

- Hvorfor nye højspændingsledninger?
- Kan de graves ned?
- Er de farlige?



Danmark omkring 1960

Veludviklet elsystem øst for Storebælt:

2/3 af hele landets elforbrug

Store, moderne kraftværker

Asnæsværket åbnet 1959 med en 125 MW blok

Formasket 120 kV net

Forbindelse til Sverige siden 1915

Begyndende samordning vest for Storebælt:

Mange små og forældede elværker

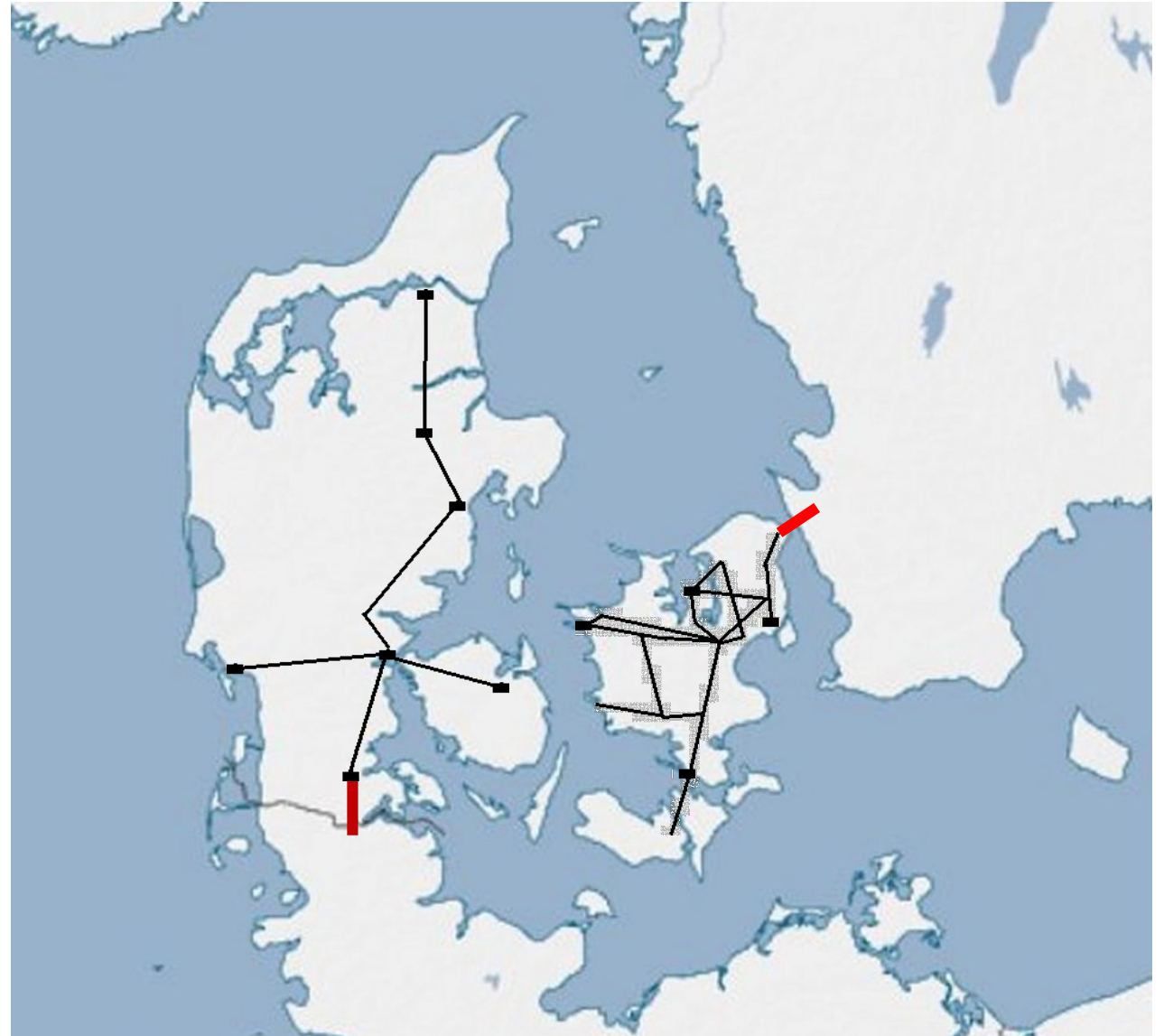
En statslig kommission anbefalede i 1946
elproduktionen samlet på landsdelsværker

Elsam stiftet 1956 til løsning af fælles opgaver

150 kV samarbejdskors fra 1960

220 kV forbindelse til Tyskland aftalt 1960

Sverige ville gerne sælge strøm til Tyskland



Hvordan?

Løsninger kortlagt af Vattenfall, Sydkraft, Kraftimport, HEW Hamborg og DVG

Storebælt?

Fugleflugtslinjen?

Nordwestdeutsche Kraftwerke (NWK) og Elsam inviterede sig selv med

Den tredje løsning

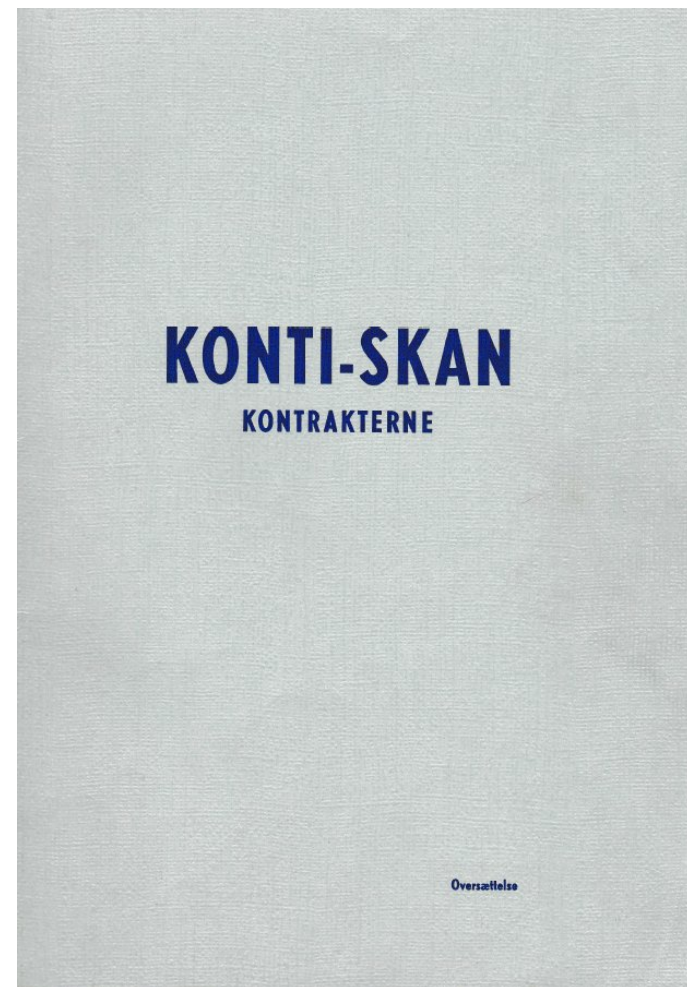
Sjællændernes interesse var ringe. De ønskede ikke at investere i forbindelser til Fyn eller Tyskland.

Men hvorfor skulle folk i Jylland belemres med en række store master?



