IEEE PES Seminar
Kraft fra land til offshore installasjoner
Trondheim, 2018-11-27

Bård I. Ek, Senior Adviser

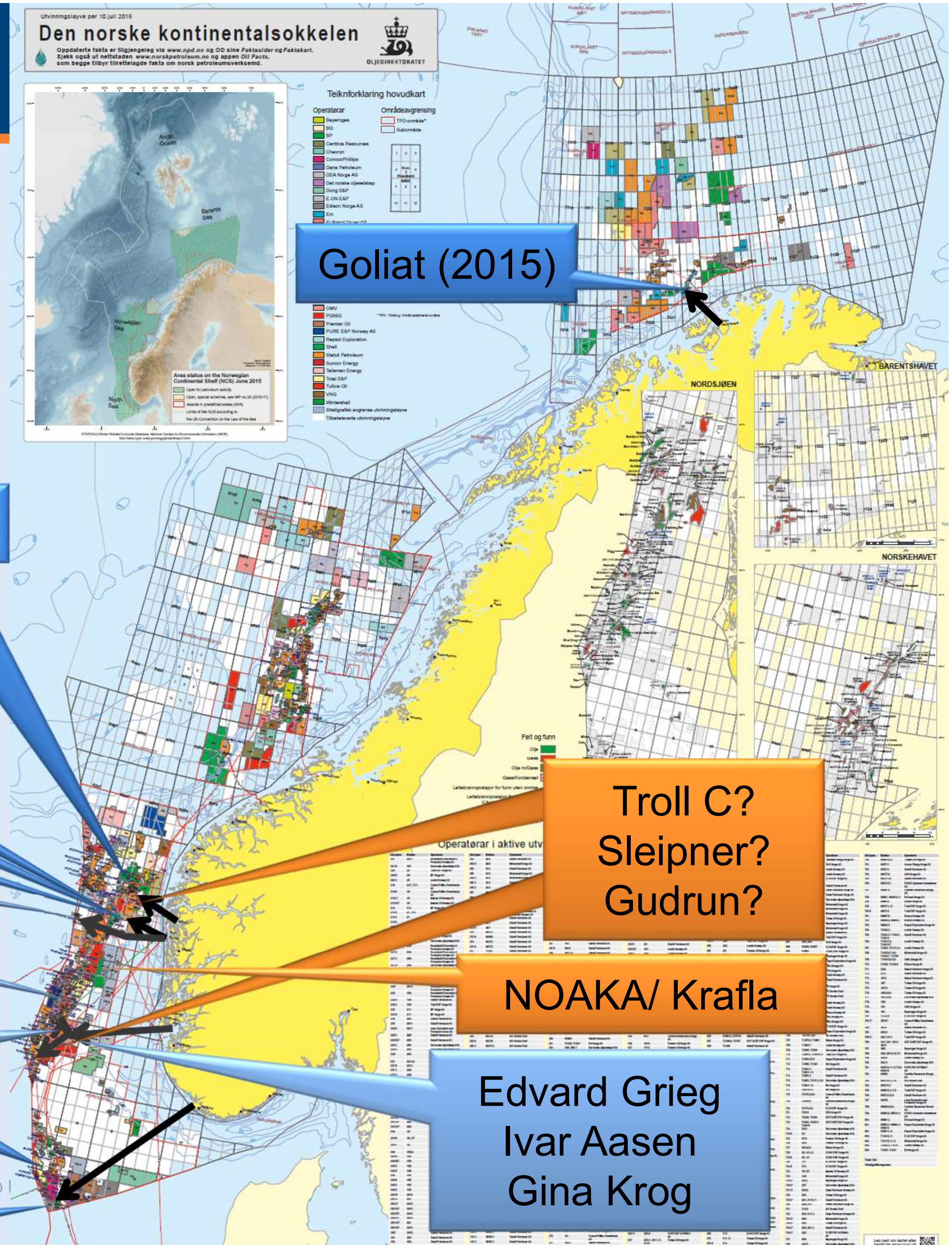
Power System Engineering department: Activity areas and services

Torger Einervoll **Electrical safety & operation support**	Terje Kydland **Power system calculations/ simulations**	Bård Ek **Grid connections**	Svein Tore Åtland **Studies & project support**	Jarle Bremnes **Subsea power systems**	Tom Nestli **Power electronics & drives**	Bjørn Sanden **HV cable transmission systems**	Geir Nordvik **Energy, environment & operational efficiency**
	Roald Sporild **Technical Coordinator**						
Arc-flash analysis	System modeling	Industrial grid connections	Front end studies	Subsea distribution systems	HVDC	Management consulting	Integrated operations
Arc-blast analysis	Short circuit	Reactive compensation	Philosophies & system design	Power umbilicals	Drives	Technology assessment	Corrective maintenance
Electric shock	Load flow	Windpower	Elhaz & reviews	System design/ verification	Power conversion	HVAC/HVDC power cable	Real-time and historical solutions
Safety inspections	Protection	Grid connection approval support	Risk assessment	DEH	Static VAr Systems	Transmission solutions	Pattern Recognition Systems
Exposure Risk	Harmonic analysis	Power grid solutions	Audits / Revisions	Finite element analysis	Renewable energy production		Energy management
Incident analysis	Dynamic analysis	Reliability assessment	Retrofit & extensions	EMF mitigation			Electrification and energy efficiency
Measurements	Earthing studies		PMS & PDCS				CO2 Abatement cost
Site assistance	Switching overvoltages		ESD interface/ philosophy				
Commissioning assistance	Insulation coordination		Technical Due Diligence				

TransQ Qualified · Sellihca Qualified · Achilles JQS Qualified · DNV·GL ISO 9001 · Norsk Akkreditering MSYS 002

Bakgrunn

- Elektrifisering på norsk sokkel



Stortingsvedtak fra 22. feb. 1996:

II.

Ved alle nye feltutbygginger på norsk sokkel skal det legges fram en oversikt over energimengden og kostnadene ved å elektrifisere installasjonen framfor å bruke gassturbiner.

Tiltakskost

$$\text{Abatement cost} = \frac{NPV(Capex + Opex)_{PFS} - NPV(Capex + Opex)_{Not\ PFS}}{NPV(CO_2)_{Not\ PFS} - NPV(CO_2)_{PFS}}$$

