



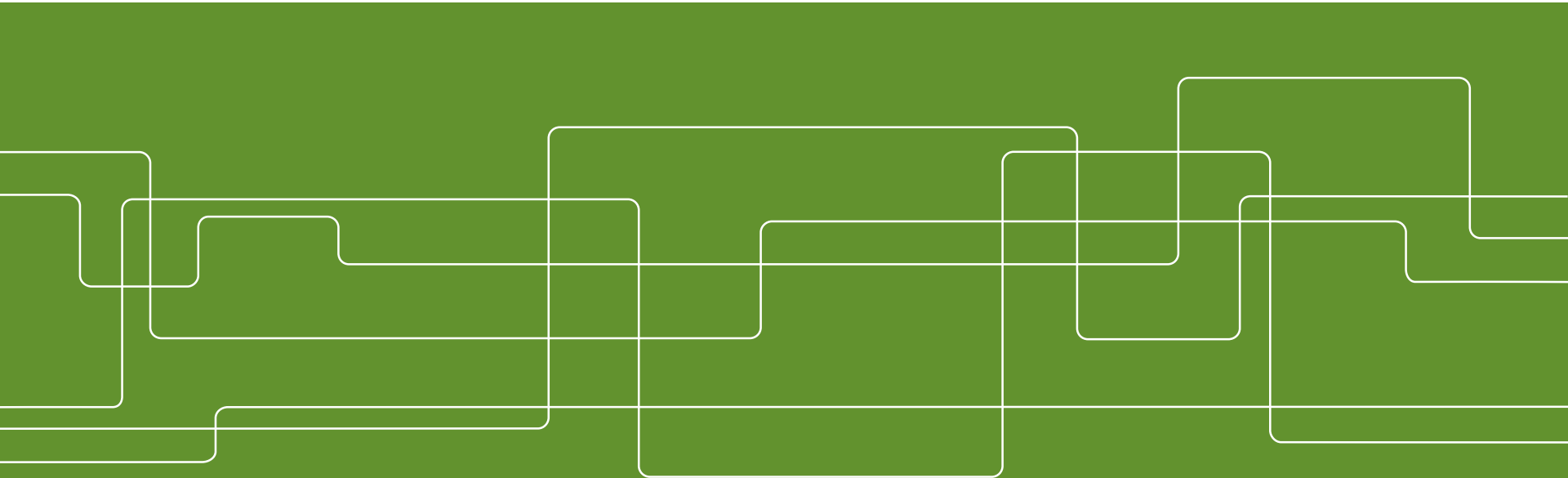
Vindkraften ger systemtjänster, men hur skapas incitamenten?

ENERGIVÄRLDEN – tema vind: Mot ett 100 procent förnybart

elsystem - hur kan utbyggnad av produktion och tillgång på systemtjänster gå hand i hand?

Elite Hotel Marina Towers, Saltsjökvärn, Nacka (Stockholm)

Lennart Söder, Professor Elektriska Energisystem
lsod@kth.se



Upplägg

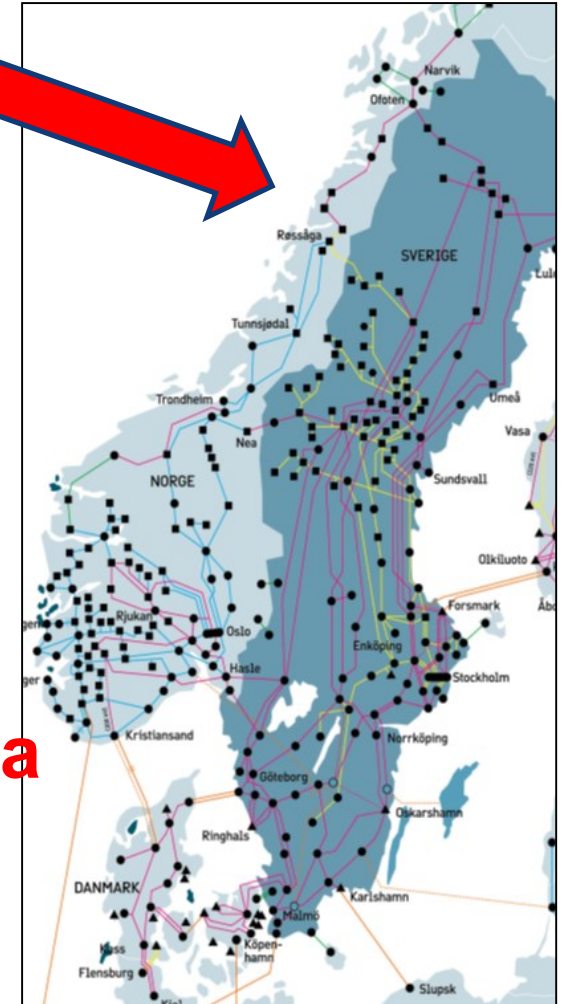


Systemtjänster

- Spänningshållning
- Marginaler
- Frekvensreglering
- "Masströghet"
- Från-koppling

Incitament för dessa

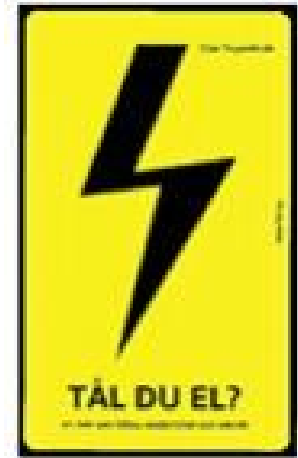
- Krav
- Marknad.