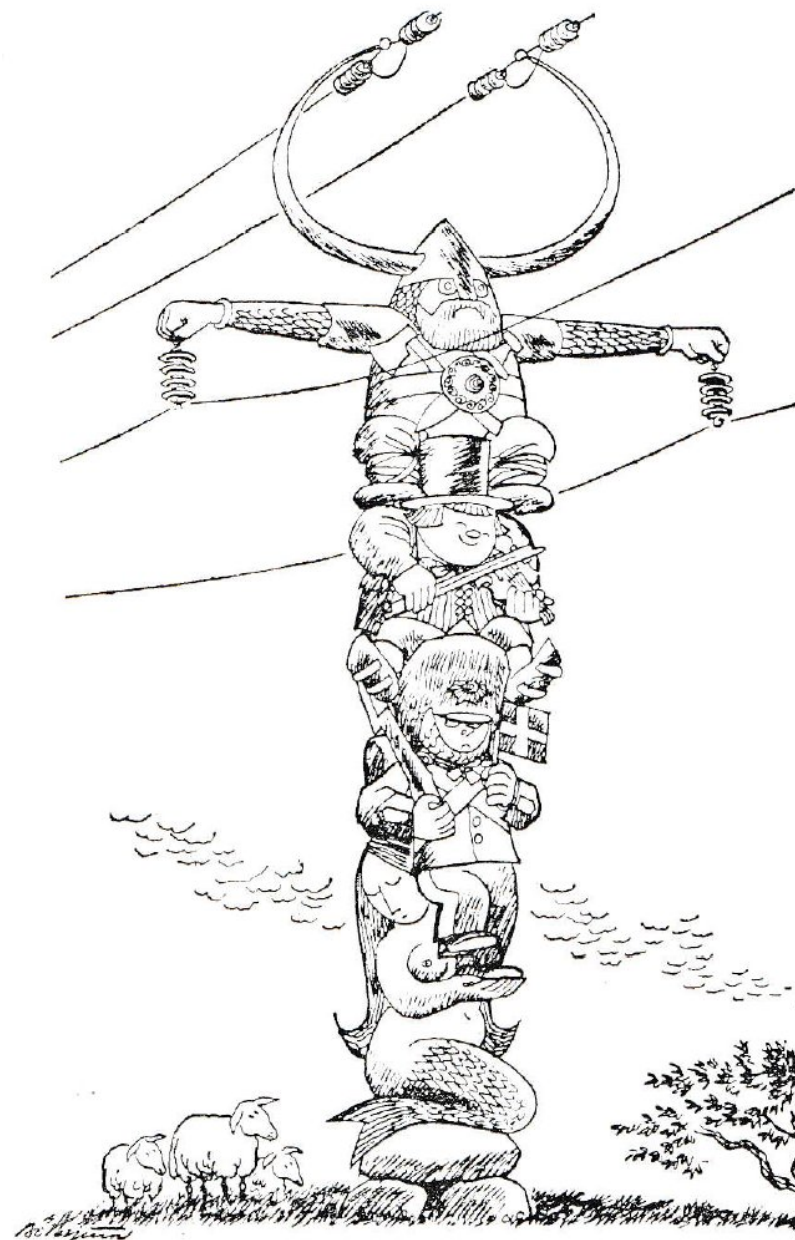
Resultatet

- Bilaterale aftaler 1963
 - Elsam-Vattenfall
 - Elsam-NWK
- Anlægsaftaler
 - 2×125 MW jævnstrømsoverføring Göteborg-Aalborg
 - med luftledninger over Læsø
 - Ny 150 kV ledning Aalborg-Tange
 - Ny 220 kV ledning Tange-Flensborg (bygget for 400 kV)
- Driftsaftaler
 - Fast kraft 1965-1971 - 300 dage/år - 463 GWh/år
 - Overskudskraft – Max 7.500 GWh
 - Tilfældig kraft



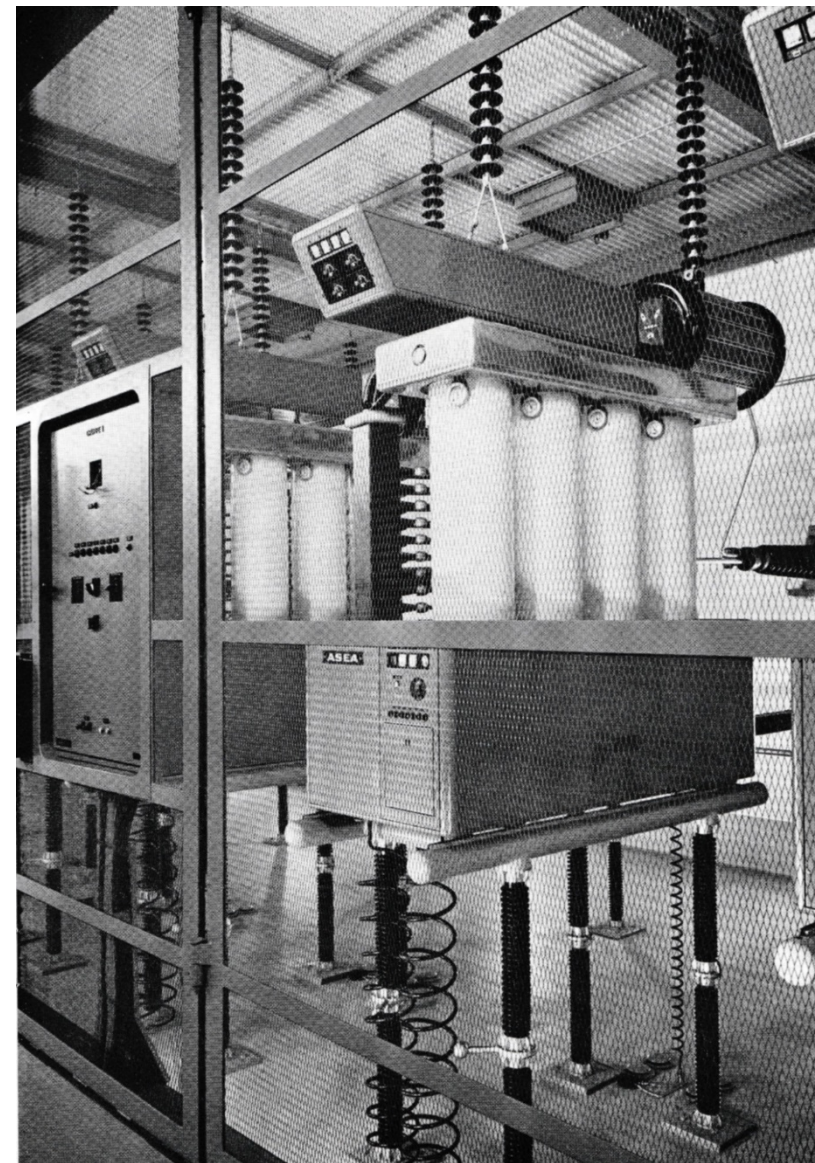
Sådan gik det

- Den første proteststorm mod luftledninger
 - Ikke i Jylland, men på Læsø
- Strømretteranlæg var aldrig før bygget så store
 - ASEAs kviksølvventiler var slet ikke færdigudviklet
 - Mange afbrydelser og fejl gav blink i lyset langt ned i Tyskland fra 1965 til 1969
 - ASEA gik langt ud over sine forpligtelser for at få teknikken til at virke
- Mange fejl på NKT's oliefyldte fladkabler, som ikke kunne holde til den fluktuerende drift
- En række tørår fjernede det svenske energioverskud, som aftalerne byggede på. EDB-programmerne til afregning var lavet efter kontrakterne, men virkeligheden blev en helt anden.
- Nedslidte danske kraftværker måtte eksportere til begge sider og dække en forbrugsstigning på 9 % om året.
- I 1972 var investeringerne tjent hjem, og anlæggene fungerede