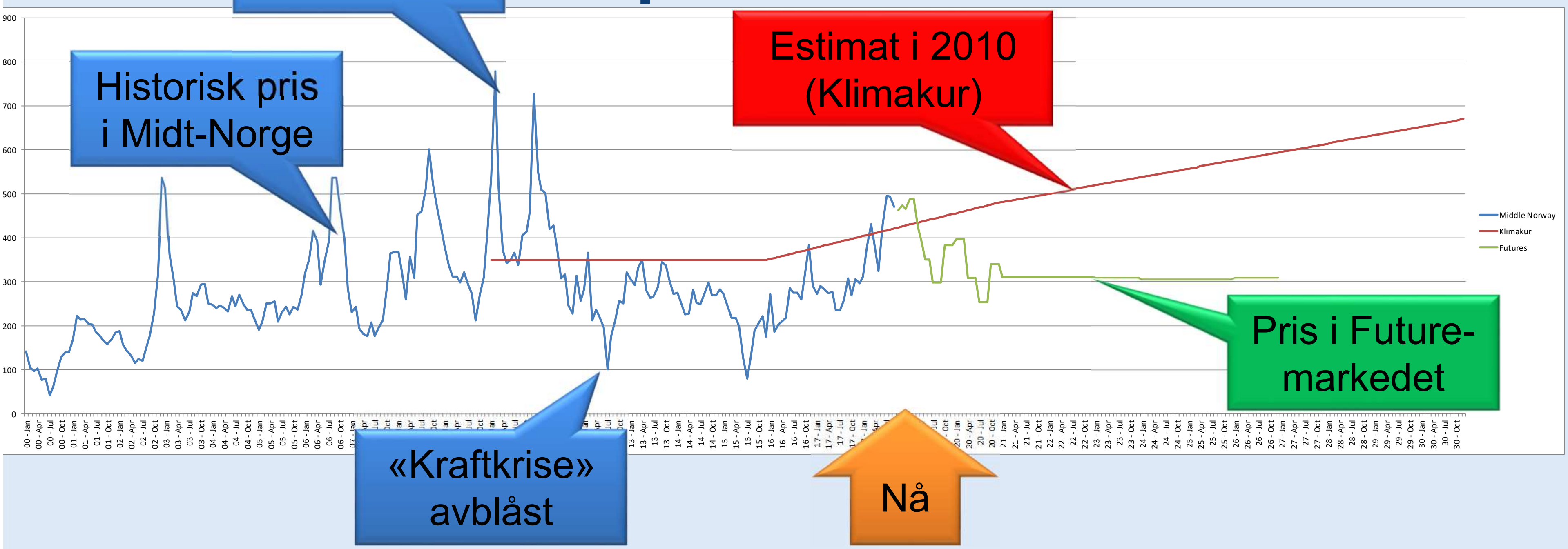
Når er elektrifisering gunstig?

- Kort avstand fra land
- Lett tilgjengelig nettilkobling ute ved kysten
- Lavt varmebehov
- Mulighet for å selge gass

- Viktige tall:
  - Fremtidig kraftpris
  - Fremtidig gasspris
  - Fremtidig pris for utslipp av CO2
  - CAPEX

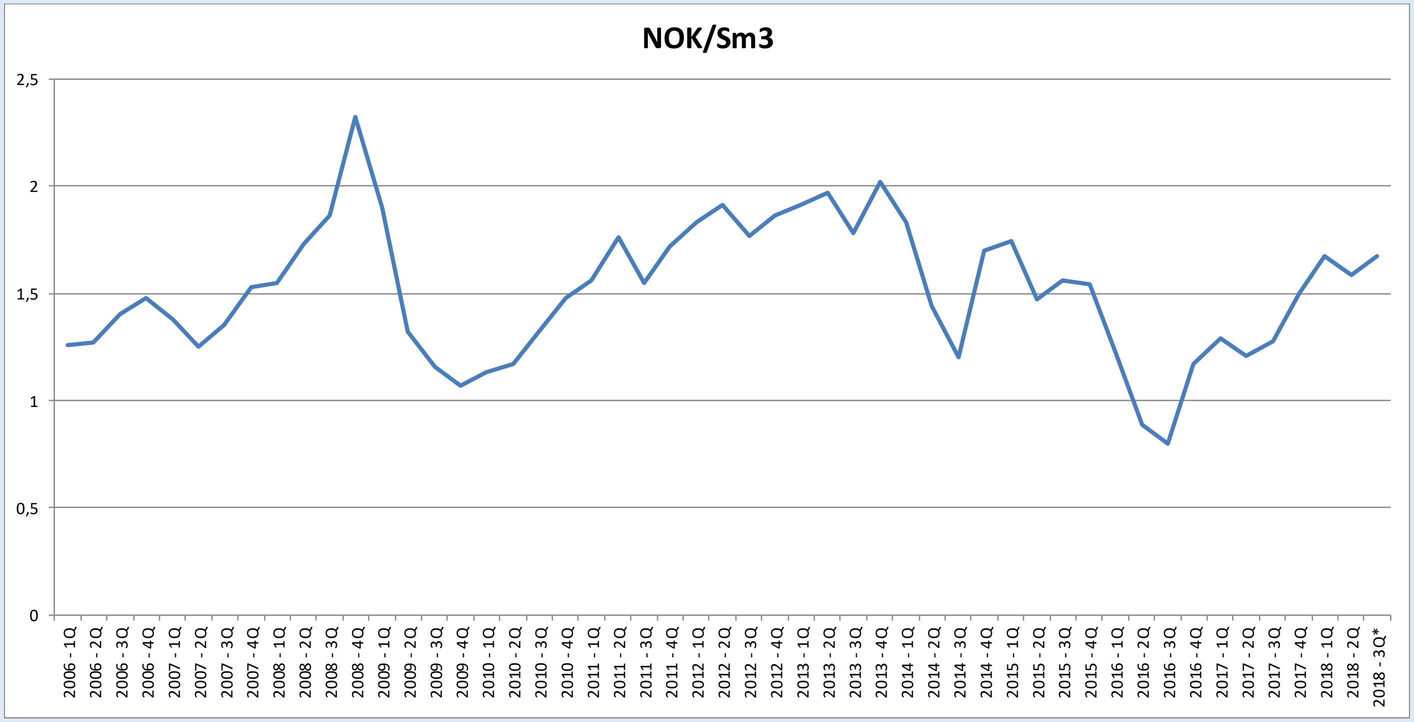
  - Prosjektets internrente er viktig for tiltakskosten

Utvik … kraftpris



- Kraftbransjen forventer lave kraftpriser i årene som kommer
- Forbruket øker ikke som før
- Norge og Sverige har forpliktet seg til 28,4 TWh ny kraft
- Det regner mer enn før (selv om det har vært tørt denne sommeren)

Utvikling av gasspris



- Kurven viser «Equinor internal price» som er et beregnet volumbasert gjennomsnitt av flere gasspriser (kilde: Equinor hjemmesider)
- Gassprisen varierer med leveringspunkt (pga. transport i rør)
- Gassprisen følger til dels oljeprisen, men prisendringer er «forsinket»
- Gass handles mer gjennom lange kontrakter enn f.eks. olje

