monteres avhengig av hvor det er nødvendig.

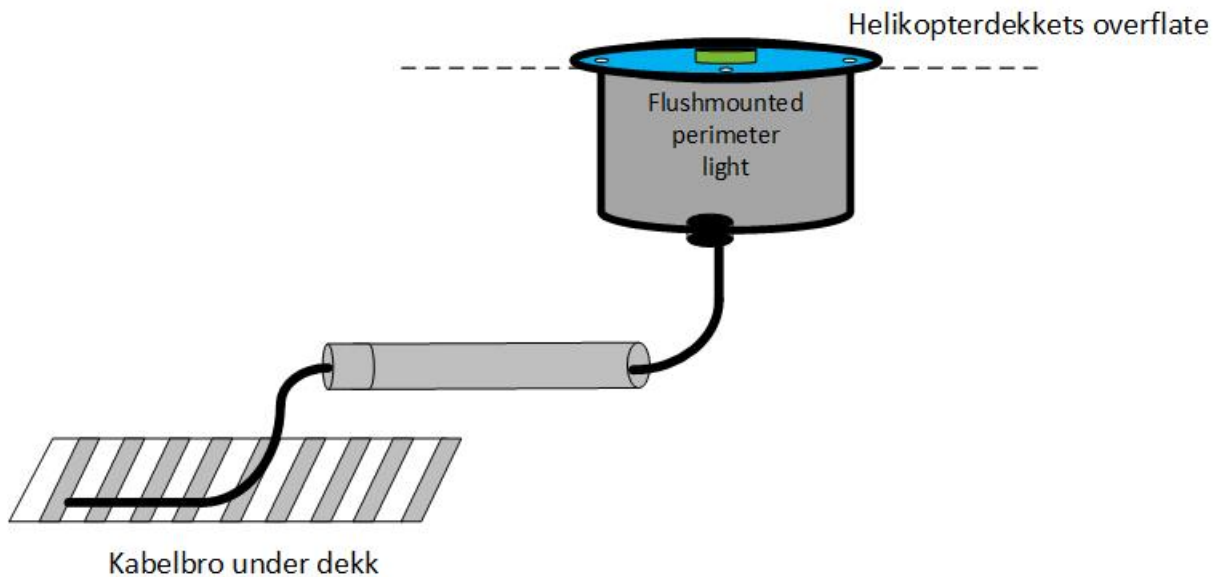
3.1.1 Perimeterlys

Som forklart i seksjon 2.6.2, forteller Vedlegg C.15 i CAP 437 at perimeter belysningen ikke skal monteres med en avstand på mer enn 3 meter. Hvor mange perimeterlys som trengs og avstanden mellom de avhenger av størrelsen på helikopterdekket. Perimeterbelysningen monteres rundt omkretsen av landingsområdet, som vist i figur 14.

De innfelte perimeterbelysningene monteres i kapslinger i helikopterdekket, som

3.1 Helikopterdekkets belysning

vist i figur 15. Kravet i CAP 437 vedlegg C.16, beskrevet i seksjon 2.6.2, tilsier at perimeterbelysningen ikke skal overstige en høyde på 25 cm på helikopterdekk med D-verdi over 16.00 meter. Når helikopterdekkets D-verdi er 16 meter eller mindre, skal høyden være maksimalt 5 cm [3]. Den innfelte løsningen gjør at perimeterbelysningen kan benyttes på alle helikopterdekk som følger CAP 437.



Figur 15: Illustrasjon av innfelt installasjon av perimeter belysningen.

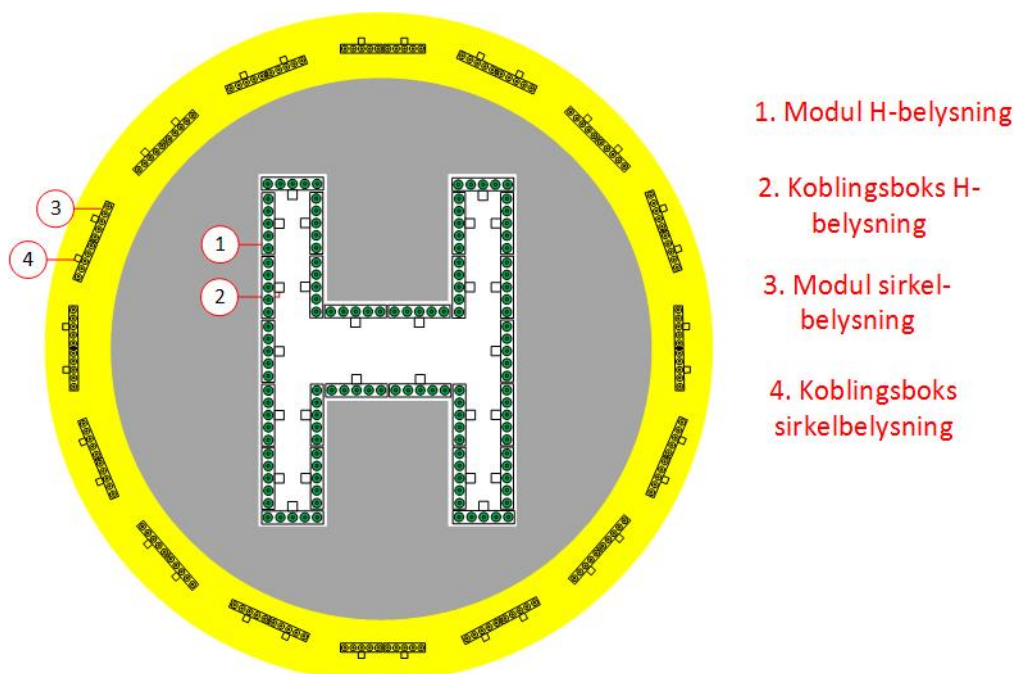
Perimeterlysene til Q-aviation har en lysstyrke på 50 Candela (cd) og tilfredsstillende dermed kravene om at belysningen er synlig ved en avstand på 0,75 nautiske mil på natten, som forklart i seksjon 2.6.2. Lysets utseende er originalt i fargen blå. Selv om belysningen innfelles, vil lysets "hode" eller flens synes, ettersom den må festes i kapslingen. For å få et tilpasset design kan hodet/flensen lakkres i en farge som passer til helikopterdekket etter ønske fra kunde.

3.1 Helikopterdekkets belysning

3.1.2 TD/PM belysning

TD/PM Sirkel- og H-belysningen installeres i henhold til CAP 437. Sirkelbelysningen inneholder minimum 16 lyslinje med en avstand på 0,5 meter mellom hverandre, som tilfredsstillers vedlegg C.21 i CAP 437, forklart i seksjon 2.6.2. Avstanden mellom hver belysningsmodul avhenger av helikopterdekkets størrelse.

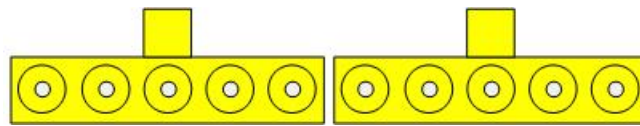
H-belysningen monteres langs H-markeringen, slik at hele H-markeringen lyser, som vist i figur 16. Figuren viser også lysmodulene for sirkel- og H-belysningen, samt tilhørende koblingsbokser. Dette forklares nærmere i neste avsnitt.



Figur 16: Figuren viser hvordan kabelføringen til sirkelbelysningen installeres.

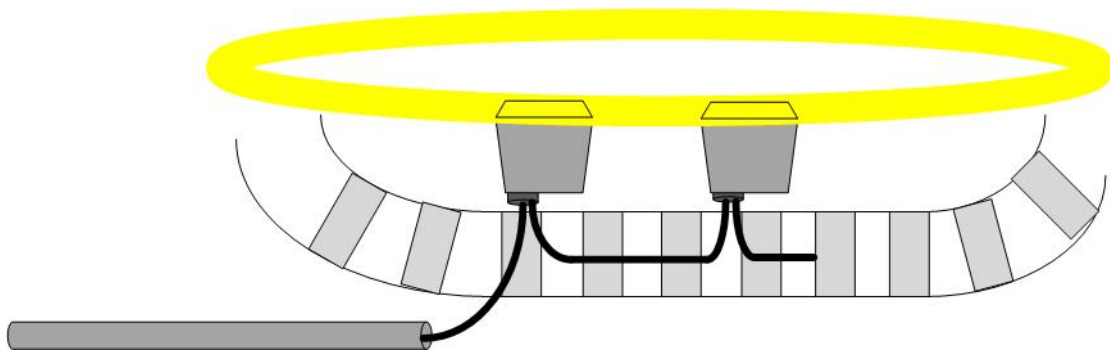
Q-aviations sirkel- og H-belysning består av moduler med fem lys i hver modul som parallellkobles. Hver modul på fem lys deler en koblingsboks. Sirkelbelysningen monteres slik at to belysningsmoduler tilsvarer en lyslinje, som vist i figur 17. Lysmodulens høyde er 23 mm.

3.1 Helikopterdekkets belysning



Figur 17: Illustrasjon av en lyslinje for sirkelbelysning.

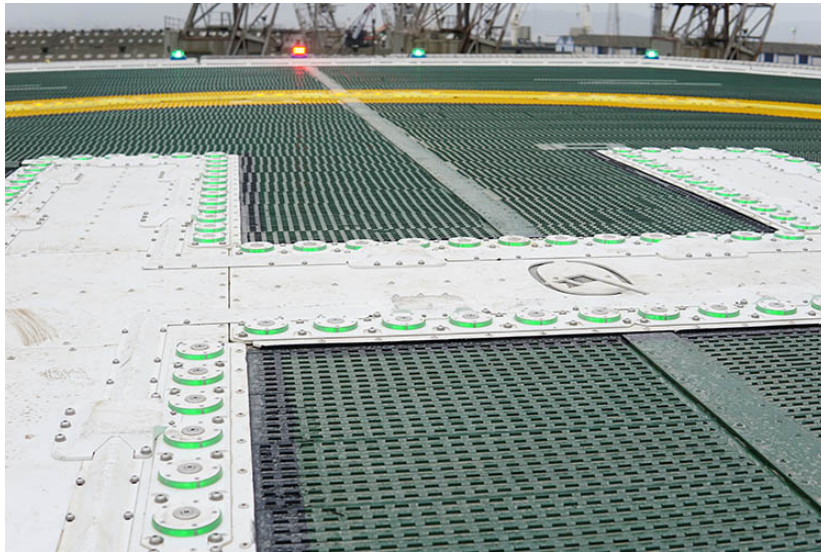
For å få en skjult kabling festes lyslinjene direkte i helikopterdekket. Koblingsboksene monteres i en innfelt kapsling som går under dekket. Slik figur 18 viser, føres kablene til sirkelbelysningen i kabelgater under dekket, mens tilførselkabelen til både sirkel- og H-belysningen føres i rør frem til kabelgaten.



Figur 18: Illustrasjon av kabelføringen for TD/PM belysningen.

H-belysningen monteres som komplett enhet levert fra Q-aviation. Den komplette enheten består av belysningsmoduler og kabling som er montert på selve dekket. Figur 19 er hentet fra Q-avitaions hjemmeside [21], og viser den komplette H-enheten. I figuren fremstilles det H-enheten er skrudd direkte i helikopterdekket, og at kablingen ligger skjult i enheten, som skruhellene viser.

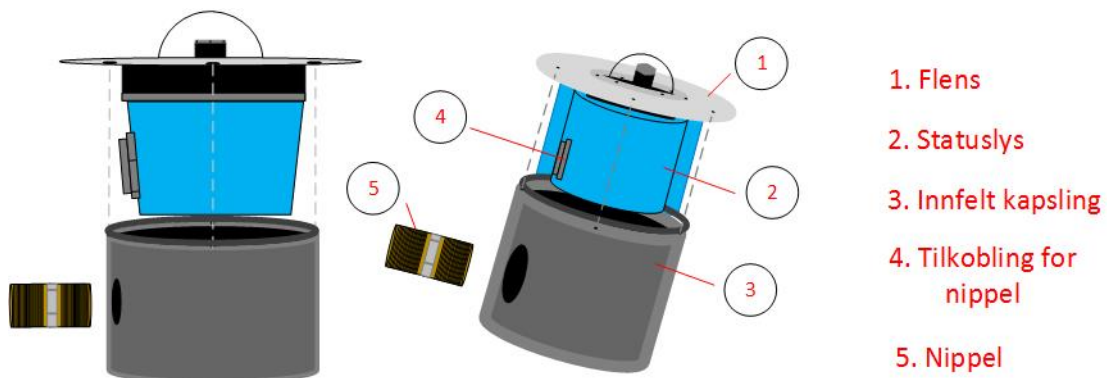
3.1 Helikopterdekkets belysning



Figur 19: Komplet H-enhet fra Q-aviation.

3.1.3 Status- og repetisjonslys

Statuslys og repetisjonslys monteres diagonalt mellom hverandre på perimeter markeringen som vist på figur 14. Q-aviations produkt kan monteres direkte på helikopterdekket. Lyskuppelen passer i perimeterlysets kapsling, men må kobles til en flens for at den skal holdes på plass. Flensen legges over det innfelte hullet, og skrues fast i både lyskuppelen og kapslingen, som vist på figur 20.



Figur 20: Illustrasjon av montasje av status og repetisjonslys.

3.1.4 Vindindikator

Det monteres en vindindikator på eller ved helikopterdekket. Denne plasseres så langt bort fra landingsområdet som mulig, for å hindre forstyrrelser og turbulens fra helikopterets rotor. Samtidig plasseres vindindikatoren slik at den er lett tilgjengelig for helikopterpiloten og godt opplyst. På toppen av vindindikatoren er det integrert et rødt obstruksjonslys, som viser piloten hvor vindindikatoren er.

3.1.5 Flomlys

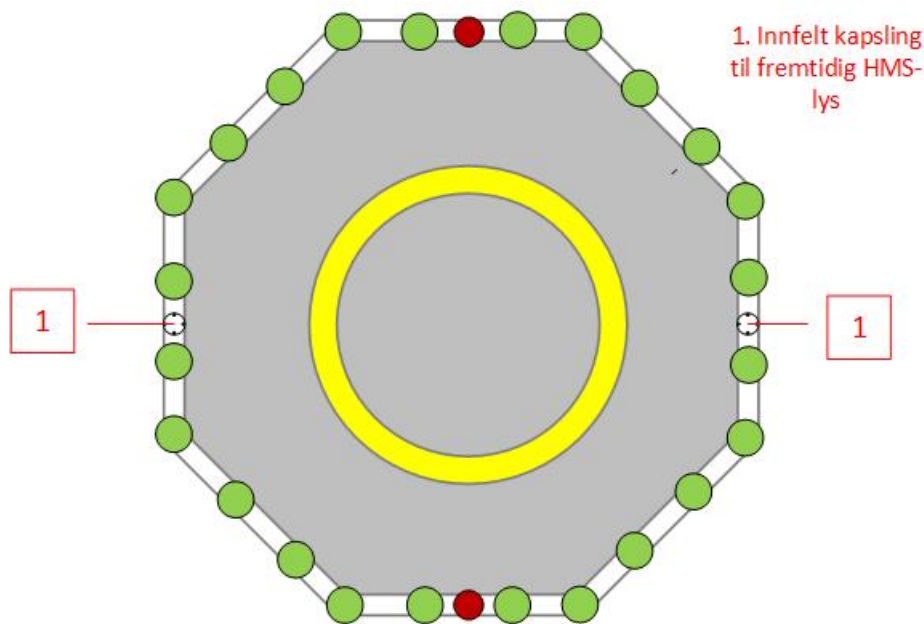
Antall flomlys som monteres vurderes ut ifra behovet i forhold til størrelsen på helikopterdekket. Flomlysene monteres slik at pilotene ikke blendes, og skal skrues av på befaling av piloten.

Flomlysene monteres utenfor omkretsen til landingsområdet, og plasseres avhengig av hvordan skipets helikopterdekk er bygd. Her må det tas en vurdering av installasjonens ansvarlige, slik at flomlysets konstruksjon blir mest mulig skjult.

3.1.6 HMS status repetisjonslys system

HMS er ikke en del av dette belysnings- og styresystemet, men for å sikre skjult installasjon av disse, settes det inn to innfelte koblingspunkt på helikopterdekket for installasjon av dette. Disse koblingspunktene monteres diagonalt for hverandre som vist på figur 21, slik at de samsvarer med dette systemets belysning.

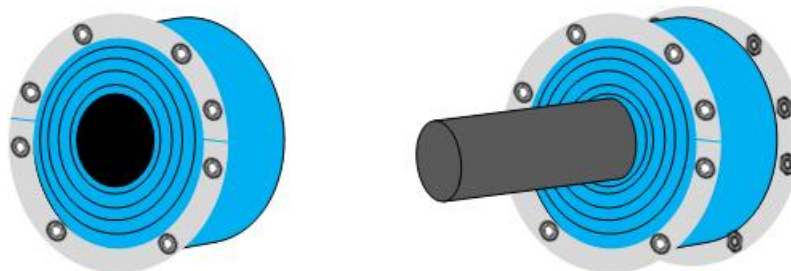
3.1 Helikopterdekkets belysning



Figur 21: Illustrasjon av innfelt kapsling til HMS belysning.

3.1.7 Forlegningsmetode til kabel

Alle kabler fra helikopterdekkets belysning føres under helikopterdekket. For de belysningene som ikke er innfelt, legges kablene i tetningsløsninger gjennom dekket. Som figur 22 viser, inneholder tetningsløsningen flere lag som kan "skrelles", slik at kablen tilpasses gjennom tetningen.

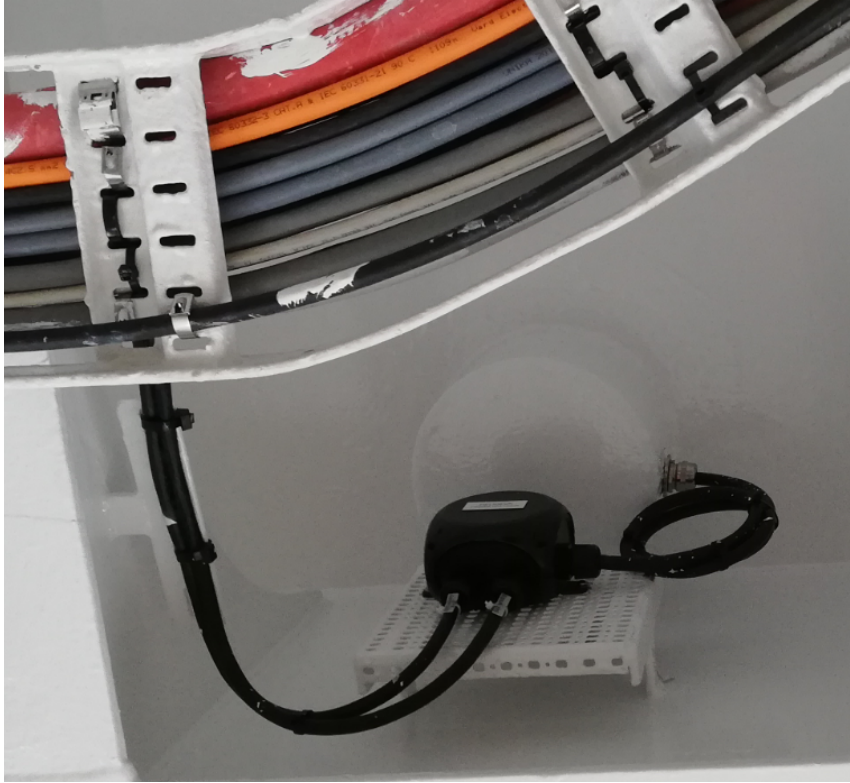


Figur 22: Tetningsløsning til kabelgjennomføringer.

Vanligvis vil det ligge kabelbroer i nærheten av gjennomføringene, som kablene kan legges på. Dette illustreres på figur 23, som er hentet fra ett byggeprosjekt

3.1 Helikopterdekkets belysning

til Vard. Figuren viser at belysningen er koblet til en koblingsboks, noe som ikke gjøres i denne oppgaven. Dersom føringsveien til kabelbroene har lang avstand, legges kablene i rør frem til kabelbroen.

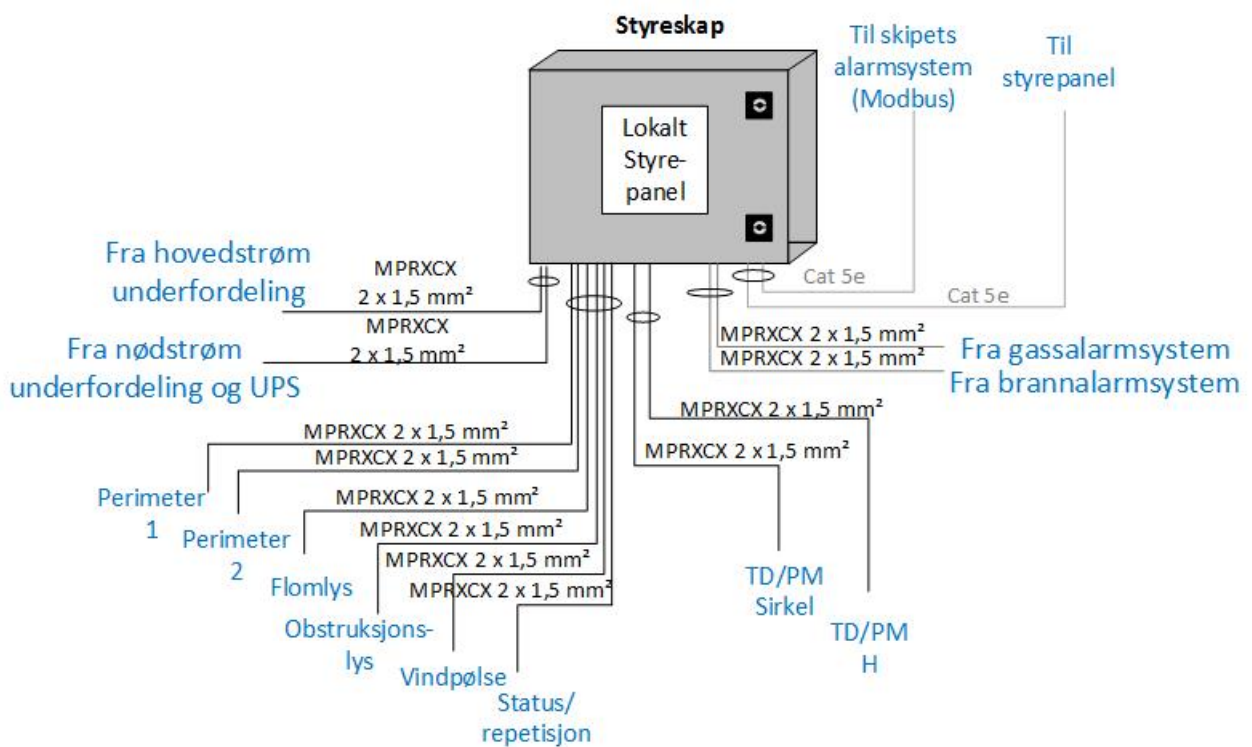


Figur 23: Føringsvei til innfelt perimeterbelysning.

3.2 Styreenhet

Styreskapet, også kalt kontrollkabinett, er systemets "hjerne". Her kobles alle komponentene som henger sammen med styringen av belysningen. Styreskapet har strømtilførsel fra hoved- og nødstrømforsyning, samt en UPS for å hindre brudd i strømforsyningen.

Figur 24 viser alle kablene som går inn og ut av styreskapet. Oversikten viser også hvilke kabler som går til hvert utstyr, og hvor mange kabler som ligger sammen i en bunt.



Figur 24: Oversikt over kabler som tilhører styreenheten.

3.2.1 Plassering og kabling

Styreskapet er plassert på teknisk rom som er nærmest helikopterdekket. Dette monteres i nærheten av sikringskap for hoved- og nødtavlen, og i tillegg UPS.

Hvor teknisk rom er plassert, avhenger fra skip til skip. Belysningens kabler føres som i forklart i seksjon 3.1.7. Kabler som skal føres i innredningen legges på kabelbroer sammen med annet utstyr.

3.2.2 Komponenter

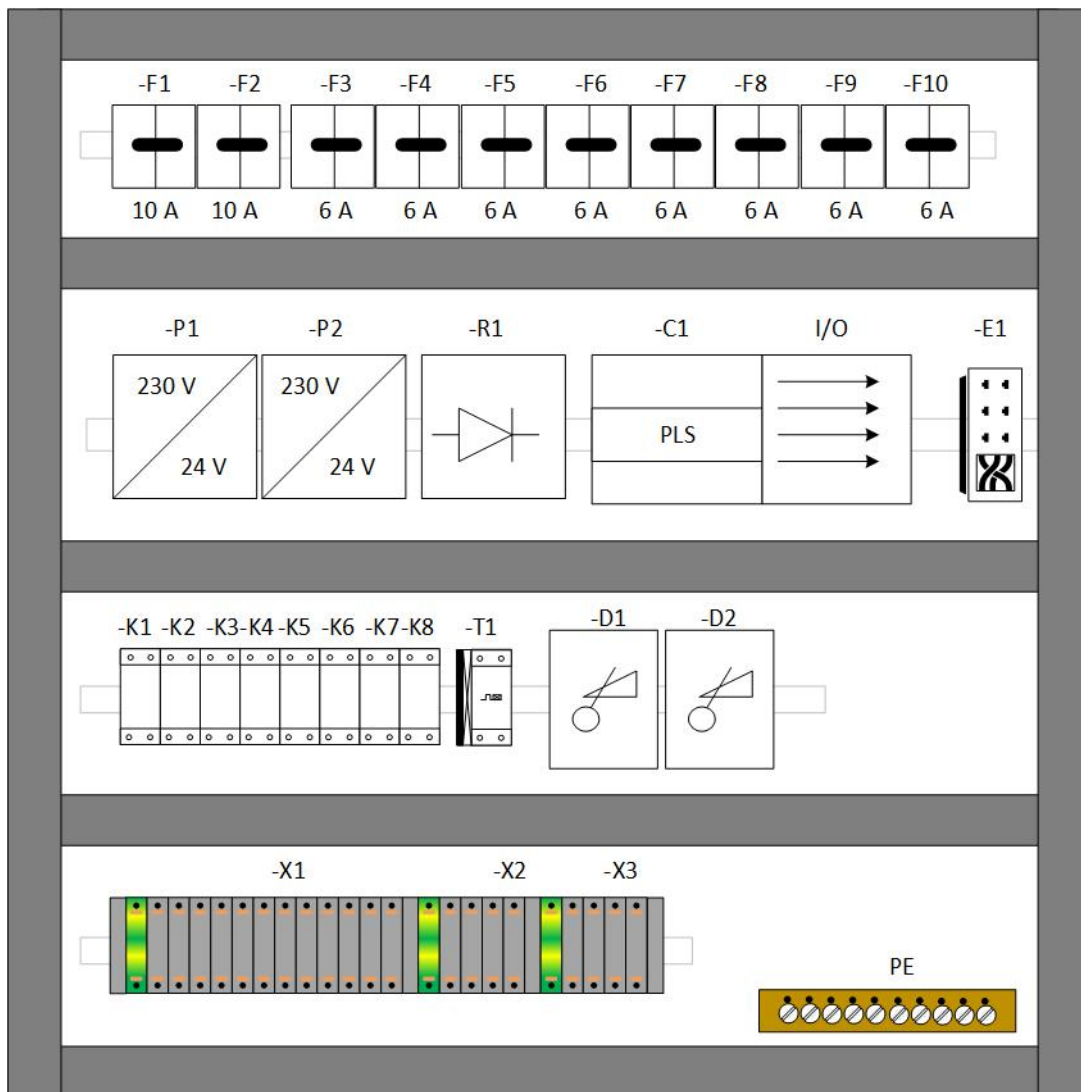
Kabinettet består i hovedsak av komponenter fra Wago som brukes til styring av belysningen på skipets helikopterdekk, samt forsyningsredundans og kommunikasjon mellom enheter. Utstyr og materiell fra Wago er i hovedsak montert på DIN-skiner i styreskapet. En oversikt av materiell i styreskapet vises i tabell 10 og 12.

Styreskapets komponenter monteres slik figur 25 viser. Alle strømkabler og ledninger som går inn og ut av skapet, som oversikten i figur 24 viser, kobles mellom rekkeklemme -X1, -X2 og -X3. I tillegg kobles jordingsledningene sammen i en jordingsskinne. En oversikt over hvilke ledninger som kobles til rekkeklemmene vises i vedlegg F.3.

3.2.3 Sikringer

Figur 25 illustrerer at det er ti sikringer i styreenheten. Sikringene -F1 og -F2 er 10 A sikringer som sikrer hele styresystemet. De resterende sikringene er 6 A sikringer som fungerer som hovedstrømsbryter for hver belysningsseksjon. Disse kobles videre til relèmodulene -K1 til -K8.

3.2 Styreenhet



Figur 25: Arrangementsskjema over styreskapet.

3.2.4 Strømforsyning til PLSen

Siden styresystemet har strømforsyning fra både hoved- og nødstrømforsyningen, kreves det to 24 VDC strømforsyninger. -P1 og -P2 i figur 25 er hoved- og nødstrømforsyningene til PLSen. Utgangen på disse kobles til inngangen på redundansemodulen -R1. Kablingsskjema finnes i vedlegg F.1.

3.2.5 Inngang- og utgangsmoduler (I/O moduler)

I figur 25 vises alle inngangene og utgangene til PLSen som en enhet. I/O modulene er separate, men er koblet tett inntil hverandre. Styreenheten inneholder følgende I/O-moduler:

- En 8-kanals digital inngangsmodul.
- En 8-kanals digital utgangsmodul.
- En 4-kanals analog utgangsmodul.
- Åtte strømmålingsmoduler.

De digitale inngangsmodulene kobles til strømforsyninger og skipets sikkerhetssystemer. De digitale utgangene kobles til hver relèmodulene. Hver kanal kobles til 24 V siden på hver relèmodul. De analoge utgangene kobles til dimmerene -D1 og -D2 i figur 25 i en parallellkobling. Dette gjøres slik at styresystemet kontrollerer utganger likt. Koblingsskjema for modulene vises i vedlegg F.2.

3.2.6 Kontaktsett og relèer

Kontaktsettene -K1 til -K8 på figur 24 er relèmodul fra Wago. Disse består av 24 VDC relè, og 230 V kontaktsett. Når relèene blir magnetisert med 24 V, legges kontaktsettet inn.

I tillegg er det montert et tidstrelè -T1. Denne består av en blinkefunksjon med tidssrekkevidde mellom 0,05 sekund og 100 timer. Tidsrelèet stilles inn på 250 ms, og kobles til status- og repetisjonslys. Koblingsskjema til kontaksettene er tilgjengelig i vedlegg F.1, mens relèene vises i vedlegg F.2.

3.2.7 Måling av strøm

I hver seksjon settes det opp overvåking av kabelbrudd eller gåen lyspære. Dette gjøres av strømmålingsmodulene *Wago 750-493* og *Wago 750-493/000-001*. Der- som strømmen i kretsen er mellom 0 og 1 A, skal *Wago 750-493* benyttes. Ved en strøm opp til 5 A må *Wago 750-493/000-001* benyttes. Om strømtrekket i kretsen er høyere enn 5 A, må det kobles til en ekstern strømtransformator.