I bagklogskabens klare lys

- Ny teknologi koster lærepenge
- Virkeligheden er altid anderledes end forventet
- Derfor er lønsomhedsanalyser (businesscases på nudansk) tilsvarende usikre
 - Det er figenblade for beslutningstagere
- Strategi er vigtigere end kalkuler
 - Elsam ville udbygge udlandsforbindelser nok til at minimere behovet for egen reservekapacitet og til at få en rolle i den internationale handel med el
 - Skagerrak-forbindelsen til Norge i 70'erne var et resultat af denne politik
- I mange år overvejede Kraftimport ikke andre forbindelser ud af området end Øresundsforbindelsen
- Vestdanmark fik 20 år med monopol på transit af el mellem Skandinavien og kontinentet
 - Den offensive udlandspolitik fik betydning for forsyningsikkerheden indtil nu



Small is beautiful...

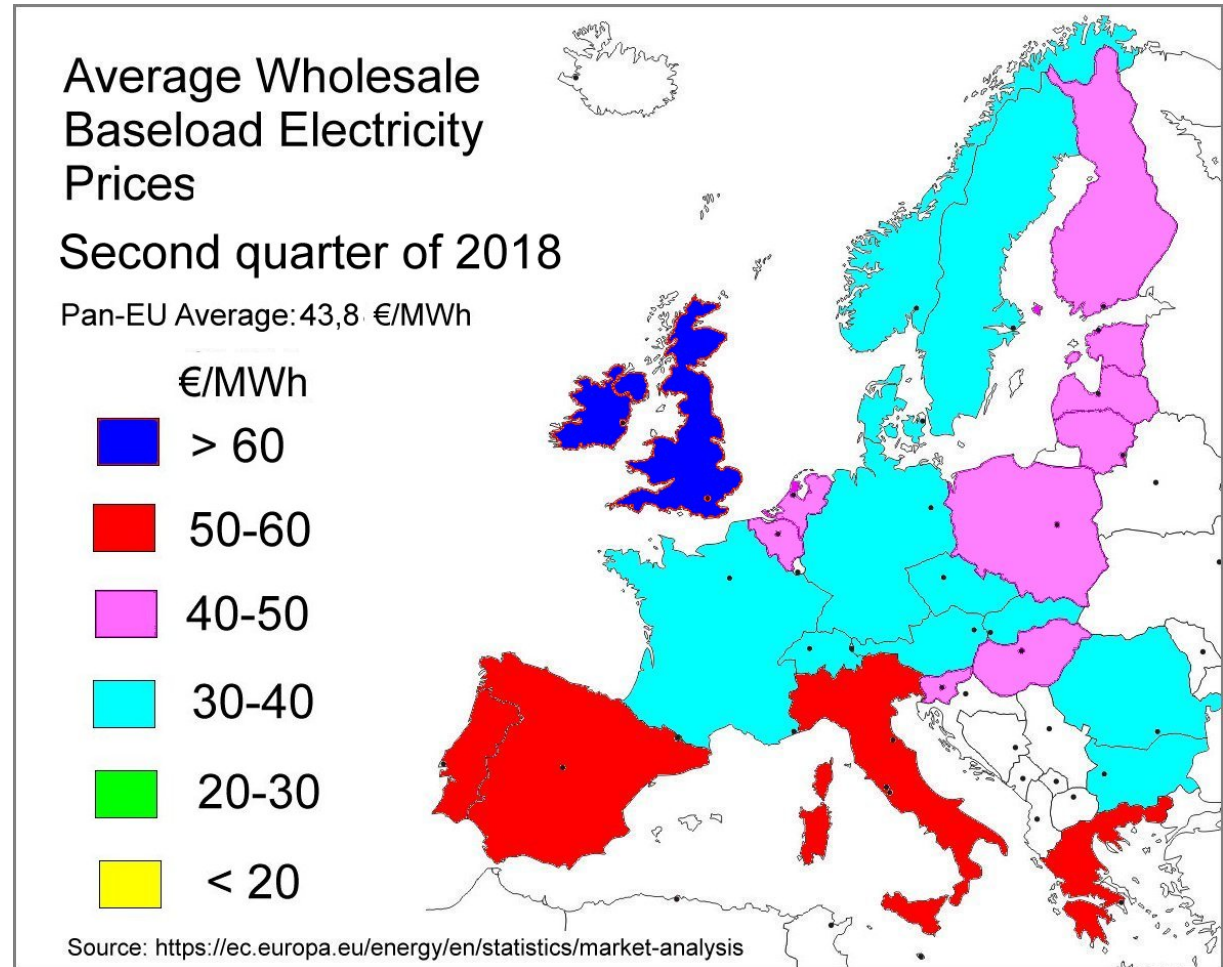
- Man har snakket decentral elproduktion i mange år
 - og det gør man stadig
- Antagelse:
 - Decentral kraftvarme og lokale vindmøller sparer nettab og ledninger
- Men
 - Vindkraft er ikke længere decentral
 - Vindmølleparkerne er på størrelse med de største kraftværksenheder
- **Mere vindkraft betyder behov for**
 - **mere styrbar reservekapacitet**
 - **mere transport og flere ledninger**