Utvikling av CO2 kvotepris

- Pris i €/tonn

CO2 EUROPEAN EMISSION ALLOWANCES IN EUR - HISTORICAL PRICES

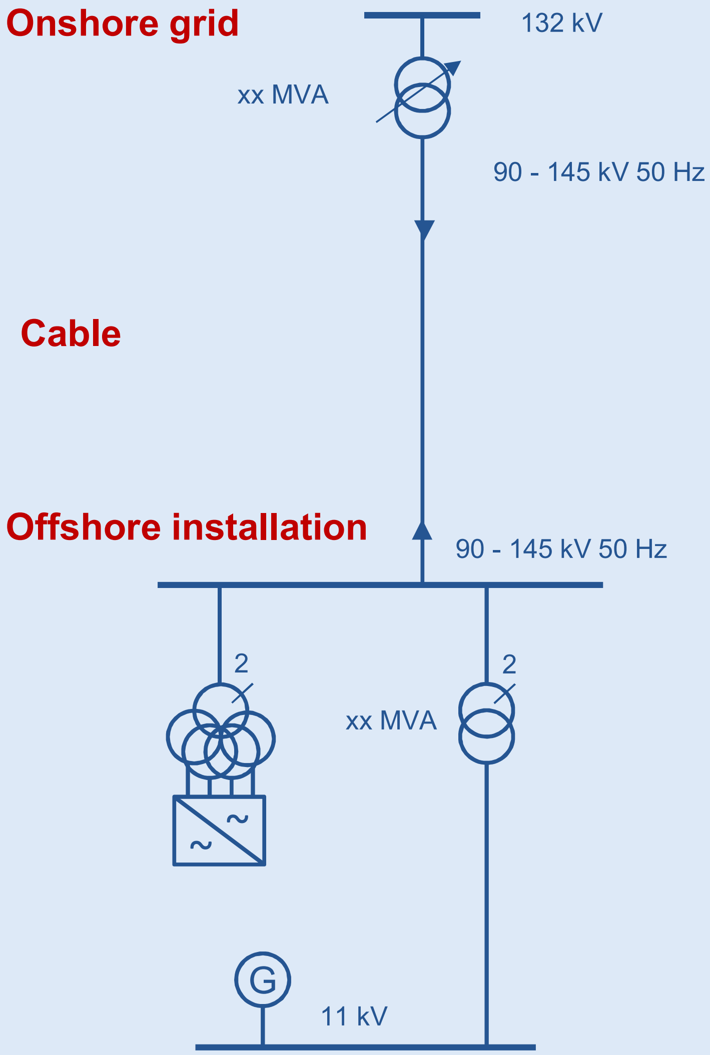
Technical requirements and solutions

- Requirements
  - Onshore grid voltage performance
  - Offshore system voltage performance

- Solutions:
  - Gjøa og Troll A: Onshore transformers with OLTC voltage regulation
  - Goliat og M. Linge: Onshore STATCOM / SVC
  - Valhall og J. Sverdrup: HVDC – «no problem»

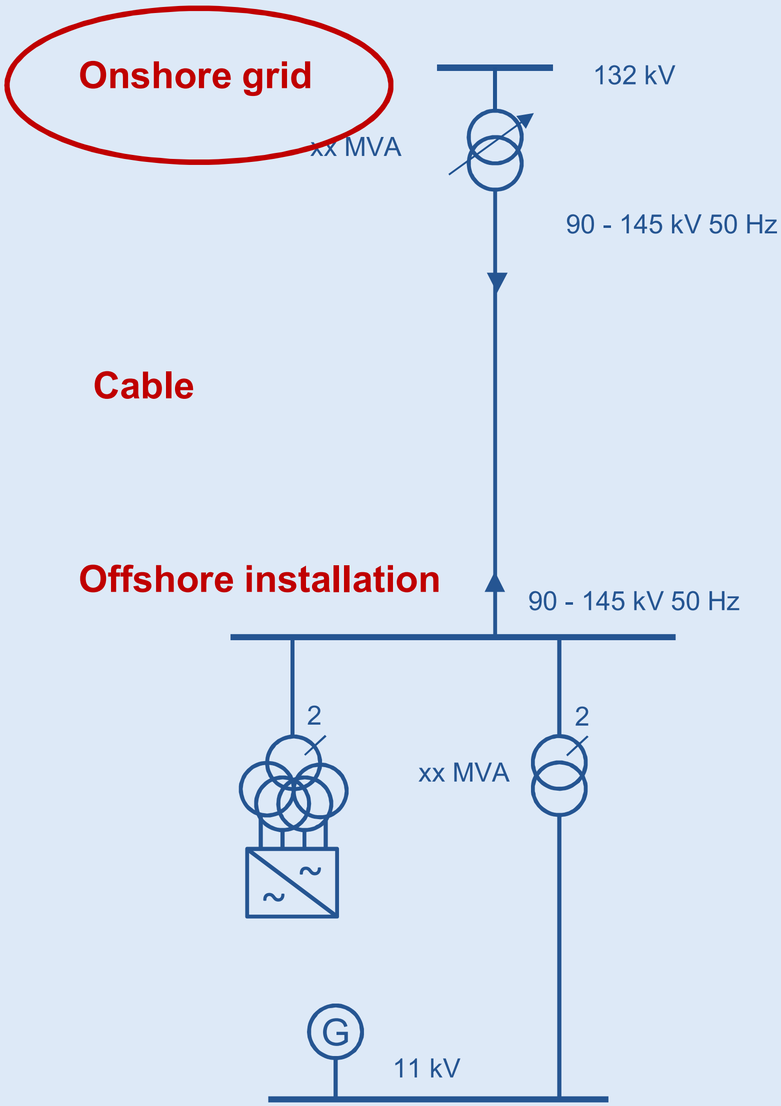
- «New» solutions:
  - Series compensation
  - AFE (active front end) drives
  - Power from shore as emergency power source
  - Others

General requirements



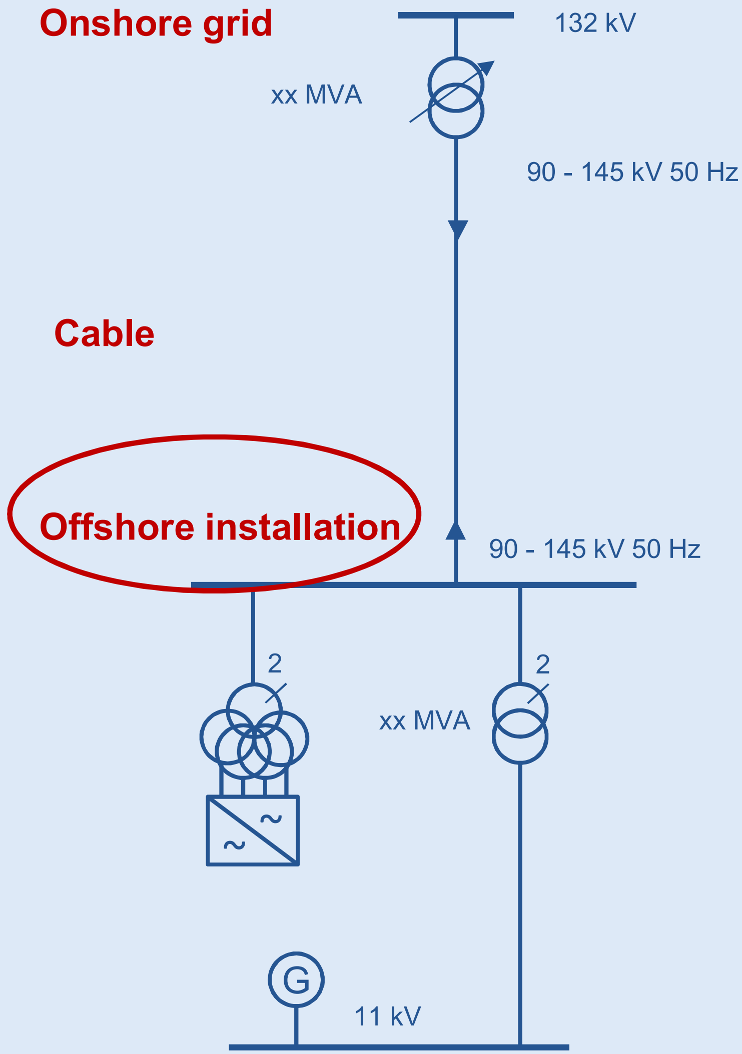
- Minimize offshore weight and space requirements
  - Reactive power compensation equipment located onshore (*not* offshore)
  - Limiting rating of DOL motors
  - AC-solutions preferred
  - HVDC solutions require offshore converters