Disse modulene kobles i serie med hovedstrømmen til belysningen. Kabelen kobles mellom fase og N. Den målte strømmen går gjennom A/D omformere som er innebygd i modulene. Koblingsskjema for modulene vises vedlegg F.1. Strømverdien konverteres til en digital tallverdi, som må være innenfor de grensene som konfigureres i *Wago I/O Check*. Dette gjøres i henhold til del 8.1 i modulens datablad [22].

3.2.8 Ethernet switch

Ethernet switchen -E1 på figur 25 er koblet til kommunikasjonsenhetene til PLSen. Videre går det nettverkskabler til systemets distribuerte styrepanel og skipets alarm-system, som illustreres på figur 24.

3.2.9 Remote styrepanel

Det er montert en touch skjerm på skipets bro. Dette panelet styrer helikopter-dekkbelysningen, og kommuniserer med PLS via Ethernet, som synes i figur 24. Styrepanelet er programmert i e!cockpit, og benytter seg av WebVisu prinsippet slik at styrepanelet styrer systemet via nettleser på touch skjermen.

Dette gjøres ved at visualiseringen i e!cockpit konfigureres på PLS'ens nettverkstilkobling. Styrepanelet er da koblet til samme nettverk som PLS'en, og IP-adressen

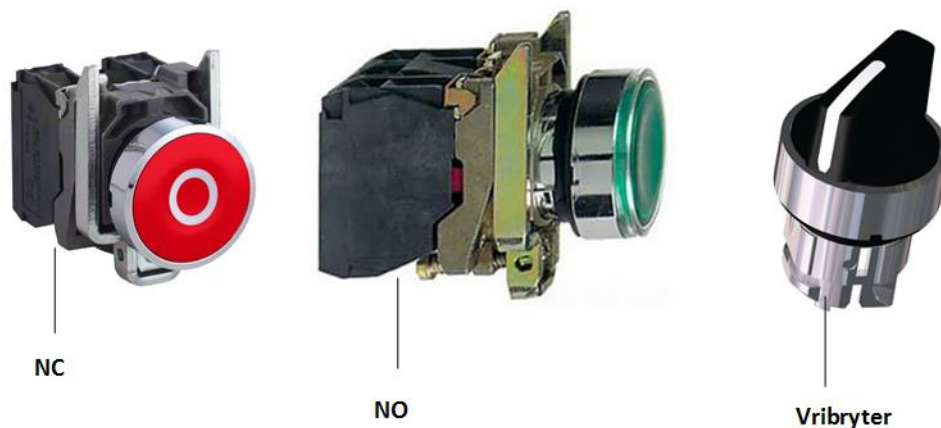
3.2 Styreenhet

til PLS'en settes opp i nettleser på touch skjermen.

Ved å gi tilgang til Web visualisering i e!cockpit, vises visualiseringen i PLS-programmet på en ekstern skjerm. Dette krever at skjermen er koblet til samme nettverk som PLSen. Ved å skrive PLSens IP-adresse på skjermen eller i nettleser, er det mulighet for å logge inn på online konfigurering av PLSen. Når webserver er tillatt, åpnes web visualiseringen.

3.2.10 Lokalt styrepanel

Det lokale styrepanelet monteres på døren til kontrollkabinettet. Styringen består av brytere som er normalt lukket (NC) og normalt open (NO). Startbryterene er NO med integrert lys som tennes når bryteren aktiveres, mens stoppbryterene er NC. Figur 26 viser at bryterene består av to deler. Trykknappen monteres på utsiden av styreskapdøren, mens kontaktsettet monteres på innsiden.



Figur 26: Brytere til lokalt styrepanel.

For statusbelysningen settes det opp en vribryter, slik at relèet holder seg aktivert når tidsrelèet slår inn og ut. Som nevnt tidligere, finnes koblingskjema i vedlegg F.2.

3.3 Utvikling av programkode

I denne seksjonen blir det forklart hvordan styringen av systemet er utviklet, samt gjennomgang av oppsettet. Kodingen er utført i Wagos programvare e!cockpit.

Både styring, innganger, utganger, tilleggsmoduler, simulering og visualisering er utført i dette programmet. Programkoden lastes opp til PLSen, hvor informasjonsflyten styres av CPUen. PLSen vil memorisere koden gjennom systemets minne.

Hovedprogrammet er satt opp av tre *funksjoner* og to *funksjonsblokker* som er programmert i språket strukturert tekst. Her skjer selve styringen av belysningen. *Globale variabler* er konfigurert opp i mot *innganger* og *utganger*, og kobles til eksternt utstyr. Vedlegg E inneholder komplett programkode av systemet.

3.3.1 Variabler

For at funksjonene og funksjonsblokene i programkoden skal kunne hente verdier og gi kommandoer til innganger og utganger, settes det opp en liste med globale variabler. Alle variabler som er knyttet til innganger og utganger, strømmålingsmodul og visualiseringer er globale variabler. Listen over globale variabler finnes i vedlegg E.1.

Alle variablene som kun benyttes i sekvenser i funksjoner eller funksjonsblokker, som ikke returneres eller kalles noen andre steder er lokale. De lokale variablene er for det meste timervariabler eller sekvensvariabler i programkoden, se vedlegg E.

3.3.2 Funksjoner

Seksjonsstyring av belysningen:

Funksjonen *SectionControl()* sørger for at hver belysningsseksjon, utenom statuslys,

3.3 Utvikling av programkode

skal kunne slås på og av fra touch panelet. Vedlegg E.3 inneholder funksjonskoden, og viser at hver belyningsseksjon består av en IF-setning. I neste avsnitt demonstreres kodingen av perimeterbelysningen på babord (port) side.

De globale variablene 'ON_PERIMETER_PORT' og 'PERIMETER_PORT' hentes fra listen med globale variabler i vedlegg E.1, ved å sette inn '.gvl.' før variablene.

'ON_PERIMETER_PORT' demonstrerer en trykknapp, mens 'PERIMETER_PORT' er satt opp til den digitale utgangen 'QX0.0'. Funksjonen sjekker om (IF) trykknappen er inne, så settes utgangen '%QX0.0' logisk høy. Dersom ikke (ELSE), er utgangen logisk lav.

Denne funksjonen inneholder bare boolske variabler som settes til følgende syv utganger, som vises i vedlegg E.1.

- Perimeter 1 (babord) → '%QX.0.0'.
- Perimeter 2 (styrbord) → '%QX.0.1'.
- TD/PM Sirkel → '%QX.0.2'.
- TD/PM H → '%QX.0.3'.
- Vindpølse → '%QX.0.5'.
- Flomlys → '%QX.0.6'
- Obstruksjonslys → '%QX.0.7'.

Justering av TD/PM lysstyrke:

Funksjonen *tdpmAdjustment()* sin oppgave er å kunne regulere lysstyrken til sirkel- og H-belysningen opp til dobbel lysstyrke når belysningen er påskrudd. Denne funksjonen skalerer den analoge utgangensverdien mellom 32768 og 65535, som tilsvarer mellom 5 og 10 VDC på dimmerene.

Funksjonskoden finnes i vedlegg E.4. Denne koden inneholder også bare IF-setninger. De boolske globale variablene 'ON_CIRCLE' og 'ON_H', demonstrerer trykknapper

3.3 Utvikling av programkode

for sirkel- og H-belysningen. 'ON_TDPM' settes logisk høy dersom både 'ON_CIRCLE' og 'ON_H' er høy.

I tillegg inneholder funksjonen den globale variabelen 'TDPM_VALUE' som settes til den analoge utgangen '%QW.1', som vises i vedlegg E.1. Variabelen 'POT_H' demonstrerer en dimmer. Disse variablene er av datatypen WORD, og har et definisjonssområde mellom 0 og 65535.

Koden sjekker om 'ON_TDPM' er høy. Dersom (IF) den er høy, settes den analoge utgangen lik verdien til dimmeren, som har stasjonær verdi på 32768. Verdien til den analoge utgangen justeres da proporsjonalt med dimmeren.

Når dimmeren på styrepanelet er i stasjonær tilstand, altså har en verdi på 32768, indikerer styrepanelet "Standard mode". Når verdien er høyere enn 32768 indikerer "Bright mode" på styrepanelet. Figur 27 viser hvordan dette er programmert. For å sette de boolske variablene 'STANDARD_MODE' og 'BRIGHT_MODE' logisk høy, benyttes OG-funksjoner.

```
//Sets standard mode for TDPM
IF (.GVL.ON_TDPM = TRUE) AND (.GVL.TDPM_VALUE = 32768)
  THEN
    .GVL.STANDARD_MODE := TRUE;
  ELSE
    .GVL.STANDARD_MODE := FALSE;
END_IF

//Sets bright mode for TDPM
IF (.GVL.ON_TDPM = TRUE) AND (.GVL.TDPM_VALUE > 32768)
  THEN
    .GVL.BRIGHT_MODE := TRUE;
  ELSE
    .GVL.BRIGHT_MODE := FALSE;
END_IF
```

Figur 27: Kodesnutt av funksjonen `tdpmAdjustment()`.

Simulering av alarm på styrepanel:

Funksjonen `Alarmsection()` er programmert til å simulere alarm for høy eller lav strøm i hver belysningsseksjon, og i tillegg dersom en av strømforsyningene svikter.

3.3 Utvikling av programkode

Denne funksjonskoden ligger i vedlegg E.6, og består av IF-setninger med boolske variabler.

Et sett med globale variabler som fungerer som triggere for alarm er satt opp i listen med globale variabler, som vist i E.1. Triggervariablene demonstrerer knapper som vil aktivere alarm. Hvis (IF) triggervariabel er aktiv, settes variabel for alarm høy, dersom ikke (ELSE), er variabel for alarm lav.

I tillegg programmeres inn en varsling i styrepanelet som indikerer feil dersom en av triggerene er aktiv. Dette gjøres ved å benytte en ELLER-funksjon for alle triggervariablene. Dersom en av triggerene er aktiv, aktiveres varslingen på styrepanelet.

3.3.3 Funksjonsblokker

Kode for blinkende statuslys:

Funksjonsblokken *Statuslight()* programmeres til å få status og repetisjonsbelysningen både i simuleringen av systemet og tilknyttet utgang til å blinke 120 blink i minuttet. Denne funksjonskoden finnes i vedlegg E.5. Koden henter de globale variablene 'FIRE_ALARM' og 'GAS_ALARM', som er knyttet til de digitale inngangene '%IX1.0' og '%IX1.1'. I tillegg hentes variabelen 'ON_STATUS_LIGHT', som er knyttet til trykknapp på styrepanelet.

Funksjonen består av en ELLER-funksjon, slik at når en av disse variablene er logisk høy, aktiveres den lokale variabelen 'Start_Blink_seq'. Blinkesekvensen vises i figur 28, og forklares i neste avsnitt.

Denne blinkesekvensen består av to tidsfunksjoner (timer) av typen 'TON'. Timervariablene 'timerOn' og 'timerOff' er deklart lokalt. Den globale variabelen 'LED_output' knyttes til statusbelysningen i simuleringen og digital utgang '%QX0.4'. Når timeren 'timerOn' har utløpt sine 250 ms, tennes 'LED_output', samtidig som 'timerOff' begynner å telle. Når tiden til 'timerOff' har utløpt, slukkes 'LED_output', og sekvensen

3.3 Utvikling av programkode

starter på nytt.

```

IF Start_Blink_seq THEN
  timerOn(In := TRUE, PT := T#500MS);
  IF timerOn.Q = TRUE THEN
    GVL.LED_output := TRUE;
    timerOff(In := TRUE, PT := T#500MS);
    IF timerOff.Q = TRUE
      THEN
        GVL.LED_output := FALSE;
        timerOn(IN := FALSE);
        timerOff(In := FALSE);
      END_IF
    END_IF
  ELSE
    .gvl.LED_output := FALSE;
  END_IF

```

Figur 28: Kodesnutt av blinkesekvens.

Programmering av alarm fra strømovervåking:

Alarm for høy eller lav strøm programmeres i funksjonsblokken *MeasurementConfig()*, som er tilgjengelig i vedlegg E.7. Denne funksjonen henter variablene som er knyttet til strømmålingsmodulene. Fra hver modul hentes tre variabler som definerer maksverdi, minimumsverdi og effektivverdi (RMS-verdi). Disse variablene har datatypen WORD.

For hver seksjon som overvåkes, settes opp alarm dersom RMS-verdi er utenfor grensene. Dette er gjort slik som figur 29 viser. Hvis (IF) RMS-verdi er mindre enn nedre grense, aktiveres alarm for lav strøm. Hvis (IF) RMS-verdi er høyere enn maksgrensen, aktiveres alarm for høy strøm.

3.3 Utvikling av programkode

```

// PERIMETER 1 LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
IF .GVL.CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_1 < .GVL.CURRENT_MIN_L1_PERIMETER_1 THEN
  .GVL.CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 := TRUE;
ELSE
  .GVL.CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 := FALSE;
END_IF

IF .GVL.CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_1 > .GVL.CURRENT_MAX_L1_PERIMETER_1 THEN
  .GVL.CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 := TRUE;
ELSE
  .GVL.CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 := FALSE;
END_IF

```

Figur 29: Kodesnutt av alarmsettingen.

Alarm som sendes til skipets alarmsystem via Modbus:

Lenger nede i funksjonsblokken MeasurementConfig() programmeres det en felles alarm som sendes til skipets alarmsystem (IAS) via Modbus. Her sendes da en alarm til IAS dersom det oppstår feil på systemet. Dersom det oppstår ny feil sendes alarmen på nytt.

```

GVL.Alarms.0 := .GVL.CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1;
GVL.Alarms.1 := .GVL.CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1;
GVL.Alarms.2 := .GVL.CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_2;
GVL.Alarms.3 := .GVL.CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_2;
GVL.Alarms.4 := .GVL.CURRENT_LOWALARM_FLOODLIGHT;
GVL.Alarms.5 := .GVL.CURRENT_HIGHALARM_FLOODLIGHT;
GVL.Alarms.6 := .GVL.CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION;
GVL.Alarms.7 := .GVL.CURRENT_HIGHALARM_OBSTRUCTION;
GVL.Alarms.8 := .GVL.CURRENT_LOWALARM_WINDSOCK;
GVL.Alarms.9 := .GVL.CURRENT_HIGHALARM_WINDSOCK;
GVL.Alarms.10:= .GVL.CURRENT_LOWALARM_TDPMH;
GVL.Alarms.11:= .GVL.CURRENT_HIGHALARM_TDPMH;
GVL.Alarms.12:= .GVL.CURRENT_LOWALARM_TDPMC;
GVL.Alarms.13:= .GVL.CURRENT_HIGHALARM_TDPMC;
GVL.Alarms.14:= .GVL.CURRENT_LOWALARM_STATUS;
GVL.Alarms.15:= .GVL.CURRENT_HIGHALARM_STATUS;
GVL.Alarms.16:= .GVL.POWER_SUPPLY_2;
GVL.Alarms.17:= .GVL.POWER_SUPPLY_1;

```

Figur 30: Kodesnutt av alarmene som settes til en liste.

Som figur 30 viser, settes alle alarmvariablene i en liste. Denne listen med variabler settes til variabelen 'Alarms' med datatypen DWORD. Hver alarm har da en unik

3.3 Utvikling av programkode

tallverdi (bit) som definerer alarmen som sendes over modbus. Når flere alarmer er aktive samtidig, resettes denne verdien og oppdaterer seg til en ny bit.

Som vist i figur 31 settes variabelen 'Alarms' lik 'MODBUS.Generic.MODBUS_SLAVE_1_tcp.Alarm_From_Helideck'. I vedlegg E.9 vises hvordan denne variabelen settes opp i mot Modbus slaveenheten.

```
//Modbus Slave variable is set equal to the alarm variable.
MODBUS.Generic_MODBUS_Slave_1_tcp.Alarm_Array_From_Helideck := GVL.Alarms;

(*
When one alarm is active, and a new failure appears, the common alarm variable
via modbus will be resetted with a timer.
A new alarm number will be generated.
*)

IF GVL.Alarms <> 0 AND NOT Alarm_Retrig_Timer.Q THEN
  MODBUS.Generic_MODBUS_Slave_1_tcp.Alarm_Common_Trig := TRUE;
ELSE
  MODBUS.Generic_MODBUS_Slave_1_tcp.Alarm_Common_Trig := FALSE;
END_IF

Alarm_Retrig_Timer(IN:=(Alarm_Trig_OLD <> GVL.Alarms) AND NOT (GVL.Alarms = 0)
  AND NOT (Alarm_Trig_OLD = 0) , PT:=T#0.5S);

Alarm_Trig_OLD := GVL.Alarms;
```

Figur 31: Felles alarm over Modbus.

3.3.4 Alarmgruppe

Programvaren e!cockpit består av integrert alarmkonfigurasjon. Her konfigureres alarmvariablene i figur 30. Når en alarmgruppe er opprettet, konfigureres disse slik som tabell 3 viser. Først velges digital observasjonstype. Så hentes variablene som skal overvåkes. Deretter velges alarmklassen "Error", og skriver inn hva som skal stå som feilmelding.

3.3 Utvikling av programkode

Tabell 3: Konfigurasjon av alarmgruppe.

ID	Observasjons type	Detaljer	Klasse	Melding
0	DIGITAL	GVL.PERIMETTER_1_HIGH = TRUE	Error	P1: High current
1	DIGITAL	GVL.PERIMETTER_1_LOW = TRUE	Error	P1: Low current
2	DIGITAL	GVL.PERIMETTER_2_HIGH = TRUE	Error	P2: High current
3	DIGITAL	GVL.PERIMETTER_2_LOW = TRUE	Error	P2: Low current

3.4 Utvikling av prototype

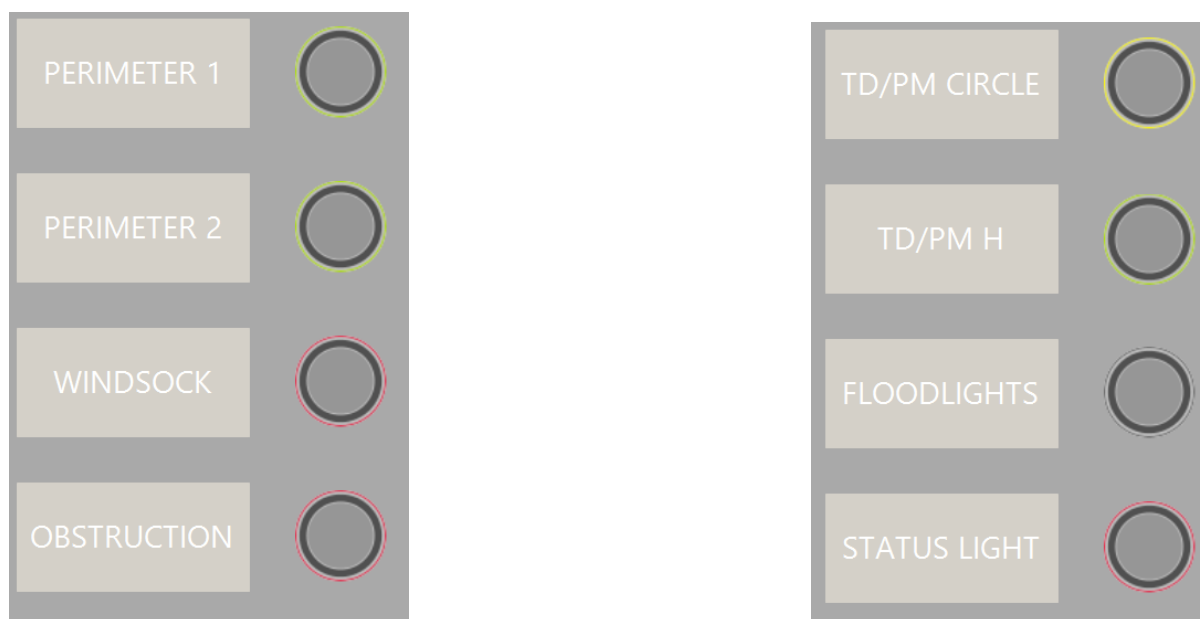
For å utvikle en prototype av systemet, settes det opp en visualisering i e!cockpit. Prototypen består av visualisering av styrepanel og simulering av belysning. I de neste avsnittene vises stegene for hvordan prototypen lages. Prototypen av systemet vises i neste kapittel.

3.4.1 Visualisering av styrepanel

Det settes opp et visualiseringsvindu i e!cockpit. Hensikten med denne visualiseringen er å lage et styrepanel. Ved hjelp av figurer i visualiseringsvinduet lages styrepanelet.

Figur 32 viser seksjonsstyringen av helikopterdekkets belysning. Det settes opp en serie med trykknapper for aktivering av belysningen, samt lys som indikerer at knappen er aktivert. Trykknappene og lysene settes til hver sin variabel i PLS-programmet.

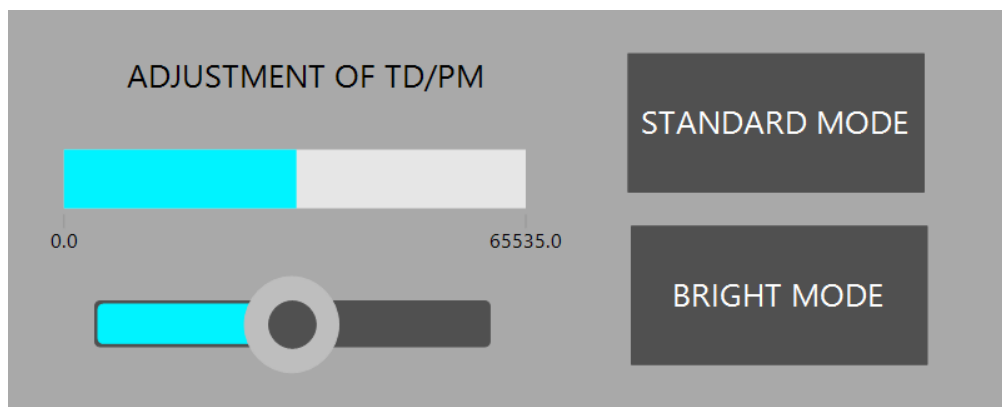
Det vil si at trykknapp 'PERIMETER 1' settes til variabelen som aktiverer perimeterbelysningen på babord side. Lyset til høyre for knappen på figur 32 knyttes til utgangsvariabelen til perimeter 1. Det samme prinsippet gjelder for resten av knappene og lysene.



Figur 32: Trykknapper og indikasjonslys i styrepanelet.

I tillegg til seksjonsstyringen lages det en grafisk dimmer som justerer TD/PM belysningen i visualiseringen. Denne dimmeren vises i figur 33. Nederst til venstre på figuren er det satt opp en "scrollbar" som demonstrerer dimmeren. Denne konfigureres i visualiseringsverktøyet, og skalerer mellom tallverdiene 32768 og 65535.

Over den grafiske dimmeren på figur 33 viser posisjonen til dimmeren. I tillegg er det satt opp to figurer på venstresiden. Når dimmeren er i stasjonær posisjon lyser 'STANDARD MODE'. Når dimmeren justeres lyser 'BRIGHT MODE'.



Figur 33: Grafisk dimmer i visualiseringen.

3.4 Utvikling av prototype

I visualiseringsverktøyet i e!cockpit er det integrert en alarmtabell som er internt sammenkoblet med alarmgruppene i PLS-programmet. Dermed vil alarmtabellen få varsel om hvilken alarm som er aktiv når det er feil på systemet. Se figur 34.

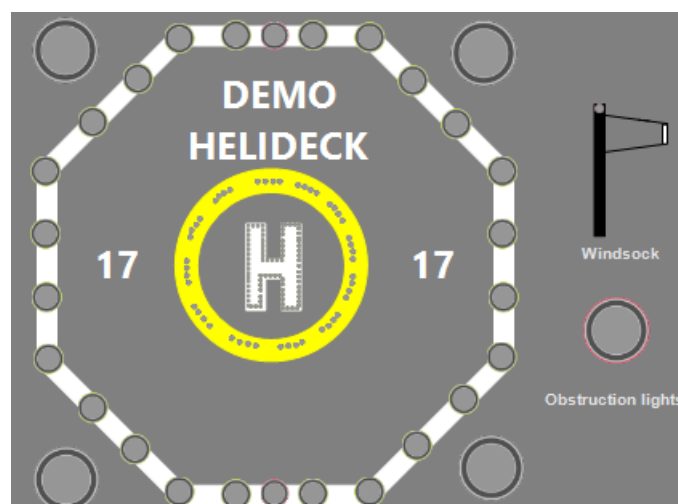
	Timestamp ▼	Message
1		
2		
3		
4		

Figur 34: Alarmtabell i visualiseringen.

3.4.2 Simulering av belysningen

Simuleringen inneholder en grafisk modell av et helikopterdekk med en D-verdi på 17 meter. Belysningen på helikopterdekket består av perimeter-, sirkel, H-, flom-, obstruksjons, og vindpølsebelysning. I tillegg er det satt opp en tabell med alarmtriggere som aktiverer alarmene for høy og lav strøm i hver lyskrets, samt alarm for feil på strømforsyningene.

Figur 35 viser simuleringen av helikopterdekkets belysning. Simuleringen er satt opp av lys som er plassert på helikopterdekket. Vindpølse og obstruksjonslys er plassert like ved helikopterdekket.

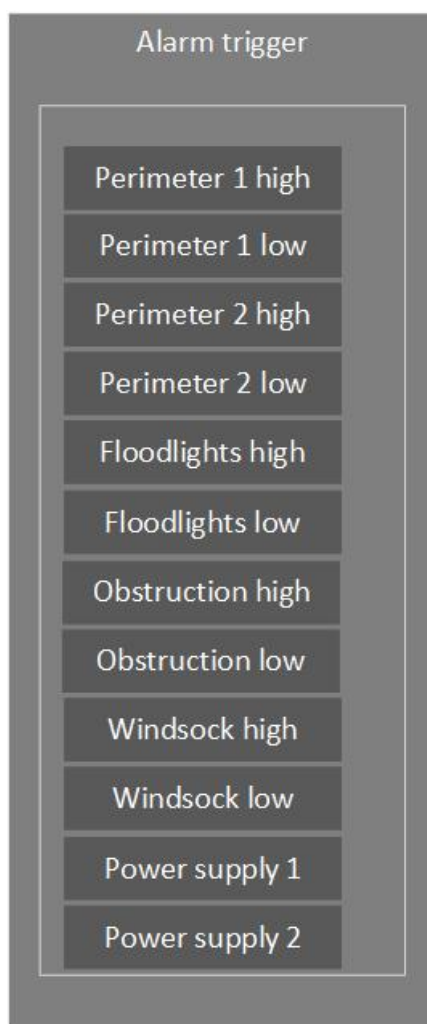


Figur 35: Simulering av helikopterdekkets belysning.

Perimeter- og H-belysningen i simuleringen settes opp av grønne lys. Sirkelbelysningen settes opp av gule lys rundt den gule sirkelen. Flombelysningen settes opp av hvite lys, mens vindpølsen og obstruksjonsbelysningen settes opp av røde lys.

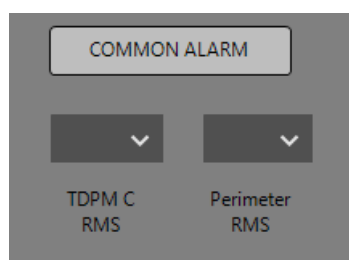
Simuleringen inneholder også et bryterpanel som trigger alarmene. Dette er vist i figur 36. Figuren viser trykknapper for hver alarm som kan oppstå.

Variablene til hvert lys i simuleringen hentes fra funksjonen `SectionControl()`, slik at belysningen lyser når tilhørende trykknapp er aktivert. Knappene til alarmtriggere er programmert i funksjonen `Alarmsection()`.



Figur 36: Simulering av alarmtrigger.

Det er også satt opp en simulering av alarmer som sendes til skipets IAS. Som figur 37 viser, består denne delen av en "common alarm", og to triggerer som aktiverer høy strøm i perimeter 1- og sirkelbelysningen.



Figur 37: Simulering av common alarm.

3.5 Kommunikasjon

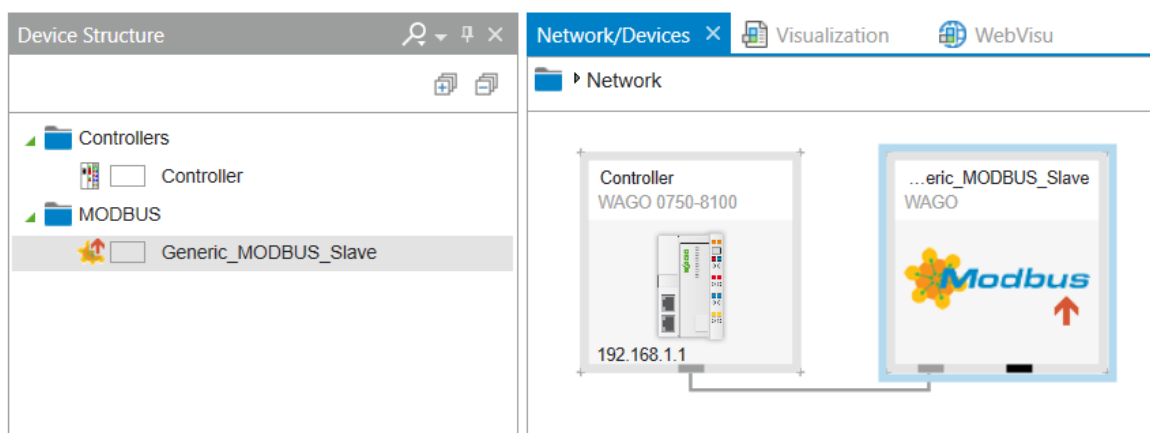
For at styresystemet til helikopterdekket skal kunne styres fra skipets bro settes det opp kommunikasjon mellom PLS og touch skjerm. I tillegg får skipets integrerte alarmsystem (IAS) indikasjon når det oppstår feil på helikopterdekket.

3.5.1 Forbindelse mellom PLS og touch panel

Det dannes et lokalt nettverk mellom PLS og touch panel på bro. Touch panelet kobles til PLSen via en nettverkskabel som gjør at enhetene er på samme nettverk. Web-panelet konfigureres opp i mot Webvisu, som ble forklart i seksjon 3.2.9.

3.5.2 Forbindelse mellom PLS og skipets alarmsystem

For at skipets alarmsystem skal få tilgang til helikopterdekkets status, opprettes det en nettverksforbindelse via Modbus. Denne settes opp via e!cockpit, der helikopterdekkets PLS er master, og IAS er slave. Figur 38 viser forbindelsen mellom PLS og Modbus slaveenheten.



Figur 38: Oppsett av modbus slave i e!cockpit.

For å sette IAS som slaveenhet, må ID og IP-adressen til IASen legges inn. Når PLS

3.5 Kommunikasjon

og IAS er sammenkoblet, sendes helikopterdekkets alarmstatus til IAS via variabelen 'MODBUS.Generic_MODBUS_SLAVE_1_tcp.Alarm_From_Helideck', som forklart i seksjon 3.3.3.

3.6 Strømforsyning

Kravene fra CAP 437 tilsier at belysningen til helikopterdekket skal ha strømtilførsel fra hovedstrøm og nødstrømforsyning. I tillegg skal det tilkobles UPS for å sikre komplett redundans i systemet. Styreenheten tilføres strøm ifra underfordeling fra hovedtavlen. I tillegg får systemet tilførsel fra underfordelig av nødtavlen som forbigår (bypasser) UPSen så lenge det ikke er feil i forsyningen.