De lukrative udlandsforbindelser

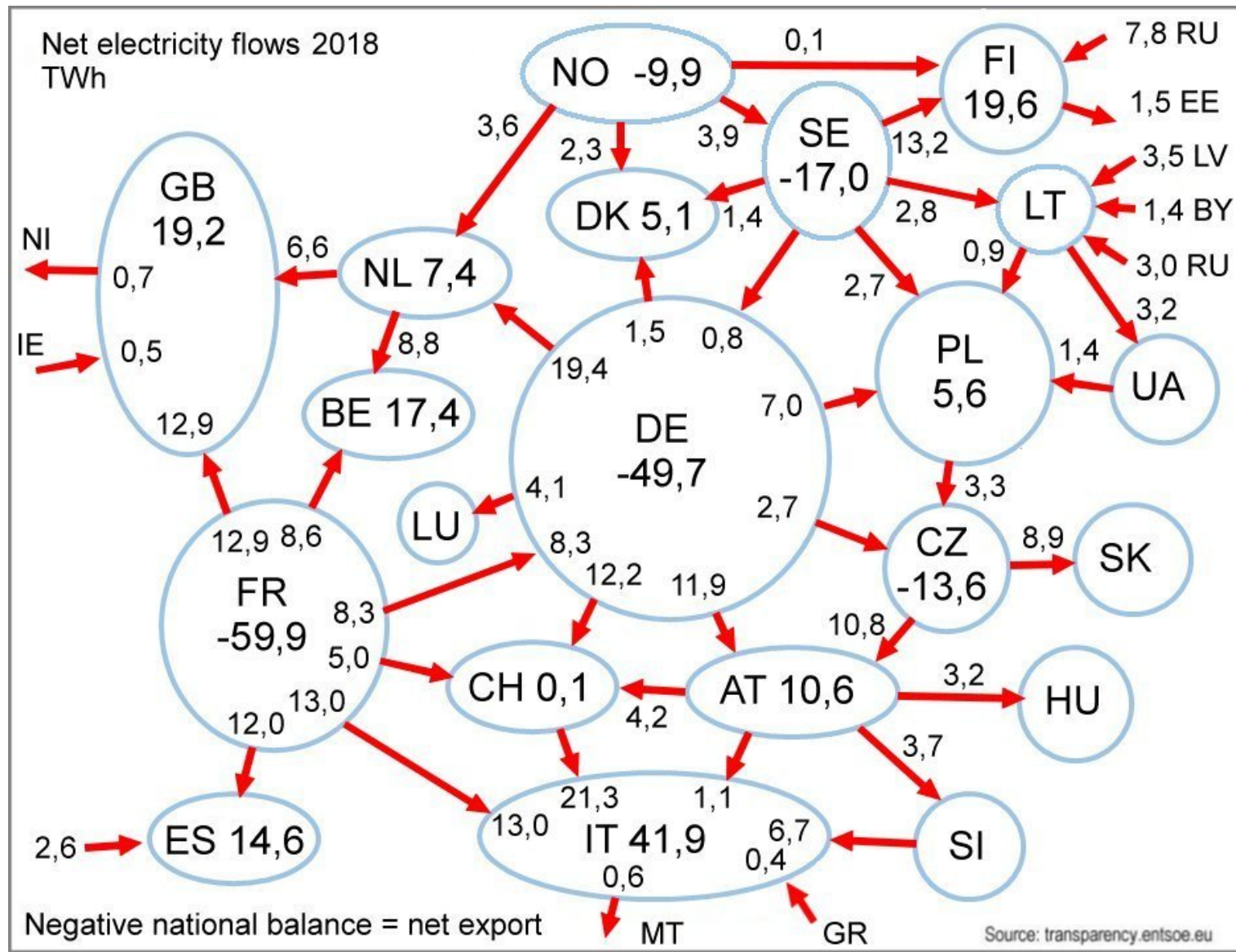
- Engros-handel med el er markedsbaseret
- Prisforskellene skyldes flaskehalse i nettet
 - Stærkere forbindelser giver mindre prisforskelle
 - Eksportområder har lavere priser
 - Importområder har højere priser
- Køberen betaler mere, end sælgeren får
 - Forskellen er en **flaskehalsindtægt**, som ledningsejerne kan dele
- Flaskehalsindtægter opstår kun i de timer, hvor en ledning er fuldladet
 - Systemoperatørerne bestemmer kapacitetsgrænserne for hver time
 - Grænserne rapporteres med årsag til Nordpool
- Ledninger til England ser unægteligt lovende ud

Gennemsnitlige spot priser i 2. kvartal 2018



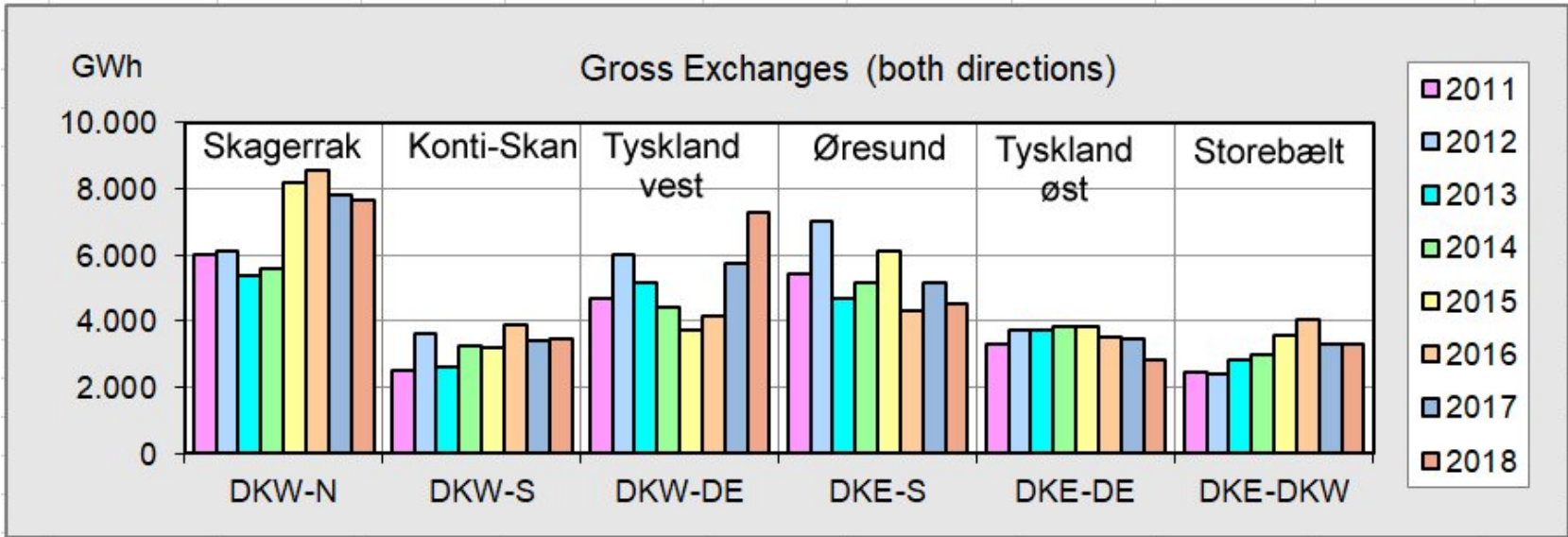
2018

Net import	2018 TWh
IT	41,9
FI	19,6
GB	19,2
BE	17,4
ES	14,6
AT	10,6
LT	9,8
NL	7,4
PL	5,6
DK	5,1
CH	0,1
NO	-9,9
CZ	-13,6
SE	-17,0
DE	-49,7
FR	-59,9



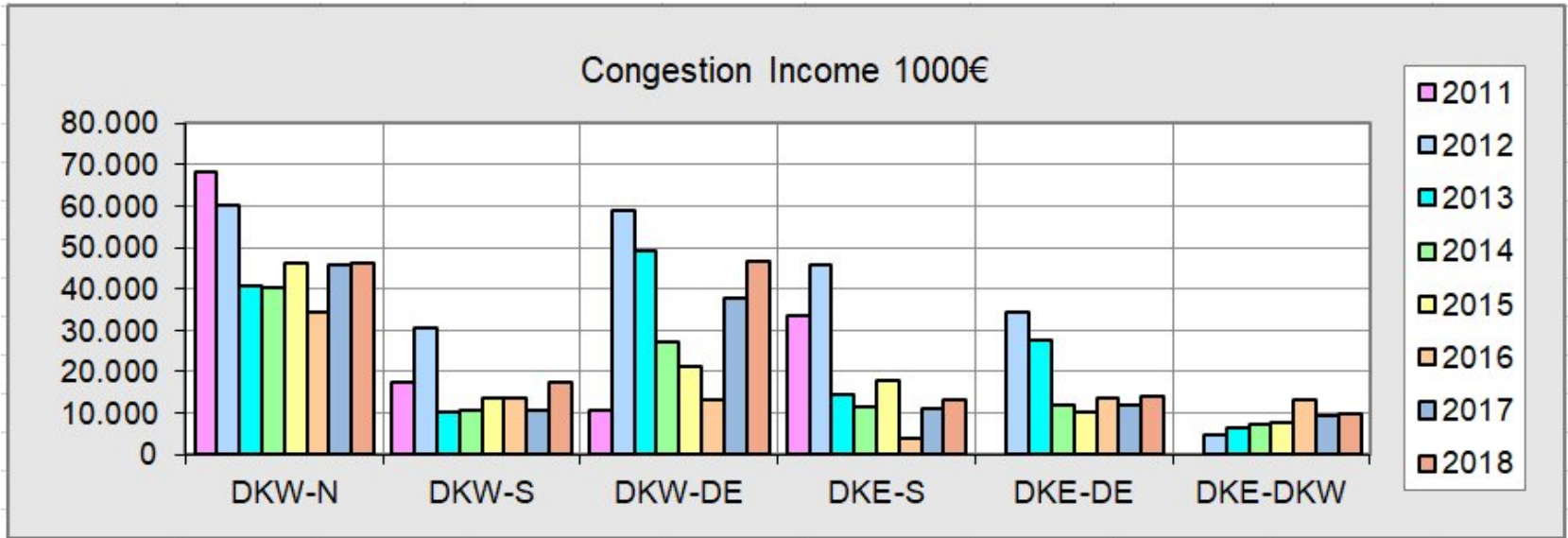
Handel med el har stor betydning for alle lande i Europa