Onshore requirements



- Voltage performance
  - Energization of cable
  - Trip of cable
  - Trip of offshore load
- Reactive power exchange at Point of Common Coupling-PCC
- Grid strength
  - Strong grid – stationary compensation OK
  - Weak grid – dynamic compensation may be required

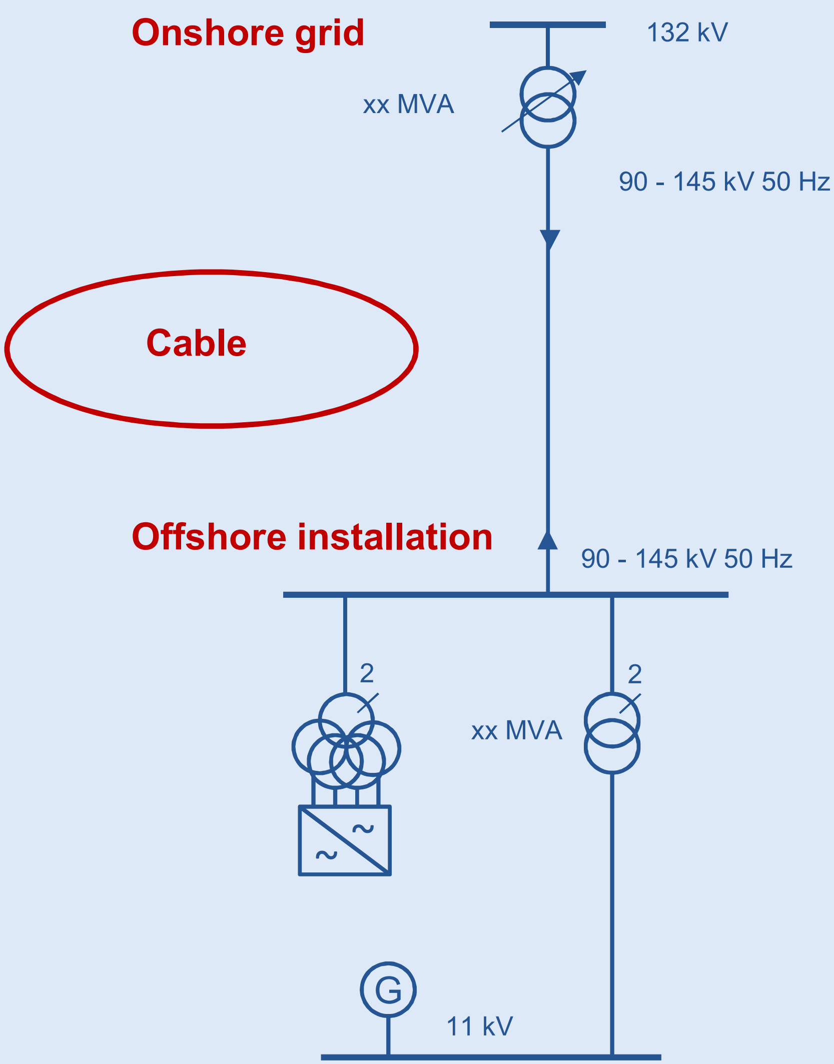
Offshore installation requirements



- Voltage performance
  - Sudden loss of load
  - DOL motor starts

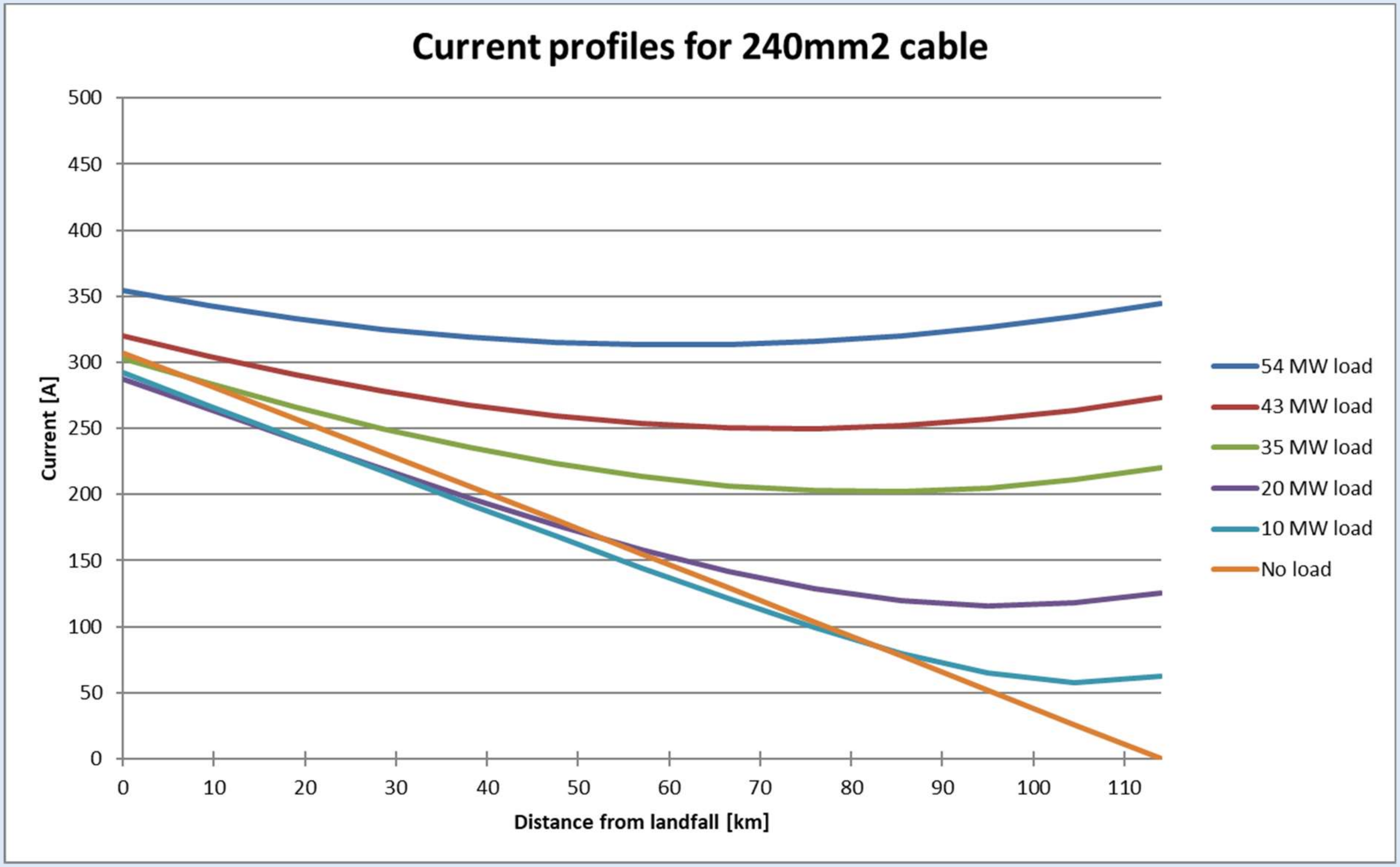
- Onshore dynamic compensation may be required to improve offshore voltage performane