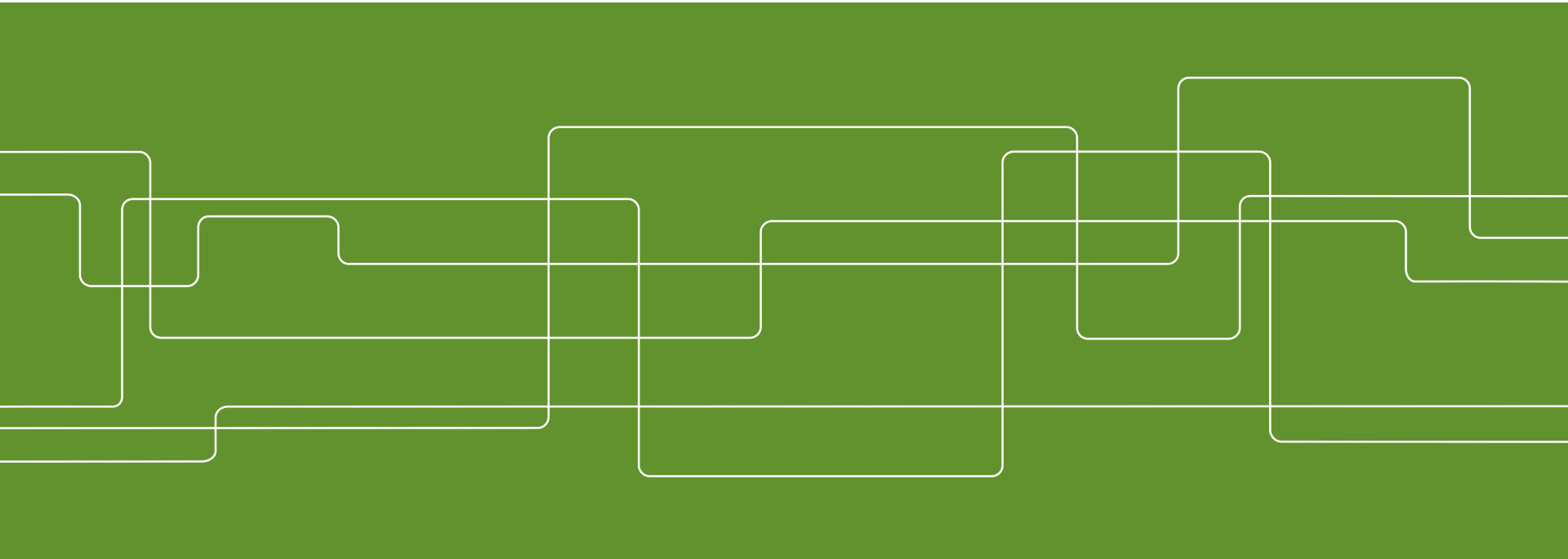


Elektricitet

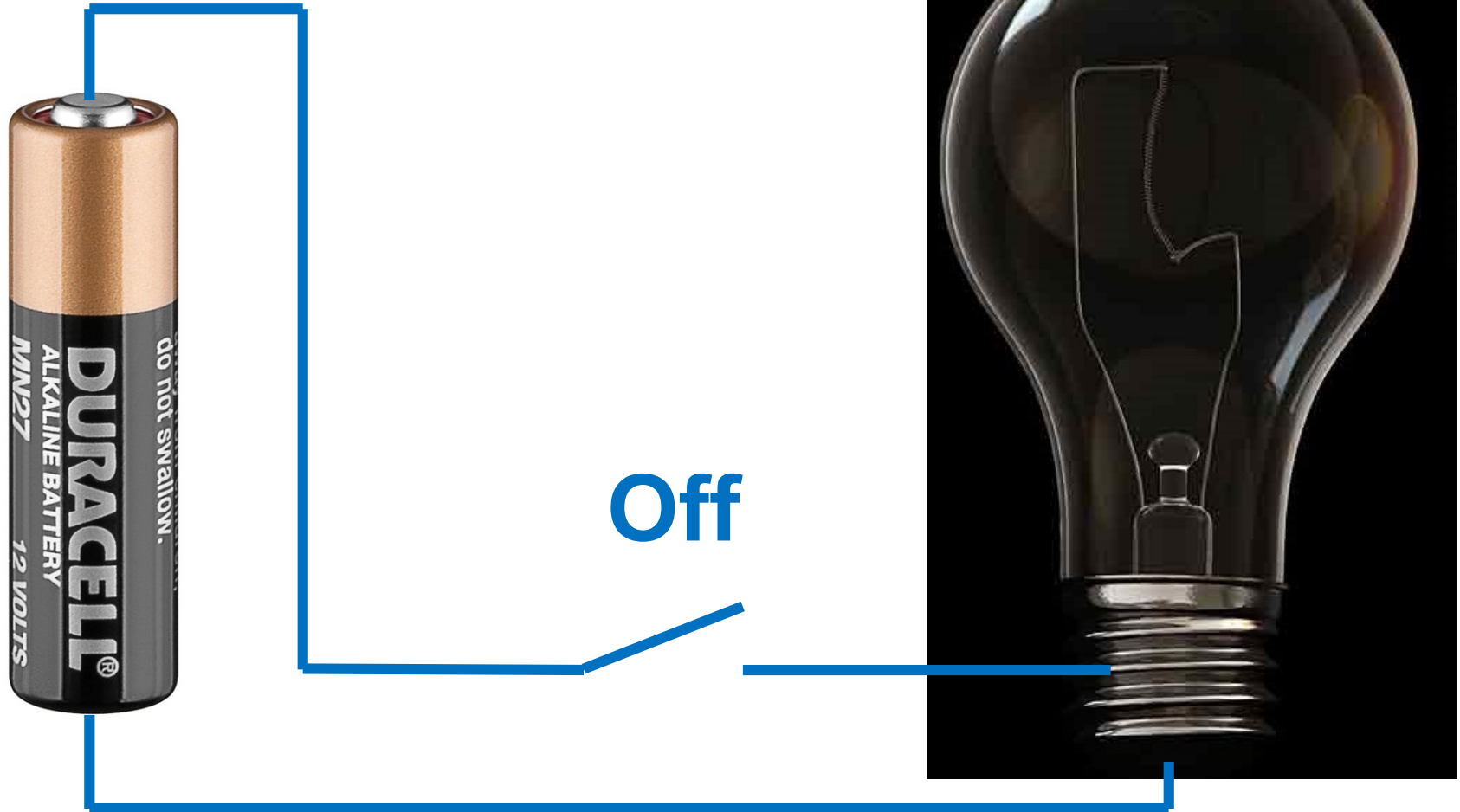
30 maj 2018



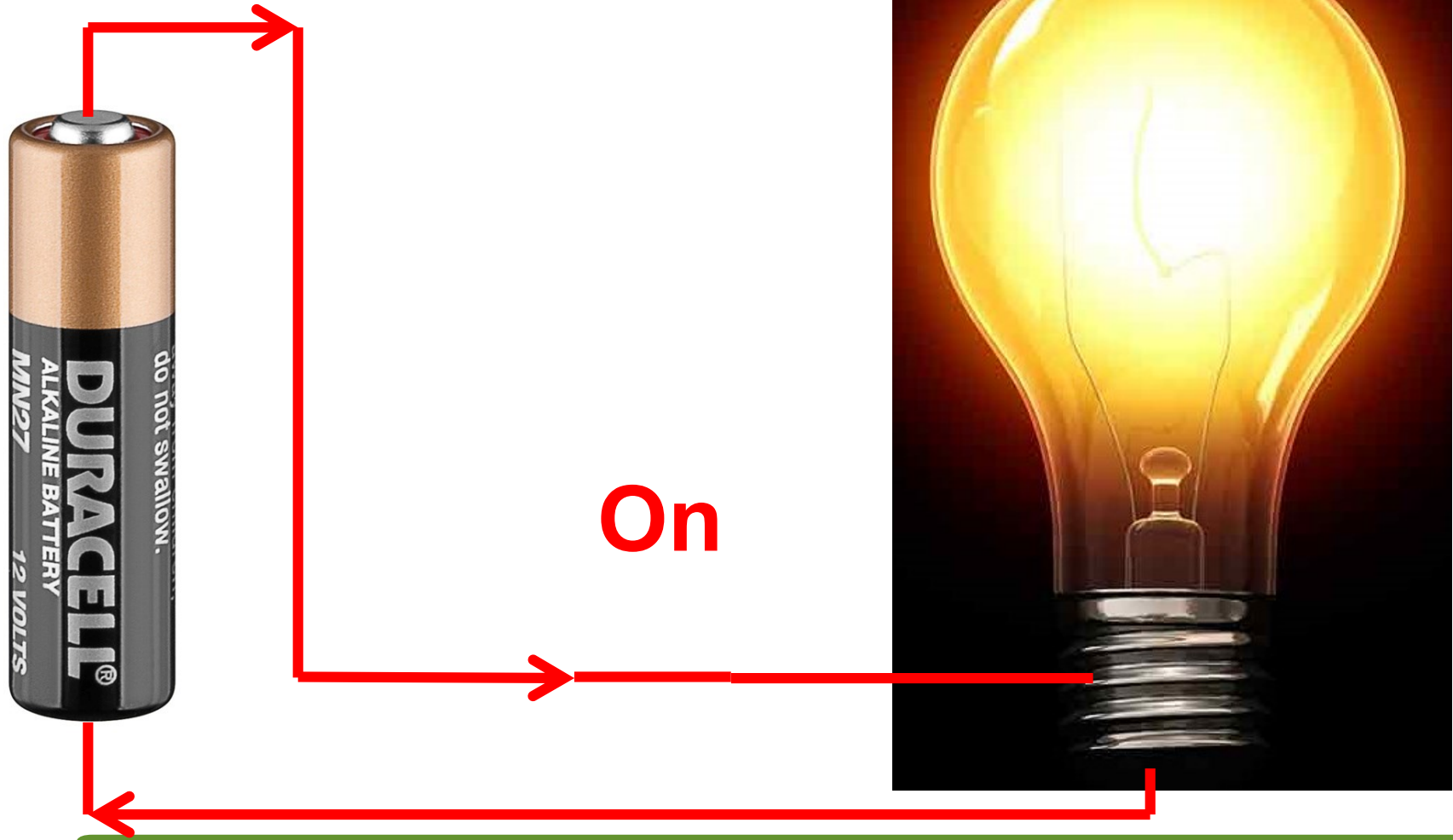
av Lennart Söder
Professor Elektriska Energisystem, KTH