Danske udvekslinger 2011-2018



Er store udvekslinger godt eller skidt?

Danmark er i særklasse afhængig af andre lande



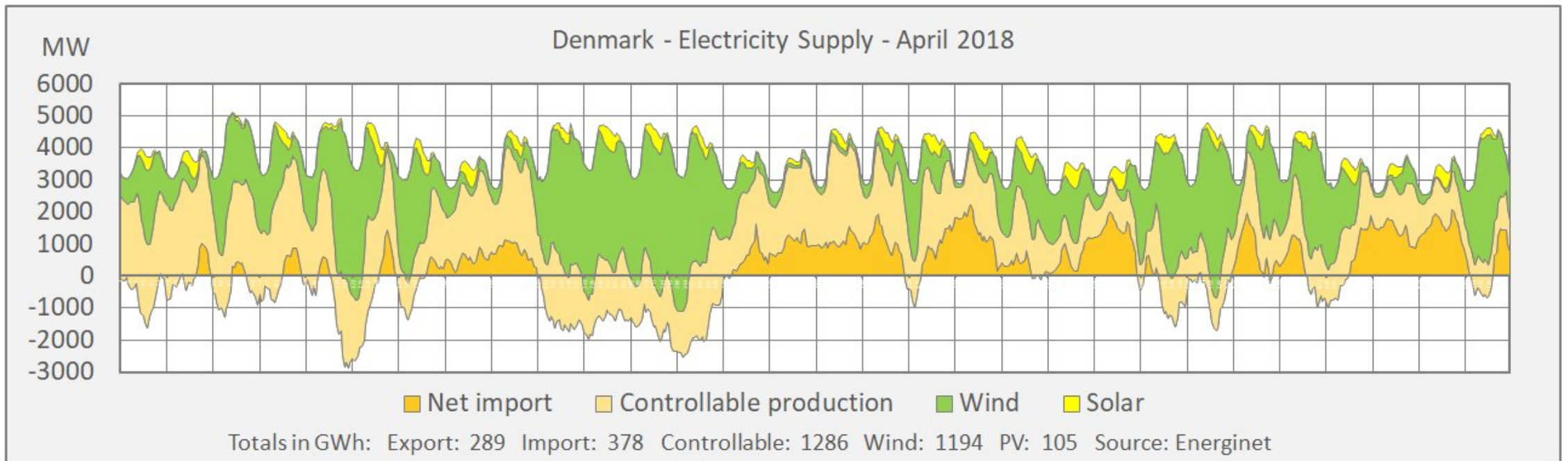
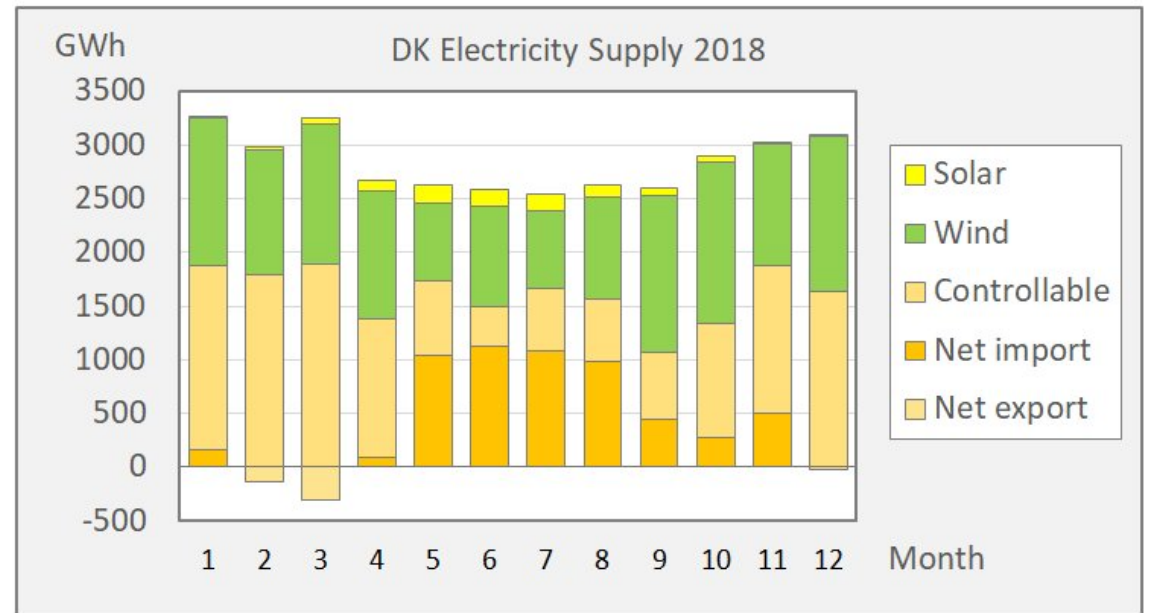
Indtægterne varierer meget fra år til år

Dansk elforsyning 2018

Kraftvarmeverkerne leverer el, så længe det er koldt nok

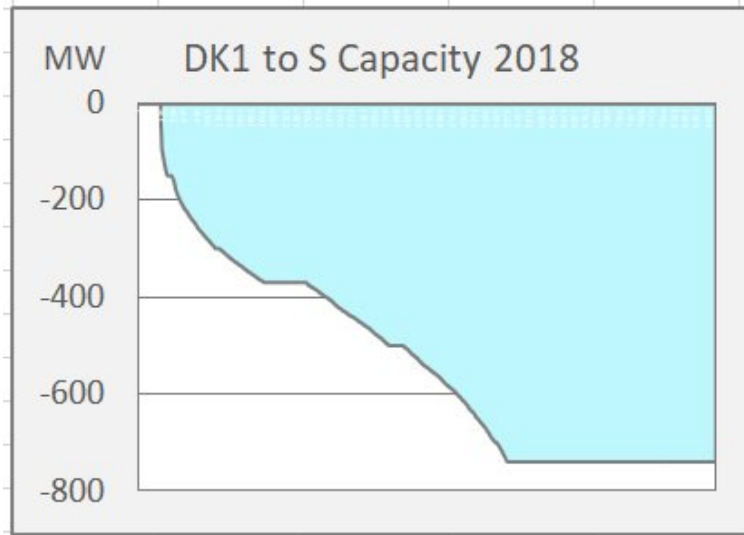
Betydelig import uden for opvarmningssæsonen