AC cable requirements

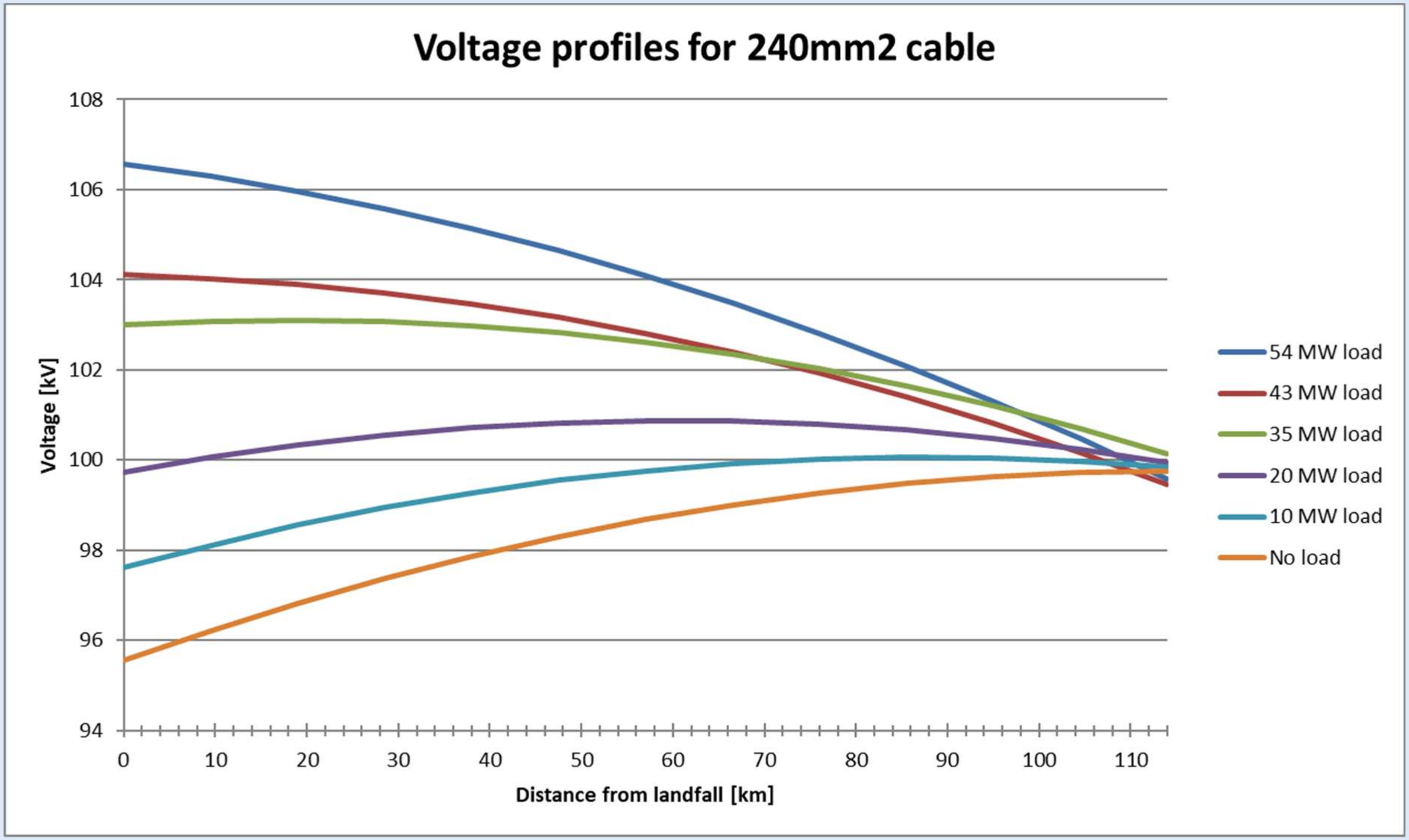


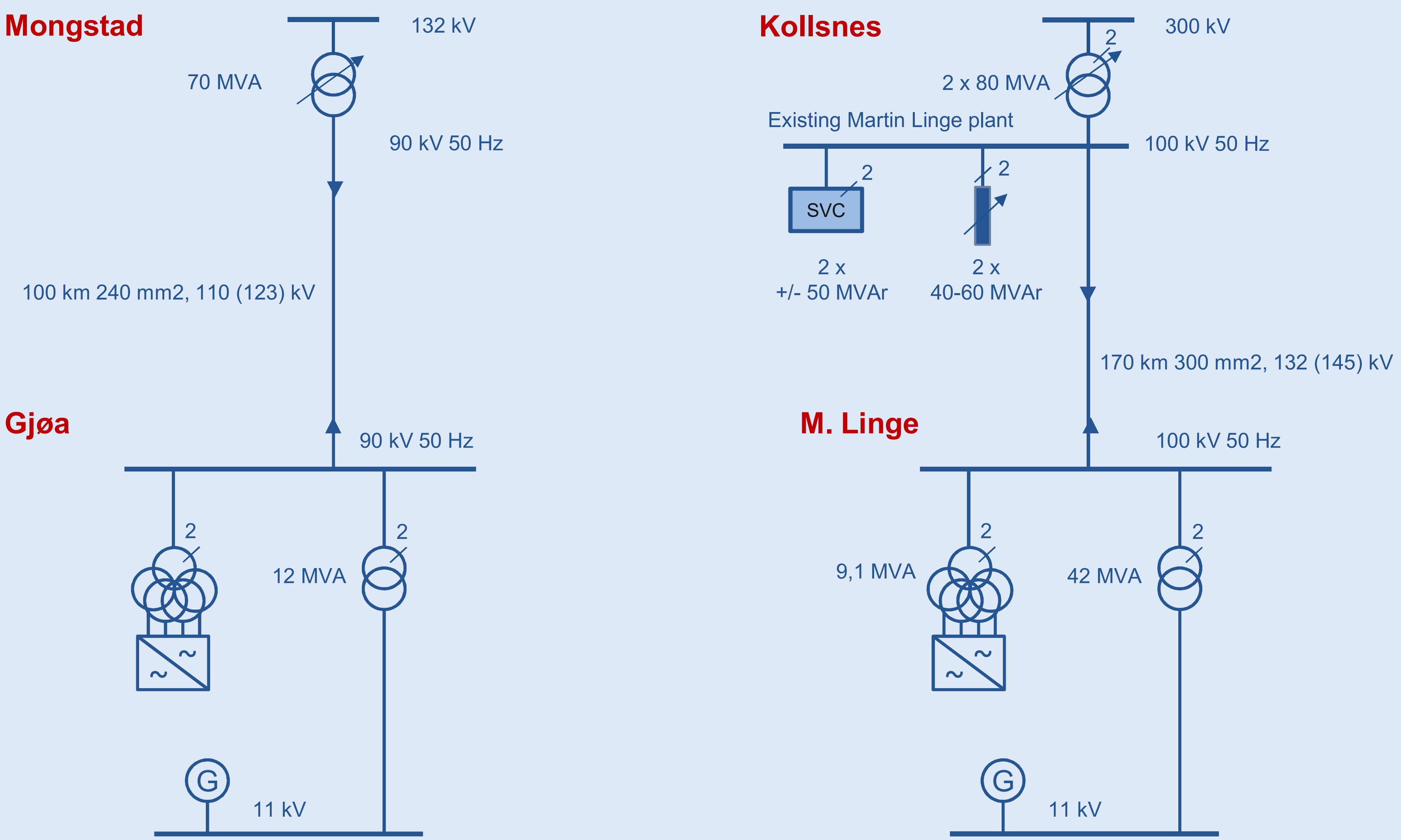
- Increasing load and distance from shore→
  Higher operating voltage required
  - Reduced offshore voltage variations related to changes in load level
  - Higher capacitive charging currents
    - Larger impact on onshore grid voltage during energization
    - No load current may represent the maximum cable current
    - Discharging of cable – inductive Voltage Transformers may be thermally overloaded
- Reliable ac cable
  - Non redundant system design