3.6.1 UPS

Systemets UPS er av typen Sentinel Dual Online UPS. Denne monteres sammen med ekstern batteripakke på et stativ. UPSen har en effekt på 1000 VA med ekstern batteripakke på 7 Ah. Denne UPSen trenger ikke DNV-godkjenning, ettersom hele systemet vil bli DNV-godkjent så lenge kravene er oppfylt.

3.7 Dimensjonering av kabler og vern














3.7 Dimensjonering av kabler og vern

Dimensjonering av kabler og vern gjennomføres i henhold til NEK 410. Følgende tabeller 4, 5 og 6 som er hentet fra NEK 410. Disse må følges for å oppfylle kravene.

Tabell 4: Korreksjonsfaktor for antall kabler som berører hverandre.

	Arrangement (kabler berører hverandre)	Antall kurser eller flerlederkabler											Installasjonsmetoder	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16		20
1	Kabler i en bunt i luft, på en overflate, innstøpt eller innkapslet	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	Metode B, C, E og F
2	Enkelt lag på skott, dekk eller på uoperert bro	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Ingen ytterligere reduksjonsfaktor for mer enn ni kurser eller flerlederkabler.			
3	Enkelt lag festet direkte under et ikke metallisk dekkhode	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Enkelt lag på en horisontal eller vertikal perforert bro	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Enkelt lag på kabelstige, knekter eller cleats, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				Metode B, C, E og F

Tabell 5: Nominell kabeltverrsnitt for de ulike installasjonsmetodene.

Nominell kabeltverrsnitt for leder mm ²	Installasjonsmetode												
	Metode B1 Isolerte ledere i rør på skott		Metode B2 Flerlederkabel i rør på et skott		Metode C En- eller flerlederkabel montert på et skott		Metode E Flerlederkabel montert i luft		Metode F Enlederkabler som berører hverandre i luft			Metode G Enlederkabler montert fra hverandre i luft	
	To ledere	Tre ledere	To ledere	Tre ledere	To ledere	Tre ledere	To ledere	Tre ledere	To ledere	Tre ledere Trefolje	Tre ledere	Horisontal	Vertikal
													
1.5	20	17,5	19	17	21	19	23	20					
2.5	27	24	26	23	29	26	31	28					
4	37	32	35	30	39	35	43	37					
6	47	42	44	38	50	45	55	47					
10	65	57	60	52	70	62	75	65					
16	87	77	79	70	93	84	100	87					
25	116	102	104	91	120	104	130	110	140	117	123	158	140
35	143	125	125	111	149	128	161	137	174	147	153	197	175

3.7 Dimensjonering av kabler og vern

Tabell 6: Korreksjonsfaktor for temperaturomgivelser.

Maksimal Leder- temp. °C	Korreksjonsfaktor for omgivelsestemperatur på										
	35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C	75 °C	80 °C	85 °C
60	1,29	1,15	1,00	0,82	-	-	-	-	-	-	-
65	1,22	1,12	1,00	0,87	0,71	-	-	-	-	-	-
70	1,18	1,10	1,00	0,89	0,77	0,63	-	-	-	-	-
75	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	-	-	-	-
80	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53	-	-	-
85	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	-	-
90	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67	0,58	0,47	-
95	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

3.7.1 Valg av kabel og installasjonsmetode

Strømkablene som benyttes er Nexans MPRXCX. Dette er skipskabler som er designet for alle områder og nivåer om bord i fartøy. Kablene er halogenfrie, flammehemmet og skjermet. Ledermateriell er kobber (Cu), og isolasjonsmaterieell er PEX.

Siden systemet skal ha strømforsyning fra både hovedtavle og nødtavle, legges kablene inn til hverandre på kabelbro. Frem til helikopterdekket skal kablene ligge i skjulte rør. Forlegningsmetoden er dermed B2, i følge NEK 410-2 del 352, vist i tabell 5.

3.7.2 Lastflyt

Perimeterbelysningen består av 24 parallellkoblede LED-pærer. Hver LED-pære forbruker 8W, totalt blir dette 192W. Flombelysning består av fire parallellkoblede lys på 6 W, totalt 24W. Statuslys består av to lys på 10 W, totalt 20 W og belysning til TD/PM-H forbruker 90W Belysning på vindindikator forbruker 20W. Tabell 7 viser en oversikt over effektforbruket.

3.7 Dimensjonering av kabler og vern

Tabell 7: Effektforbruk i belysningskretser.

Belysningsseksjon	Effekt per stk.	Totalt forbruk
Perimeterlys	8 W	192 W
Flomlys	6 W	24 W
Statuslys	10 W	20 W
TD/PM H	90 W	90 W
TD/PM Sirkel	90 W	90 W
Sammenlagt		346 W

Dette gir en total last på 346W

$$I_b = \frac{P}{U} = \frac{346W}{230V} = 1,5A \quad (4)$$

Dette er da belastningsstrømmen $I_b = 1,5A$.

3.7.3 Valg av kabelverrsnitt og vern til styreskapets strømforsyning

Styreskapet skal ha redundanse og må derfor forsynes fra to uavhengige kilder. Det blir trukket en kabel fra nødtavlen og en fra hovedtavlen frem til styreskapet.

Kabelverrsnitt og vern for disse kablene dimensjoneres i henhold til NEK 410. Korreksjonsfaktor for antall kabler som ligger inntil hverandre avleses i NEK 410-2 del 352, som vist i tabell 4. Og korreksjonsfaktor for temperatur avleses i NEK 410-2 del 352, som vist i tabell 6.

For følgende to kabler er det disse faktorene som bestemmer korreksjonsfaktorer.

- Ledermateriell: Cu
- Antall strømførende ledere: 2
- Isolasjonsmaterieill: PEX

3.7 Dimensjonering av kabler og vern

- Forlegningsmetode: E
- Krav for spenningsfall $\Delta U_{maks} : 6\%$
- Belysningens belastningsstrøm ved full last $I_b : 1,5A$

Det antas en omgivelsestemperatur på 40 °C, ettersom skipene kan befinne seg i varme strøm. Tabell 4 viser at korreksjonsfaktor for nærføring $k_n = 0,80$.

Tabell 6 viser korreksjonsfaktor for temperaturomgivelser. Maksimal tillatt leder-temperatur for MPRXCX kabel er 90 °C. Da blir $k_t = 1,05$.

Følgende krav skal oppfylles:

$$\text{Krav 1: } I_b \leq I_n \leq I_z$$

Starter med å regne ut minste teoretiske tversnitt ved 6% spenningsfall.

$$\Delta U_{x\%} = \frac{\Delta U * 100\%}{U} \rightarrow 6\% = \frac{\Delta U_x * 100\%}{U} \rightarrow \Delta U_x = \frac{6\% * 230V}{100\%} = 13,8V \quad (5)$$

$$A_{min} = \frac{I_b * \rho_{cu} * l * 2}{\Delta U_x} = \frac{1,5A * \frac{1}{57} * 12m * 2}{13,8V} = 0,05mm^2 \quad (6)$$

Nærmeste tversnitt er 1,5mm² og leser deretter av i NEK 410-2 del 352 vist i tabell 5 at strømføringsevnen for kabelen er $I_{z,avlest} = 23A$.

Da beregnes I_z på følgende måte.

$$I_z = I_{z,avlest} * K_n * K_t = 23A * 0,80 * 1,05 = 19,32A \quad (7)$$

Velger et vern $I_n = 10A$ for å oppnå selektivitet med de utgående kursene i styreskapet og sjekker om krav 1 er oppfylt.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$1,5A \leq 10A \leq 19,32A = ok$$

3.7.4 Valg av tverrsnitt og vern til belysning

Styreskapet har åtte utgående kurser som skal beregnes. Det er ikke tillatt med flere enn seks kabler i en bunt, og må derfor tas hensyn til [23]. Sirkel- og H-belysningen legges i en bunt, mens de seks resterende legges i egen bunt. Følgende informasjon bestemmer korreksjonsfaktorene for de utgående kursene. Det beregnes 60 meter med kabel mellom styreskap og belysning.

- Ledermateriell: Cu
- Antall strømførende ledere: 6 og 2
- Isolasjonsmaterieill: PEX
- Forlegningsmetode: B2
- Krav for spenningsfall ΔU_{maks} : 6%

Ved føring av seks kabler i samme bunt fra styreskapet vil korreksjonsfaktoren i henhold til NEK 410-2 del 352 avlest i tabell 4 være $k_n = 0,57$. Korreksjonsfaktoren for temperatur leses av i tabell 6. Maksimal tillatt ledertemperatur for MPRXCX kabel er 90°C. Avlest tabell 6 ser man at korreksjonsfaktoren blir $k_t = 1,05$.

For å finne kabeltverrsnitt og vern som skal benyttes i hver lysseksjon, utføres samme metode som for strømforyningen.

Beregner først belastningsstrømmen I_b i likning 4.

Videre beregnes minste teoretiske tverrsnitt ved 3% spenningsfall i likning 6.

Nærmeste tversnitt er $1,5\text{mm}^2$ og leses deretter av i NEK 410-2 del 352 i tabell 5 for å finne avlest strømføringsevne $I_{z,avlest}$.

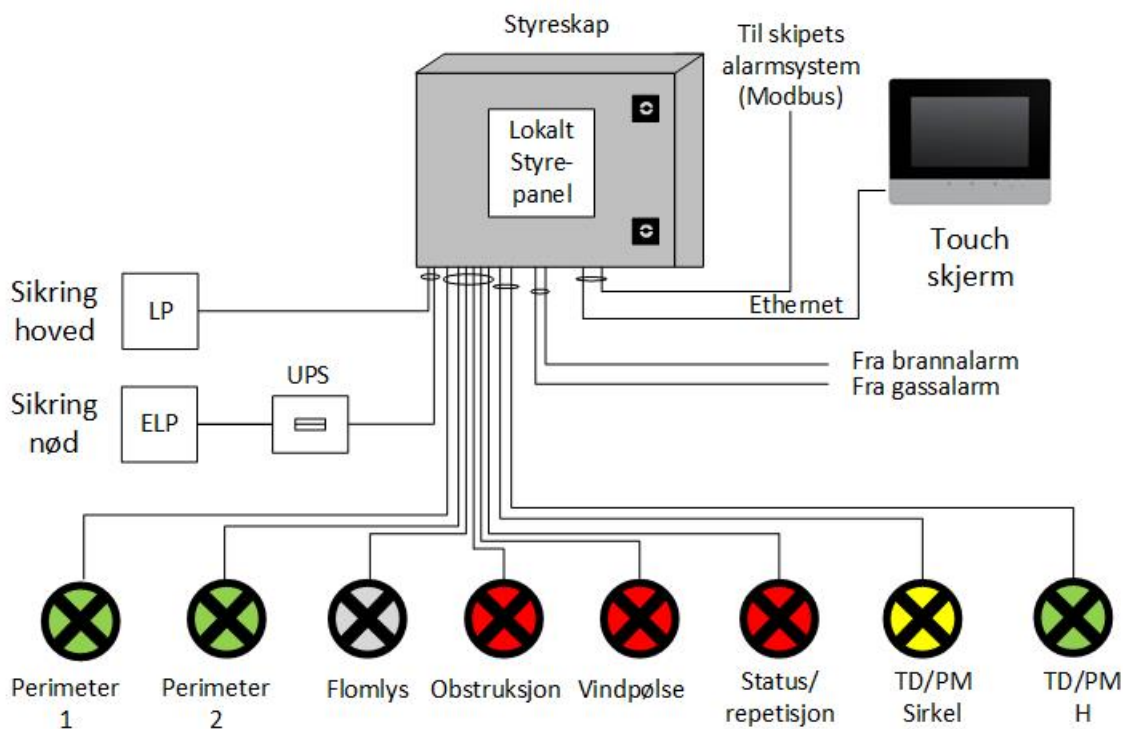
Strømføringsevnen i kabelen I_z beregnes da i likning 7.

4 RESULTATER

I dette kapittelet gjennomgås det resulterende produktet av systemet som er utviklet. Resultatene viser til de metodene som er blitt utført i forbindelse med utviklingen av systemet.

4.1 Systemoversikt

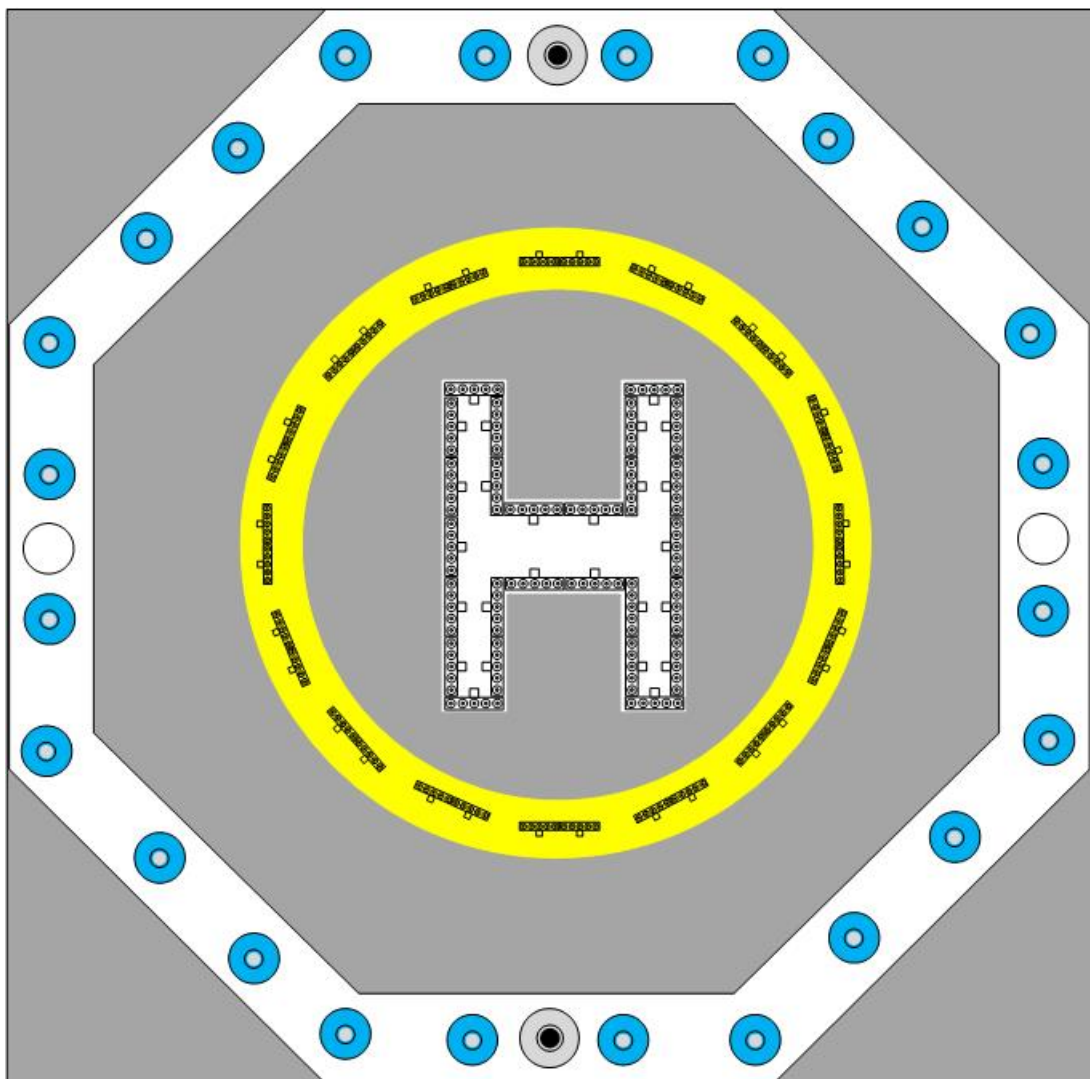
Oversikten over det komplette systemet som er utviklet vises i figur 39. Alt av utstyr og komponenter som inngår i systemet går via styreskapet. I tillegg viser figuren det kablene som ligger i samme bunt.



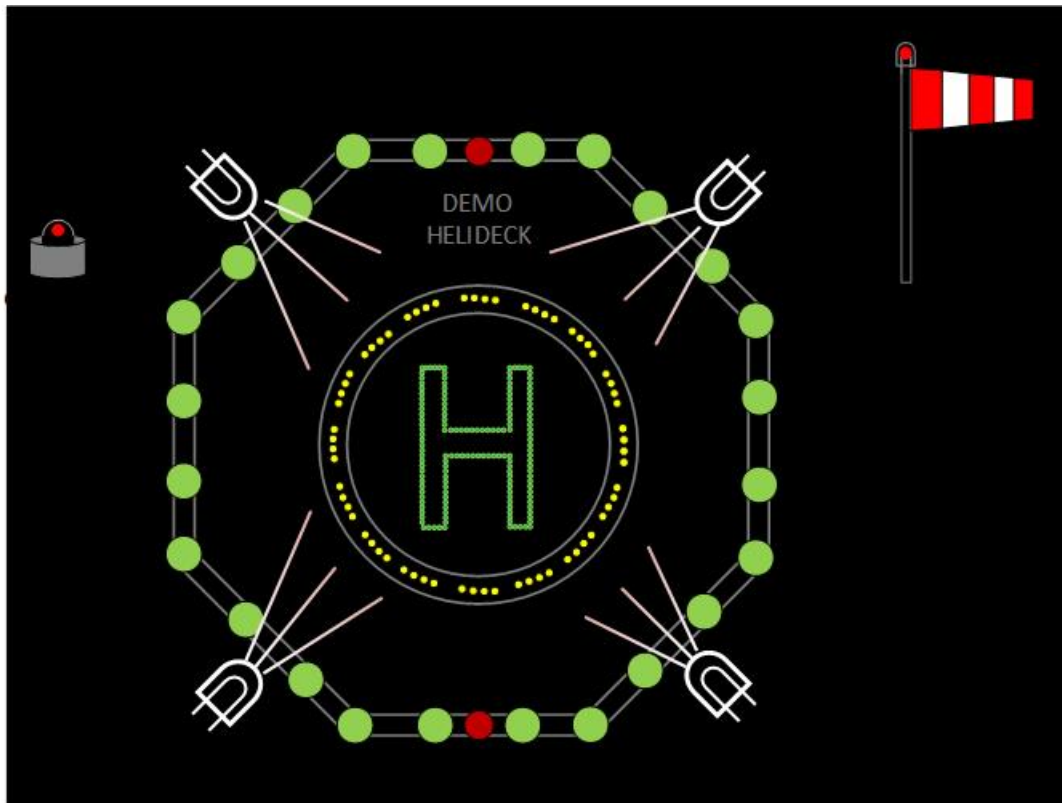
Figur 39: Oversikt over systemet.

4.2 Helikopterdekkets belysning

Belysningen monterert i den forstand at ingen kabler er synlige på helikopterdekket. Figur 40 viser hvordan helikopterdekket ser ut når belysningen er av på dagtid. Når belysning er på når det er mørkt, vil helikopterdekket lyse opp som vist på figur 41. Som nevnt i seksjon 3.1.1 avhenger antall lys størrelsen på helikopterdekket, dermed kan flere eller færre lys være monterert.



Figur 40: Helikopterdekk sett på dagtid.



Figur 41: Helikopterdekk sett på natten.

4.3 Styring av systemet

Styringen av belysningen skjer i hovedsak av styrepanelet som er lokalisert i skipets styrehus, som er skipets hovedstyrepanel. Dersom det oppstår feil i dette styrepanelet, kan helikopterdekkets belysning styres av et reservepanelet som er lokalt plassert på styreskapet.

Styringen er utviklet slik at operatør skal kunne skru av og på følgende belysning:

- Perimeterlys på styrbord side.
- Perimeterlys på babord side.
- Flombelysning på helidekket.

4.3 Styring av systemet

- Sirkelbelysning.
- H-belysning.
- Belysning på vindpølse.
- Obstruksjonslys

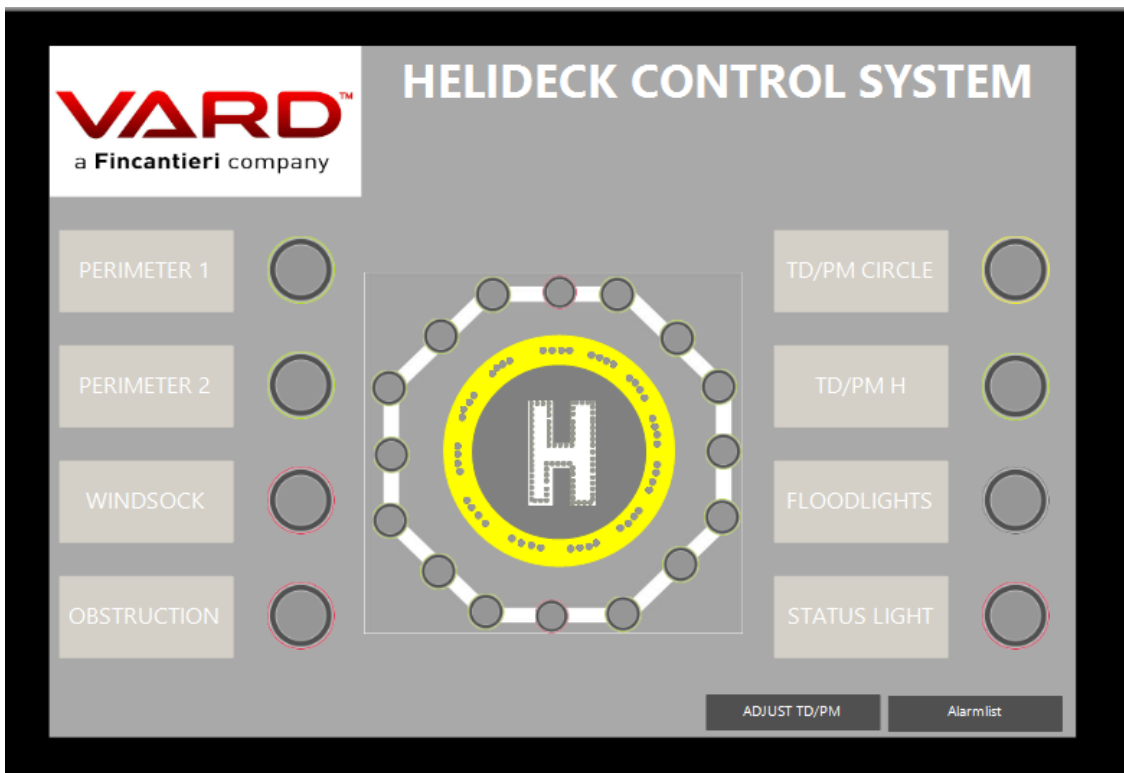
I tillegg kan lysstyrken på sirkel- og H-belysningen justeres til dobbel lysstyrke. Dette kan bare gjøres på hovedstyrepanelet.

4.3.1 Hovedstyrepanel

Hovedstyrepanelet er en grafisk fremvisning av programkoden som styrer helikopterdekkets belysning som vist i figur 42. Panelet er lokalisert i skipets styrehus, slik at radiooperatør kan styre belysningen.

Statusbelysningen er tilkoblet skipets sikkerhetssystemer, slik at belysningen automatisk skrur på ved for eksempel brannalarm. Lysstyrken på sirkel- og H-belysningen skal kunne justeres til dobbel styrke enn den lysstyrken som er gitt i datablad.

4.3 Styring av systemet

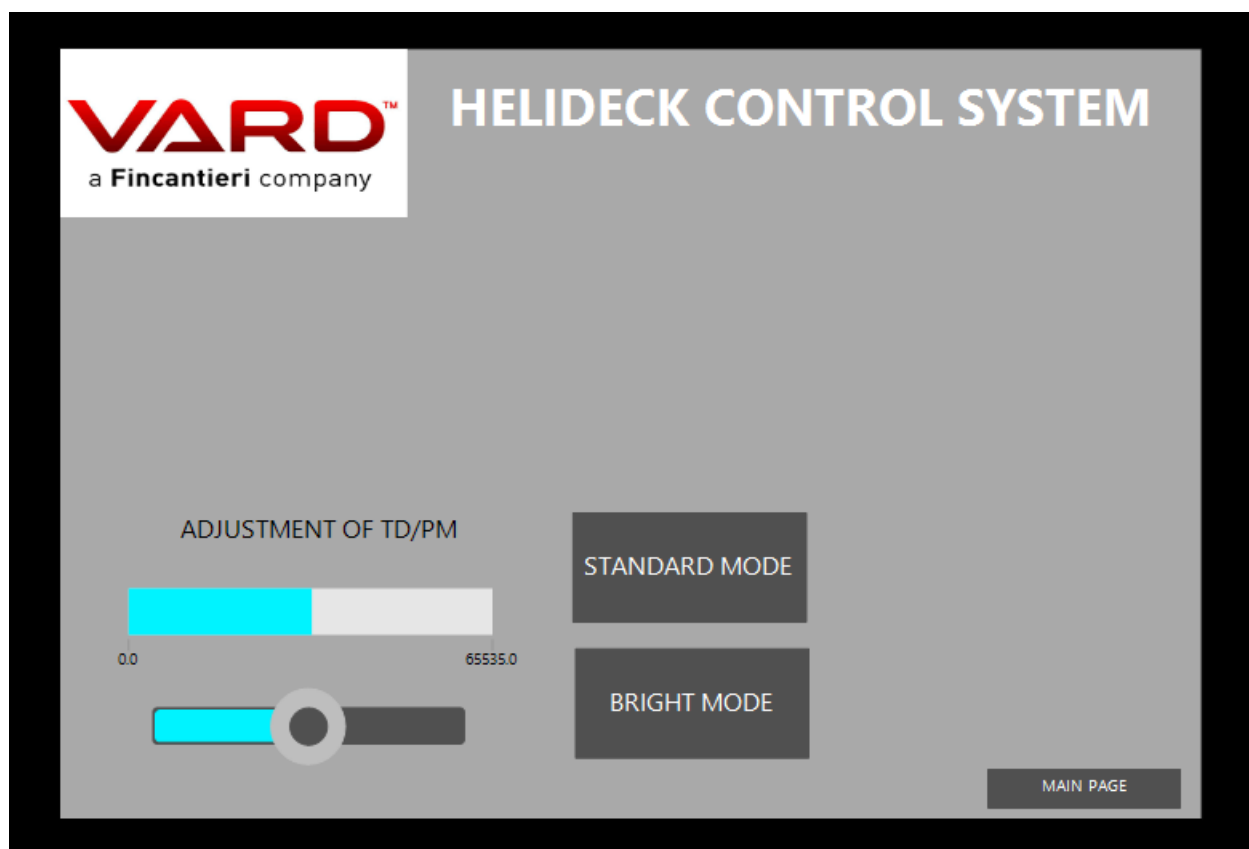


Figur 42: Hovedstyrepanel lokalisert på skipets bro.

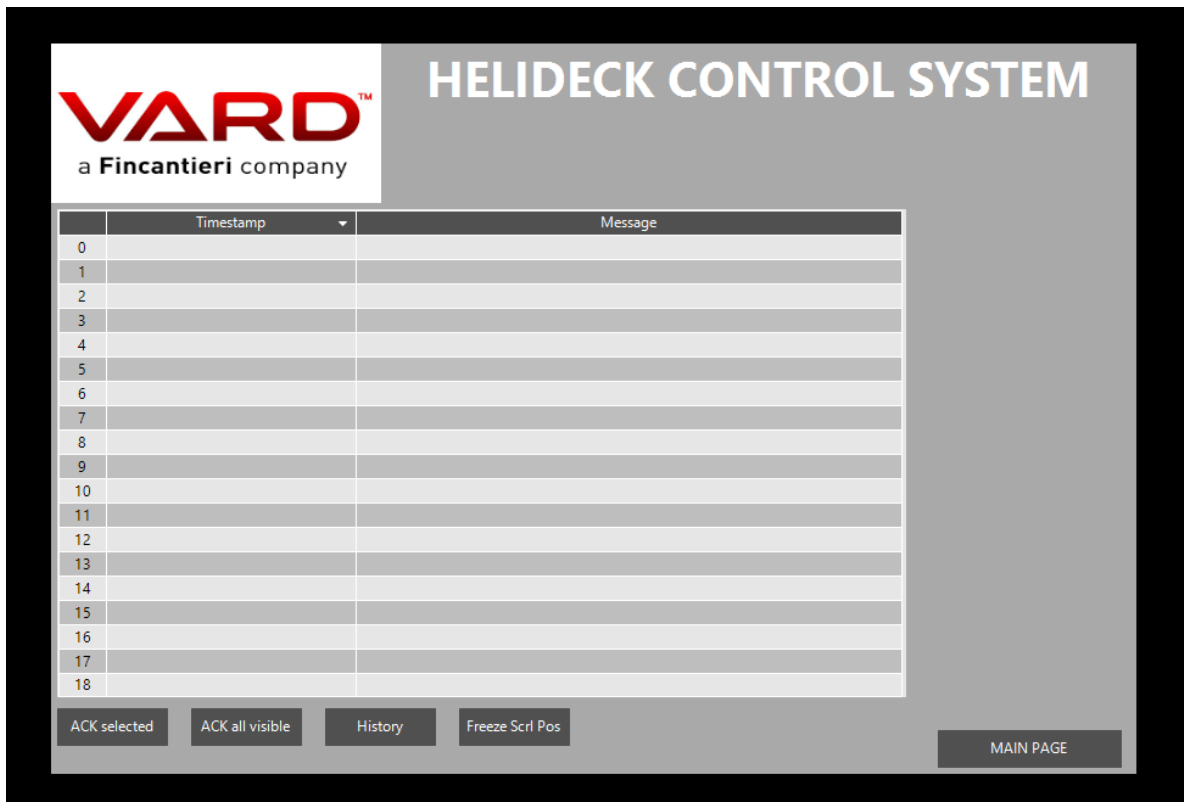
Nederst til høre på figur 42 er det en knapp som heter 'ADJUST TD/PM'. Blir denne knappen trykt på, dukker det opp et nytt vindu der lysstyrken til TD/PM belysningen justeres. Dette vises i figur 43.

I tillegg til seksjonsstyring av de forskjellige belysningene og justering av TD/PM belysning, inneholder styrepanelet også alarmvarsling ved feil, som vist i figur 44.

For å komme til dette vinduet, må 'Alarmlist'-knappen på figur 42 trykkes inn. Varslingen består av alarm i form av lyd og lys på touch panelet, samt overføring til skipets integrerte alarmsystem.



Figur 43: Justering av lysstyrken av TD/PM belysningen.