Betydelig import og eksport på grund af vindenergi i klumper

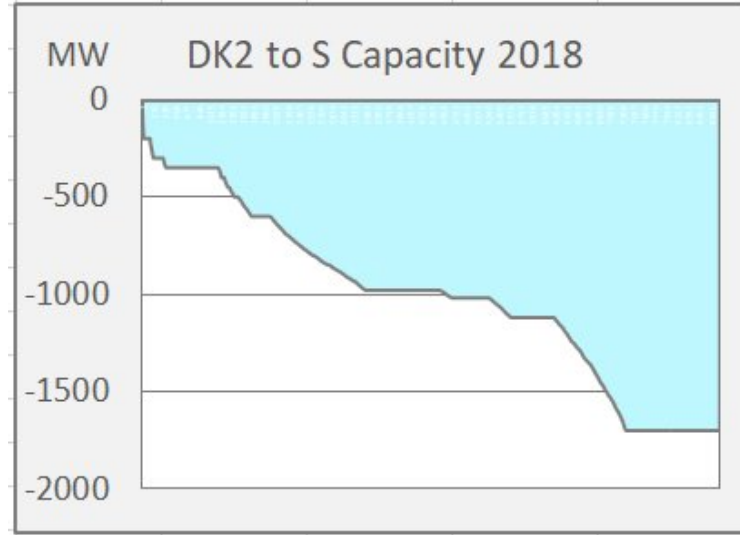


Kan Danmark eksportere sit overskud af el?

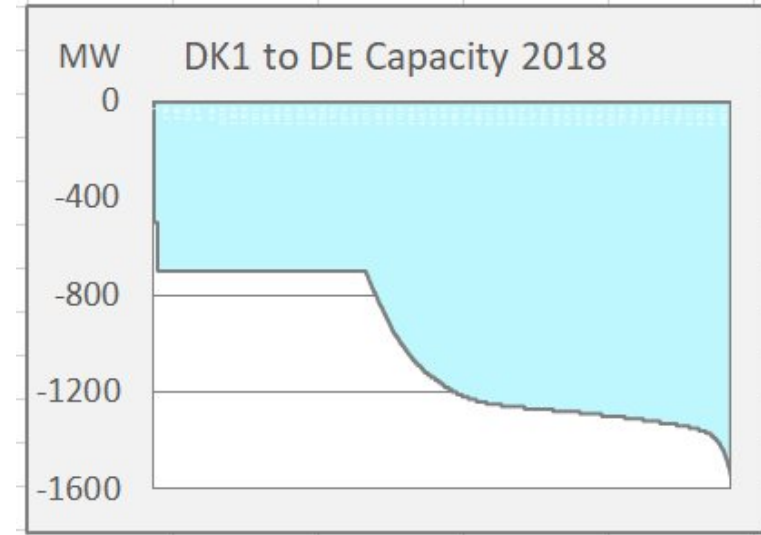
Konti-Skan



Øresund

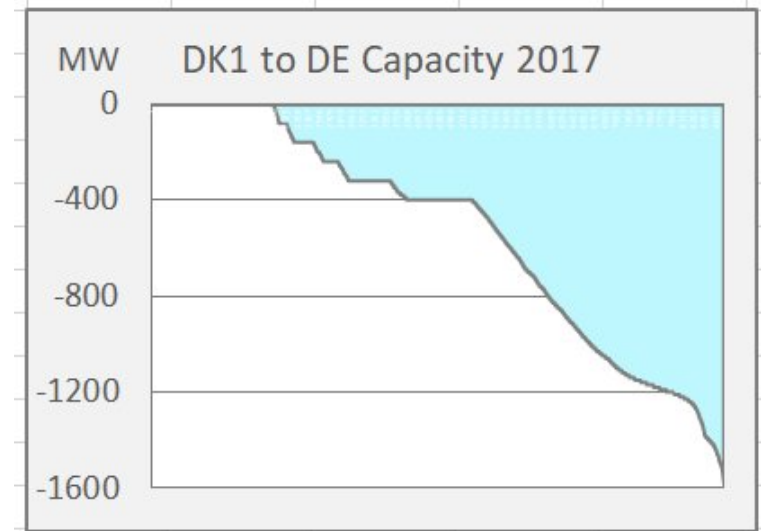


Tyskland vest



Margrethe Vestager, 19. marts 2018:

Energien bør flyde frit i Europa, så den elektricitet, der produceres af en vindmølle i et land, kan nå ud til forbrugerne i et andet. Undersøgelsen af TenneT er et led i vores indsats for at sikre, at elnetoperatører ikke forhindrer elektricitet i at strømme frit mellem medlemsstaterne til skade for de europæiske energiforbrugere.



Nye eksportmarkeder: Holland og England

- Både Sverige og Tyskland har interne flaskehalse, som de prøver at løse ved at begrænse importen
- Forstærkningerne i Tyskland skal transportere el sydpå fra nye tyske vindmøller i Nordsøen
- Danmark søger andre eksportmarkeder til et voksende overskud af el fra vindmøller
- Cobra-kablet omgår de tyske flaskehalse
- England er et interessant marked, men forbindelsens økonomi er usikker
 - ENTSO-E's analyser viser ringe lønsomhed
 - OK, hvis Energinet lægger mere vægt på strategi end på kalkuleret lønsomhed