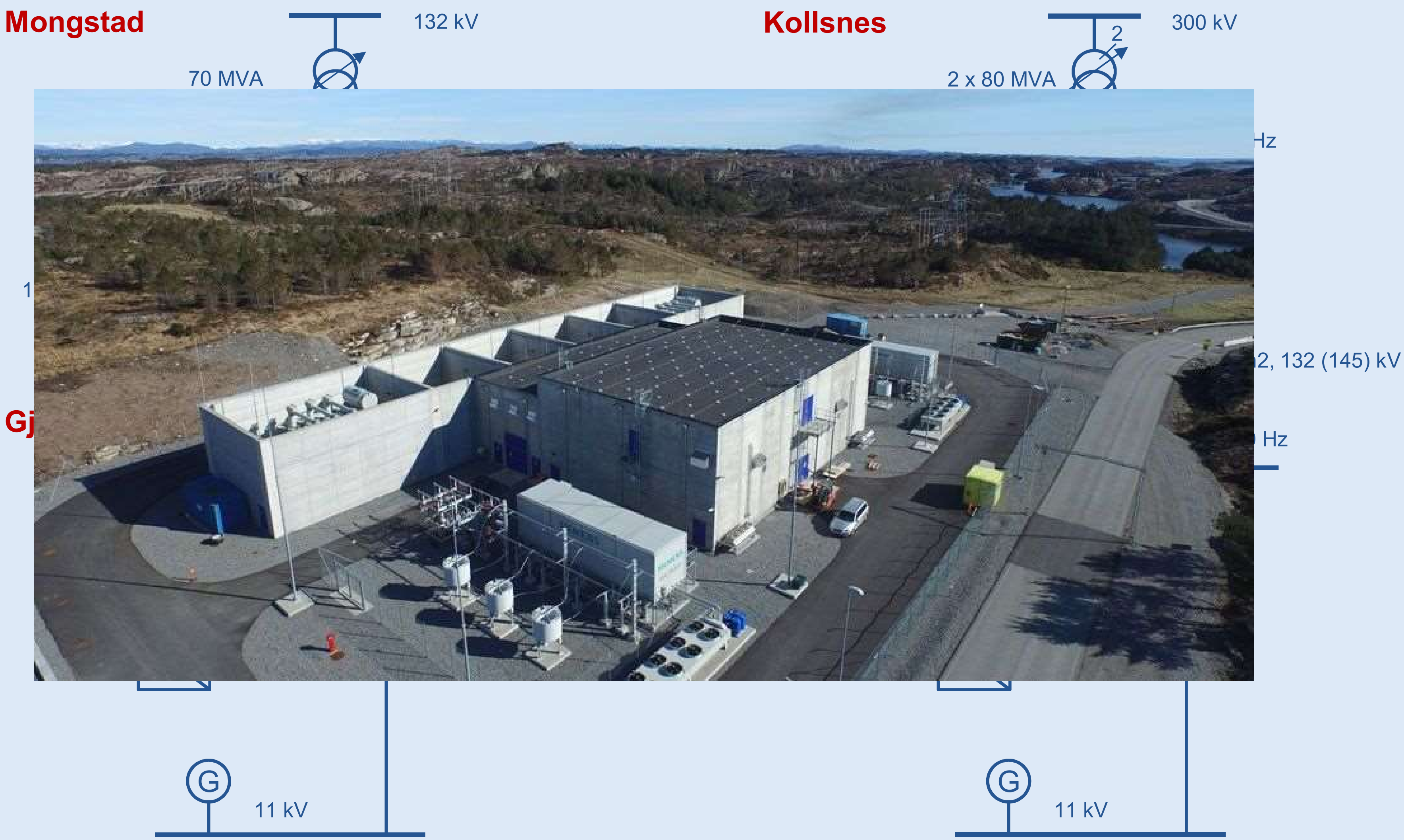
Current distribution along a 123 kV cable