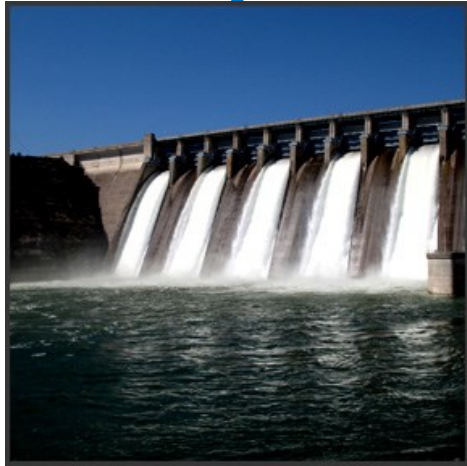
Elektricitet färdas med ljushastigheten



Elektricitet färdas med ljushastigheten



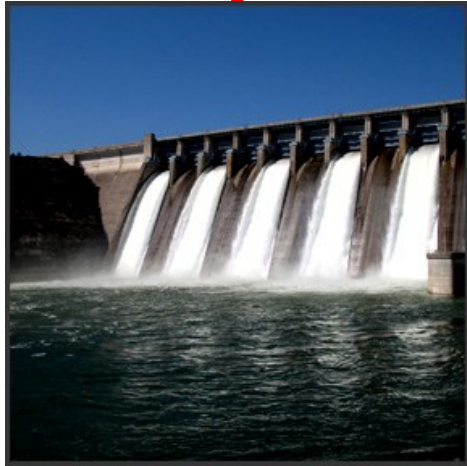
Elektricitet färdas med ljushastigheten



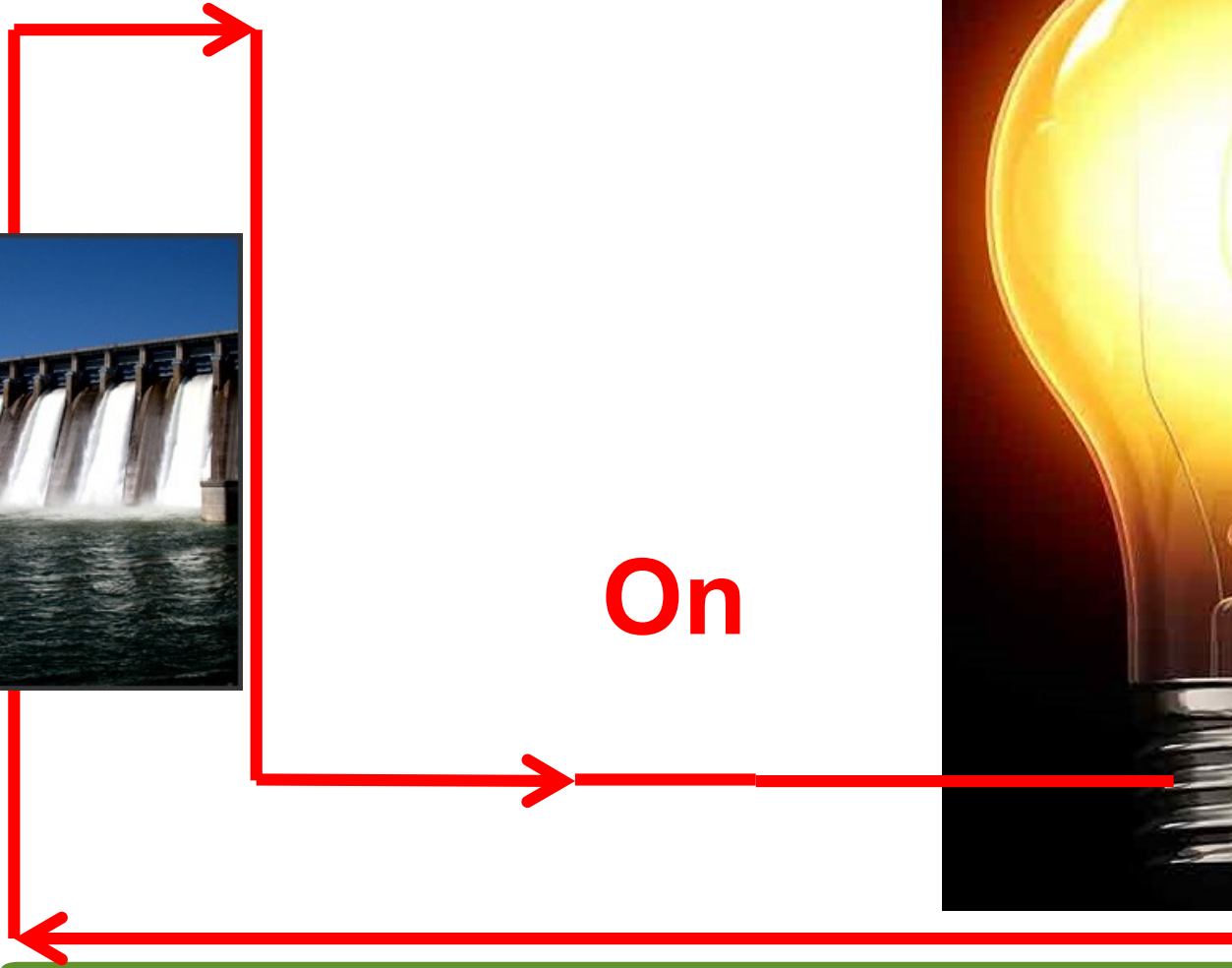
Off



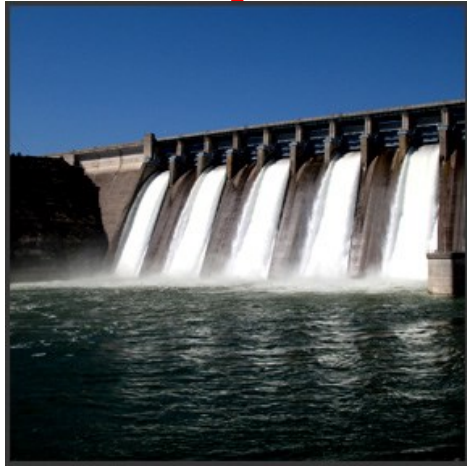
Elektricitet färdas med ljushastigheten



On



Elektricitet färdas med ljushastigheten



Under 1/100 sekund

- Går **ljuset** 3000 km = Stockholm – Madrid
- Går **ljudet** 3 m.

On



Elektricitet färdas med ljushastigheten



Off





Elektricitet färdas med ljushastigheten

Från norra Sverige



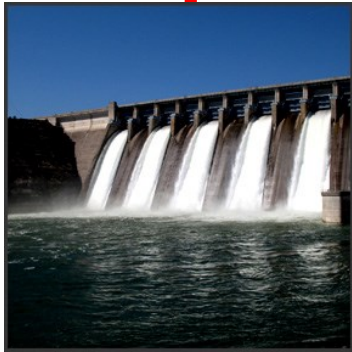
On





Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller från Norge?