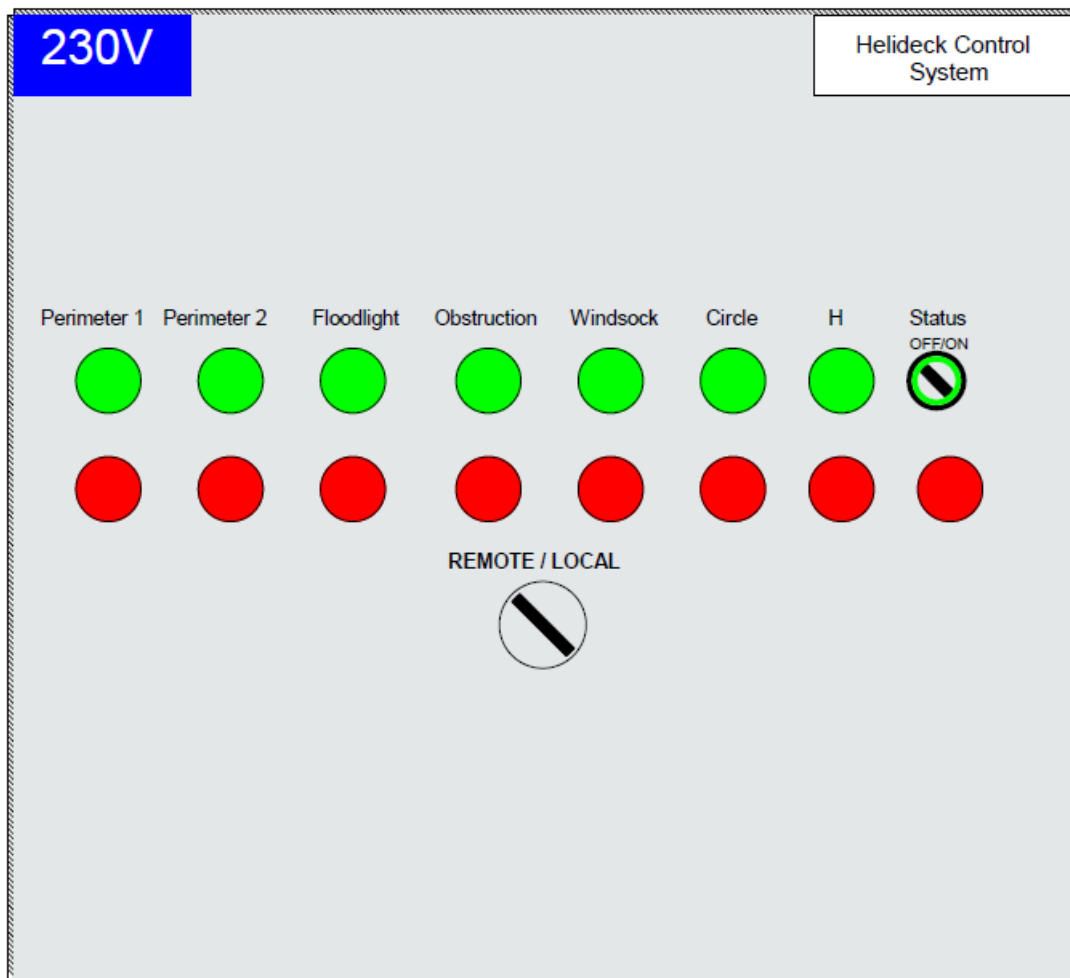


Figur 44: Alarmliste på hovestyrepanelet.

4.3.2 Reserve styrepanel

Reserve styrepanelet består av fysiske trykknapper som skal kunne skru av og på de forskjellige belysningsseksjonene. Dette er lokalisert på døren til styreskapet. På dette bryterpanelet er det montert en Local/Remote bryter som sørger for at kun et av panelene kan styre belysningen om gangen. Figur 45 viser en oversikt over reservestyrepanelet. Når bryteren står i "Lokal" har reservestyrepanelet kommandoen, mens når bryteren står i "Remote" vil hovedstyrepanelet kunne styre belysningen.

4.3 Styring av systemet



Figur 45: Lokalt styrepanel.

4.4 Prototype av systemet

I denne seksjonen vil prototypen av systemet gjennomgås. Prototypen er designet grafisk og inneholder et styrepanel og en oversikt over belysningssystemet, som illustrerer styringen av belysningen på helikopterdekket.

4.4.1 Visualisering og brukergrensesnitt

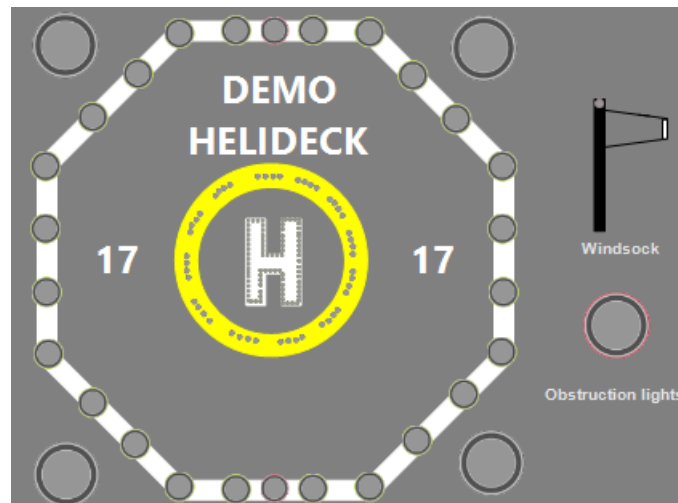
Styringen av belysningen i prototypen er identisk hovedstyrepanelet i styresystemet. Dermed vil demoen av helikopterdekket styres av panelet som er vist i figur 42 og 43. Poenget her er at prototypen har akkurat samme funksjoner som systemet.

For å komme til den andre delen av styrepanelet, må knappen "Alarmlist" trykkes på. Denne delen viser en oversikt over aktive alarmer, samt alarmhistorikk. Alarmene som har vært aktive kan fjernes fra listen ved å trykke på "Ack selected" eller "Ack all visible". Disse vises da i "History". Se figur 44.

4.4.2 Simulering av systemet

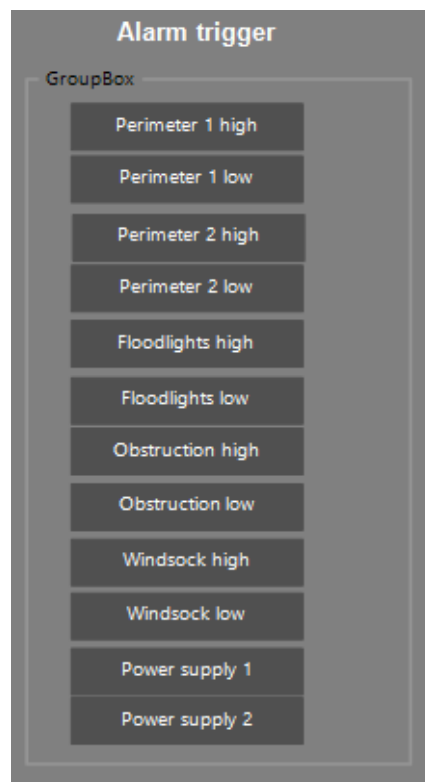
Simuleringen av systemet illustrerer hvordan belysningen på helikopterdekket styres av kontrollpanelet. Figur 46 viser hvordan prototypen av systemet ser ut i stasjonær tilstand, altså når ingen av lysene er påskrudd.

4.4 Prototype av systemet



Figur 46: Demo av helikopterdekkets belysning.

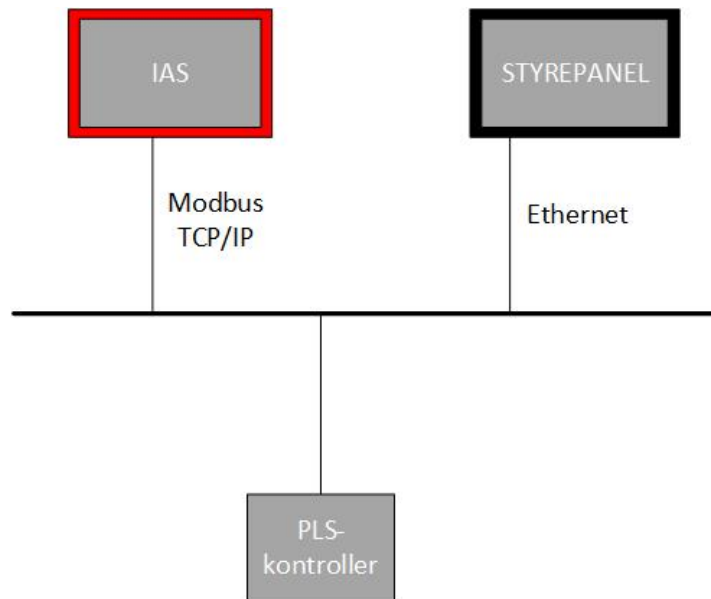
Prototypen kan simulere feil i systemet for å vise hvordan styrepanelet reagerer ved feil. Da kan knappene på figur 47 trykkes på, og gjeldende alarm vil bli aktiv.



Figur 47: Alarmtrigger i simuleringen.

4.5 Kommunikasjon mellom systemene

I denne seksjonen vises hvordan komponentene i systemet kommuniserer med hverandre. Figur 48 viser oversikten over kommunikasjonen, der IAS snakker med PLS gjennom Modbus TCP/IP, og styrepanel snakker med PLS via Ethernet.



Figur 48: Kommunikasjon mellom enheter i systemet.

4.5.1 Kommunikasjon mellom PLS og hovedstyrepanel

Kommunikasjon mellom PLSen og hovedstyrepanelet skjer gjennom ethernet. Det er satt opp et lokalt nettverk mellom enhetene slik at de er på samme nettverk. Hovedstyrepanelet er koblet til Webserveren til PLSen, som gjør at visualiseringen som er laget i PLS programmet vises på skjermen.

4.5.2 Kommunikasjon mellom PLS og skipets alarmsystem

PLSen kommuniserer med IAS gjennom Modbus TCP/IP. Slaveenheten er konfigurert i PLS programmet. Når begge enhetene er tilkoblet samme nettverk, hen-

4.5 Kommunikasjon mellom systemene

ter skipets alarmsystem status fra helikopterdekkets belysning. For hver feil som oppstår i belysningssystemet blir det sendt en alarm til skipets alarmsystem.

4.6 Strømforsyning

I denne seksjonen gjennomgås UPSens funksjon i systemet, samt resultatene ved kabelverrsnitt og vern til systemets strømforsyning.

4.6.1 UPS

Kravet i CAP 437 tilsier at en UPS skal kunne holde belastningen i minimum 30 minutter. UPSen som benyttes i systemet vil holde en last på 500 W i 41 minutter. Ettersom maksimal belastning i systemet er 346 W vil UPSen holde belastningen i noe lenger tid.

4.6.2 Dimmensjonering av kabler og vern

Tabell 8 viser en oversikt over belastningsstrømmen, spenningsfall og minste tverrsnitt for hver belyningsseksjon. Videre i tabell 9 sammenlignes belastningsstrøm, vern og kabelens strømføringsevne for hver belyningsseksjon. Resultatene viser at tverrsnitt og vern er godkjente for gjeldende krav.

Tabell 8: Beregninger for hver seksjon.

Seksjon	Belastningsstrøm I_b	Spenningsfall $\Delta U_x \%$	Laveste tverrsnitt A_{min}
Perimeter 1	0,48 A	13,8 V	0,07 mm ²
Perimeter 2	0,48 A	13,8 V	0,07 mm ²
Flomlys	0,1 A	13,8 V	0,015 mm ²
Vindpølse	0,086 A	13,8 V	0,013 mm ²
Statuslys	0,069 A	13,8 V	0,010 mm ²
Sirkel belysning	0,19 A	13,8 V	0,03 mm ²
H-belysning	0,19 A	13,8 V	0,03 mm ²

Tabell 9: Krav for dimmensjonering av vern.

Seksjon	I_b	I_n	I_z
Perimeter 1	0,48 A	6 A	11,37 A
Perimeter 2	0,48 A	6 A	11,37 A
Flomlys	0,1 A	6 A	11,37 A
Vindpølse	0,086 A	6 A	11,37 A
Statuslys	0,069 A	6 A	11,37 A
Sirkel belysning	0,19 A	6 A	15,96 A
H-belysning	0,19 A	6 A	15,96 A

4.7 Systemets materialer og kostnader

I denne seksjonen gjøres det rede for kostnadene for et komplett system når helikopterdekkets D-verdi er 17 meter, slik som i prototypen. Det er satt opp lister over utstyr og priser på utstyr fra Wago, Q-aviation og diverse leverandører til annet utstyr i systemet.

Tabell 10 viser en oversikt over utstyr og pris for materiell og utstyr som er produsert av Wago. Nederst i tabellen vises den totale kostnaden for utstyret.

Tabell 10: Materialliste for Wagokomponenter.

Produsent	Beskrivelse	Typenummer	Antall	Stykkpris	Totalpris
Wago	Strømmåler 1 A	750-493	7	2492,44 kr	17 447 kr
Wago	Strømmåler 5 A	750-494/000-001	0	2492,44 kr	0 kr
Wago	Analog utgang	750-559	1	1653,28 kr	1 653 kr
Wago	Digital inngang	750-430	2	541,52 kr	1 083 kr
Wago	Digital utgang	753-530	1	611,10 kr	611 kr
Wago	Ethernet Switch	852-111	1	1016,60 kr	1 017 kr
Wago	Jordklemme	2001-1207	4	27,57 kr	110 kr
Wago	Kontroller PFC200	750-8212	1	6856,53 kr	6 857 kr
Wago	Redundansemodul	787-885	1	2294,74 kr	2 295 kr
Wago	Relèmodul	788-312	5	109,77 kr	549 kr
Wago	Rekkeklemme	2102-5201	25	11,14 kr	279 kr
Wago	Touch panel	762-4103	1	9911,09 kr	9 911 kr
Wago	Strømforsyning	2787-2146	2	2315,74 kr	4 631 kr
Totalt					46 443 kr

4.7 Systemets materialer og kostnader

Tabell 11 viser oversikt over utstyr og pris på helikopterdekkets installasjon. Merk at pris for TD/PM- og statusbelysning er ekskludert kontroller.

Nederst i tabellen vises prisen for belysning på et helikopterdekk med D-verdi på 17 meter. I skrivende stund er valuta på euro 10,04 NOK. Dermed benyttes dette utgangspunktet i kostnadene.

Tabell 11: Materiealliste for utstyr på helikopterdekk.

Produsent	Beskrivelse	Typenummer	Antall	Stykkpris	Totalpris
Q-aviation	Floodlight	Q12RI03	4	259 €	10 401 kr
Q-aviation	Perimeter Light	Q10FM03-11R1	24	369 €	88 914 kr
Q-aviation	Obstruction Light	Q80RI03-11R1	1	299 €	3002 kr
Q-aviation	Seating Pot inset	Q18SP08-R1	28	69 €	19 397 kr
Q-aviation	Status Light	Q14RI03	1	1299 €	13 042 kr
Q-aviation	Repeater Light	Q14RR03	1	849 €	8 524 kr
Q-aviation	TD/PM system	Q64RI03-D21	1	65000 €	652 600 kr
Q-aviation	Windsock	Q23IL90-11R1	1	1899 €	19 066 kr
Totalt					814 946 kr

Tabell 12 viser en oversikt over pris på diverse utstyr. Tabellen inneholder kontrollkabinett, utstyr til lokalt styrepanel, UPS, og diverse utstyr til styreenheten. I likhet med tabellene ovenfor vises total kostnad nederst.

4.7 Systemets materialer og kostnader

Tabell 12: Materilliste for diverse utstyr.

Produsent	Beskrivelse	Typenummer	Antall	Stykkpris	Totalpris
ABB	Tidsrelè	CT-VWD.12	1	488 kr	488 kr
Finder	Dimmer, 0-10 V	15.11.8.230.0400	2	656 kr	1 312 kr
RS PRO	Slotted Din Rail	467-416	1	57 kr	57 kr
Hellermann	Slisset kanal	184-10078	2	103 kr	206 kr
Nexans	MPRXCX 3G1.5	1042316	500 m	48,53 kr/m	24 265 kr
Riello	SDH Battery 7Ah	BBSDH36-A3 13	1	3 340 kr	3 340 kr
Riello	SD Online UPS	SDH1000	1	5 615 kr	5 615 kr
Schneider	Contact block NO	ZENL1111	1	73 kr	73 kr
Schneider	Contact block NO	ZB4BZ101	1	75 kr	75 kr
Schneider	Kontrollkabinett	NSYS3D6420P	1	1296 kr	1 296 kr
Schneider	Circuit Breaker 10A	A9F07210	2	666 kr	1 332 kr
Schneider	Circuit Breaker 6A	A9F04206	8	503 kr	4 020 kr
Schneider	Push Button NO	XB4BW13B5	8	336 kr	2 690 kr
Schneider	Push Button NC	XB4BA4322	8	158 kr	1 264 kr
Schneider	Selector Switch	ZB4BD2	1	117 kr	117 kr
Totalt					46 150 kr

Systemets sammenlagte kostnader i tabell 10, 11 og 12 vises i tabell 13. Her synes den totale kostnaden for belysningen og utstyr til styresystemet og installasjon.

Tabell 13: Systemets totale kostnad.

Leverandør	Pris [NOK]
Diverse	46 150
Q-aviation	814 946
Wago	46 443
Totalt samlet kostnad	907 539

5 DRØFTING

I dette kapitlet vurderer gruppen de metodene og resultatene som er utført i prosjektet. Drøftingen tar for seg løsningene på de problemstillingene som oppgaven dreier seg om, samt læringskurven til gruppe medlemmene. I tillegg sammenlignes kostnadene for dette systemet med de prisene som er på markedet.

Dette prosjektet er basert på oppgavebeskrivelse fra Vard Electro. Oppgavens omfang og begrensninger ble diskutert sammen med veiledere og kontaktperson i Vard. Oppgavebeskrivelsen satte krav til systemets komponenter og funksjoner.

Et av kravene var at systemet skulle følges av krav og regler i standarden CAP 437 utgitt i desember 2016. Denne standarden ble oppdatert i september 2018, som satte nye krav til helikoterdekkets sirkel- og H-belysning. I tillegg ble krav om status repetisjonsbelysning for overvåkingssystem av helikopterdekkets bevegelse tredd i kraft april 2021.

Strategien for å oppnå det resultatet gruppen ønsket var å finne installasjonsmetoder for belysninger før styresystemet ble utviklet. På grunn av mangel av produktinformasjon måtte prosjektplanen endres underveis.

5.1 Vurdering av prosjektet

I denne delen drøftes prosjektarbeidet som er utført av gruppen. Her diskuteres og vurderes hvordan oppgaven har utviklet seg og hvordan prosjektplanen har endret seg gjennom prosjektperioden.

5.1.1 Gjennomføring iht. prosjektplan

Gjennom prosjektet har gruppen gjort nødvendige endringer som avviker fra den opprinnelige prosjektplanen. Disse endringene er utført på grunn av uforutsette hendelser.

En av de første oppgavene i prosjektet var å finne ut hvilke leverandører som skulle benyttes. Gruppen fikk tidlig en oversikt over de produktene som er tilgjengelig på markedet, og sendte forespørsel til alle de aktuelle leverandørene. Det viste seg at svært få ville utgi både informasjon og pris på sine produkter, ettersom gruppen ikke ble sett på som potensielle kunder.

I prosessen videre arbeidet gruppen med å opprette dialog med leverandørene. Dette førte til at gruppen fikk tilgang til produktinformasjon og priser med to forskjellige leverandører. Denne prosessen var uforutsett, og forårsaket tidsbrudd og forsinkelser i prosjektplanen. Løsningen gruppen kom frem til var å fortsette med å arbeide i forhold til prosjektplanen, mens denne delen ble forskyvet til nok informasjon var innhentet.

I dette prosjektet ble det utviklet en grafisk prototype av systemet. Opprinnelig var planen å koble opp en fysisk modell som inneholdt styreenhet, eksternt og lokalt styrepanel, samt belysning. I forprosjektet ble det planlagt en reserveløsning på grunnlag av pandemisituasjonen. Reserveløsningen for prototypen var en komplett grafisk simulering av systemet.

5.2 Vurdering av metode og resultater

Systemet kan deles inn i to deler, hvor den ene omhandler utstyr og installasjon, og den andre omhandler belysningens styresystem. I denne seksjonen drøftes utstyr, systemets styring og prototypens resultater, samt sammenligning av produkter på markedet.

5.2.1 Utstyr og installasjon

Før leverandør for belysning ble valgt, sammenlignet gruppen to leverandører både på produkt, løsninger og pris. Selv om det kun var et av produktene til Q-aviation som har innfelt løsning, var dette den mest fleksible leverandøren til våre løsninger.

CAP 437 setter krav til at belysningen blir sett fra alle vinkler. Dette medfører at en komplett skjult løsning er umulig. De løsningene gruppen har valgt for installasjon av produktet sørger for minimal påvirkning av skipets ytre design, uten at det avviker fra gjeldende krav og regler. De visuelle påvirkningene dette belysningssystemet har, er uunngåelig dersom gjeldende krav og regler skal følges.

Helikopterdekkets belysning og styresystem har strømforsyning fra skipets hoved- og nødtavle, samt UPS. En aktuell løsning for installasjon av UPS var at de eksterne batteriene kunne plasseres i kontrollkabinettet. Dette ville vært en billigere løsning enn den gruppen valgte. UPS enheten er plassert i et stativ med batteripakke slik at det enklere kan utvides dersom annet utstyr til helikopterdekket skal tilføres med uavbrutt strømforsyning. I tillegg vil eksterne batterier i kontroll kabinettet ta opp unødvendig plass.

5.2.2 Styresystem og prototype

Oppgaven gruppen fikk utdelt fra Vard Electro inneholdt spesifikke krav til både styresystemet og foretrekte komponenter som skulle benyttes. På grunnlag av dette benyttet gruppen i hovedsak komponenter fra Wago i styresystemet. I tillegg er systemet programmert i Wago's programvare elcockpit.

Styresystemet gruppen har utviklet i dette prosjektet inneholder komplett styring av helikopterdekkbelysning. Systemet er i henhold til gjeldende krav og regler. Både det lokale og distribuerte styrepanelet er brukervennlig. Programkoden ble skrevet i Strukturert Tekst, og er kommentert slik at de som leser koden kan forstå

5.2 Vurdering av metode og resultater

hva som er blitt gjort.

Den grafiske løsningen av prototypen er oversiktlig og viser alle funksjonene i styresystemet. Prototypen inneholder alle kravene som ble representert i oppgavebeskrivelsen. I tillegg er det satt inn funksjoner som samsvarer med nyeste versjon av kravene i CAP 437.

Ulempen med at reserveløsningen ble utført, var at gruppen ikke hadde tilgjengelig nødvendig utstyr for testing av systemet. På grunn av dette kan ikke gruppen vise til resultater for fysisk reaksjon av styresystemet. Før systemet kan implementeres på aktuelle skip, må styresystemet testes.

Prosjektrapporten inneholder funksjonsbeskrivelse, installasjonsguide og programkode, noe som gjør det mulig å gjenopprette systemet. I tillegg er det vedlagt en forretningsplan som forteller hva som skal til for å investere i systemet.

5.2.3 Sammenligning med nåværende marked

Dette systemet inneholder både belysning og styresystem i likhet med konkurrentene på markedet. Konkurrentenes produkter har i utgangspunktet løsninger for at belysning monteres direkte på dekket, mens kablene ligger i synlige kabelgater eller direkte på dekket.

Ved installasjon på luksuriøse fartøy foretrekkes det å montere utstyr så skjult så mulig for å unngå visuelle avvik. Dette lar seg gjøre med konkurrentenes produkter, men kan medføre ekstra planlegging for tilrettelegging og dyre tilleggskostnader.

Systemet i denne rapporten er spesielt utviklet for luksuriøse skip, som gjør at dyre tilleggskostnader unngås. Ut ifra den informasjonen gruppen har innhentet, er det ganske stor forskjell på markedsprisene og produkter på markedet.

Kostnadene for dette systemet er omtrent 910 000 kr. Det innebærer komplett belysning, styresystem og strømforsyning til et helikopterdekk med D-verdi på 17

5.3 Prosjektgruppens læringskurve

meter. Sammenlignet med en av konkurrentene gruppen har fått pris fra, er prisen deres for tilsvarende belysning, pluss et manuelt betjent styrepanel, omtrent 50 000 kr mindre enn kostnadene i dette systemet.

Sammenlignet med den andre konkurrenten gruppen har hentet informasjon fra, er prisen deres for belysning og styresystem omtrent 1 400 000 kr samlet. Dette er ekskludert strømforsyning og tilleggs kostnader for skjulte løsninger.

For at systemet skal skal kunne selges på markedet, er det viktig med investering og avkastning. Da er det viktig å sørge for at produktet markedsføres. I tillegg er god oppfølging og serviceavtaler viktig for å holde relasjoner med kundene.

På grunnlag av dette, inneholder vedlegg A en forretningsplan som estimerer kostnader for markedsføring, serviceavtaler og andre tilleggs kostnader. Dette gjøres for å tilnærme en pris som vil gi avkastning på investeringskostnadene.

5.3 Prosjektgruppens læringskurve

Emnet Industrielle styresystemer som gruppemedlemmene gjennomførte høsten 2019, omfattet programmering av PLS. Dette emnet var basert på Wago PLSer som ble programmert i e!cockpit. Dermed var programvaren kjent for studentene. Likevell har studentene støtt på problemstillinger som var ukjente for begge, og fått godt læringsutbytte av prosjektet.

Gruppemedlemmene har som kjent fagbrev som skipselektriker, og er kjent med innkjøp av deler innen elektro og automasjon. I dette prosjektet har gruppen stått for prosjektering av et nytt system, og dermed lært å vurdere hvilke utstyr som eger seg best til hvilket formål. Dette ser gruppen på som svært lærerik og relevant erfaring å ta med seg videre.

Egenskaper som anses som fordelaktige ved kombinert fagbrev og ingeniørutdanning er teknisk forståelse når et system skal prosjekteres. En viktig del av prosjektet var å

finne nye og egne metoder for installasjon av belysningen. Denne prosjekteringen, kombinert med tidligere erfaringer, har gitt gruppe medlemmene større innblikk i hvilke muligheter og løsninger som gir best resultat ut ifra hva som er praktisk og teoretisk mulig.

5.4 Videre arbeid

Ut ifra det som er diskutert i drøftingen, er det viktigste for videre arbeid i prosjektet å funksjonsteste systemet. Vanligvis vil det oppstå feil eller mangler under prosjekteringen. Dette må da forbedres dersom det er behov. I tillegg mangler det lokale styrepanelet justering av lysstyrken til TD/PM belysningen og alarmindikasjon. Dersom det er ønskelig av kunde kan det settes opp.

Styresystemets visualisering er ikke tilpasset systemets distribuerte styrepanel, som følge av at systemet ikke er testet. Dersom dimensjonene ikke er helt korrekte, må det justeres og flyttes på.

6 KONKLUSJON

I dette kapittelet presenteres de viktigste resultatene i prosjektet sammen med de erfaringene som er opparbeidet i prosessen. Ut i fra de metodene som er benyttet skal det konkluderes om systemet ble utviklet i henhold til oppgavebeskrivelsen.

6.1 Utstyr og installasjon

Helikopterdekkets belyningsutstyr er levert av Q-aviation. Perimeterbelysningen og statuslysene monteres innfelt i helikopterdekket. Hver modul på TD/PM sirkel- og h-belysningen festes direkte på helikopterdekket, mens koblingsboksene legges innfelt.

Kablene til belysningen føres i rør under helikopterdekket, som legges mellom hver koblingsboks på tilhørende seksjon. Disse installasjonsmetodene sørger for at helikopterdekket er fritt fra kabler. For at oppsettet av belysningen gir minst mulig påvirkning på skipets ytre design, kan rammene på hvert lys lakkes i ønsket farge.

6.2 Styresystem

Styresystemet inneholder en styreenhet og to styrepaneler. Disse styrepanelene består av styring til all helikopterbelysning som følges av CAP 437. Hovedstyrepanelet inneholder alarmindikasjon ved feil på systemet, som også overfører alarm til skipets alarmsystem. I tillegg kan lysstyrken på TD/PM-belysningen justeres på dette panelet, som følge av krav fra CAP 437.

Styresystemet har redundans både i strømforsyning og styring. Det lokale styrepanelet er laget for å sikre at belysningen fortsatt kan styres dersom feil oppstår på hovedpanelet. Styreenheten er koblet til hoved- og nødstrømforsyningstavlen, og i tillegg UPS. Dette sørger for uavbrudsfri strømforsyning i 41 minutter dersom

både hoved- og nødstrømmen skal svikte.

6.3 Prototype

Prototypen er en grafisk fremvisning av styresystemets funksjoner. Denne viser hvordan hovedstyrepanelet styrer belysningen på helikopterdekket, og hva som skjer dersom det oppstår feil på systemet. Systemets prototype inneholder de funksjonalitetene som ble krevet av oppgavebeskrivelsen.

6.4 Kostnader og pris

I drøftingen ble kostnadene for systemet sammenlignet med de prisene som er på markedet. På grunnlag av dette, og tilleggskostnadene som vises i forretningsplanen i vedlegg A, settes det en estimert pris på rundt 1 250 000 kr. Prisen avhenger da av hvor mye lys helikopterdekket trenger, og om kunden ønsker lakkering av lysene. Dette gir en tilnærmet gevinst på 210 000 kr per levert system.

VEDLEGG

Vedleggene viser funksjonsbeskrivelse, installasjonsguide og vedlikeholdsplan, samt en forretningsplan på engelsk. I tillegg er programkode som er utført i e!cockpit lagt som vedlegg. Det er også vedlagt teknisk dokumentasjon som inneholder skjema- og arrangementstegninger. Disse er utført i PCShematic skoleversjon, og skal ikke benyttes til kommersiell bruk.

A Business plan

Vard Electro is one of the major global design and shipbuilders of specialized vessels. In cooperation with engineering students from NTNU, Vard has designed a lighting and control system for Helideck on modern vessels. This business plan describes how Vard is going to invest in this product.

A.1 Business idea

The main purpose of helideck lighting is to help the helicopter pilot to operate in all lighting conditions. Usually, it is adequate to install the equipment directly on the deck surface. Therefore, most solutions on the market is based on this.

For luxury vessels, such as cruise and yachts, it is preferable to install the equipment as hidden as possible, to avoid visible remarks on the ship design. Implementing flushmounted solutions for the equipment delivered by common suppliers constitutes large costs.

Vard has therefore designed own solutions for installation of helideck equipment, and associated control system as well. This system is specially designed for luxury vessels, and are competitive in price.

Vard Electro offers in this product, as far as possible, hidden solutions for helideck equipment. The system is modern, reliable and redundant, and designed in compliance with the current rules and regulations. One of the advantages to deliver both the system and installation of the system, is that it is easy and reasonable to deliver customer spesific soulutions.

The system is designed in cooperation between Vard Electro and engineering students from NTNU. The students have a background as ship electricians, and has a passion for design and installation of electrical systems in vessels. Vard Electro delivers high quality products and installations, and focus on customers feedback.

A.2 Product

The following products is delivered in the system.

- Lighting equipment from Q-aviation.
- Complete Control System.
- Complete installation of the system.

A.3 Markets

This system is specially designed for luxury vessels such as cruise and yachts. The helideck lighting and control system is designed in compliance with the rules and regulations in CAP 437, and should be followed by all moving helidecks. This standard applies to landing areas for british registered helicopters.

A.4 Competitors

There are several suppliers for helideck equipment, which is in compliance with the regulations in CAP 437. Most suppliers are delivering customer spesific solutions, and great solutions for upgrading of an allready installed helideck. These solutions is mainly intended for offshore installations and vessels.

Installing helideck lighitng equipment on cruise and yachts, requires several changes in the ordinary installation method, which follows limited solutions and large costs. Vard Electros helideck lighting and control system is specifically intended for these kind of vessels. This means that the installation method for our system is integrated in the price.

A.5 Purchase criteria

Following products is included in the purchase:

1. Complete lighting and control system for moving helidecks.
2. Installation of lighting and control system, and additional equipment.
3. Customer specific solutions.
4. Troubleshooting and service.
5. Competitive prices.
6. Attachments and references.