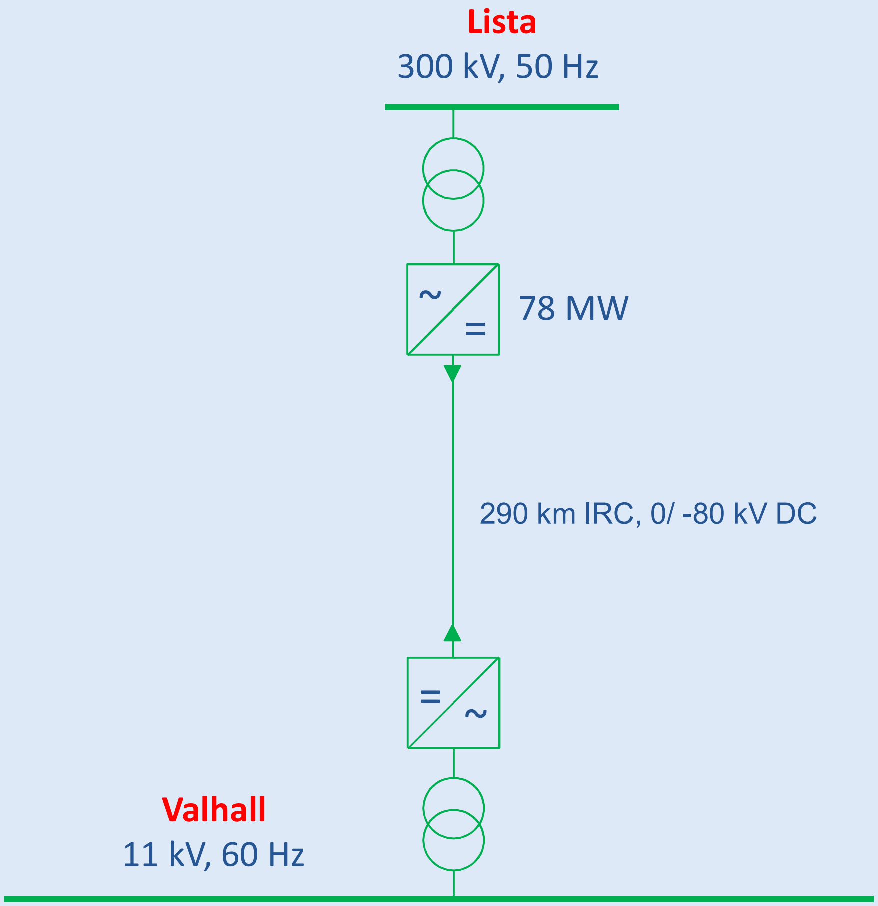
123 kV cable design




Mongstad
132 kV
70 MVA
90 kV 50 Hz
100 km 240 mm2, 110 (123) kV
Gjøa
90 kV 50 Hz
2
2
12 MVA
G
11 kV
Kollsnes
300 kV
2
2 x 80 MVA
Existing Martin Linge plant
100 kV 50 Hz
2
SVC
2
2 x
+/- 50 MVAr
2 x
40-60 MVAr
170 km 300 mm2, 132 (145) kV
M. Linge
100 kV 50 Hz
2
9,1 MVA
2
42 MVA
G
11 kV

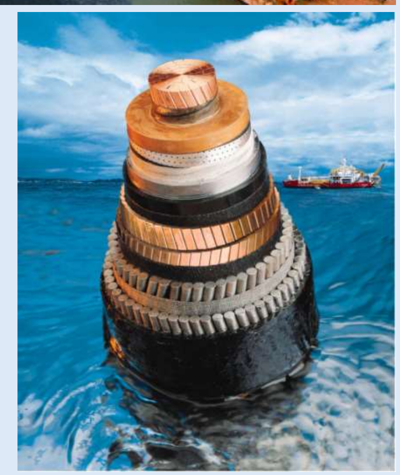


Mongstad
132 kV
70 MVA
11 kV
Kollsnes
300 kV
2
2 x 80 MVA
11 kV


Lista
300 kV, 50 Hz
78 MW
290 km IRC, 0/ -80 kV DC
Valhall
11 kV, 60 Hz

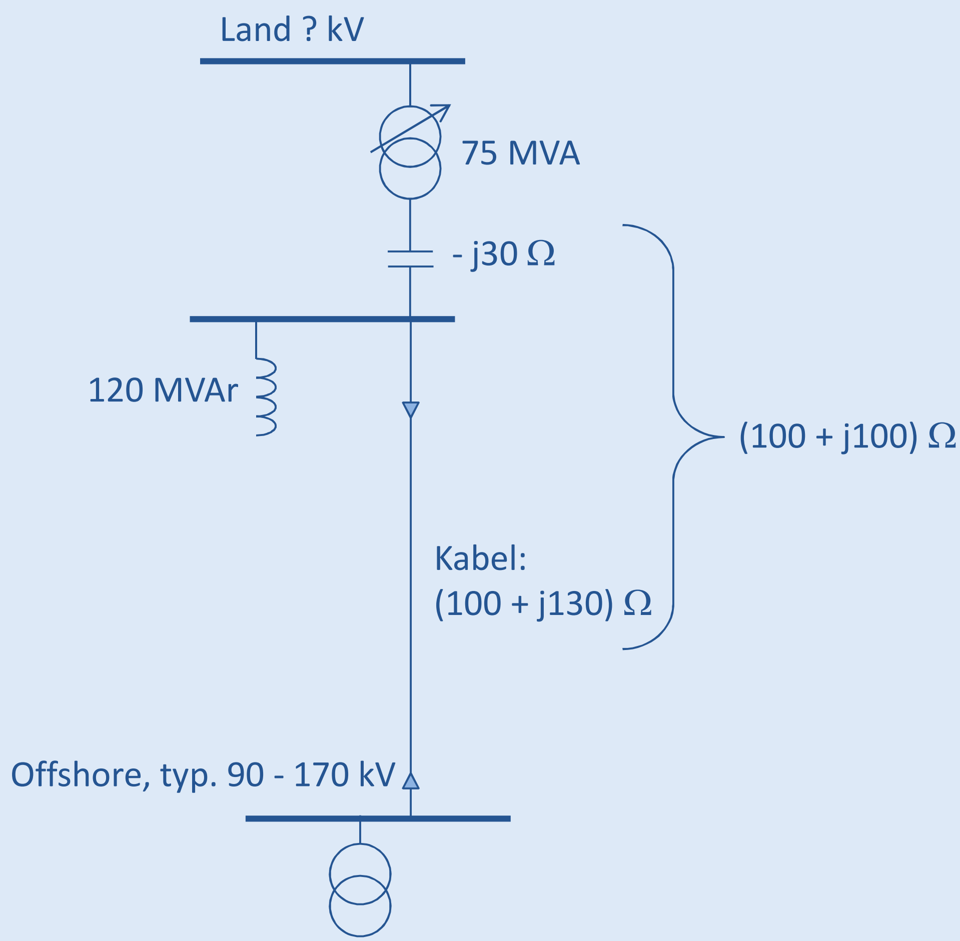
Valhall - Ula


Module on the Valhall PH platform
Offshore Power From Shore (PFS) Module:
L=30 m, W=17 m, H=13.6 m
Weight of equipment 150 tons
PFS Module



«Nye» løsninger
Seriekondensator

- Redusert induktans i overføringen
- Mindre spenningsvariasjoner offshore ved motorstart og lastavslag
- Brukt for luftledninger på land
- Ikke brukt for kabelforbindelser (ennå)