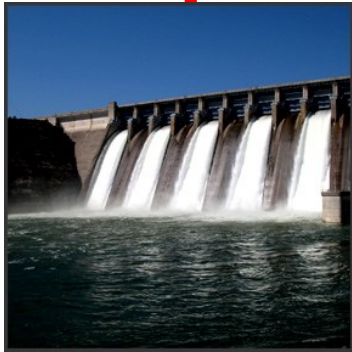
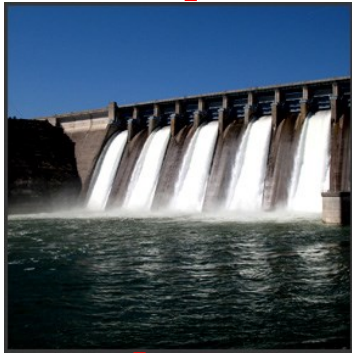
On





Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller Sverige + Norge?



On





Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller med vindkraft?



Off

On

On



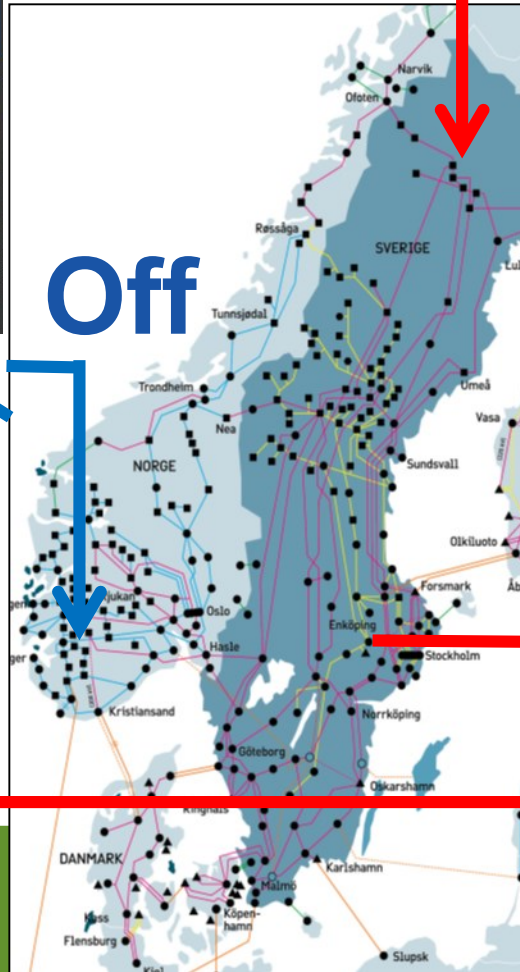


Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller när det inte blåser?



Off



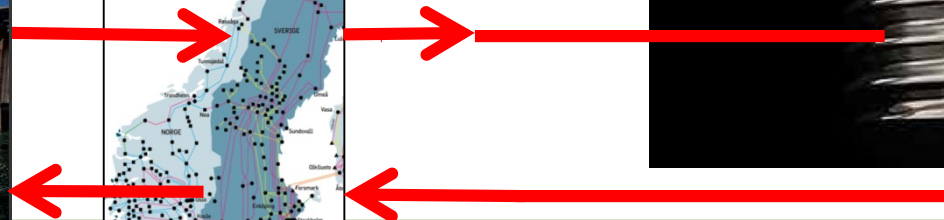
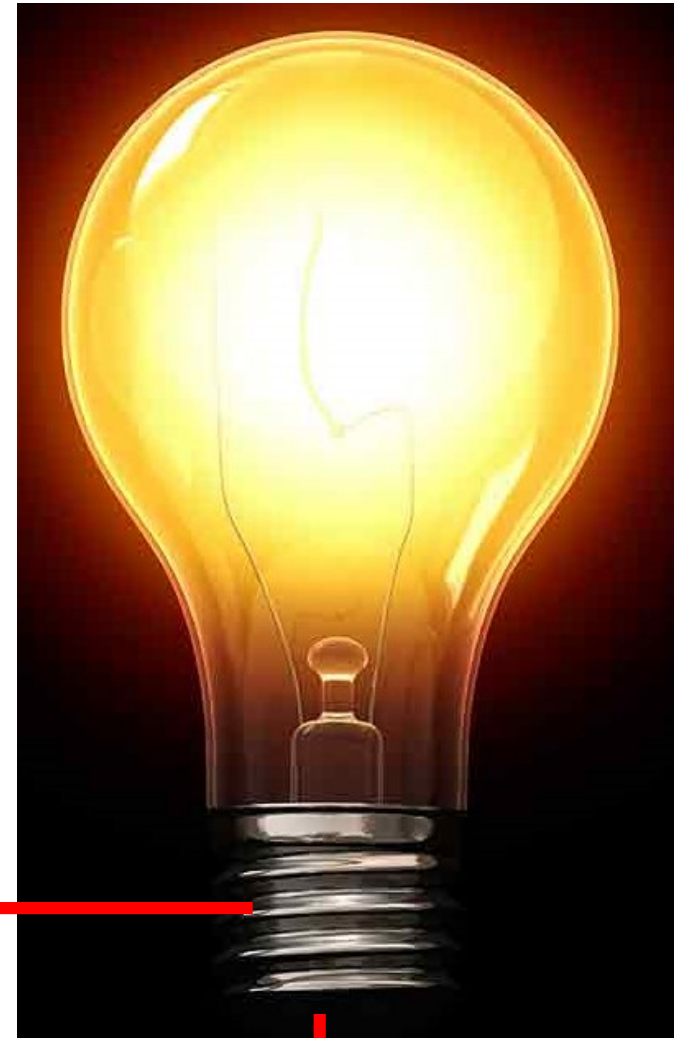
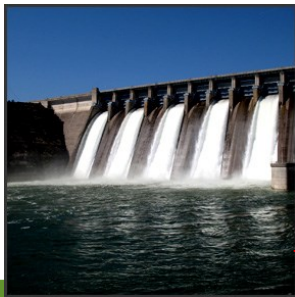
On

On



Sammanfattning:

- **”EI” är ett momentant transport-system (med vissa förluster)**
- **”EI” är INTE en ”energikälla”**
- **”Elkonsumtion” måste därmed, för varje sekund, mötas med ”Elproduktion”**
- **Elnät gör att man inte måste ha lokal elproduktion**



Upplägg

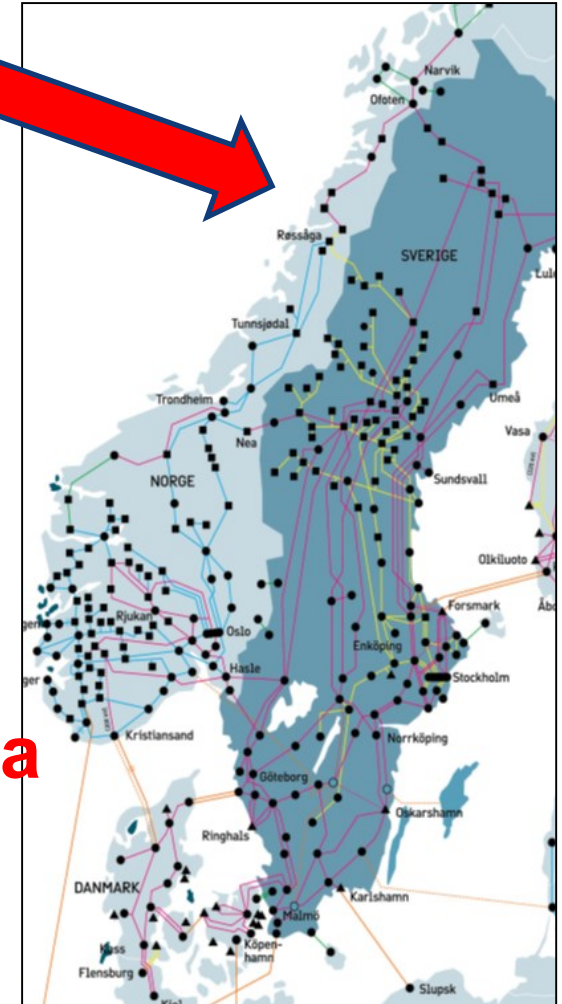


Systemtjänster

- Spänningshållning
- Marginaler
- Frekvensreglering
- "Masströghet"
- Från-koppling

Incitament för dessa

- Krav
- Marknad.