28. marts 2019



Netforstærkningen i Vestjylland

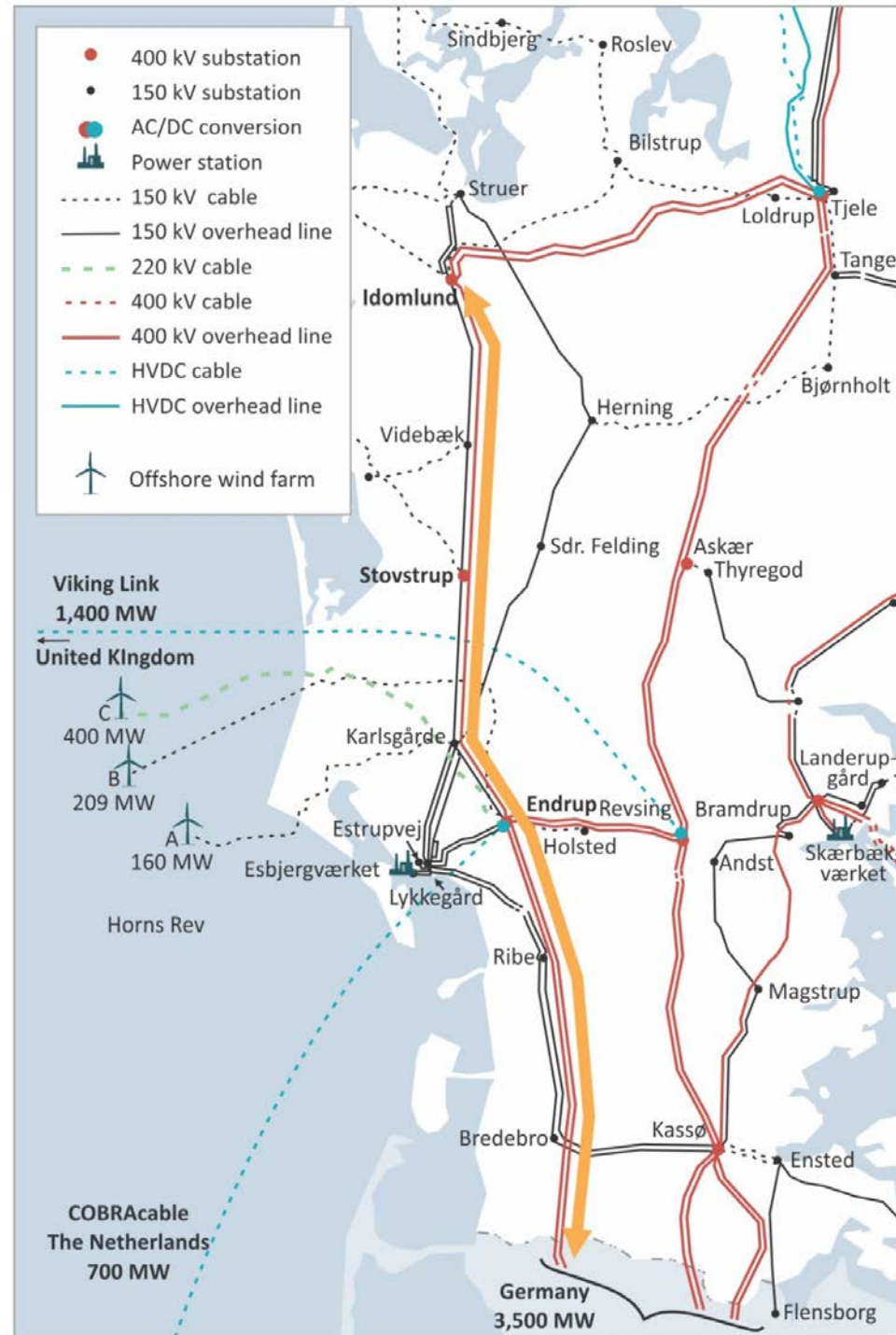
Energinet: Technical issues related to new transmission lines in Denmark, Doc. 18/04246-24

- Transportbehov: tilgang af nye havmøller
- Dimensionering: gældende kriterier, herunder N-1
- Resultat: kriterierne kan ikke opfyldes med eksisterende 150 kV forbindelser.
- Langsigtet netstruktur indeholder
 - 400 kV Idomlund-Endrup: forudsætning for havmøllerne
 - 400 kV Endrup-Klixbüll: forudsætning for Viking Link
- Viking Link:
 - Bedre udnyttelse af vedvarende energi
 - Bedre forsyningssikkerhed
 - Økonomien af Viking Link ikke til debat

Offshore wind power	2018	2024	2028	2031	2040
2017 assumptions	1,142	2,149	2,589	3,023	4,007
2018 assumptions	1,142	2,149	2,789	4,023	7,307
Difference between 2017 and 2018 assumptions	0	0	200	1,000	3,300

28. marts 2019

IDA Syd i Vejen



Problemer med kabler

Energinet: Technical issues related to new transmission lines in Denmark,
Doc. 18/04246-24

- Kablets kritisk længde - Styling af spænding og reaktiv effekt
- Overspændinger efter:
 - Indkobling af transformere
 - Bortkobling af fejl
 - Ø-drift
 - Udkobling af ledninger
 - Indkobling af ledninger
- Elkvalitetsproblemer som følge af overtoner i spændingen