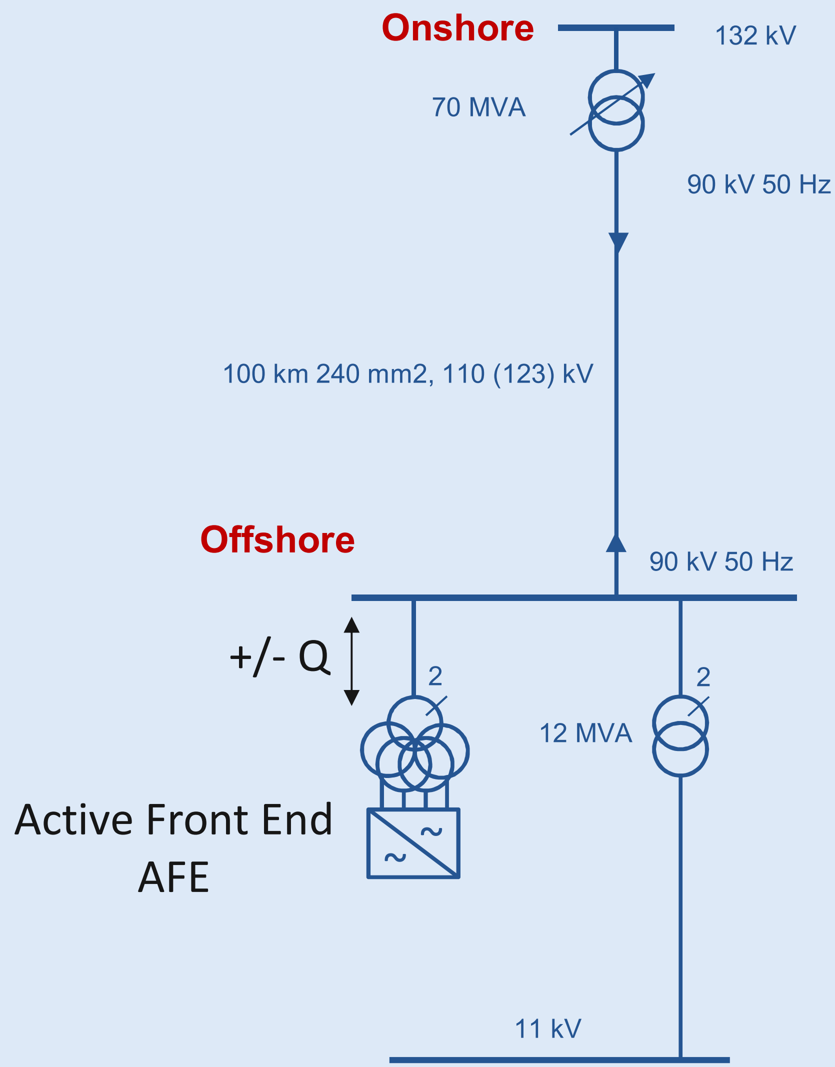
«Nye» løsninger
Seriekondensator

Land ? kV

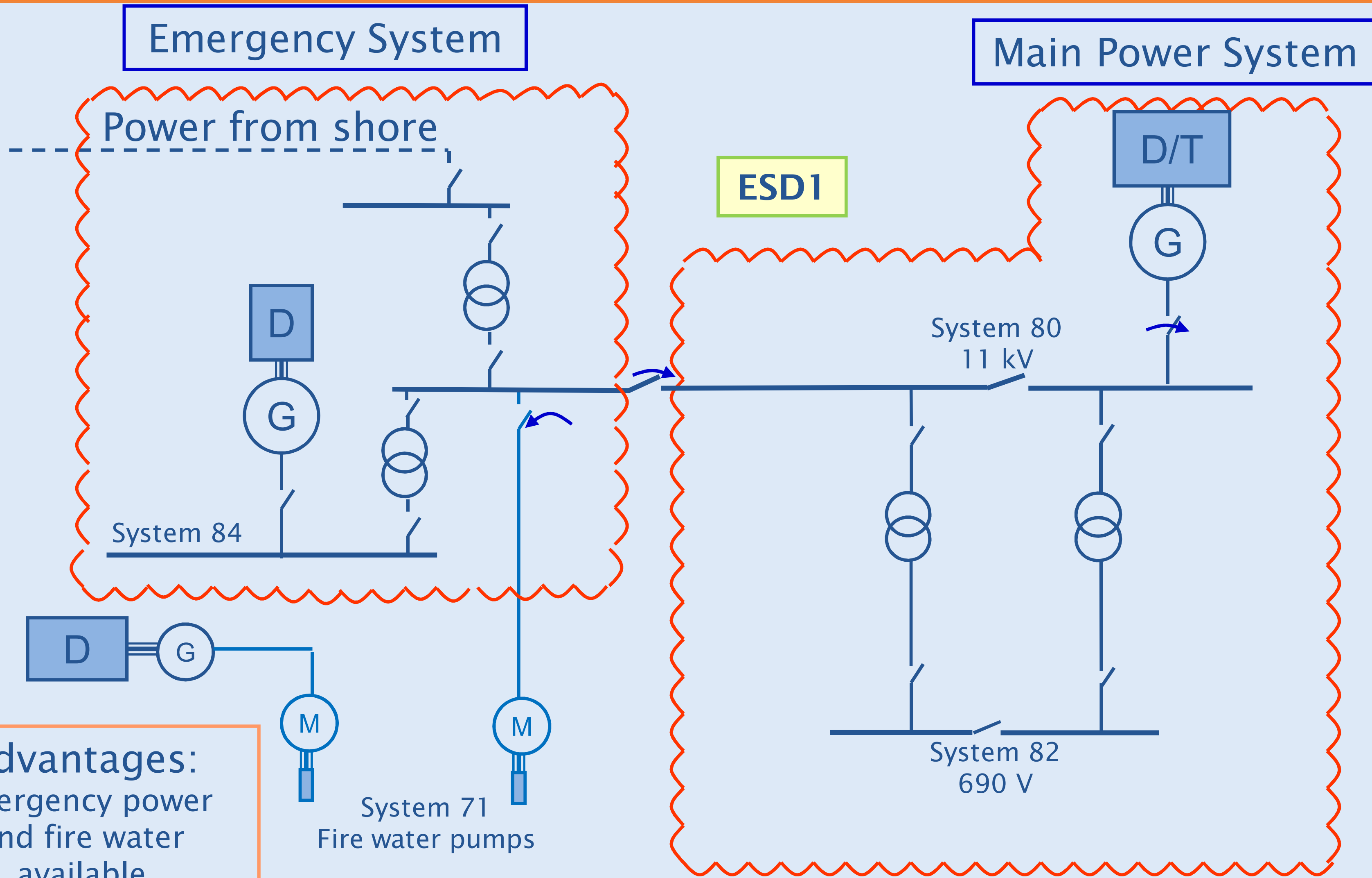
(100 + j100) Ω

«Nye» løsninger
Omformere med AFE

- Ofte finnes det store kompressorer som må mates med frekvensomformere
- Med AFE får vi en «gratis SVC» på innretningen
- Bedre å kompensere offshore enn onshore
- Lynrask spenningsregulering
- Ikke brukt (ennå), men leverandørene (og vi) ser ingen grunner til at ikke dette skal fungere



«Nye» løsninger
Kraft fra land som nødkraftkilde



Advantages:
Emergency power and fire water available **without start of diesel generators**

Summarizes: Power from shore, ess. back-up, emerg., fire water pump supply

«Nye» løsninger

- Flere «nye» løsninger:
  - Subsea reaktorer og transformatorer
  - HVDC på flyter? Dynamisk HVDC kabel?
  - Svivelspenning på 100 kV

- Det er gjort mye studiearbeid for dette uten at det er tatt i bruk foreløpig

- Havbasert vindkraft – mange synergier

Hvor langt kan vi gå med AC?

- Mye lengre enn jeg lærte på høyskolen på slutten av 1980 tallet

- Avhenger av
  - Last
  - Lastens cos φ
  - Største lastavslag – NB! Ikke 100%
  - Nettet på land

- Lengste vi har regnet på så langt er 265 km

UNITECH
POWER SYSTEMS