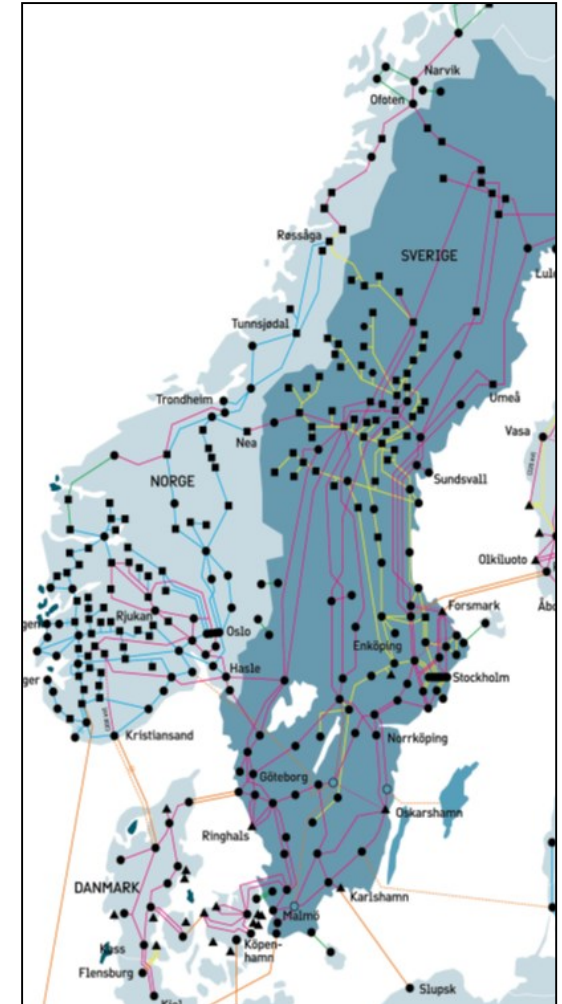
Spänningshållning

Utmaning:

- Spänningen behöver upprätthållas:
 - **Lokalt:** Där kraftverken är
 - **På transmissionsnäten:** Påverkar överföringsförmågan
- Idag står, bland andra kärnkraft och vattenkraft för detta
- I en situation med mycket vindkraft körs få andra kraftverk
- För detta behövs reaktiv effekt
- Förlusterna i elnäten påverkas

Möjlighet:

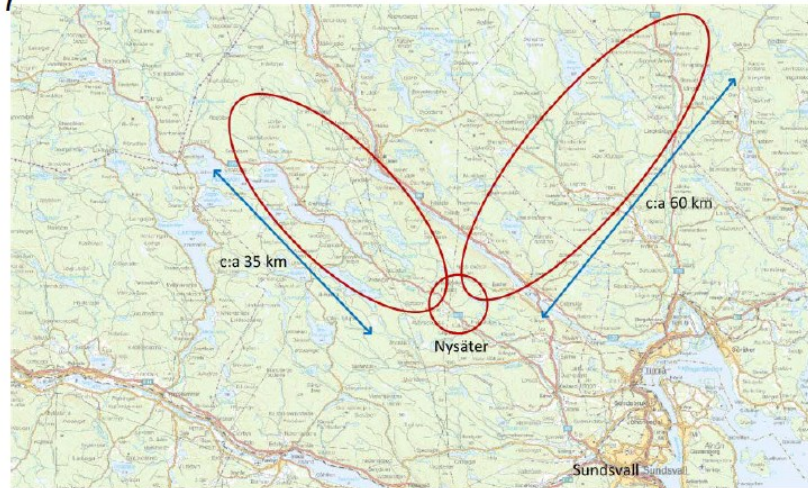
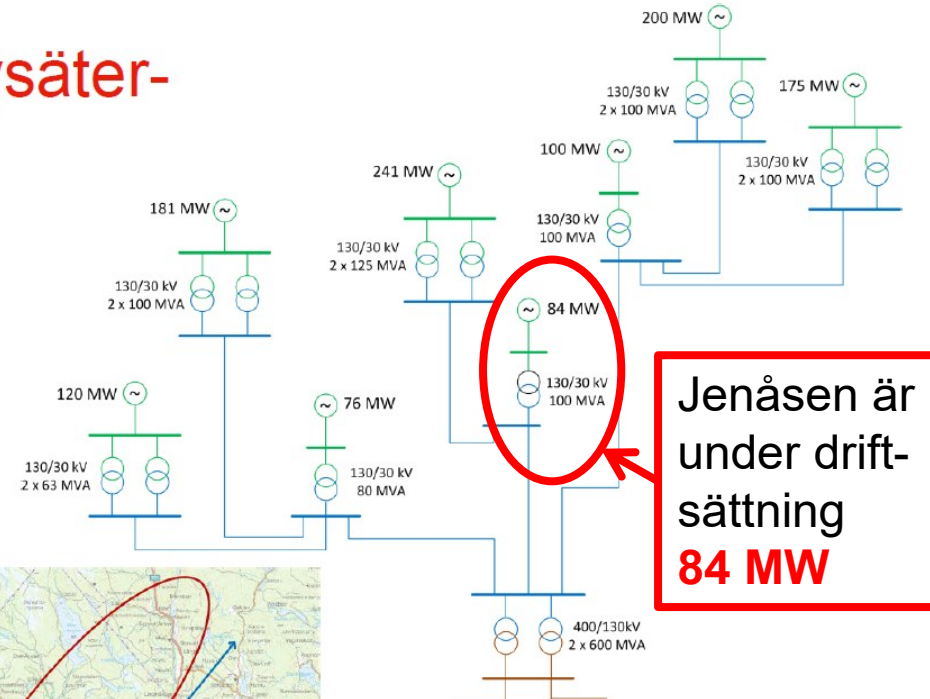
- Vindkraftverkens generatorer kan bidra



Exempel från EoN: Nysäter-klustret - 1

Fakta och enlinjeschema för Nysäter-klustret

- 8 vindkraftparker
- 1200 MW installerad effekt
- 1 ny stamnätsstation
- 8 nya regionnätsstationer
- 144 km 130 kV ledningar
- Byggstart etapp 1 2017