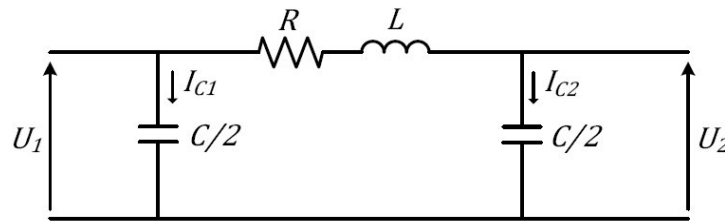
Kablers kritiske længde

Kabelhåndbogen

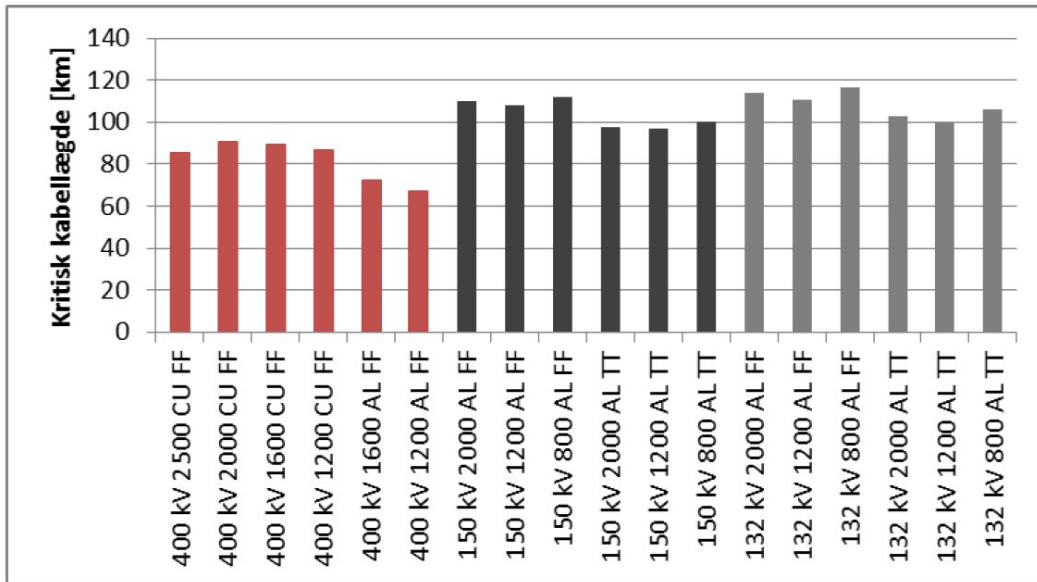
AC-kabelanlæg 132-400 kV

Udgivet i Danmark af Energinet, Fredericia

December 2018, 2. udgave, 192 sider

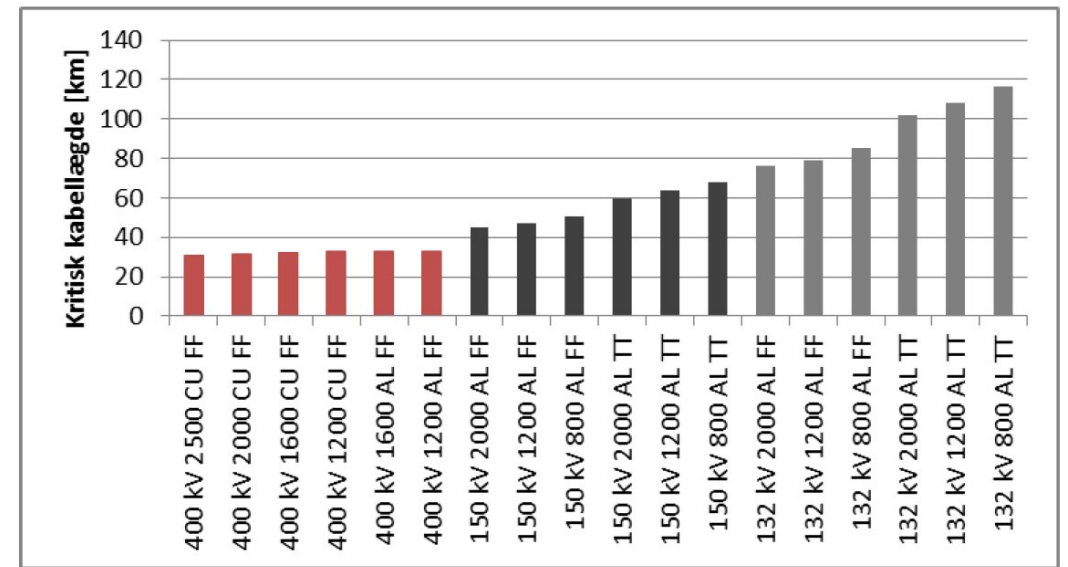
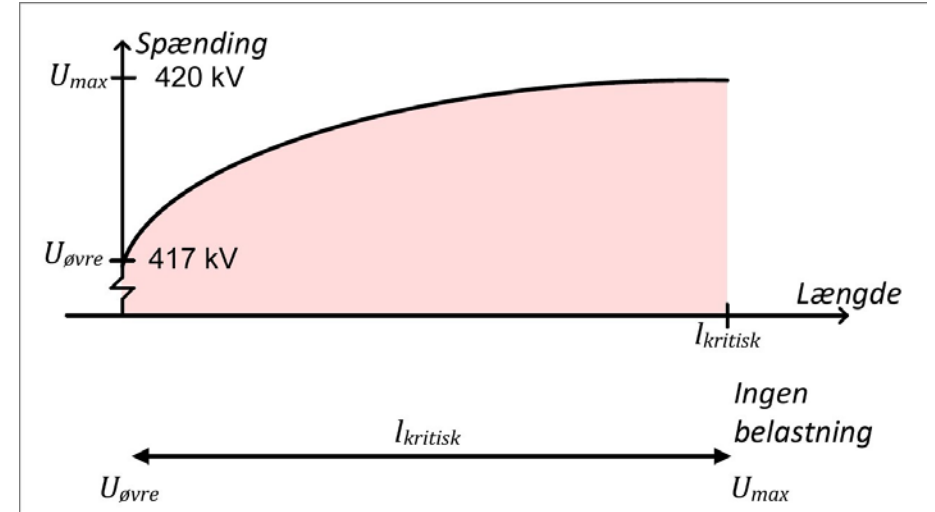


Ladestrøm



Figur 54 Kritisk kabellængde som følge af kablets ladestrøm for forskellige kabeltyper.

Spænding



Figur 52 Kritisk kabellængde som følge af spændingsstigninger for forskellige kabeltyper.

Alternativer

Energinet: Technical issues related to new transmission lines in Denmark,
Doc. 18/04246-24

	Anlægspriser MDKK	IDU-EDR	EDR-KLIX
A	400 kV HVAC luftledninger	1540	960
B	400 kV HVAC kabler uden behov for kompensering (lille andel)	1680	1240
C	400 kV HVAC kabler med behov for kompensering (større andel)	1900	1400
D	400 kV HVAC kabler hele vejen	-	-
E	150 kV og 220 kV HVAC kabler hele vejen	-	-
F	HVDC højspændt jævnstrøm	?	?

"Karakterbogen"

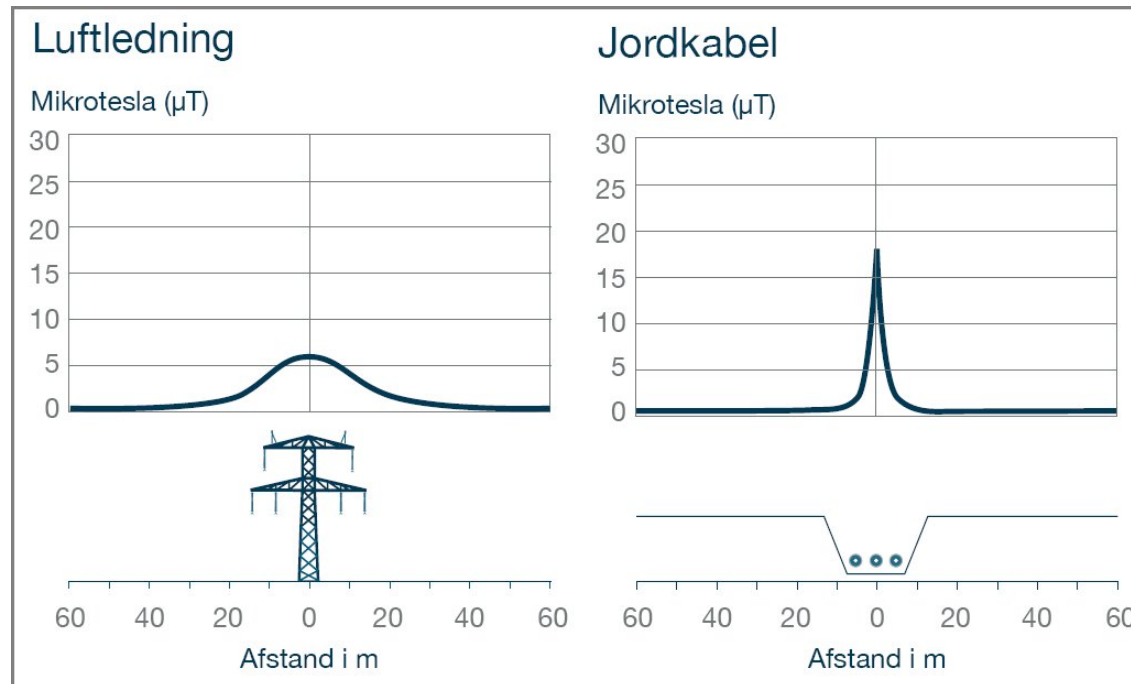
Kriterium	HVAC luft- ledning	HVAC kabel	HVAC GIL	HVDC
Brugbarhed	5	3	3	2
Teknisk vurdering	5	1	3	1
Installationsplan	5	4	1	1
Miljøpåvirkning	1	4	3	4
Økonomi	5	3	1	1







Rang	Beskrivelse
1	Mindst ønskede, store problemer, uacceptabel
2	Væsentlige tekniske udfordringer, svær, meget risikabel
3	Kendte tekniske udfordringer, svær, risikabel, begrænset acceptabel
4	Kendte tekniske udfordringer, nogen risiko, acceptabel
5	Foretrukket, ingen tekniske udfordringer, lav risiko, fuldt acceptabel

Farlige magnetfelter?

Magnetfeltudvalget: Om magnetfelter, 2018

- Elektriske felter afhænger af spænding (kV)
- Magnetiske felter afhænger af strøm (A)
- Der er ingen mistanke om skader fra elektriske felter
- Det er ikke muligt at påvise eller helt afvise skader fra magnetiske felter



	AFSTAND 3CM	AFSTAND 1M
	Vaskemaskine 0,8 - 50	0,01 - 0,15
	Ovn (elektrisk) 1 - 50	0,01 - 0,04
	Støvsuger 200 - 800	0,13 - 2
	Hårtørrer 6 - 2.000	0,01 - 0,03
	TV, farve 2,5 - 50	0,01 - 0,15
	Radio (Bærbar) 16 - 56	<0,01

I Danmark placeres ledninger og bygninger ud fra et forsigtighedsprincip