A.6 Competence

- Design.
- Shipbuilding and installation.
- Electrical systems.
- Engineering.
- Service and repair.
- Standards and regulations.

A.7 Technology

- Software.
- Control System.
- Communication.

A.8 Collaborators

- Q-aviation.
- Wago.
- Anda-Olsen.

A.9 Critical success factors

- FSE and HSEQ.
- Documentation.
- Cooperation and support from suppliers.
- Marketing.

A.10 Actions

To reach success Vard Electro needs to:

- Maintain relationship with current and past customers.
- Acquire more customers.

The following actions for marketing the product will contribute with success:

- Marketing on Vards official website.
- Advertising via social media.
- Participating at seminar.

A.11 Costs

Following items shows the estimated costs for each delivered system. This includes equipment, installation and service.

1. Control System:

- Equipment: Approx. 50 000 NOK.

2. Installation:

- Equipment: Approx. 50 000 NOK.
- Installation/Service: Approx 40 000 NOK.

3. Lighting:

- Approx. 850 000 NOK (Depends on the size of the helideck).

4. Painting:

- Approx. 50 000 NOK per system.

5. Total:

- Approx. 1 040 000 NOK.

In addition, costs for marketing is vital. These costs are not additional for each system, but divided on the total amount of sold systems.

- Marketing:

- Approx. 20 000 NOK for marketing expertise
- Approx. 20 000 NOK for participating on seminar

- Total:

- Approx. 40 000 NOK per system

A.12 System price

The cost per system is estimated to approximately 1 040 000 NOK. This includes equipment, installation, service and painting. In addition, 40 000 NOK for marketing, but this is not included when return of investment is calculated. Compared to other suppliers, Vard Electro will be lower in price. To invest in our system we will therefore sell our complete system for approx:

- Price: 1 250 000 NOK

This price makes Vard Electro earn 210 000 NOK per system. The price is dependent on how many lights should be mounted on the helideck, and whether the lights shall be painted as well.

A.13 Return of investment (ROI)

The return of the investment shows the profit per system Vard Electro earns for every complete system that is sold, excluded the costs for marketing.

$$Earn = Value - Cost$$

$$ROI = \frac{Earn}{Cost} = \frac{(1250000 - 1040000)NOK}{1040000NOK} = 0.2019 \quad (8)$$

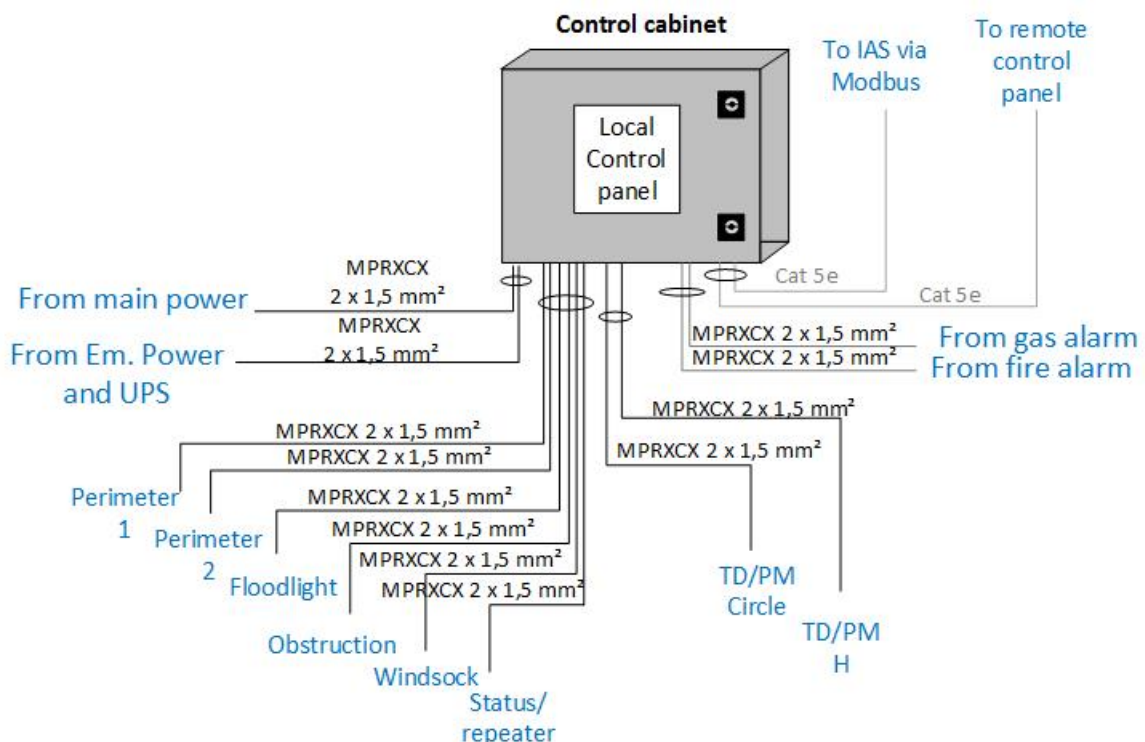
The return of investment is approximately 20,19 % per system.

B Function Description

This system is a complete system for helideck lighting control. This includes power source, control unit, local and remote control panel, and installation of the lighting equipment as well. Figure 49 is an overview of the equipment that is connected to the control unit.

The main component in the control system is the PLC, which allows section control of the lighting, automatic start-up of the status light system and adjustment of the brightness on the TD/PM lighting. The control unit is based on components from Wago.

The complete system has full power redundancy, with supply from both main and emergency switchboard, included an online UPS which allows back up power for full load in 41 minutes.



Figur 49: System overview.

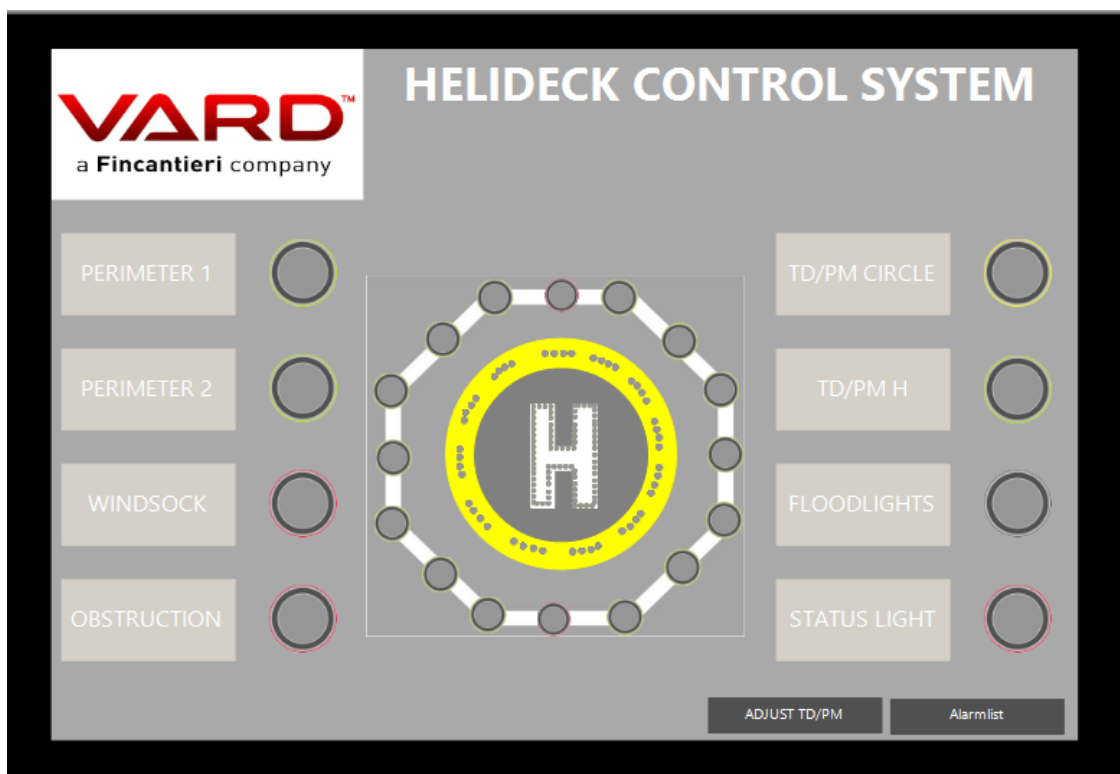
B.1 Control system

The control system consist of following equipment:

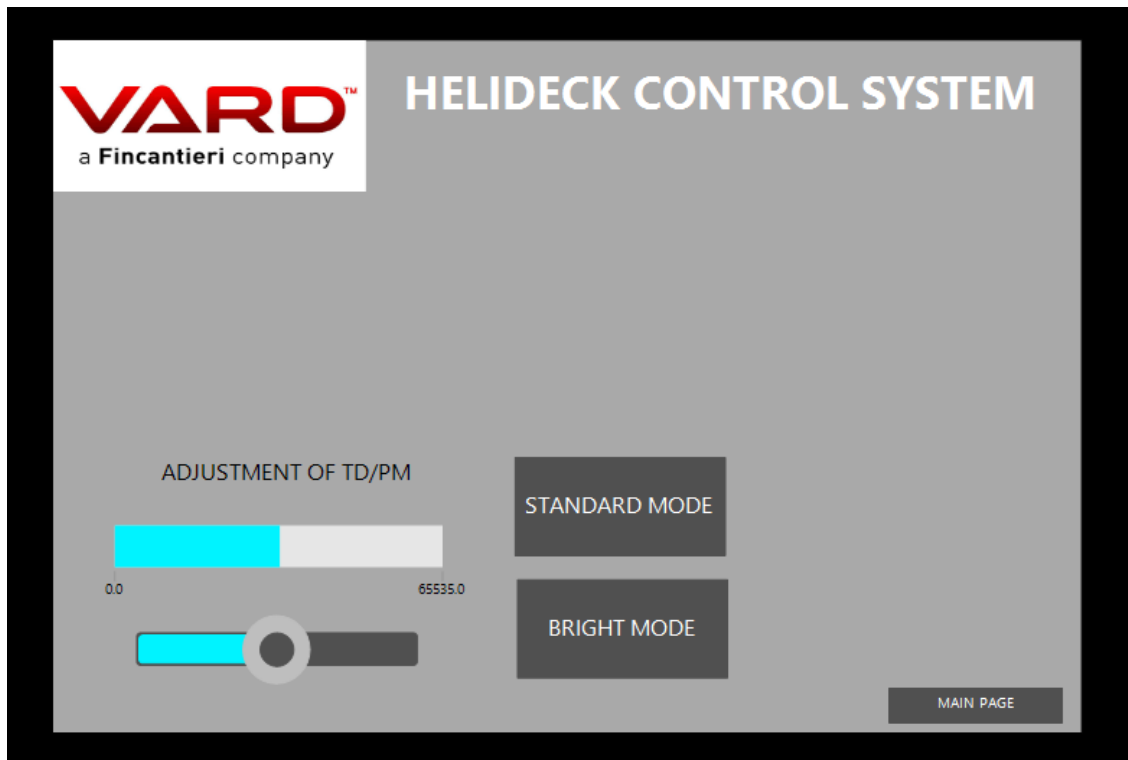
- Control unit
- Local Control panel
- Remote Control panel

The control unit is based on components from Wago. The system is powered from both main and emergency switchboard, included a UPS, to accomplish redundancy in the system. Therefore the PLC are supplied with 24 VDC from two power supplies and a redundancy module.

The control system consist of two control panels. The system allows control of the lighting sections on the ships helideck. The remote control panel is the main panel located in the wheelhouse on the ship. This control panel is a Wago touch screen connected to Wago Web Server, which allows Webvisualization. Se figure 50 and 51.



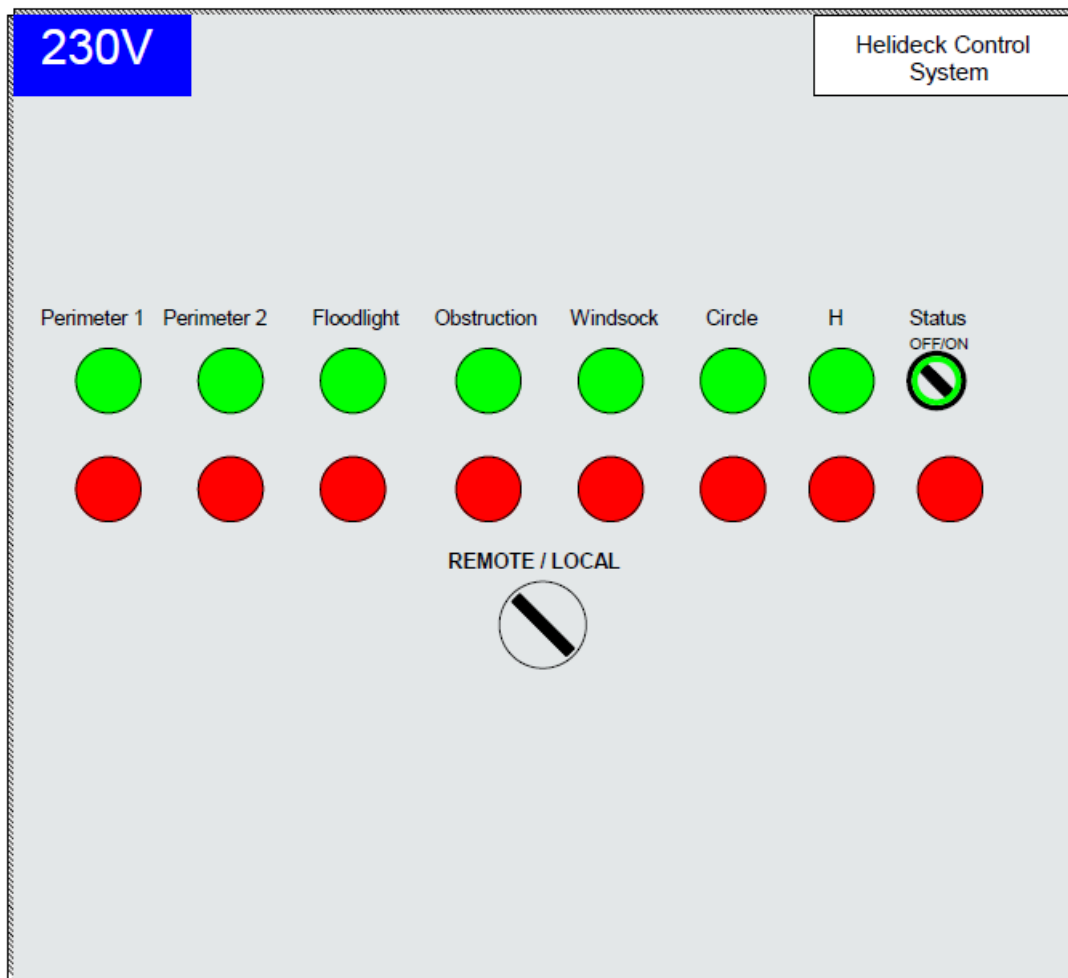
Figur 50: Remote control panel, page 1.



Figur 51: Remote control panel, page 2.

The local control panel is the emergency control panel located on the control unit in technical room. This control panel consist of physical buttons for section control of the lighting. See figure 52.

The PLC is programmed in Wagos software e!cockpit, and performs section control of the helideck lighting, automatic start-up of status lights, and adjustable brightness on the TD/PM lighting.



Figur 52: Local control panel.

B.2 Section Control

The control panel operates the lighting system in following sections.

Section	Main function	Addition
Perimeter 1	On/Off	
Perimeter 2	On/Off	
Floodlights	On/Off	
Windsock	On/Off	
Obstruction Lights	On/Off	
TD/PM H-light	On/Off	Dim light
TD/PM Circle light	On/Off	Dim light
Status light	On/Off	Automatic start-up of flashing light
Spare		

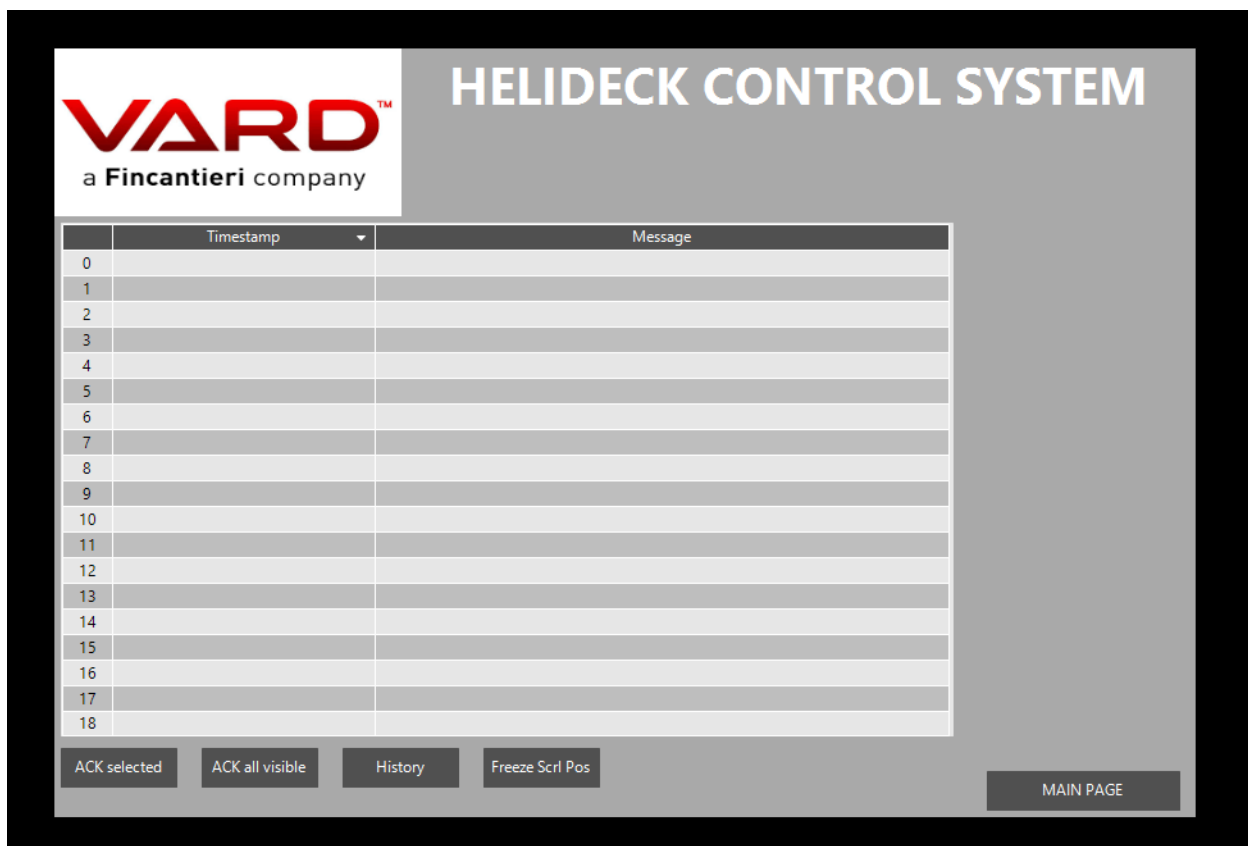
Tabell 14: Overview of the functions for the control system.

B.3 Broken cable detection

The control system monitors the current floating in the circuit to detect a broken cable or light bulb. The 3-phase current module *Wago 750-493* and *Wago 750-494/000-001* measures the current in the circuit, and make sure the current is inside its normal range. If the current rise/drops above or below the limit, the PLC is programmed to give alarm.

B.4 Alarm list

When an alarm becomes active, the "Alarmlist" button on the remote control panel becomes red. The third page of this panel consist of an alarmlist. This list gives an overview of the active alarms, and can show the alarm history as well. See figure 53. To acknowledge the alarm when the alarm is not active anymore, select the alarm and press "Ack selected" or "Ack all". Click on "History" to check the alarm log.



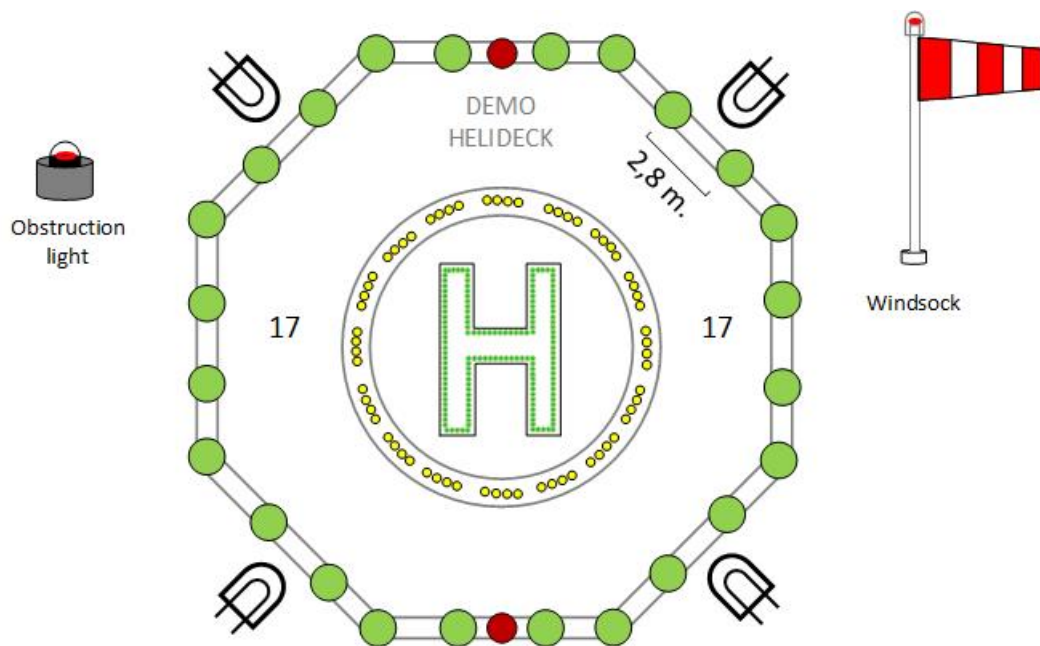
Figur 53: Remote control panel, page 3.

B.5 Transfer status

The control system communicates with the ship alarm system through Modbus TCP/IP. This allows the control system to transfer the status on the helideck lighting to the ship alarm system. If a failure appears, there will be a "Common alarm" on the ship alarm system.

B.6 Lighting system

The helideck lighting are in compliance with CAP 437 Edition 8 Amendment. The lighting provides safe operations for pilots during night. This system is specially designed for cruise and yachts, where the visual aspects of the electrical installation has high priority. Figure 54 shows an overview of the equipment installed on the helideck.



Figur 54: Overview of the equipment on the helideck.

B.7 Helideck Monitoring System (HMS) Installation guide

From the 1st of april 2021, the requirements in CAP437 for HMS is upgraded. This includes four status and repeater lights on the helideck. The system has therefore integrated two more floushmounted pots for future installation on the helideck.

C Installation Guide

The helideck lighting and control system are designed in compliance with CAP 437 Edition 8 Amendment. The lighting provides safe operations for pilots during night. This system is specially designed for cruise and yachts, where the visual aspects of the electrical installation has high priority.

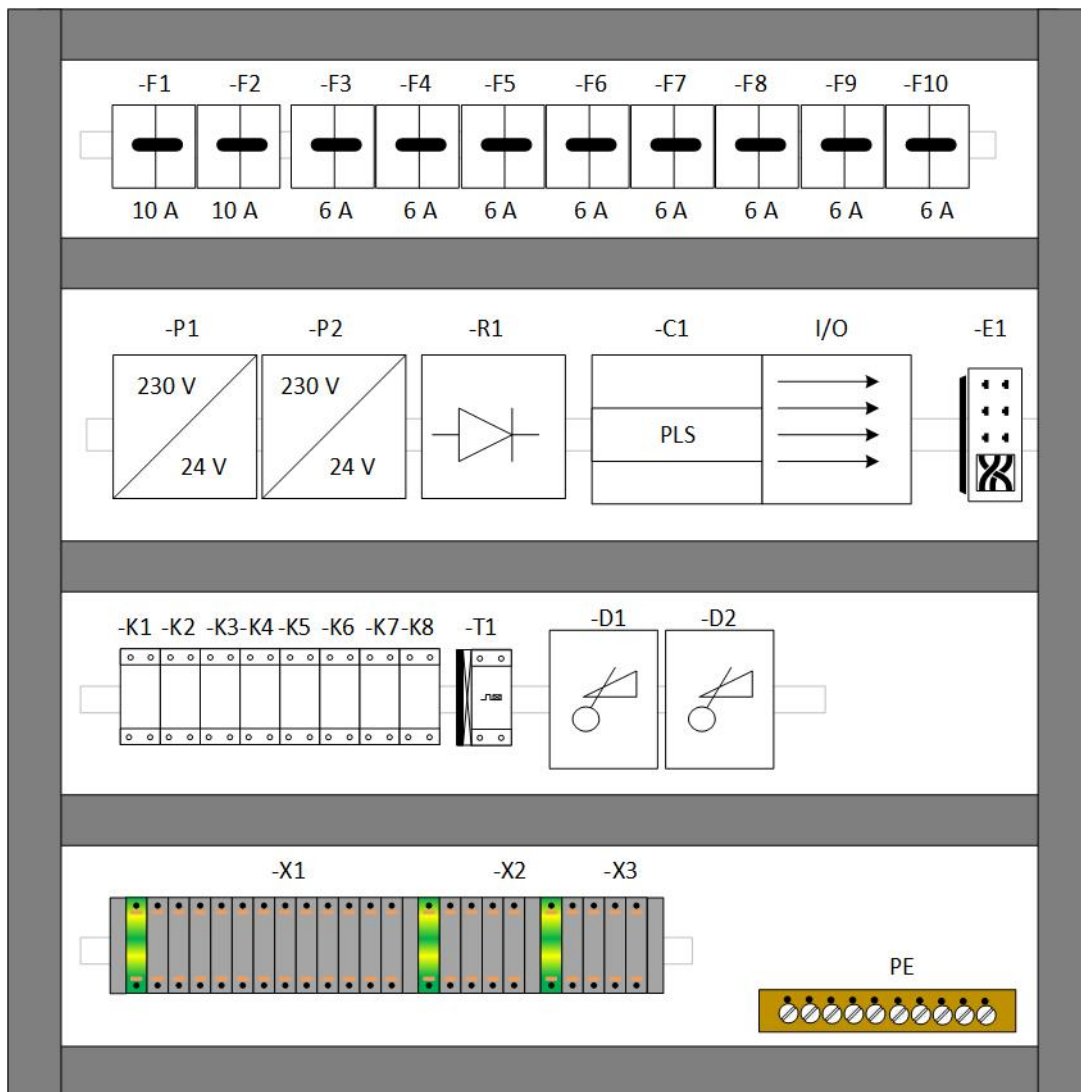
This guide is an instruction of installation of the control unit and lighting equipment. The technical documentation is attached in appendix F. The PLC-program is programmed in Wago e!cockpit, and is commented to help the reader understand the code. The code is attached in appendix E.

C.1 Control cabinet

The control cabinet is the systems "brain". All of the components for controlling the helideck lighting is mounted in this cabinet. The control cabinet is placed on a technical room near the helideck.

The control cabinet consists mainly of components from Wago. The equipment and materials is mounted on DIN-rails in the control cabinet.

The technical documentation is available in appendix F.



Figur 55: Arrangement drawing of control unit.

C.2 Terminal blocks

The terminals is mounted for the wires and cables that goes in and out from the cabinet. It is mounted three sets of terminal blocks.

C.3 Fuses

The fuses -F1 and -F2 is 10 A fuses for the main and emergency power. Eight 6 A fuses is mounted for each circuit. These are connected to relays that gets activated by the control circuit.

C.4 Power supply

The system consist of two power supplies. One from main power, and one from emergency power. To keep the power sources undependent, they are connected to the PLC through a redundancy module.

C.5 Inputs

It is mounted a 8-channel digital input module for the PLS. The input gets signal from each power supply module, and as well the fire alarm system and gas alarm system.

C.6 Outputs

One 8-channel digital output is mounted. Each output is connected to one relay module, who can activate the lighting sections.

It is also mounted a 4-channel analog output which is connected to two dimmer switches. The dimmer gets a signal between 0 and 10 VDC, and controls the TD/PM lighting.

C.7 Power measuring module

The system detects broken cable or light bulb in each circuit. This is done by measuring the current. The cable is connected between phase and N. The alarm limits has to be configured in Wago IO Check.

C.8 Software

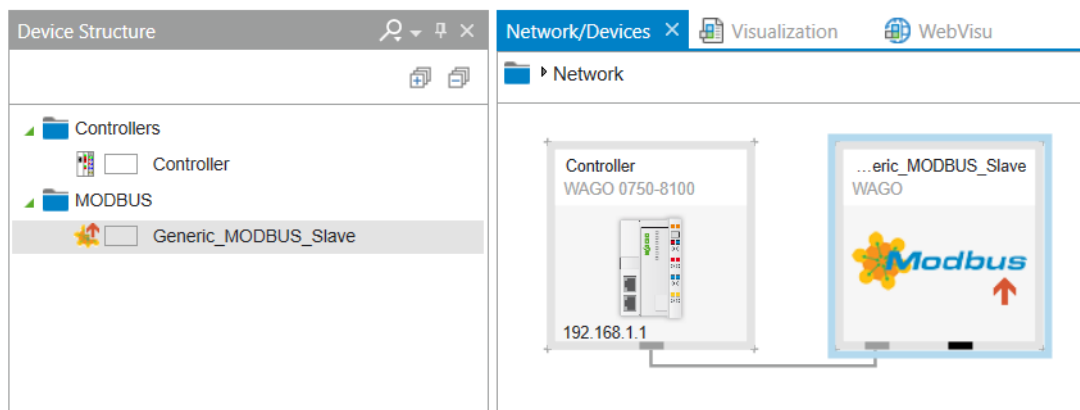
The PLC program is programmed in e!cockpit. This controls the lighting with section control, starts up the status and repeater lights automatically, and adjusts the TD/PM lighting. The system is communicating with the remote control panel through Ethernet, and communication with the ship alarm system through Modbus TCP/IP.

The PLC code is set up by three functions and two function blocks. The global variables is attached to the visualization and the digital inputs and outputs, and as well an analog output. See code in appendix E.

C.9 Communication

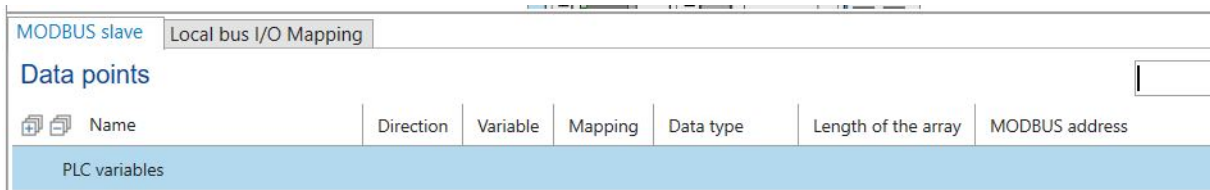
The remote control panel communicates via Ethernet. The devices needs to be connected to the same local network. The touch panel needs to be configured to connect to Wago Web Server, and then have permission to run the system from Web visualization.

To communicate with the ship alarm system, a "Modbus Slave" needs to be set up in the device structure. See figure 56.