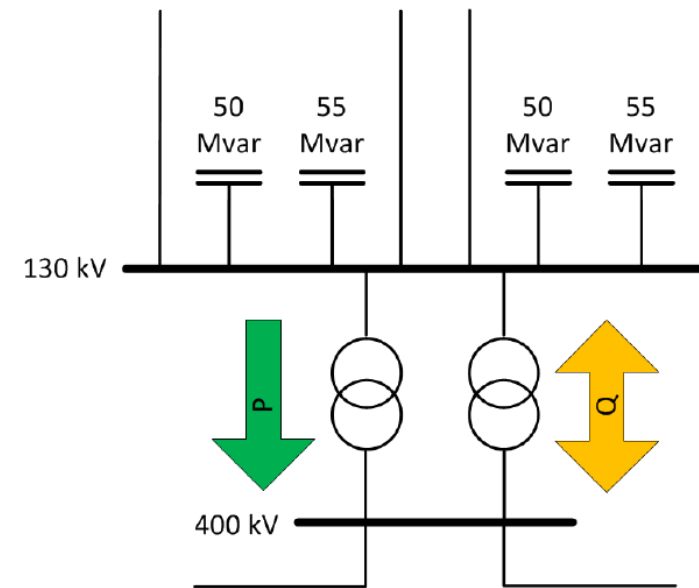




Exempel från EoN: Nysäter-klustret - 2

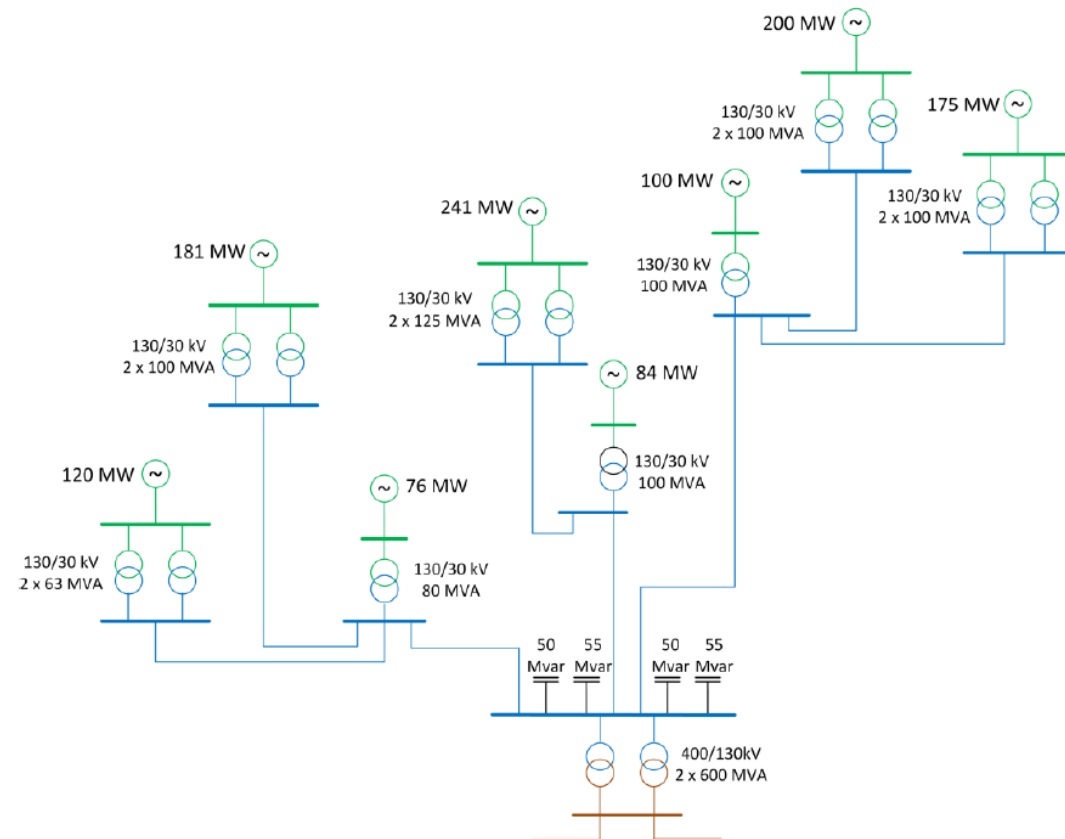
Krav i anslutningspunkten till stamnätet

- Stamnätsstation Nysäter på 400 kV sidan
- Aktiv effekt 0-1200 MW
- Normaldrift 0 Mvar ± 5 Mvar
- Vid behov ± 10 procent av den aktuella aktiva effekten (ca ± 120 Mvar)
- Totalt behov av reaktiv effekt i Nysäterkluster ca 510 Mvar (620 Mvar)
 - Ca 390 Mvar (500 Mvar) från förluster i 400/130 kV transformatorer, 130 kV ledningar, (130/30 kV transformatorer)
 - Ca 120 Mvar till stamnätet



Alternativ 3 – vindkraftverk och shuntkondensatorer

- Mindre antal shuntkondensatorer (färre fack, mindre stationer)
- Ingen dyr extrautrustning (t ex SVC)
- Kontinuerlig styrning av reaktiv effekt
- Krav på effektfaktor 0,94 på 30 kV skenor
- Delvis suboptimerad placering av reaktiv effekt
- Mer komplex reglering



Marginaler (verklig test vid Horns Rev – Danmark)

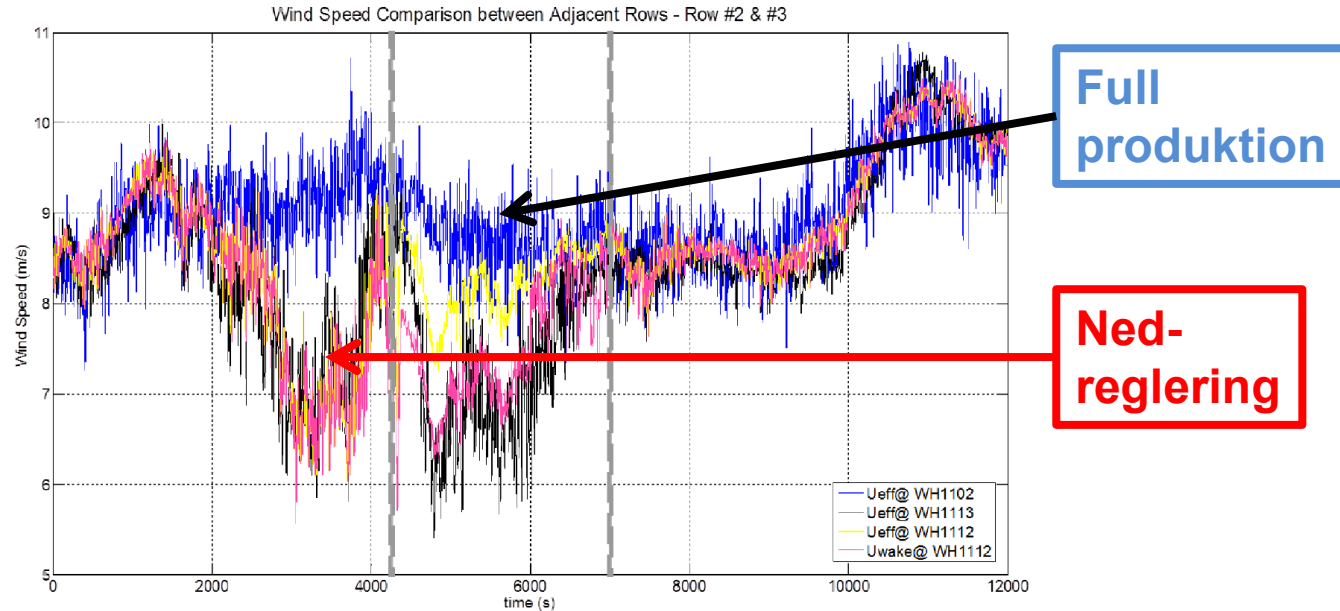


Figure 7.3: Comparison of the effective wind speed at the turbines: **WH1102** – upstream (test) turbine; **WH1113** – reference downstream turbine **WH1112** – affected downstream turbine and the **PossPOW** algorithm. Curtailment is activated between 4100–7000sec, Experiment #2

Utmaning:

- När förbrukning eller produktion ändras, måste man balansera detta
- Det kan, t ex, innebära ökning eller minskning av produktion

Möjlighet:

- Vindkraftverken kan alltid minska, men måste producera lägre än max för att kunna öka

Frekvensreglering – masströghet - 1

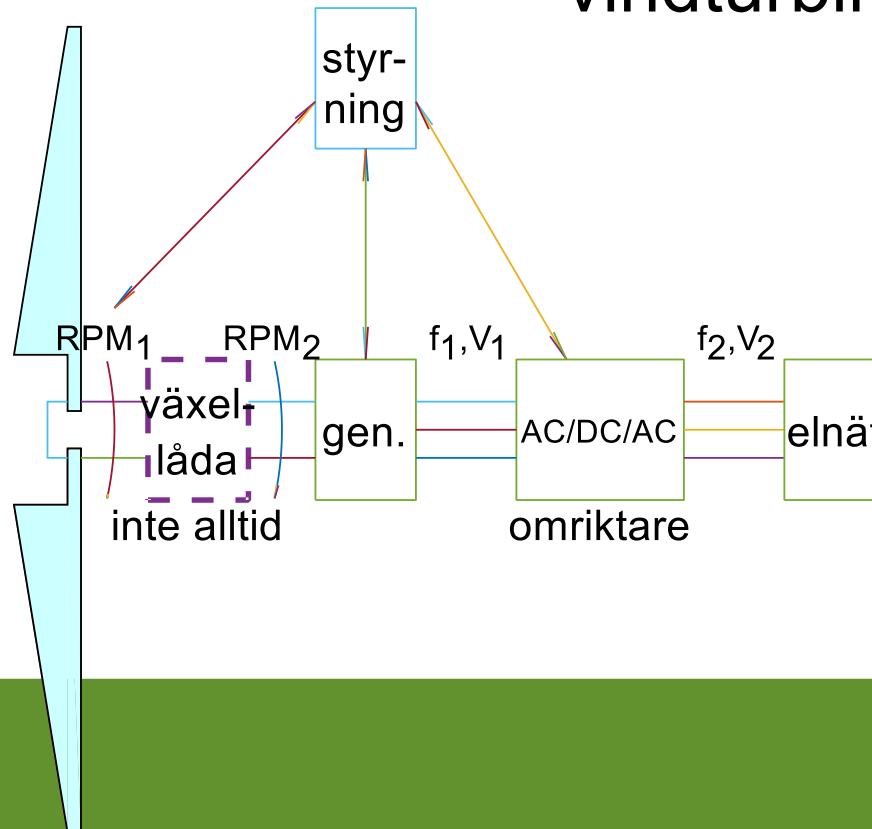
Utmaning:

- Vid plötsliga ändringar av produktion/ konsumtion, måste något kraftverk/ produktion ändras inom millisekund (masströghet) eller sekund (frekvensreglering)

Möjlighet:

- Vindkraftverken har en upplagrad energi i vindturbinen

Effekt i vinden
T ex 2 MW



EI-effekt
T ex 2 MW



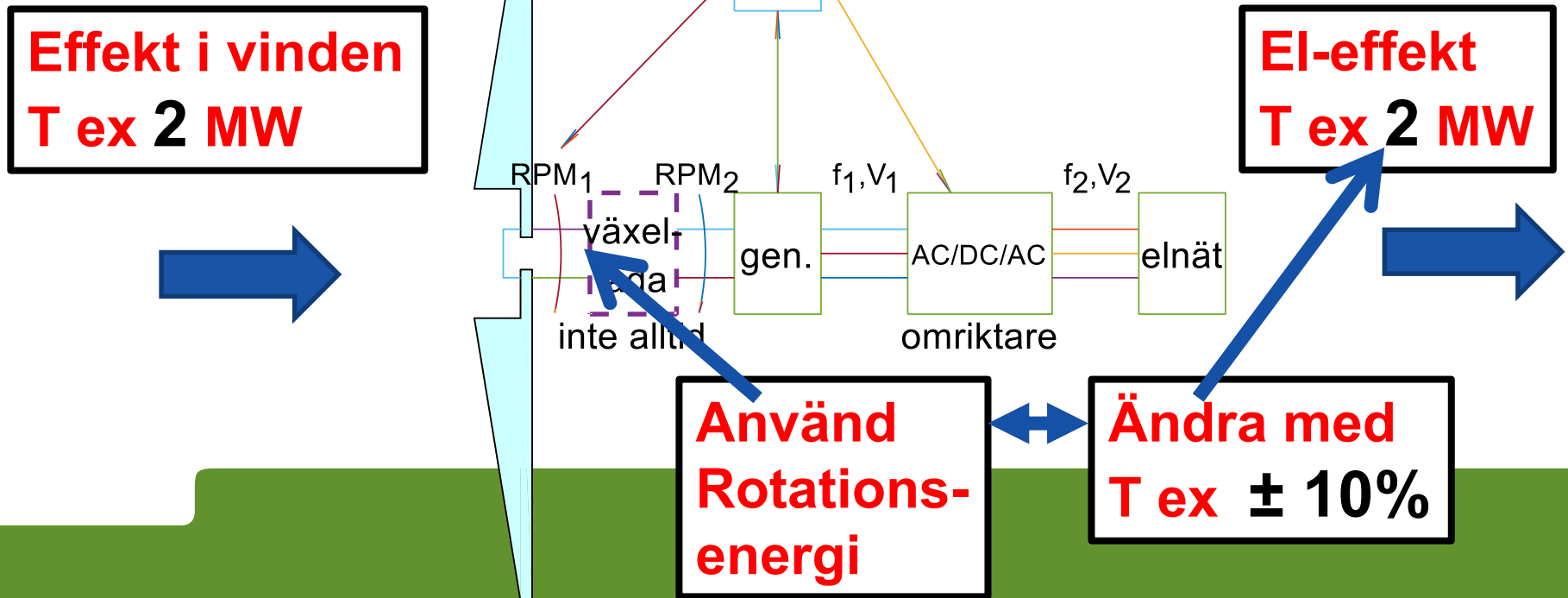
Frekvensreglering – masströghet - 2

Utmaning:

- Vid plötsliga ändringar av produktion/ konsumtion, måste något kraftverk/ produktion ändras inom millisekund (masströghet) eller sekund (frekvensreglering)

Möjlighet:

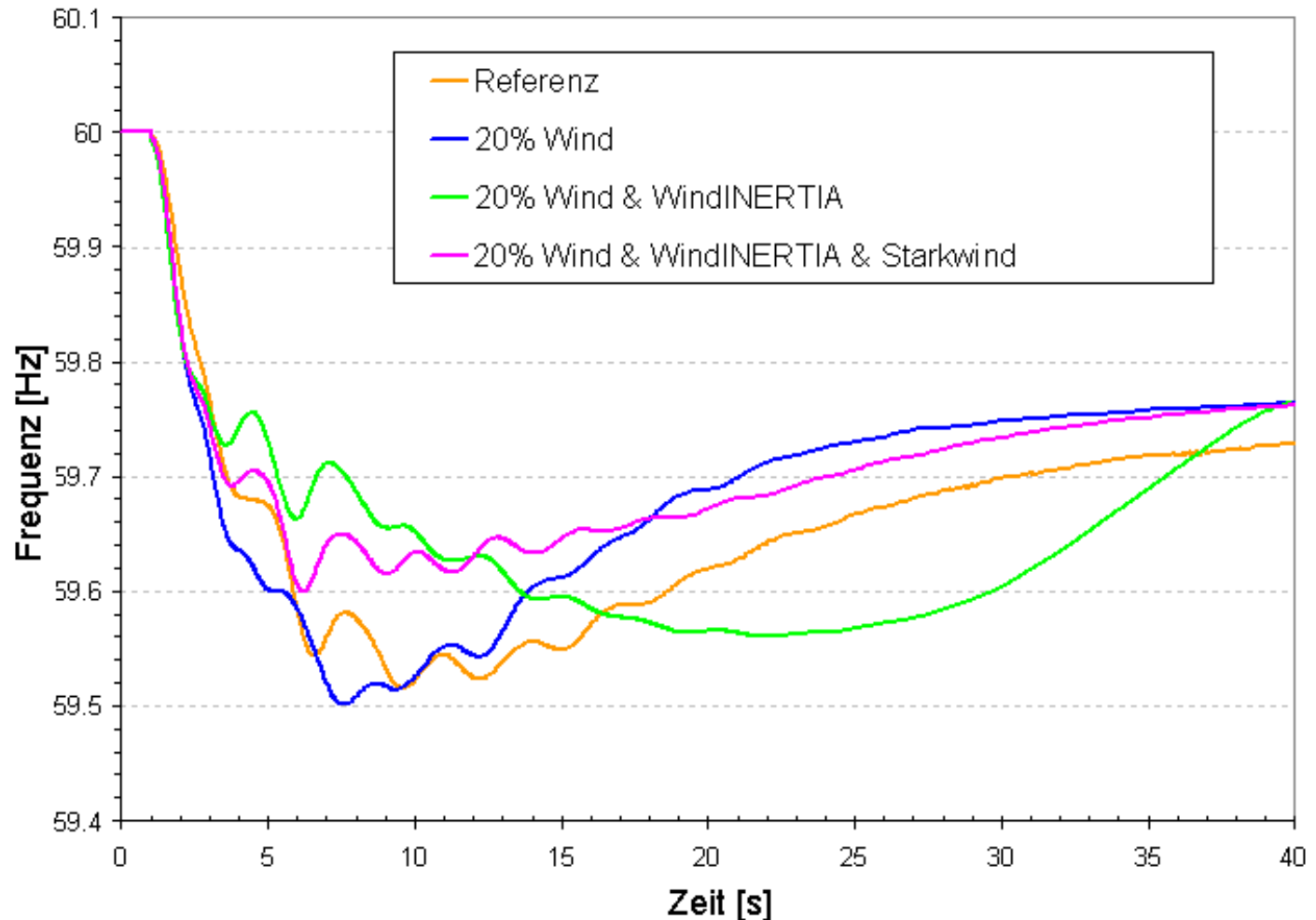
- Vindkraftverken har en upplagrad energi i vindturbinen