Figur 56: Modbus slave configuration.

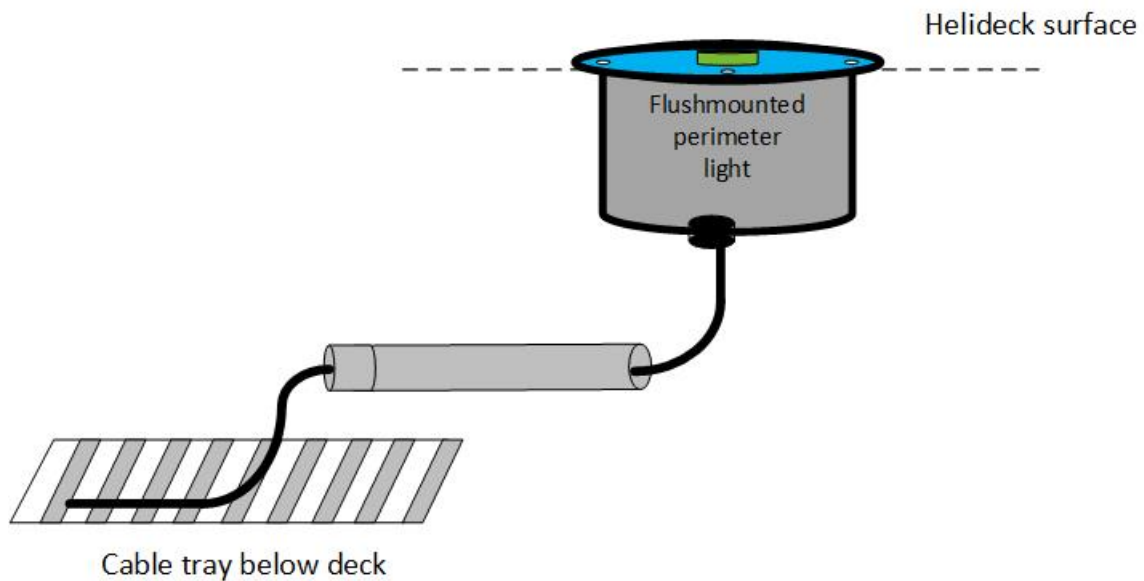
To find the correct slave, go to "settings" and type the IP-adress and unit-ID for the slave unit. Double click on the controller and define the "Common alarm"-variable. See figure 57.



Figur 57: Declare variable on Modbus slave.

C.10 Lighting equipment on helideck

All cables for the equipment on the helideck is mounted in pipes and/or cable trays below the surface of the helideck, as show in figure 58 and 62. Table 15 describes the installation method for each lighting sections on the helideck.

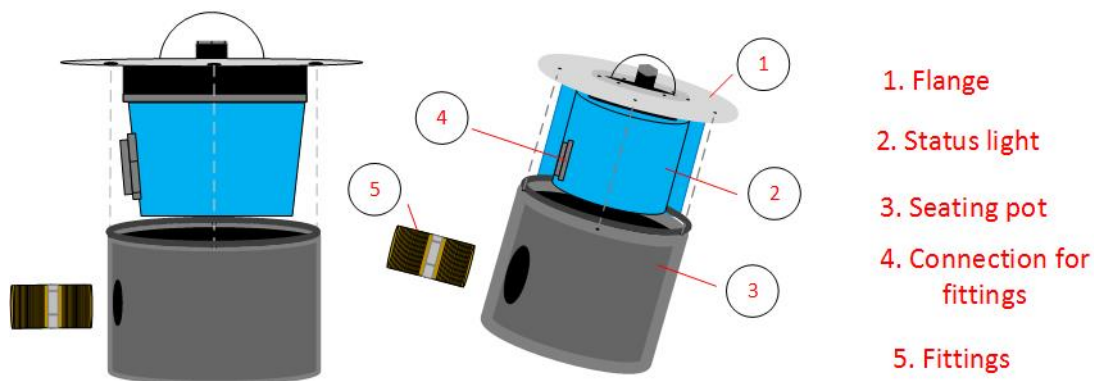


Figur 58: Illustration of the pipes in the helideck and assembly to the perimeter light.

Tabell 15: Overview of installation description for each lighting sections on the helideck.

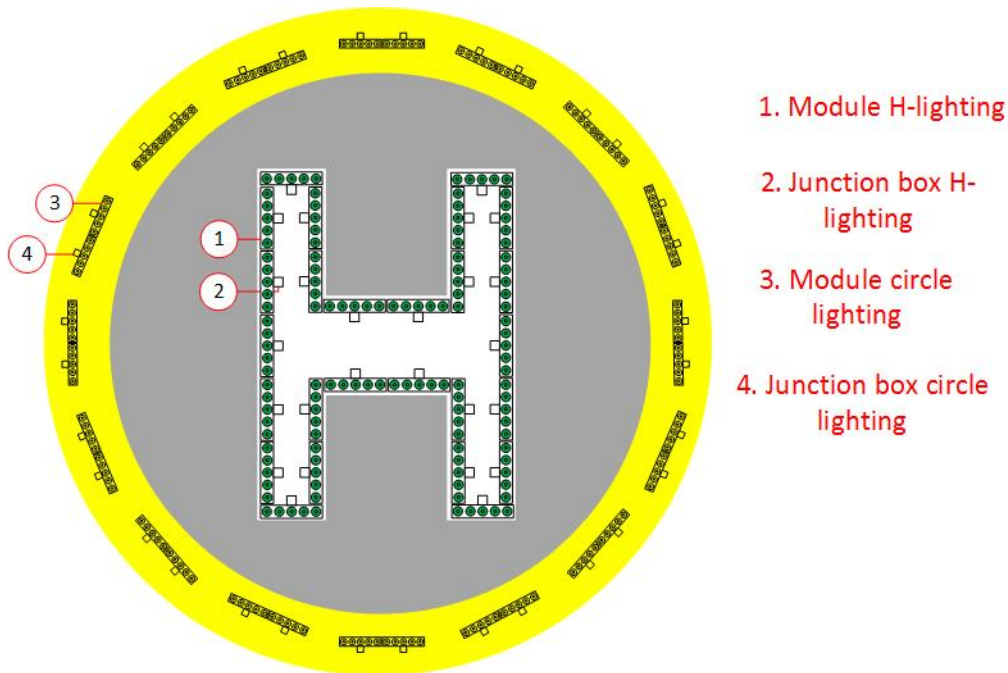
Section	Installation description
Flood lights	Mounted on the rails outside the surface of the helideck.
Perimeter lights	Flushmounted in seating pots.
Status lights	Flushmounted in seating pots.
TD/PM Circle	Mounted on cable ducting brackets on deck. Inset junction boxes allows cables to be mounted below deck in cable trays. Supply cable is mounted in a pipe.
TD/PM Circle H	Mounted on cable ducting brackets on the surface of the helideck. Supply cable is mounted in same pipe as cable for circle light.
Windsock	Mounted as far from landing area as possible.

The perimeter lights are mounted in a seating pots that are installed in the helideck. The same seating pots are used for the status- and repeater lights. To attach these lights in the flushmounted pots, a flange needs to be fitted. Figure 59 demonstrates how the lights are connected.



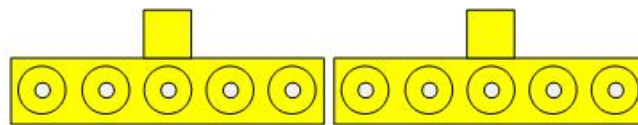
Figur 59: Illustration of the flushmounted status and repeater lights.

C.11 TD/PM lighting



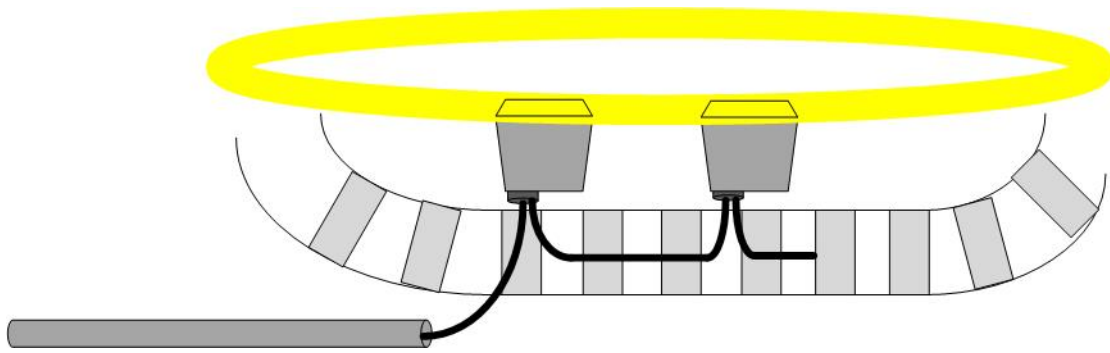
Figur 60: Installation of TD/PM lighting.

The TD/PM lighting consist of lighting modules with five parallell conncted LEDs. Each modules have one junction box. For the Circle lighting, one lighting segment consist of two modules, see figure 61.



Figur 61: One lighting segment in circle lighting.

The TD/PM lighting is mounted so no cables is monted on the deck. The junction box on each module is flush mounted, and the cables is layed below the helideck. This means it needs to be mounted a cable tray along the circle and H below the deck. Between the control cabinet and cable tray, the cable is in a pipe. See figure 62.



Figur 62: Sketch of cabling for TD/PM lighting.

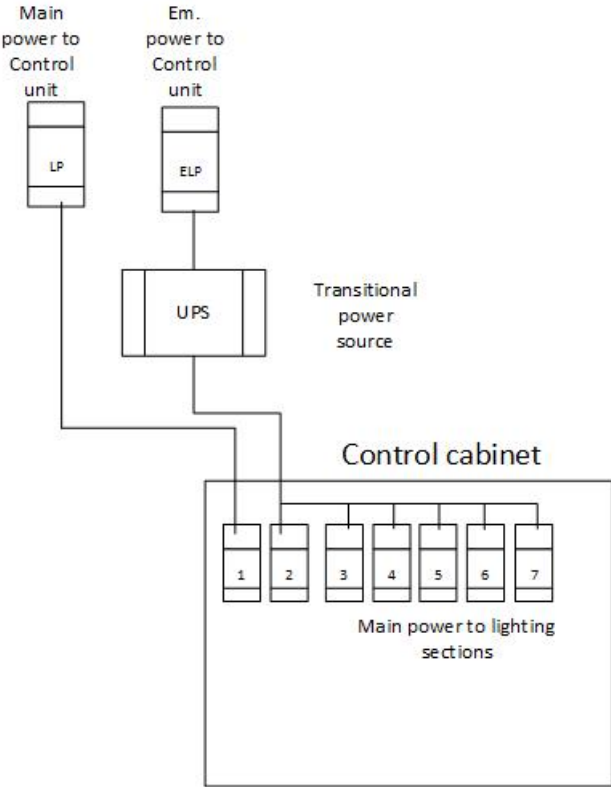
C.12 Requirements according to CAP 437

In order to meet the regulations in CAP 437 for installation of helideck lighting, the following requirements must be complied with:

- The perimeter lights should not be installed more than 3 meters apart.
- The TD/PM Circle lighting should contain minimum 16 lighting segments with a distance of minimum 0,5 meters.
- The TD/PM H-lighting should be mounted along the H-markings.

C.13 Power supply

The system has full power redundancy, with power supply from main and emergency power, including an UPS for transitional power source. Figure 63 shows a sketch of the 230 V power distribution.



Figur 63: Sketch of power distribution.

D Maintenance plan

The helideck is exposed for extreme and heavy weather during the year. To keep the system running continuously, the equipment on the helideck should be maintained. This maintenance plan contains the recommended maintenance to prevent failure in the equipment and in the system. It is recommended that the following items should be integrated in the companies internal system.

D.1 Monthly maintenance

1. Visual inspection of the helideck lighting system.
 - Check junction box and lighting for water and salt. Clean or dry as needed.
2. Visual inspection of control panel.
3. Function test of touch panel and lighting.
 - Test the functions on the touch panel located on the bridge, and make sure every lighting sections are in good working condition.

D.2 Maintenance every 6 month

- Insulation test of cables.
 - Test the insulation between phase and earth in the cables for each lighting sections. **Note:** Disconnect electronic equipment. Test with Megger tester on 500 V.

NB! Make sure that work on electrical installations is performed according the Regulations on safety during work in and operation of electrical installations (FSE).

E Programkode

I dette vedlegget vises programkoden til styresystemet.

E.1 Global variable list

Global Variable List: GVL

```

1      {attribute 'qualified_only'}
2      VAR_GLOBAL
3          (* Variables for switches on control panel *)
4          ON_PERIMETER_PORT : BOOL ;
5          ON_PERIMETER_STB : BOOL ;
6          ON_H : BOOL ;
7          ON_CIRCLE : BOOL ;
8          ON_STATUS_LIGHT : BOOL ;
9          ON_WINDSTOCK_LIGHT : BOOL ;
10         ON_FLOODLIGHTS : BOOL ;
11         ON_OBSTRUCTION_LIGHTS : BOOL ;
12
13         (* START_TDPM : BOOL; *)
14         ON_TDPM : BOOL ;
15         POT_H : WORD ;
16
17         (* Digital Output variables *)
18         PERIMETER_PORT AT %QX0.0 : BOOL ;
19         PERIMETER_STB AT %QX0.1 : BOOL ;
20         TDPM_CIRCLE AT %QX0.2 : BOOL ;
21         TDPM_H AT %QX0.3 : BOOL ;
22         LED_output AT %QX0.4 : BOOL ;
23         WINDSTOCK_LIGHT AT %QX0.5 : BOOL ;
24         FLOODLIGHTS AT %QX0.6 : BOOL ;
25         OBSTRUCTION_LIGHTS AT %QX0.7 : BOOL ;
26
27         (* Analog Output variables *)
28         TDPM_VALUE AT %QW1 : WORD ;
29
30         (* Digital Input variables *)
31         HAZARD_STATUS_LIGHT : BOOL ;
32         FIRE_ALARM AT %IX1.0 : BOOL ;
33         GAS_ALARM AT %IX1.1 : BOOL ;
34         POWER_SUPPLY_1 AT %IX1.2 : BOOL ;
35         POWER_SUPPLY_2 AT %IX1.3 : BOOL ;
36
37         (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
38         // PERIMETER 1
39         CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_1 (*AT %IW2.0 *) : WORD ;
40         CURRENT_MAX_L1_PERIMETER_1 (*AT %IW2.5 *) : WORD ;
41         CURRENT_MIN_L1_PERIMETER_1 (*AT %IW2.9 *) : WORD ;
42         CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 : BOOL ;
43         CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 : BOOL ;
44
45         (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
46         // PERIMETER 2
47         CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_2 (*AT %IW8.0 *) : WORD ;
48         CURRENT_MAX_L1_PERIMETER_2 (*AT %IW8.5 *) : WORD ;
49         CURRENT_MIN_L1_PERIMETER_2 (*AT %IW8.9 *) : WORD ;
50         CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_2 : BOOL ;
51         CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_2 : BOOL ;
52
53         (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
54         // FLOODLIGHTS
55         CURRENT_RMS_L1_FLOODLIGHT (*AT %IW14.0 *) : WORD ;
56         CURRENT_MAX_L1_FLOODLIGHT (*AT %IW14.5 *) : WORD ;
57         CURRENT_MIN_L1_FLOODLIGHT (*AT %IW14.9 *) : WORD ;

```


Global Variable List: GVL

```
58      CURRENT_LOWALARM_FLOODLIGHT : BOOL ;
59      CURRENT_HIGHALARM_FLOODLIGHT : BOOL ;
60
61      (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
62      // OBSTRUCTION LIGHTS
63      CURRENT_RMS_L1_OBSTRUCTION (*AT %IW20.0 *) : WORD ;
64      CURRENT_MAX_L1_OBSTRUCTION (*AT %IW20.5 *) : WORD ;
65      CURRENT_MIN_L1_OBSTRUCTION (*AT %IW20.9 *) : WORD ;
66      CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION : BOOL ;
67      CURRENT_HIGHALARM_OBSTRUCTION : BOOL ;
68
69      (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
70      // WINDSOCK
71      CURRENT_RMS_L1_WINDSOCK (*AT %IW26.0 *) : WORD ;
72      CURRENT_MAX_L1_WINDSOCK (*AT %IW26.5 *) : WORD ;
73      CURRENT_MIN_L1_WINDSOCK (*AT %IW26.9 *) : WORD ;
74      CURRENT_LOWALARM_WINDSOCK : BOOL ;
75      CURRENT_HIGHALARM_WINDSOCK : BOOL ;
76
77
78      (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
79      // TD/PM H
80      CURRENT_RMS_L1_TDPMH (*AT %IW32.0 *) : WORD ;
81      CURRENT_MAX_L1_TDPMH (*AT %IW32.5 *) : WORD ;
82      CURRENT_MIN_L1_TDPMH (*AT %IW32.9 *) : WORD ;
83      CURRENT_LOWALARM_TDPMH : BOOL ;
84      CURRENT_HIGHALARM_TDPMH : BOOL ;
85
86      (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
87      // TD/PM Circle
88      CURRENT_RMS_L1_TDPMC (*AT %IW38.0 *) : WORD ;
89      CURRENT_MAX_L1_TDPMC (*AT %IW38.5 *) : WORD ;
90      CURRENT_MIN_L1_TDPMC (*AT %IW38.9 *) : WORD ;
91      CURRENT_LOWALARM_TDPMC : BOOL ;
92      CURRENT_HIGHALARM_TDPMC : BOOL ;
93
94      (* WAGO MEASUREMENT MODULE 750-493 *)
95      // TD/PM Circle
96      CURRENT_RMS_L1_STATUS (*AT %IW44.0 *) : WORD ;
97      CURRENT_MAX_L1_STATUS (*AT %IW44.5 *) : WORD ;
98      CURRENT_MIN_L1_STATUS (*AT %IW44.9 *) : WORD ;
99      CURRENT_LOWALARM_STATUS : BOOL ;
100     CURRENT_HIGHALARM_STATUS : BOOL ;
101
102     (*ALARM CONFIGURATION *)
103     PERIMETER_1_HIGH : BOOL ; // Limit for high current in Perimeter 1
104     activated
105     PERIMETER_1_LOW : BOOL ; // Limit for low current in Perimeter 1
106     activated
107     PERIMETER_2_HIGH : BOOL ; // Limit for high current in Perimeter 2
108     activated
109     PERIMETER_2_LOW : BOOL ; // Limit for low current in Perimeter 2
110     activated
111     FLOODLIGHTS_HIGH : BOOL ; // Limit for high current in Floodlights
```

Global Variable List: GVL

```
110      activated
      FLOODLIGHTS_LOW : BOOL ; // Limit for low current in Floodlights
      activated
111
112      OBSTRUCTION_HIGH : BOOL ; // Limit for high current in Obstruction
lights activated
113      OBSTRUCTION_LOW : BOOL ; // Limit for low current in Obstruction
lights activated
114
115      WINDSOCK_HIGH : BOOL ; // Limit for high current in Windsock
activated
116      WINDSOCK_LOW : BOOL ; // Limit for low current in Windsock
activated
117
118      ACK_SELECTED : BOOL ; // Acknowledge selected alarm
119      ACK_ALL : BOOL ; // Acknowledge all alarms
120      ALARM_HISTORY : BOOL ; // Alarm history
121
122
123
124      (* ALARM CONFIG. *)
125      ALARM_LIST : BOOL ;
126      ALARM_HIGH : BOOL ;
127      ALARM_LOW : BOOL ;
128      ALARM_SIGNAL : BOOL ;
129      Alarms : DWORD ;
130
131      (* Status light config *)
132      STATUS_LIGHT : BOOL ;
133      Start_Blink_seq : BOOL ;
134      Alarm_Type : BYTE ;
135
136
137      (* Simulation of the alarmsystem *)
138      trig_perimeter_1_low : BOOL ;
139      trig_perimeter_1_high : BOOL ;
140      trig_perimeter_2_low : BOOL ;
141      trig_perimeter_2_high : BOOL ;
142      trig_floodlights_low : BOOL ;
143      trig_floodlights_high : BOOL ;
144      trig_obstruction_low : BOOL ;
145      trig_obstruction_high : BOOL ;
146      trig_windsock_low : BOOL ;
147      trig_windsock_high : BOOL ;
148      trig_power_1 : BOOL ;
149      trig_power_2 : BOOL ;
150      test_current_rms : WORD ;
151      test_current_max : WORD ;
152      test_current_min : WORD ;
153      test_current_alarm : BOOL ;
154
155      (* Simulation of power failure *)
156      sim_power_1 : BOOL ;
157      sim_power_2 : BOOL ;
158
159
160
```

```
161          //Variable for visualization panel TDPM adjustment.  
162          STANDARD_MODE : BOOL ;  
163          BRIGHT_MODE  : BOOL ;  
164          END_VAR  
165
```

E.2 Main PLC program

POU: PLC_PRG

```
1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR_INPUT
3
4  END_VAR
5  VAR
6  StatusLight : StatusLightConfig ; //Function block for status light
   configuration.
7  measurement : MeasurementConfig ; //Function block for measurement.
8  trig_alarm : BOOL ;
9
10
11 END_VAR
12
```

```
1  (*
2     This is the main program in the PLC code. The code consist of the
   functions and function blocks
3     in the Helideck Control System.
4
5     The SectionControl() controls the on/off function of the helideck
   lighting.
6
7     The statuslight() is the Status Light configuration for the
   simulation, which allows the Status light
8     and repeater light to flash 120 times pr. minute.
9
10    The AlarmSection() is trigs the alarms in the system, and is made for
   simulation of the system.
11
12    The tdpmAdjustment() controls the output voltage on the Circle and
   H-lighting, and can regulate the
13    brightness in the lighting.
14
15    measurement() creates the boolean alarm-variables for the Power
   measurement module.
16
17 *)
18
19 SectionControl ( ) ;           //Function for section control.
20 StatusLight ( ) ;             //Function block for status light configuration.
21 AlarmSection ( ) ;           //Function for simulation of alarmsystem.
22 tdpmAdjustment ( ) ;         //Function for adjustment of TD/PM lighting
   brightness.
23 measurement ( ) ;             //Function block for measurement.
24
25
26
```

E.3 Function for section control

POU: SectionControl

```

1  FUNCTION SectionControl : BOOL
2  VAR_INPUT
3  END_VAR
4  VAR
5  END_VAR
6
7
8
9
10
11  /**TURN ON THE PERIMETER LIGHTS ON PORT SIDE
12  IF .GVL.ON_PERIMETER_PORT
13  THEN
14    .GVL.PERIMETER_PORT := TRUE ;
15  ELSE
16    .GVL.PERIMETER_PORT := FALSE ;
17  END_IF
18
19  /** TURN ON THE PERIMETER LIGHTS ON STARBOARD SIDE
20  IF .GVL.ON_PERIMETER_STB
21  THEN
22    .GVL.PERIMETER_STB := TRUE ;
23  ELSE
24    .GVL.PERIMETER_STB := FALSE ;
25  END_IF
26
27  /** TURN ON THE TD/PM CIRCLE LIGHTING
28  IF .GVL.ON_CIRCLE
29  THEN
30    .GVL.TDPM_CIRCLE := TRUE ;
31  ELSE
32    .GVL.TDPM_CIRCLE := FALSE ;
33  END_IF
34
35  /** TURN ON TD/PM H-LIGHTING
36  IF .GVL.ON_H
37  THEN
38    .GVL.TDPM_H := TRUE ;
39  ELSE
40    .gvl.TDPM_H := FALSE ;
41  END_IF
42
43  /** TURN ON WINDSTOCK LIGHT
44  IF .GVL.ON_WINDSTOCK_LIGHT
45  THEN
46    .GVL.WINDSTOCK_LIGHT := TRUE ;
47  ELSE
48    .GVL.WINDSTOCK_LIGHT := FALSE ;
49  END_IF
50
51  /** TURN ON THE FLOODLIGHTS
52  IF
53    .GVL.ON_FLOODLIGHTS
54  THEN
55    .GVL.FLOODLIGHTS := TRUE ;
56  ELSE
57

```

```
49         . GVL . FLOODLIGHTS := FALSE ;
50     END_IF
51
52     /* TURN ON OBSTRUCTION LIGHTS
53     IF . GVL . ON_OBSTRUCTION_LIGHTS
54         THEN
55         . GVL . OBSTRUCTION_LIGHTS := TRUE ;
56         ELSE
57         . GVL . OBSTRUCTION_LIGHTS := FALSE ;
58     END_IF
59
60
```

E.4 Function for adjustment of TD/PM brightness

POU: tdpmAdjustment

```

1  FUNCTION tdpmAdjustment : BOOL
2  VAR_INPUT
3  END_VAR
4  VAR
5
6
7
8
9
10 END_VAR
11

```

```

1  (* The output of the TD/PM section, adjust an analog output from 5-10 V. The
2  AO is connected to a 0-10 V Dimmer. *)
3
4  // When the voltage is 5 V on the dimmer, the lighting has standard
5  brightness.
6
7  // Circle lighting turned on
8  IF .gvl.ON_CIRCLE
9  THEN
10     .gvl.ON_TDPM := TRUE ;
11     .gvl.TDPM_CIRCLE := TRUE ;
12 ELSE
13     .gvl.TDPM_CIRCLE := FALSE ;
14     .gvl.ON_TDPM := FALSE ;
15 END_IF
16
17 // H-lighting turned on
18 IF .gvl.ON_H
19 THEN
20     .gvl.ON_TDPM := TRUE ;
21     .gvl.TDPM_H := TRUE ;
22 ELSE
23     .gvl.ON_TDPM := FALSE ;
24     .gvl.TDPM_H := FALSE ;
25 END_IF
26
27 // Value on analog output module is equal to the scrollbar on control panel.
28 IF .GVL.ON_TDPM = TRUE
29 THEN
30     .GVL.TDPM_VALUE := .GVL.POT_H ; //SCROLLBAR
31 ELSE
32     .GVL.TDPM_VALUE := 32768 ; //Output value
33     .gvl.POT_H := 32768 ;
34 END_IF
35
36 //Sets standard mode for TDPM
37 IF ( .GVL.ON_TDPM = TRUE ) AND ( .GVL.TDPM_VALUE = 32768 )
38 THEN
39     .GVL.STANDARD_MODE := TRUE ;
40 ELSE
41     .GVL.STANDARD_MODE := FALSE ;
42 END_IF
43
44 //Sets bright mode for TDPM

```

E.5 Function block for status light configuration

POU: StatusLightConfig

```

1  FUNCTION_BLOCK StatusLightConfig
2  VAR
3      timerOn : TON ;
4      timerOff : TON ;
5      Start_Blink_seq : BOOL ;
6
7  END_VAR
8  VAR_INPUT
9  END_VAR
10 VAR_OUTPUT
11 END_VAR
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

```

```

1  (* This code configures the flasher for status and repeater light. The
2  status and repeater light will blink
3     120 flashes per minute when ship safety alarm goes off, or start
4     button on control panel is pressed. *)
5
6  IF .gvl.HAZARD_STATUS_LIGHT OR .GVL.ON_STATUS_LIGHT OR .GVL.
7  FIRE_ALARM OR .GVL.GAS_ALARM // Input signal and button
8  THEN
9      Start_Blink_seq := TRUE ; //The blinking sequence will begin
10     .gvl.STATUS_LIGHT := TRUE ; // The status and repeater light
11     output is turned on.
12     else
13         .gvl.STATUS_LIGHT := FALSE ;
14         Start_Blink_seq := false ;
15     END_IF
16
17 IF Start_Blink_seq THEN // The sequence makes the
18 simulator light flash.
19     timerOn ( In := TRUE , PT := T#250MS ) ; // The first timer
20 starts to count.
21     IF timerOn.Q = TRUE THEN // If timer has expired;
22         GVL.LED_output := TRUE ; // the output light
23         is turned on.
24     timerOff ( In := TRUE , PT := T#250MS ) ; // the second timer
25 starts to count.
26     IF timerOff.Q = TRUE // If second timer has
27 expired;
28     THEN
29         GVL.LED_output := FALSE ; // the output light is
30 turned off.
31     timerOn ( IN := FALSE ) ; // The code will run
32 until Input signal or button is 'false'.
33     timerOff ( In := FALSE ) ;
34     END_IF
35 END_IF
36 ELSE
37     .gvl.LED_output := FALSE ;
38 END_IF

```


E.6 Function for alarms in simulation

POU: AlarmSection

```
1  FUNCTION AlarmSection : BOOL
2  VAR_INPUT
3  END_VAR
4  VAR
5  END_VAR
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16  //Simulation of high or low current in floodlights circuit.
17  IF .GVL.trig_floodlights_high
18  THEN
19  .GVL.FLOODLIGHTS_HIGH := TRUE ;
20  ELSE
21  .gvl.FLOODLIGHTS_HIGH := FALSE ;
22  END_IF
23
24  IF .GVL.trig_floodlights_low
25  THEN
26  .GVL.FLOODLIGHTS_LOW := TRUE ;
27  ELSE
28  .gvl.FLOODLIGHTS_LOW := FALSE ;
29  END_IF
30
31  //Simulation of high or low current in obstruction light circuit.
32  IF .GVL.trig_obstruction_high
33  THEN
34  .GVL.OBSTRUCTION_HIGH := TRUE ;
35  ELSE
36  .gvl.OBSTRUCTION_HIGH := FALSE ;
37  END_IF
38
39  IF .GVL.trig_obstruction_low
40  THEN
41  .GVL.OBSTRUCTION_LOW := TRUE ;
42  ELSE
43  .gvl.OBSTRUCTION_LOW := FALSE ;
44  END_IF
45
46  //Simulation of high or low current in perimeter 1 circuit.
47  IF .GVL.trig_perimeter_1_high
48  THEN
49  .GVL.PERIMETER_1_HIGH := TRUE ;
50  ELSE
51  .GVL.PERIMETER_1_HIGH := FALSE ;
52  END_IF
53
54  IF .GVL.trig_perimeter_1_low
55  THEN
56  .GVL.PERIMETER_1_LOW := TRUE ;
57  ELSE
58  .GVL.PERIMETER_1_LOW := FALSE ;
59  END_IF
60
61  //Simulation of high or low current in perimeter 2 circuit.
62  IF .GVL.trig_perimeter_2_high
63  THEN
64  .GVL.PERIMETER_2_HIGH := TRUE ;
```

POU: AlarmSection

```
50     ELSE
51         . gvl . PERIMETER_2_HIGH := FALSE ;
52     END_IF
53     IF . GVL . trig_perimeter_2_low
54     THEN
55         . GVL . PERIMETER_2_LOW := TRUE ;
56     ELSE
57         . gvl . PERIMETER_2_LOW := FALSE ;
58     END_IF
59
60     //Simulation of high or low current in floodlights circuit.
61     IF . GVL . trig_windsock_high
62     THEN
63         . GVL . WINDSOCK_HIGH := TRUE ;
64     ELSE
65         . gvl . WINDSOCK_HIGH := FALSE ;
66     END_IF
67     IF . GVL . trig_windsock_low
68     THEN
69         . GVL . WINDSOCK_LOW := TRUE ;
70     ELSE
71         . gvl . WINDSOCK_LOW := FALSE ;
72     END_IF
73
74     // Alarm signal when an alarm is active.
75     IF ( . gvl . FLOODLIGHTS_HIGH ) OR ( . gvl . FLOODLIGHTS_LOW ) OR ( . gvl .
OBSTRUCTION_HIGH ) OR ( . gvl . OBSTRUCTION_LOW ) OR ( . gvl .
PERIMETER_1_HIGH ) OR ( . gvl . PERIMETER_1_LOW ) OR ( . GVL .
WINDSOCK_HIGH ) OR ( . gvl . WINDSOCK_LOW ) OR ( . GVL . WINDSOCK_HIGH )
OR ( . gvl . sim_power_1 ) OR ( . gvl . sim_power_2 )
76     THEN
77         . GVL . ALARM_SIGNAL := TRUE ;
78     ELSE
79         . gvl . ALARM_SIGNAL := FALSE ;
80     END_IF
81
82     // Alarm when no power from main power supply
83     IF . gvl . trig_power_1
84     THEN
85         . gvl . sim_power_1 := TRUE ;
86     ELSE
87         . gvl . sim_power_1 := FALSE ;
88     END_IF
89
90     // Alarm when no power from emergency power supply
91     IF . gvl . trig_power_2
92     THEN
93         . gvl . sim_power_2 := TRUE ;
94     ELSE
95         . gvl . sim_power_2 := FALSE ;
96     END_IF
97
98
99
```

E.7 Function block for the alarm settings

POU: MeasurementConfig

```
1  FUNCTION_BLOCK MeasurementConfig
2  VAR
3      Alarm_Trig_OLD : DWORD ;
4      Alarm_Retrig_Timer : TOF ;
5  END_VAR
6
7
8  // PERIMETER 1 LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
9  IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_1 < .GVL .CURRENT_MIN_L1_PERIMETER_1
10 THEN
11     .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 := TRUE ;
12 ELSE
13     .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 := FALSE ;
14 END_IF
15
16 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_1 > .GVL .CURRENT_MAX_L1_PERIMETER_1
17 THEN
18     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 := TRUE ;
19 ELSE
20     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 := FALSE ;
21 END_IF
22
23 // PERIMETER 2 LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
24 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_2 < .GVL .CURRENT_MIN_L1_PERIMETER_2
25 THEN
26     .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_2 := TRUE ;
27 ELSE
28     .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_2 := FALSE ;
29 END_IF
30
31 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_PERIMETER_2 > .GVL .CURRENT_MAX_L1_PERIMETER_2
32 THEN
33     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_2 := TRUE ;
34 ELSE
35     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_2 := FALSE ;
36 END_IF
37
38 // FLOODLIGHTS LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
39 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_FLOODLIGHT < .GVL .CURRENT_MIN_L1_FLOODLIGHT THEN
40     .GVL .CURRENT_LOWALARM_FLOODLIGHT := TRUE ;
41 ELSE
42     .GVL .CURRENT_LOWALARM_FLOODLIGHT := FALSE ;
43 END_IF
44
45 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_FLOODLIGHT > .GVL .CURRENT_MAX_L1_FLOODLIGHT THEN
46     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_FLOODLIGHT := TRUE ;
47 ELSE
48     .GVL .CURRENT_HIGHALARM_FLOODLIGHT := FALSE ;
49 END_IF
50
51 // OBSTRUCTIONS LIGHTS LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
52 IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_OBSTRUCTION < .GVL .CURRENT_MIN_L1_OBSTRUCTION
53 THEN
54     .GVL .CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION := TRUE ;
55 ELSE
56     .GVL .CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION := FALSE ;
57 END_IF
```

POU: MeasurementConfig

```
44         . GVL . CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION := FALSE ;
45     END_IF
46
47     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_OBSTRUCTION > . GVL . CURRENT_MAX_L1_OBSTRUCTION
48     THEN
49         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_OBSTRUCTION := TRUE ;
50     ELSE
51         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_OBSTRUCTION := FALSE ;
52     END_IF
53
54     // WINDSOCK LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
55     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_WINDSOCK < . GVL . CURRENT_MIN_L1_WINDSOCK THEN
56         . GVL . CURRENT_LOWALARM_WINDSOCK := TRUE ;
57     ELSE
58         . GVL . CURRENT_LOWALARM_WINDSOCK := FALSE ;
59     END_IF
60
61     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_WINDSOCK > . GVL . CURRENT_MAX_L1_WINDSOCK THEN
62         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_WINDSOCK := TRUE ;
63     ELSE
64         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_WINDSOCK := FALSE ;
65     END_IF
66
67     // TD/PM H LOW AND HIGHT ALARM FOR CURRENT:
68     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_TDPMH < . GVL . CURRENT_MIN_L1_TDPMH THEN
69         . GVL . CURRENT_LOWALARM_TDPMH := TRUE ;
70     ELSE
71         . GVL . CURRENT_LOWALARM_TDPMH := FALSE ;
72     END_IF
73
74     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_TDPMH > . GVL . CURRENT_MAX_L1_TDPMH THEN
75         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_TDPMH := TRUE ;
76     ELSE
77         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_TDPMH := FALSE ;
78     END_IF
79
80     // TD/PM Circle LOW AND HIGH ALARM FOR CURRENT:
81     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_TDPMC < . GVL . CURRENT_MIN_L1_TDPMC THEN
82         . GVL . CURRENT_LOWALARM_TDPMC := TRUE ;
83     ELSE
84         . GVL . CURRENT_LOWALARM_TDPMC := FALSE ;
85     END_IF
86
87     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_TDPMC > . GVL . CURRENT_MAX_L1_TDPMC THEN
88         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_TDPMC := TRUE ;
89     ELSE
90         . GVL . CURRENT_HIGHALARM_TDPMC := FALSE ;
91     END_IF
92
93     // STATUS AND REPEATER LIGHTS LOW AND HIGH ALARM FOR CURRENT:
94     IF . GVL . CURRENT_RMS_L1_STATUS < . GVL . CURRENT_MIN_L1_STATUS THEN
95         . GVL . CURRENT_LOWALARM_STATUS := TRUE ;
96     ELSE
97         . GVL . CURRENT_LOWALARM_STATUS := FALSE ;
98     END_IF
```

POU: MeasurementConfig

```
99     IF .GVL .CURRENT_RMS_L1_STATUS > .GVL .CURRENT_MAX_L1_STATUS THEN
100         .GVL .CURRENT_HIGHALARM_STATUS := TRUE ;
101     ELSE
102         .GVL .CURRENT_HIGHALARM_STATUS := FALSE ;
103     END_IF
104
105
106     (*
107         Setup of common alarm. Each alarm has a unique number, and the
108         combination of several alarms gives
109         a new number that is sent to IAS via Modbus Slave.
110     *)
111     GVL . Alarms . 0 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_1 ;
112     GVL . Alarms . 1 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_1 ;
113     GVL . Alarms . 2 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_PERIMETER_2 ;
114     GVL . Alarms . 3 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_PERIMETER_2 ;
115     GVL . Alarms . 4 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_FLOODLIGHT ;
116     GVL . Alarms . 5 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_FLOODLIGHT ;
117     GVL . Alarms . 6 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_OBSTRUCTION ;
118     GVL . Alarms . 7 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_OBSTRUCTION ;
119     GVL . Alarms . 8 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_WINDSOCK ;
120     GVL . Alarms . 9 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_WINDSOCK ;
121     GVL . Alarms . 10 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_TDPMH ;
122     GVL . Alarms . 11 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_TDPMH ;
123     GVL . Alarms . 12 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_TDPMC ;
124     GVL . Alarms . 13 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_TDPMC ;
125     GVL . Alarms . 14 := .GVL .CURRENT_LOWALARM_STATUS ;
126     GVL . Alarms . 15 := .GVL .CURRENT_HIGHALARM_STATUS ;
127     GVL . Alarms . 16 := .GVL .POWER_SUPPLY_2 ;
128     GVL . Alarms . 17 := .GVL .POWER_SUPPLY_1 ;
129
130     (* Define new variables if neccessary *)
131     //GVL.Alarms.18:=
132     //GVL.Alarms.19:=
133     //GVL.Alarms.20:=
134     //GVL.Alarms.21:=
135     //GVL.Alarms.22:=
136     //GVL.Alarms.23:=
137     //GVL.Alarms.24:=
138     //GVL.Alarms.25:=
139     //GVL.Alarms.26:=
140     //GVL.Alarms.27:=
141     //GVL.Alarms.28:=
142
143     //Modbus Slave variable is set equal to the alarm variable.
144     MODBUS . Generic_MODBUS_Slave_1_tcp . Alarm_Array_From_Helideck := GVL .
    Alarms ;
145
146     (*
147     When one alarm is active, and a new failure appeares, the common alarm
    variable
148     via modbus will be resetted with a timer.
149     A new alarm number will be generated.
150     *)
151
```

E.8 Modbus GVL

Global Variable List: MODBUS

```
1      {attribute 'qualified_only'}  
2      VAR_GLOBAL  
3  
4          Generic_MODBUS_Slave_1_tcp : typGeneric_MODBUS_Slave_1_tcp ;  
5      END_VAR  
6
```

E.9 Common alarm Array settings

DUT: typGeneric_MODBUS_Slave_1_tcp

```
1      (* Sets the common alarm variable to modbus slave unit *)
2
3      TYPE typGeneric_MODBUS_Slave_1_tcp :
4          STRUCT
5              Alarm_Array_From_Helideck : DWORD ;
6              Alarm_Common_Trig : BOOL ;
7          END_STRUCT
8      END_TYPE
9
```

F Teknisk dokumentasjon

Helideck Control System

TECHNICAL DOCUMENTATION

Skoleversion

PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	1
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Front page	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	2
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21

Project information

The following drawings contains the power distribution, control diagram and arrangements of the Helideck Control System.

NOTE! The technical documentation for this system is developed in PC Schematic School version, and shall not be used for commercial use.

Skoleversion

PCSCHMATIC Automation

Prosjekttittel:	Helideck Control System	Sagsnr.:	Prosjektrev.:	Side	2
Kunde:		DCC:		Målestok:	1:1
Sidetittel:	Project information	Tegningsnr.:	Siderev.:	Forrige side:	1
Filnavn:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Konstr. (prosjekt/side):	Sidst udskrevet: 14.05.2021	Næste side:	3
Sideref.:		Godk. (dato/init):	Sidst rettet: 13.05.2021	Antal sider ialt:	21

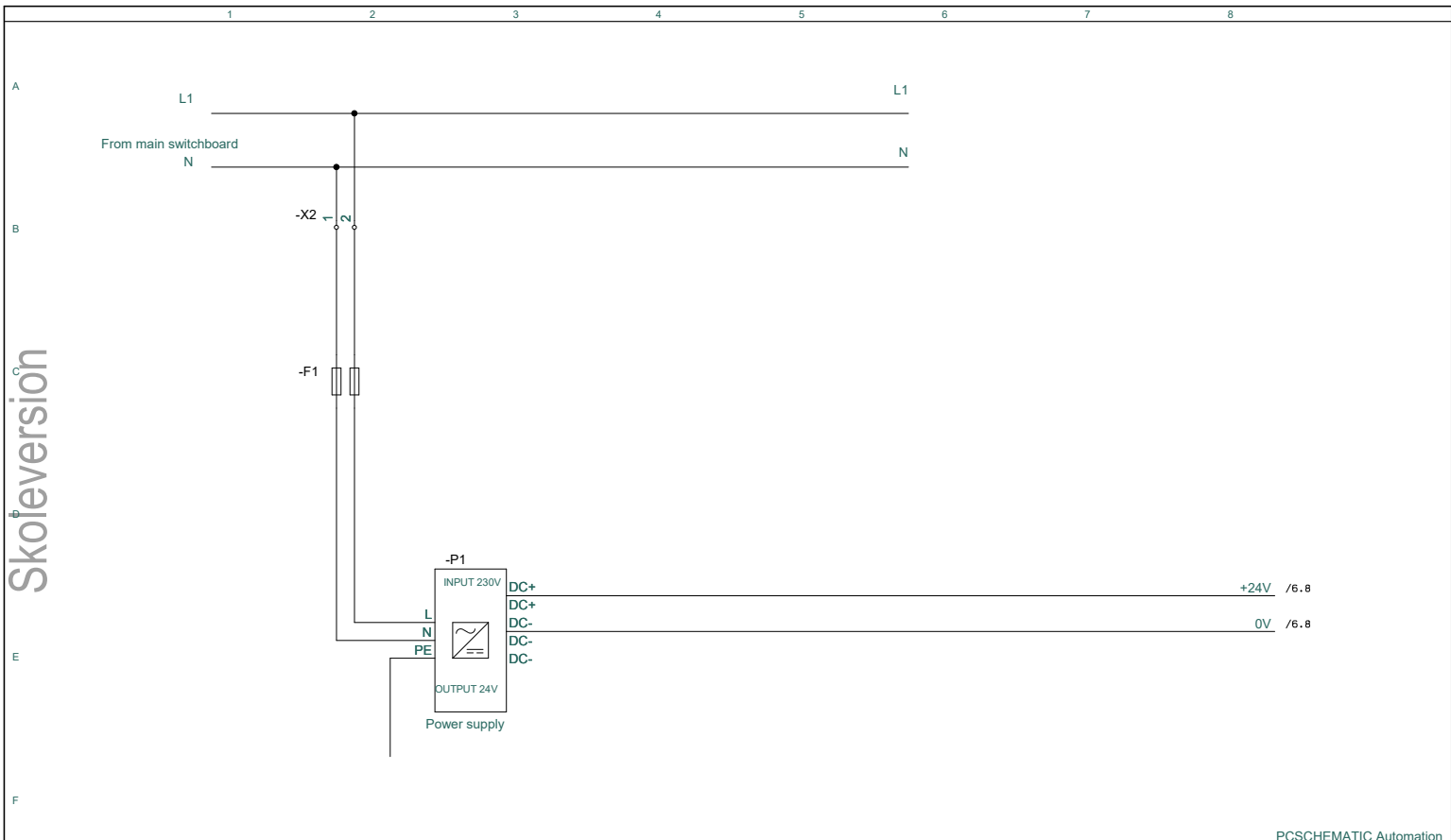
Skoleversion Helideck Control System	Diagrams	1 <small>Side 5 - 8</small>	11
	Control circuit diagrams	2 <small>Side 9 - 13</small>	12
	Terminal list	3 <small>Side 14 - 14</small>	13
	Layout	4 <small>Side 15 - 17</small>	14
		5	15
		6	16
		7	17
		8	18
		9	19
		10	20

F.1 Main Power diagram

Skoleversion

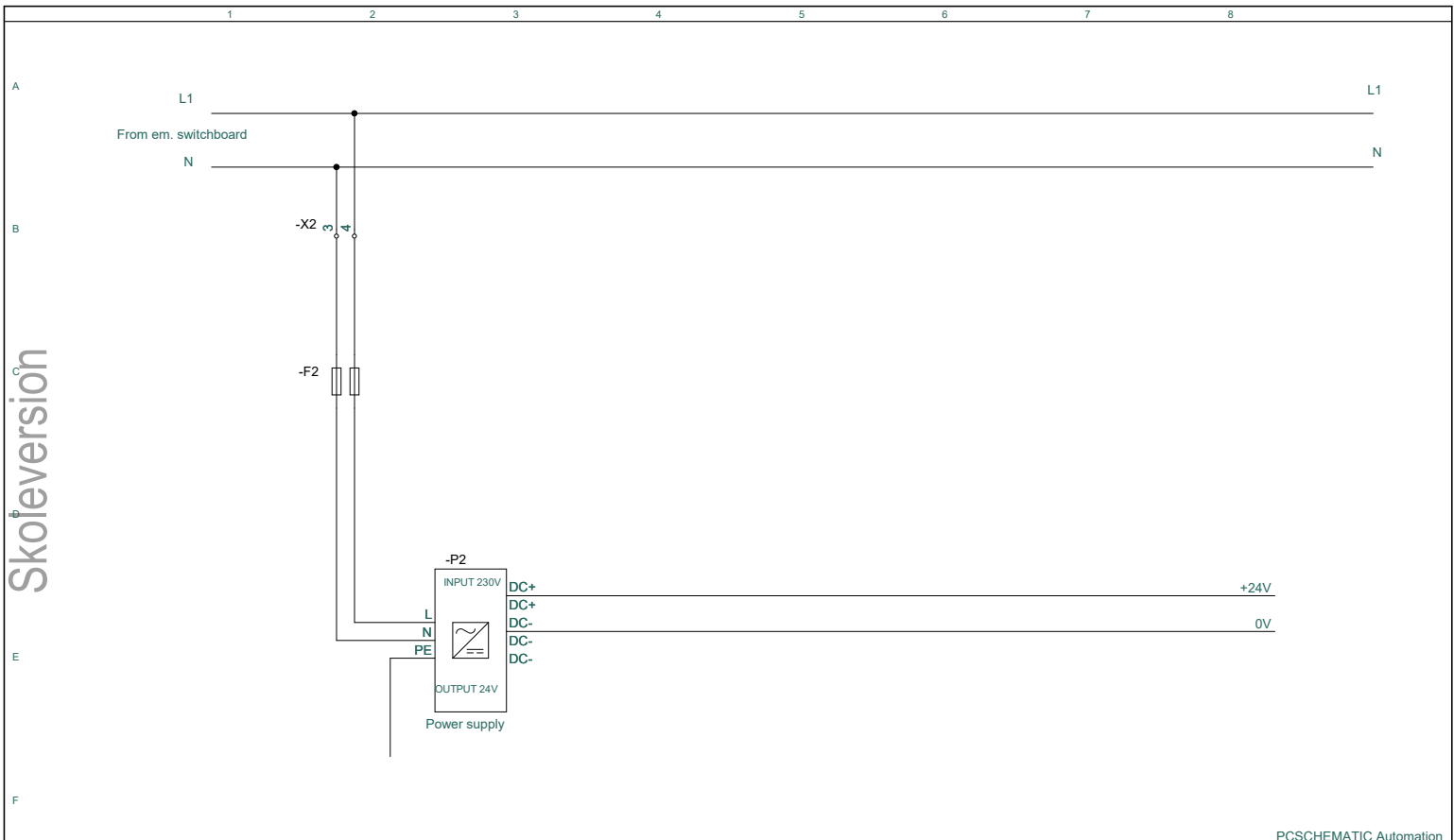
Diagrams

Page 5 - 8



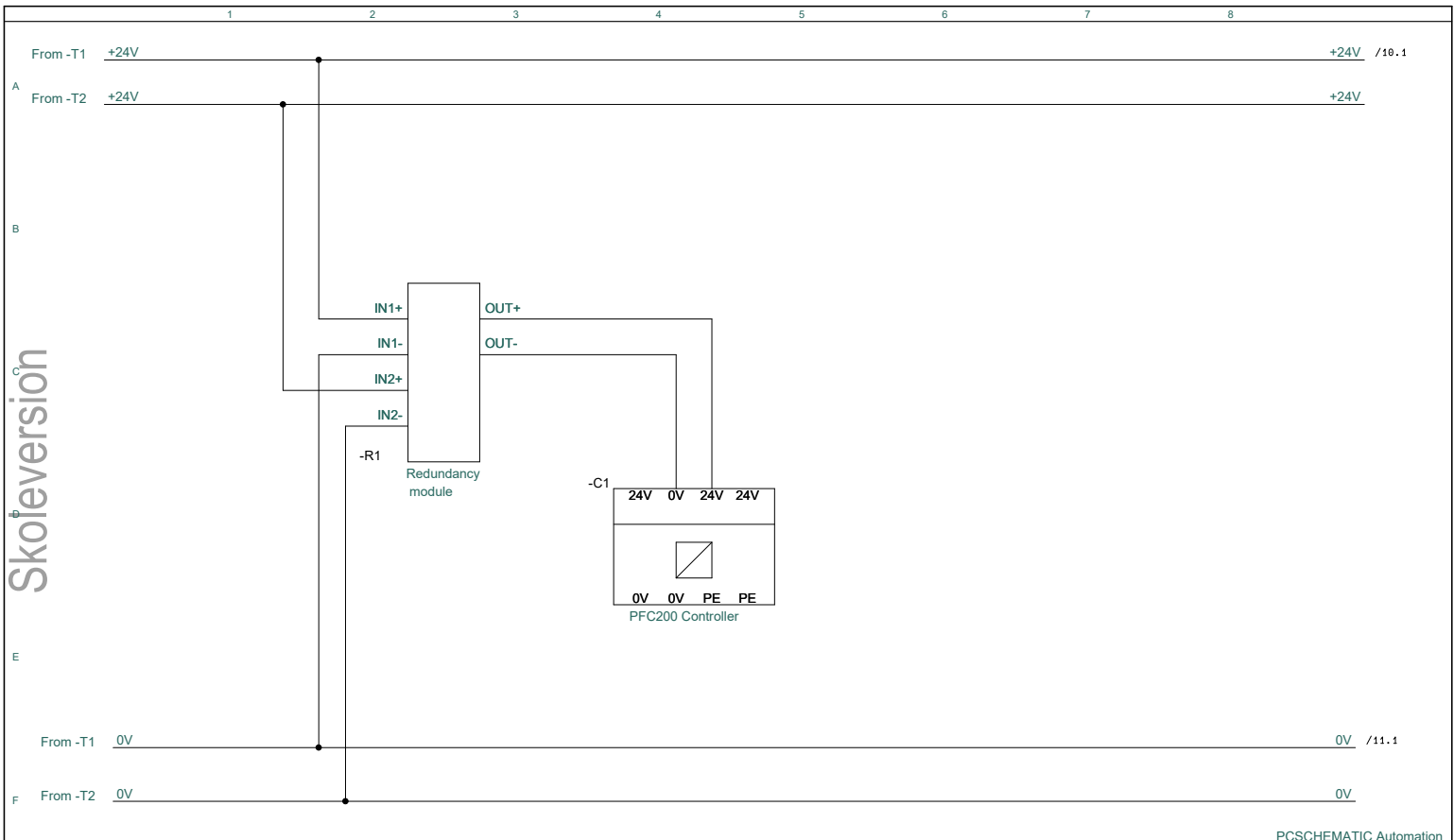
PCSHEMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	5
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Main power supply	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	4
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	6
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21



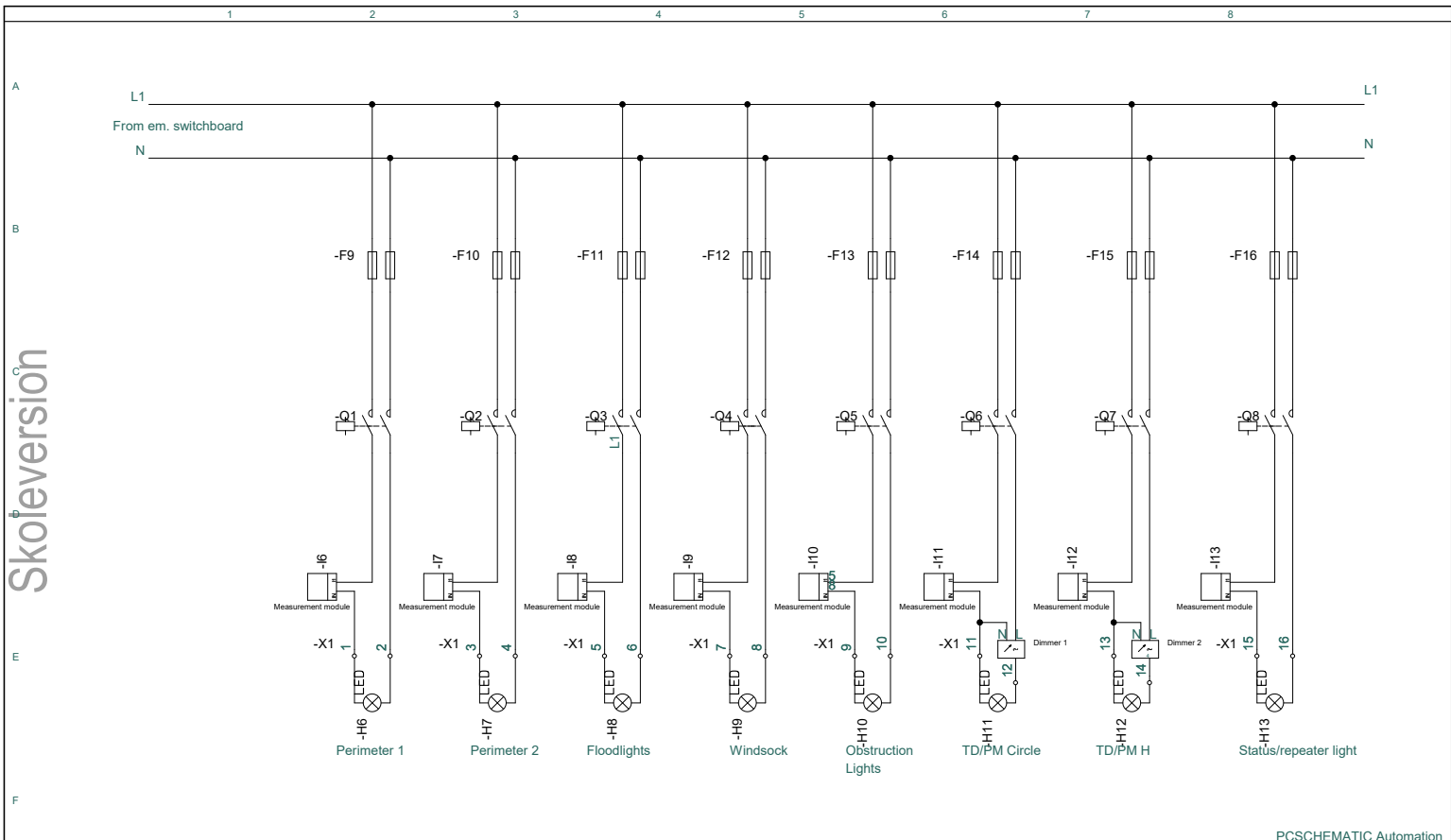
PCSHEMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	6
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Emergency Power supply	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	5
File name:	Teknisk dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	7
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21



Skoleversion

				PCSHEMATIC Automation	
Project title:	Helideck Control System	Project no.:		Project rev.:	Page 7
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Power supply PLC	Dwg. no.:		Page rev.:	Previous page: 6
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):		Last print:	14.05.2021
Page ref.:		Appr. (date/init):		Last edit:	10.05.2021
				Next page:	8
				Total no. of pages:	21



Skoleversion

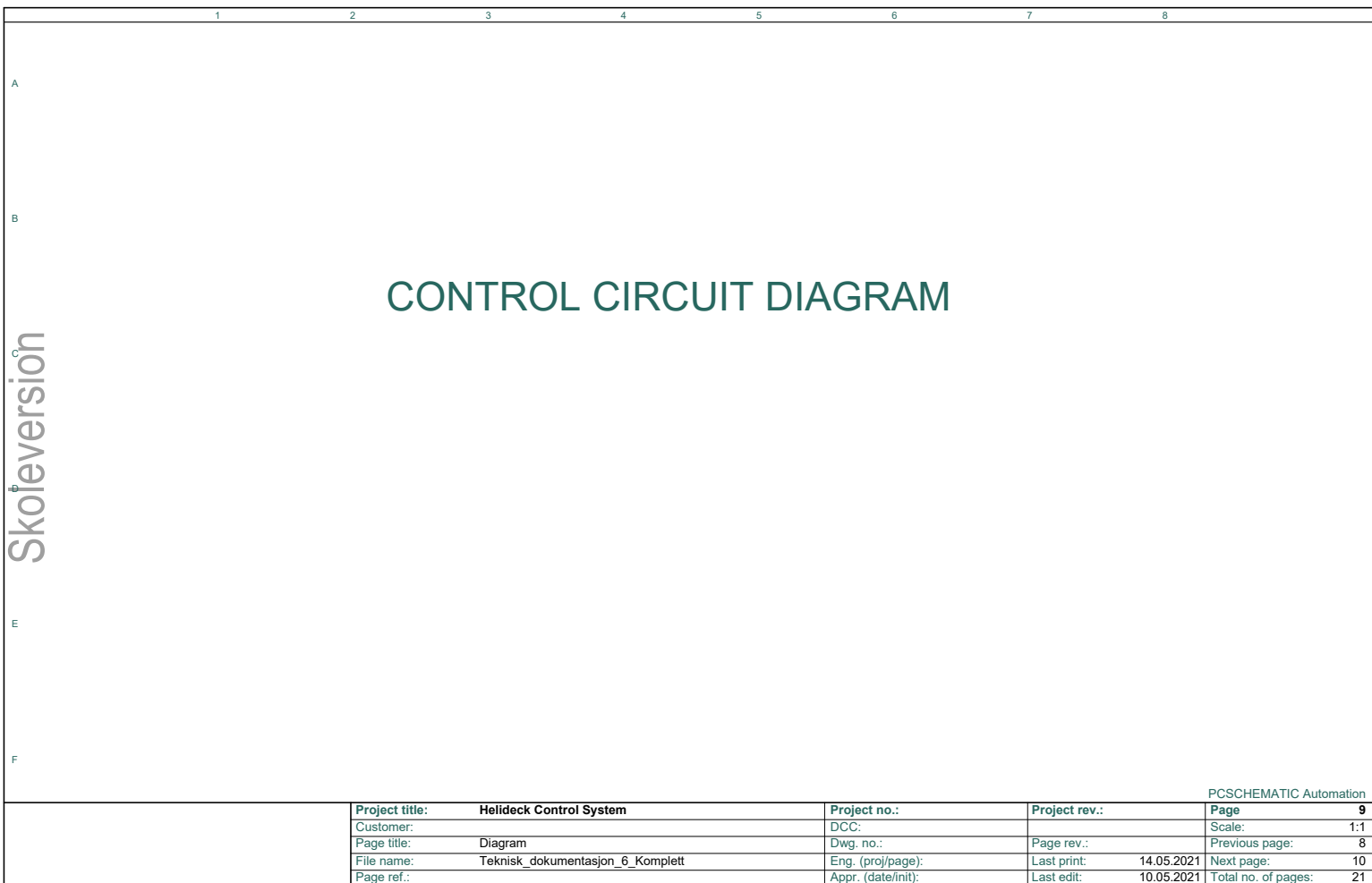
PCSHEMATIC Automation

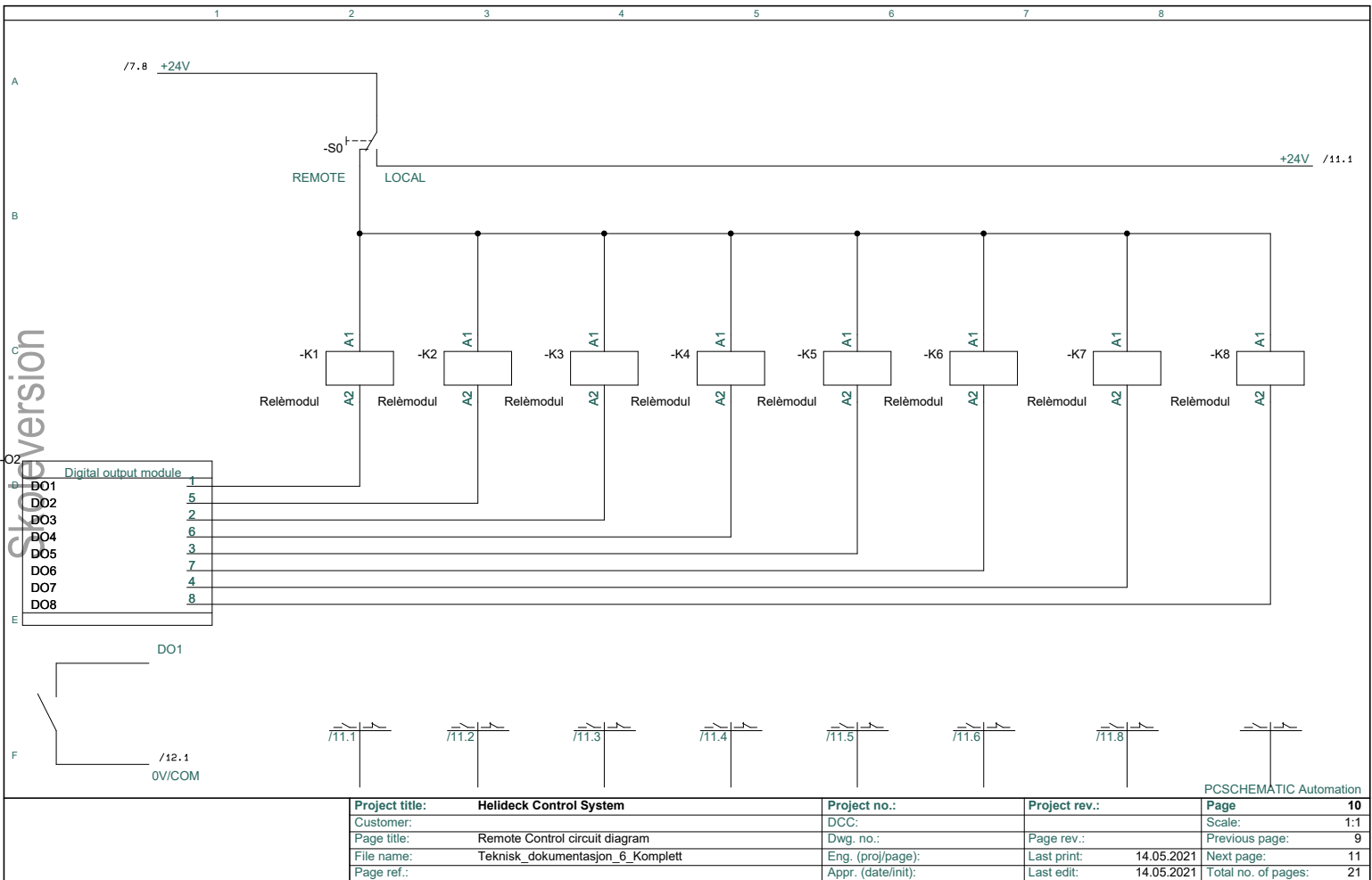
Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	8
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Emergency Power Distribution	Dwg. no.:		Page rev.:	Previous page: 7
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):		Last print:	14.05.2021
Page ref.:		Appr. (date/init):		Last edit:	10.05.2021
				Next page:	9
				Total no. of pages:	21