Frekvensreglering – masströghet - 3

Exempel på test av ett visst kommersiellt system

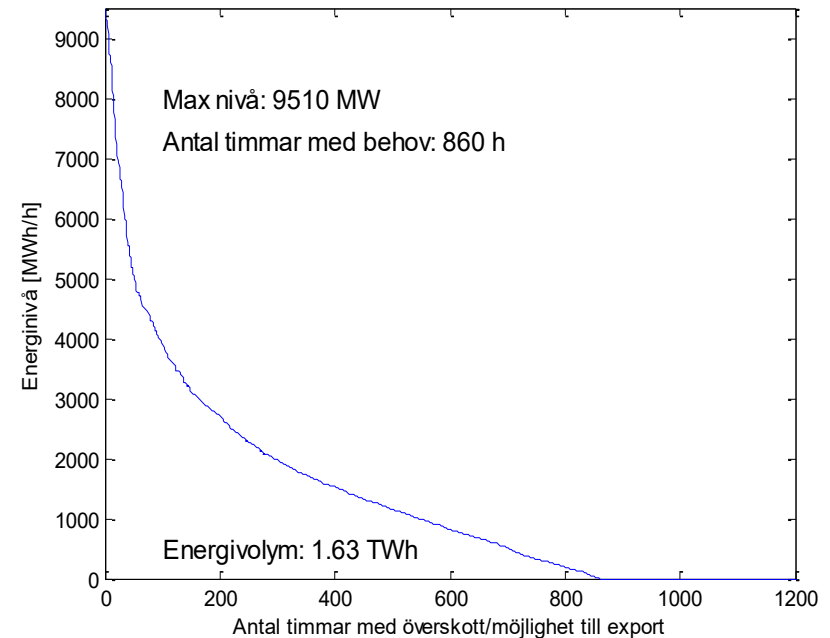
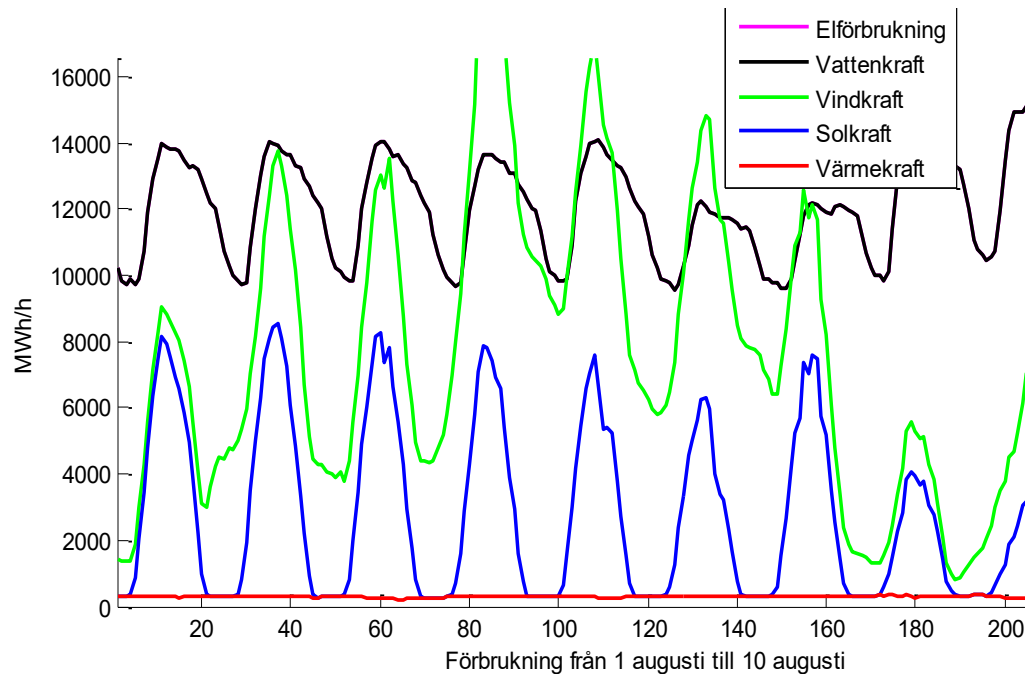
Aktuellt på Irland och i Kanada



Hantera "överskott"

Utmaning: Uppstår vid hög vind + låg förbrukning

Exempel: 100% förnybart Sverige



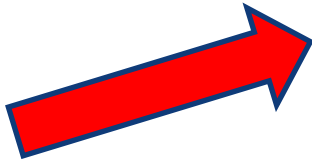
”Överskott” – fysisk lösning

- Flexibel förbrukning – ”Smarta elnät”
- Exportera
- Ladda batterier
- Flexibel laddning av elbilar
- Elpannor i fjärrvärmens och/eller ersätt t ex pelletsvärme
- Power-2-gas
- **Spill: Stäng av, eller håll marginal**



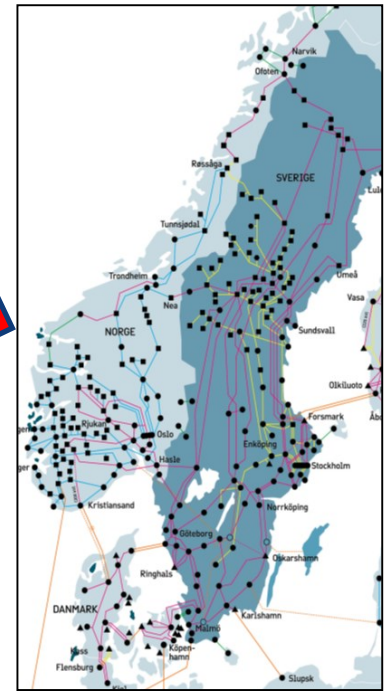
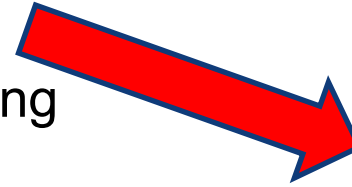
- **Fysisk lösning finns !!**
- Men vad är rationellt?

Om incitament



Systemtjänster

- Spänningshållning
- Marginaler
- Frekvensreglering
- "Masströghet"
- Från-koppling



Incitament-1: Krav

- ="Grid-codes"
- + "Enkel reglering"
- Oklart med "konkurrens"
- Oklart behov

Incitament-2: Marknad

- Betalt för service
- + Ekonomisk drivkraft
- Ej trivial formulering
- Risk för "Marknads-makt"