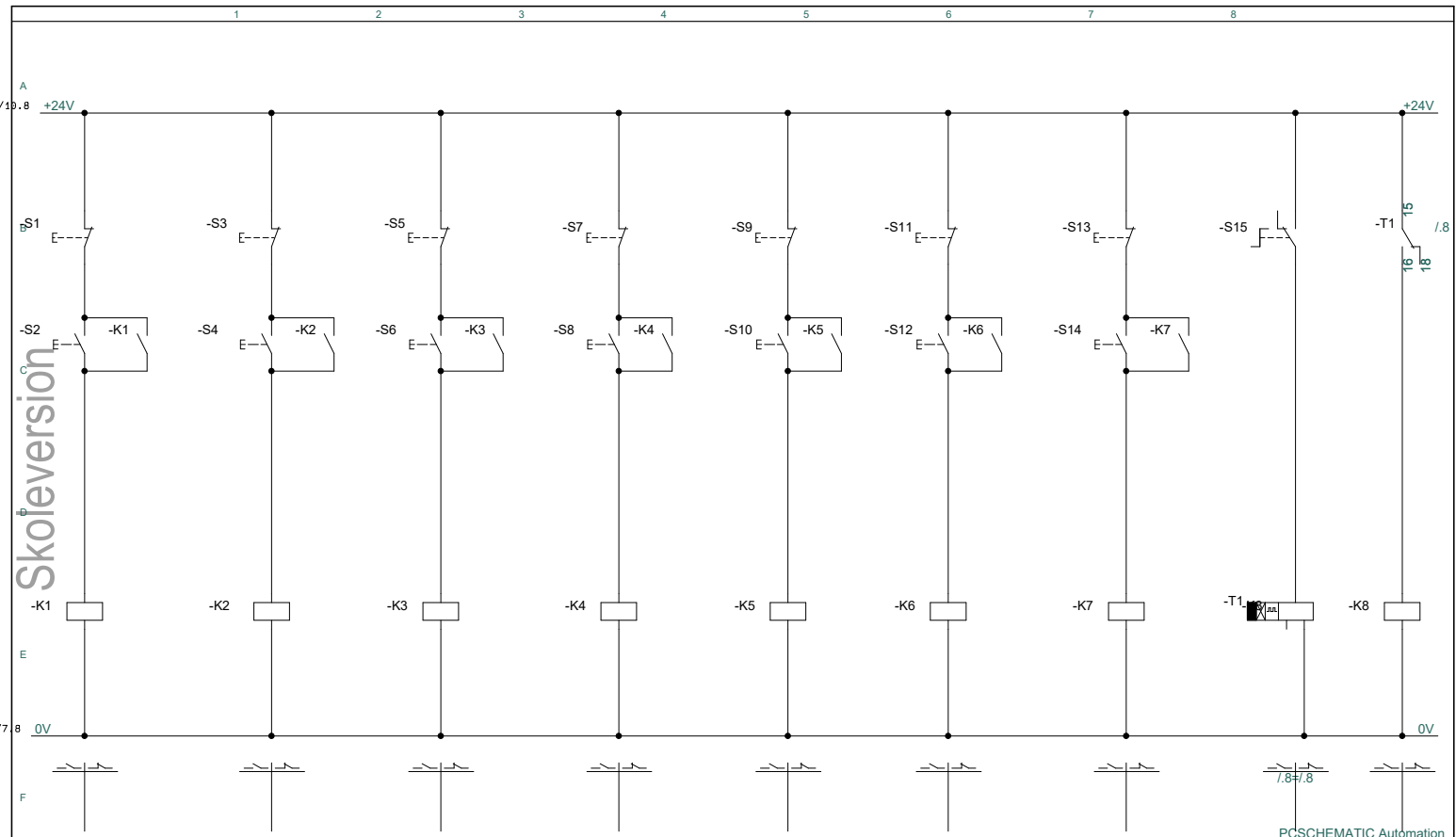
F.2 Control circuit diagram

Skoleversjon

Control circuit diagrams

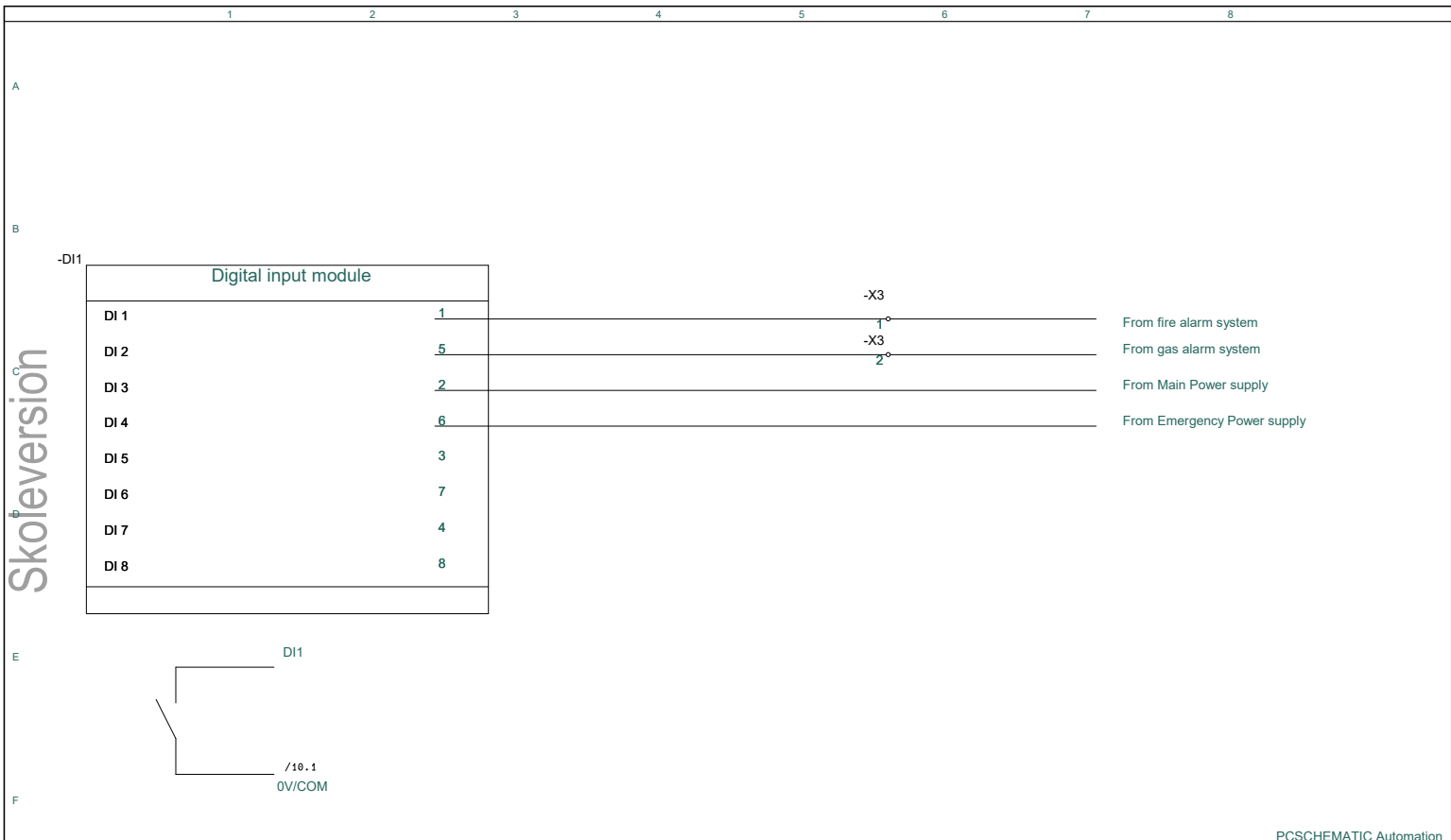






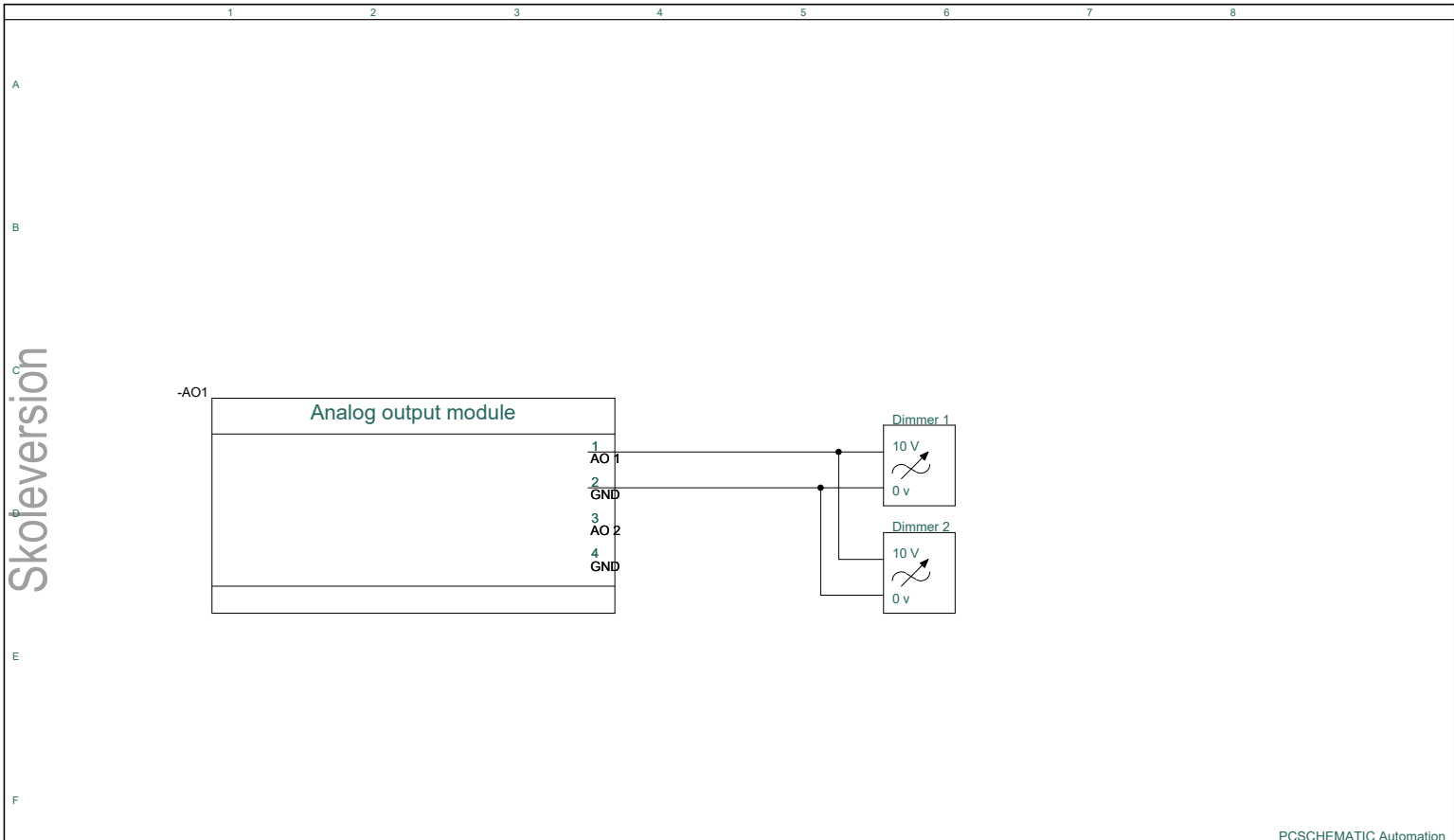
PCSHEMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	11
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Local Control circuit diagram	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	10
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	12
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21



Project title: Helideck Control System		Project no.:	Project rev.:	Page 12
Customer:		DCC:		Scale: 1:1
Page title:	Digital input diagram	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page: 11
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page: 13
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 10.05.2021	Total no. of pages: 21

PCSHEMATIC Automation



Skoleversion

PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	13
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Analog output	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	12
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	14
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 10.05.2021	Total no. of pages:	21

Terminal list

F.3 Terminal list

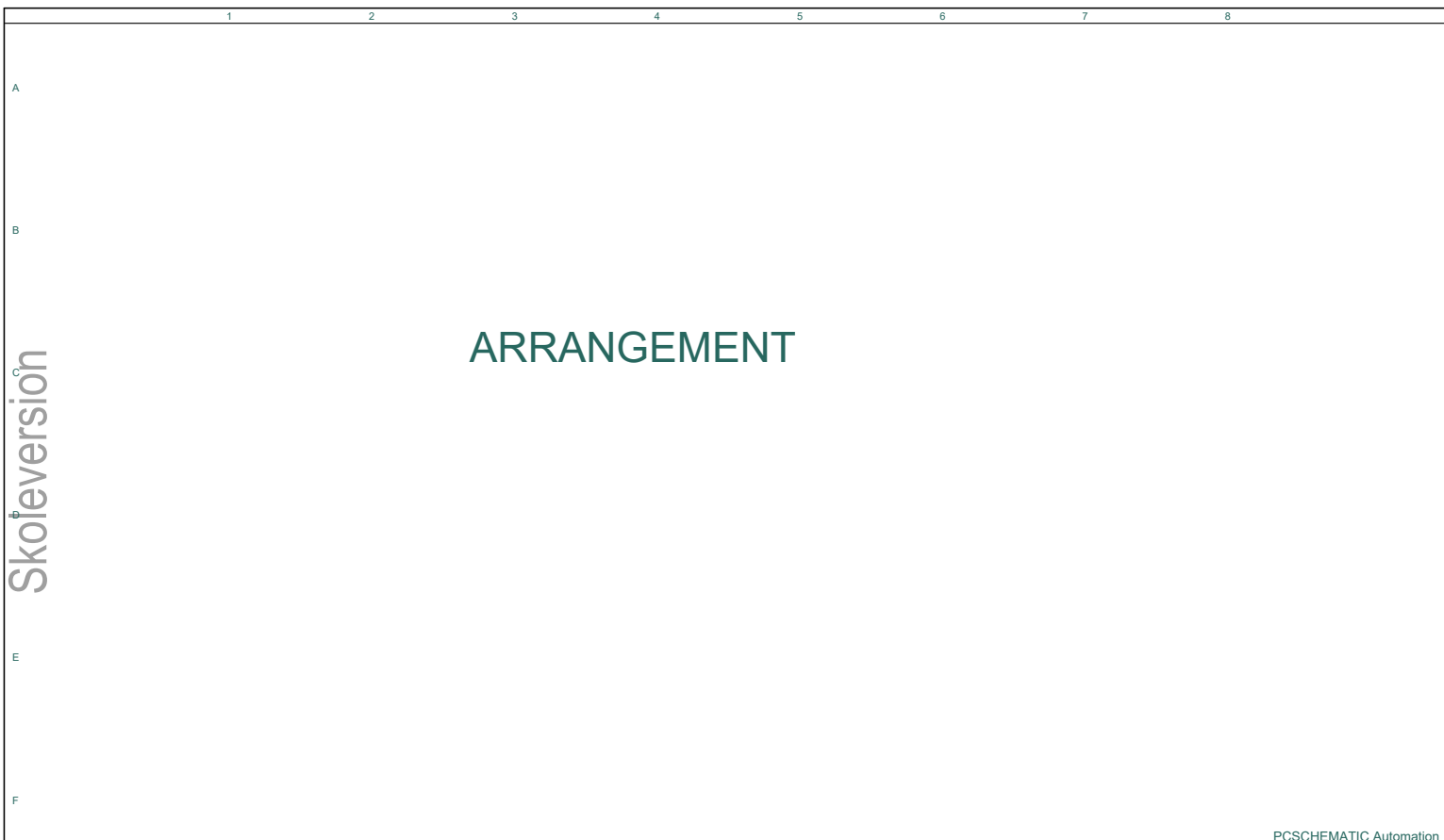
Terminal	Cable	Conn. component (ext.)	Terminal	Cable	Conn. component (ext.)
-T1:15		+24V			
-T1:16		-K17:A1			
-T1:18					
-X1:1		-H6:1			
-X1:12		-H11:2			
-X1:14		-H12:2			
-X1:3		-H7:1			
-X1:2		-H6:2			
-X1:4		-H7:2			
-X1:5		-H8:1			
-X1:6		-H8:2			
-X1:7		-H9:1			
-X1:8		-H9:2			
-X1:9		-H10:1			
-X1:10		-H10:2			
-X1:11		-H11:1			
-X1:13		-H12:1			
-X1:15		-H13:1			
-X1:16		-H13:2			
-X2:1		-F1:1			
-X2:2		-F1:3			
-X2:3		-F2:1			
-X2:4		-F2:3			
-X3:1					
-X3:2					

Skoleversion

PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	14
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Terminal list - External connections	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	13
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	15
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21

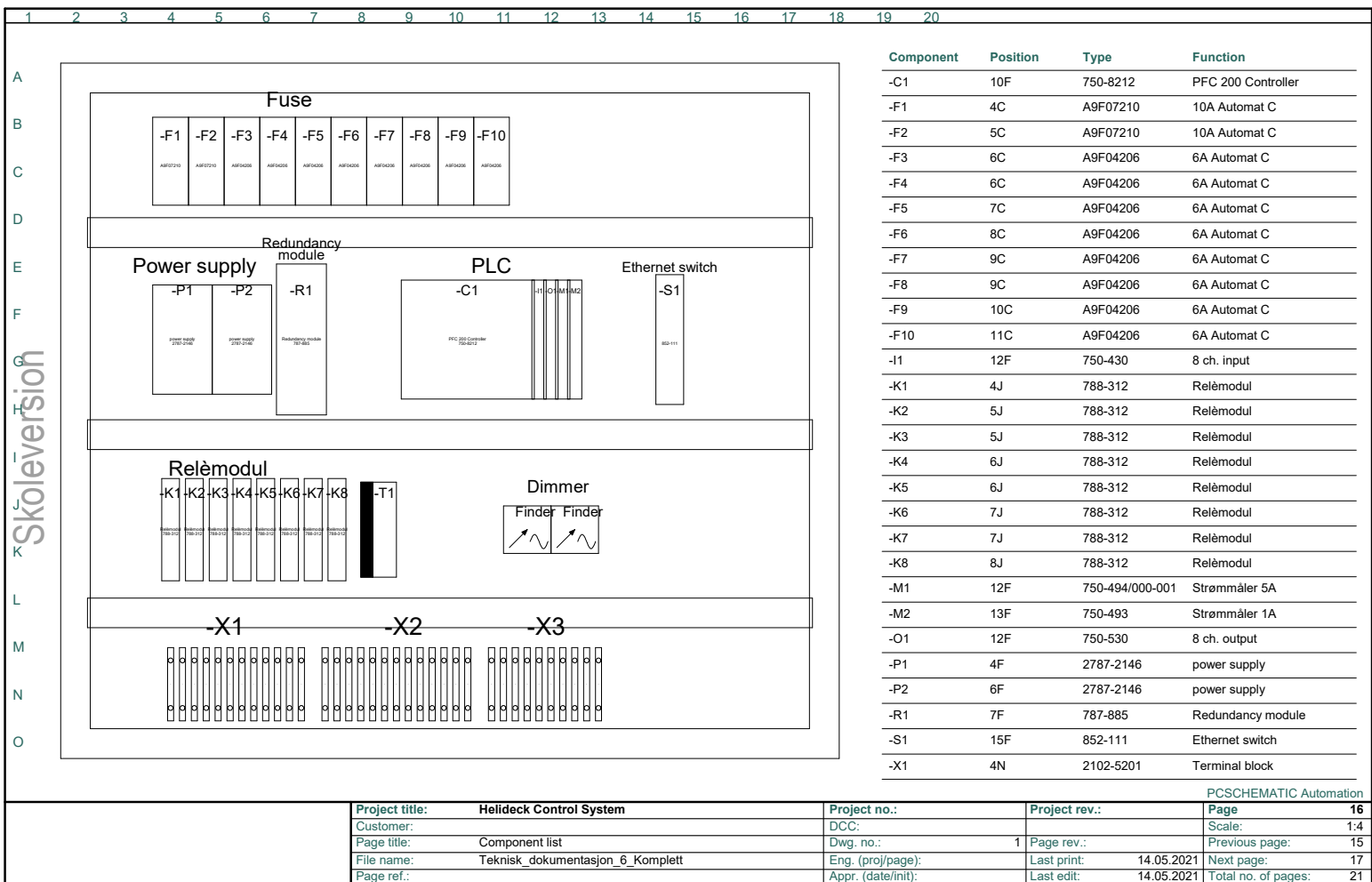
F.4 Layout



PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	15
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Arrangements	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	14
File name:	Teknisk_dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	16
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 10.05.2021	Total no. of pages:	21

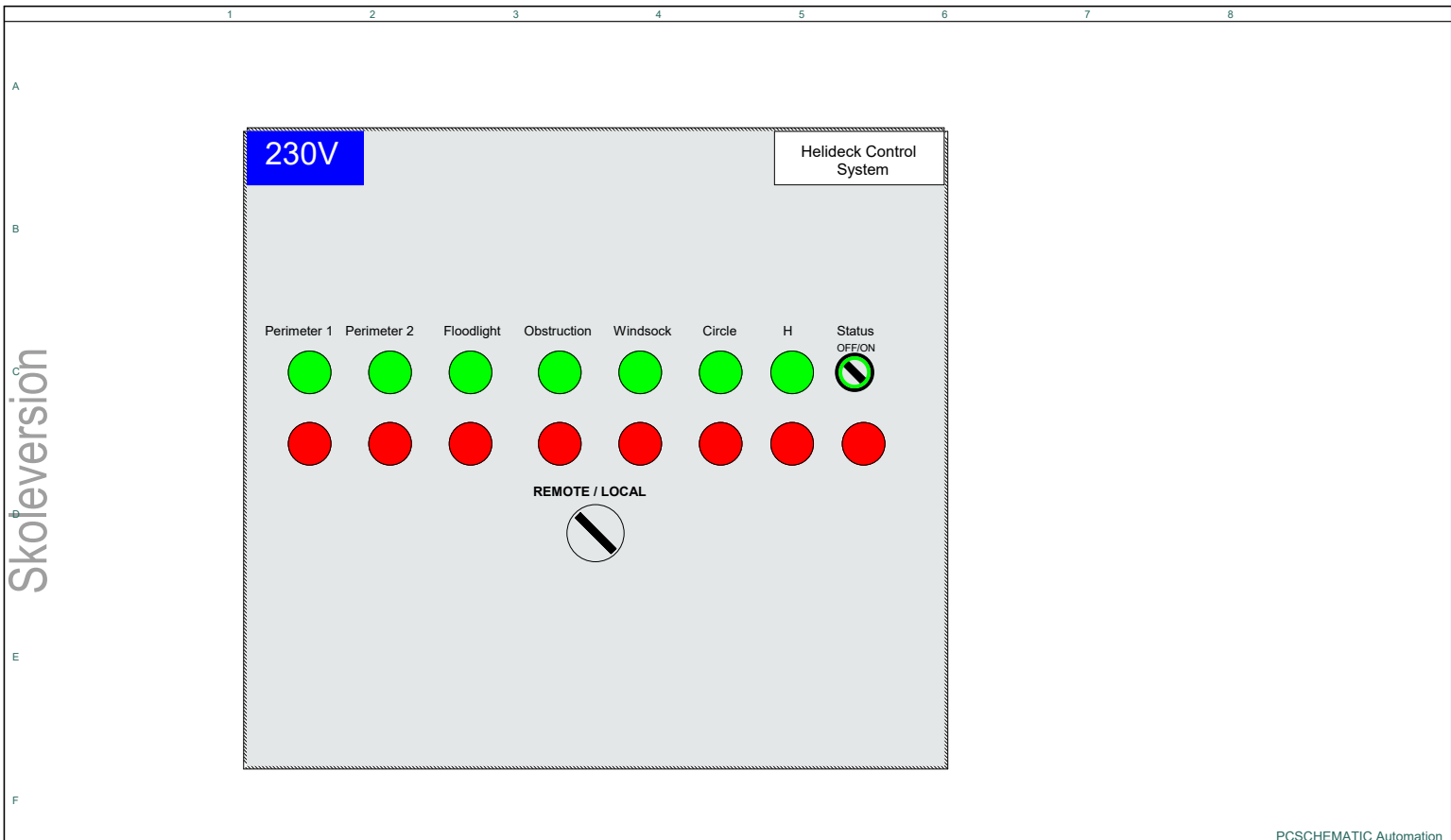
Inside control cabinet



Skoleversjon

PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:		Project rev.:		Page	16
Customer:		DCC:		Scale:		Scale:	1:4
Page title:	Component list	Dwg. no.:	1	Page rev.:		Previous page:	15
File name:	Teknisk dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):		Last print:	14.05.2021	Next page:	17
Page ref.:		Appr. (date/init):		Last edit:	14.05.2021	Total no. of pages:	21



Skoleversion

PCSCHMATIC Automation

Project title:	Helideck Control System	Project no.:	Project rev.:	Page	17
Customer:		DCC:		Scale:	1:1
Page title:	Local Control panel	Dwg. no.:	Page rev.:	Previous page:	16
File name:	Teknisk dokumentasjon_6_Komplett	Eng. (proj/page):	Last print: 14.05.2021	Next page:	
Page ref.:		Appr. (date/init):	Last edit: 13.05.2021	Total no. of pages:	21

BIBLIOGRAFI

- [1] Vard Group. About us. <https://www.vard.com/who-we-are>.
- [2] Civil Aviation Authority. Standards for offshore helicopter landing areas. <https://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?appid=11&mode=detail&id=523>.
- [3] Safety Regulation Group. *CAP 437 - Standards for offshore helicopter landing areas*. Civil Aviation Authority, Gatwick Airport South, West Sussex, 2016.
- [4] Dag Håkon Hanssen. *Programmerbare Logiske Styringer*. Fagbokforlaget, 5068 Bergen, 2018.
- [5] Allan R. Hambley. *Electrical Engineering - principle and applications*. Pearson, 350 Hudson Street, NY NY 10013, 2019.
- [6] ELFA FAKTASIDA. Forelesningsnotat i måleteknikk (a/d- og d/a omvandlara), Januar 2020.
- [7] Realpars. What is fieldbus? <https://realpars.com/fieldbus/>.
- [8] RealPars. What is ethernet? <https://www.youtube.com/watch?v=HLziLmaYsO0>.
- [9] NDLA. Nettverkskabel. <https://ndla.no/nb/subject:16/topic:1:179564/topic:1:186780/resource:1:83339?filters=urn:filter:d97809a8-47b6-4d26-ae5c-1839f4c27940>.
- [10] K.L.S Sharma. *Overview of Industrial Process Automation*. Automation Education and Training, Bengaluru, India, 2017.
- [11] Store Norske Leksikon. Internetssprotokoll. <https://snl.no/internettprotokoll>.
- [12] Wago. Programmering og konfigurering med e!cockpit. <https://www.wago.com/no/automasjon-teknologi/software/ecockpit-engineering-programvare>.

- [13] DNV GL. Rules for classification, ships - part 4 - ch. 8. <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2020-07/DNVGL-RU-SHIP-Pt4Ch8.pdf>.
- [14] Norsk Elektroteknisk Komite. *NEK 410A:2021 - Elektriske Installasjoner om bord i skip*. Norsk Elektroteknisk Komite, 2021.
- [15] Alf Kristiansen. *Maritime elektriske anlegg-maritime elektriske installasjoner*. Gyldendal, 2013.
- [16] Norsk Elektroteknisk Komite. *NEK 410-2:2010 - Elektriske Installasjoner om bord i skip og fartøyer Del 2*. Norsk Elektroteknisk Komite, 2010.
- [17] Store Norske Leksikon. Strømtransformator. <https://snl.no/str%C3%B8mtransformator>.
- [18] Wikipedia. Hall-effekt. <https://no.wikipedia.org/wiki/Hall-effekt>.
- [19] Science Direct. Hall effekt. <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/hall-effect>.
- [20] Norsk Elektroteknisk Kommite. Nek 410. <https://www.nek.no/produkter/nek-410/>.
- [21] Q-aviation. Helideck calculator. https://www.qaviation.nl/calculator_files/helideck/helideck-calculator.php?recalculateHelideckMeters=recalculateHelideckMetersD-ValueHelideck=30D-ValueHelideck=30includeH-System=1includeStatusLights=1includeWindIndicator=1includeHAPI=0nameHelideck=DEMObotVesselRig=boat%2Fvesselhazardous=safe.
- [22] Wago. Datablad 750-493(/xxx-xxx) 3-phase power measurement module.
- [23] Harry Magne Møgster. *Elektriske installasjoner i skip, handbok for montøren*. Nelfo, 2009.