

Framtida utmaningar i det svenska kraftsystemet

Föredrag på Värmländska ingenjörsföreningens årsmöte 6 maj 2019

Evert Agneholm

Senior Principal Engineer DNV GL

Adjungerad professor högskolan Väst

06 May 2019

Vem är jag?

- Född i Säffle 1968 och uppväxt i Värmlandsbro
- Läste tekniskt gymnasium med elkraftutbildning i Åmål/Karlstad, klar 1988
- Militärtjänstgöring på P4 i Skövde
- Civilingenjör Chalmers, 1989-1993
- Doktorandutbildning, 1993-1999
- Konsult 1999-2004 på Solvina och ÅF
- Startade Gothia Power (uppköpt av DNV GL 2016), 2004-...
- Adjungerad professor på högskolan Väst i Trollhättan, 2017-...

”Man kan ta en Värmlänning från Värmland men aldrig Värmland ur en Värmlänning”

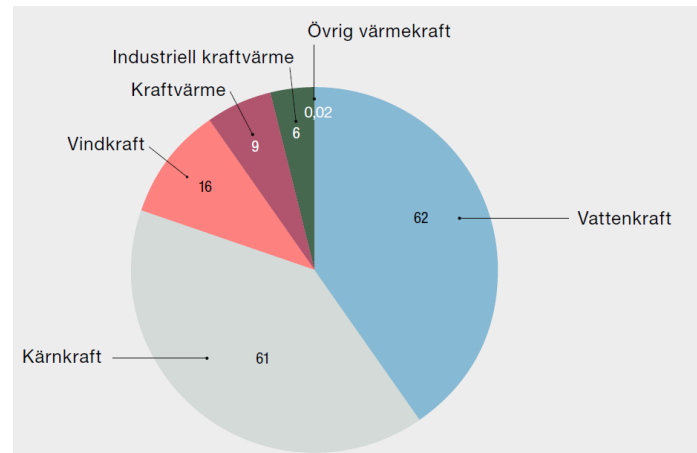
Innehåll

- Det svenska kraftsystemet idag
- Globala och nationella utmaningar
- Vad händer i det svenska kraftsystemet
 - Produktion
 - Överföring
 - Förbrukning
- Vilka framtida utmaningar finns i det svenska kraftsystemet i samband med omställningen
- Min syn på framtiden
- Frågor

Det Svenska kraftsystemet idag



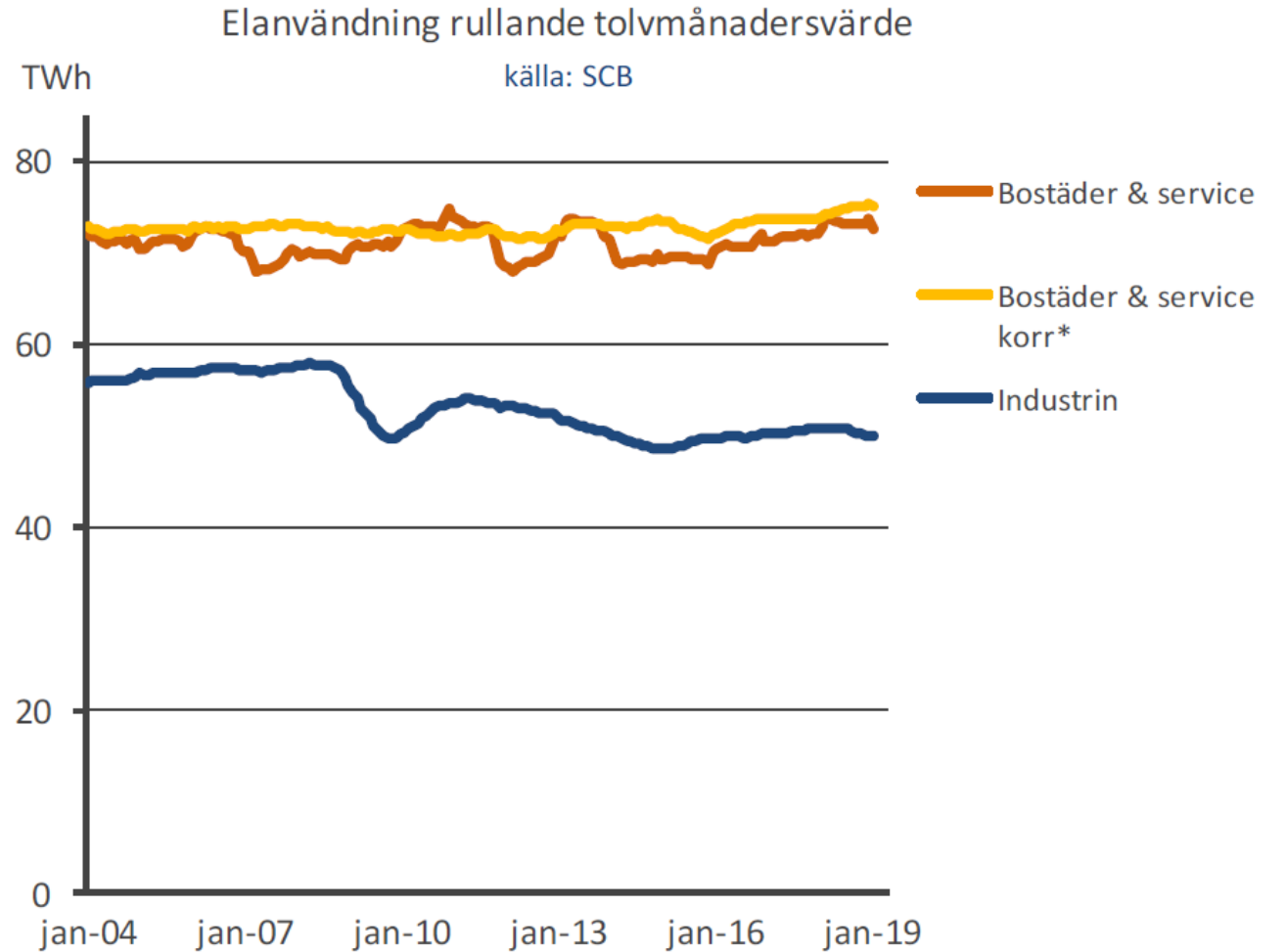
- Vattenkraft i norr, 40%
- Kärnkraft i söder, 40 %
- Vindkraft, 10 %
- Kraftvärme, 10 %
- Förbrukning mest i söder
- Begränsningar i effektöverföring i kraftsystemet
- Ihopkopplade med grannländer via AC och DC



Källa: Svenska kraftnät

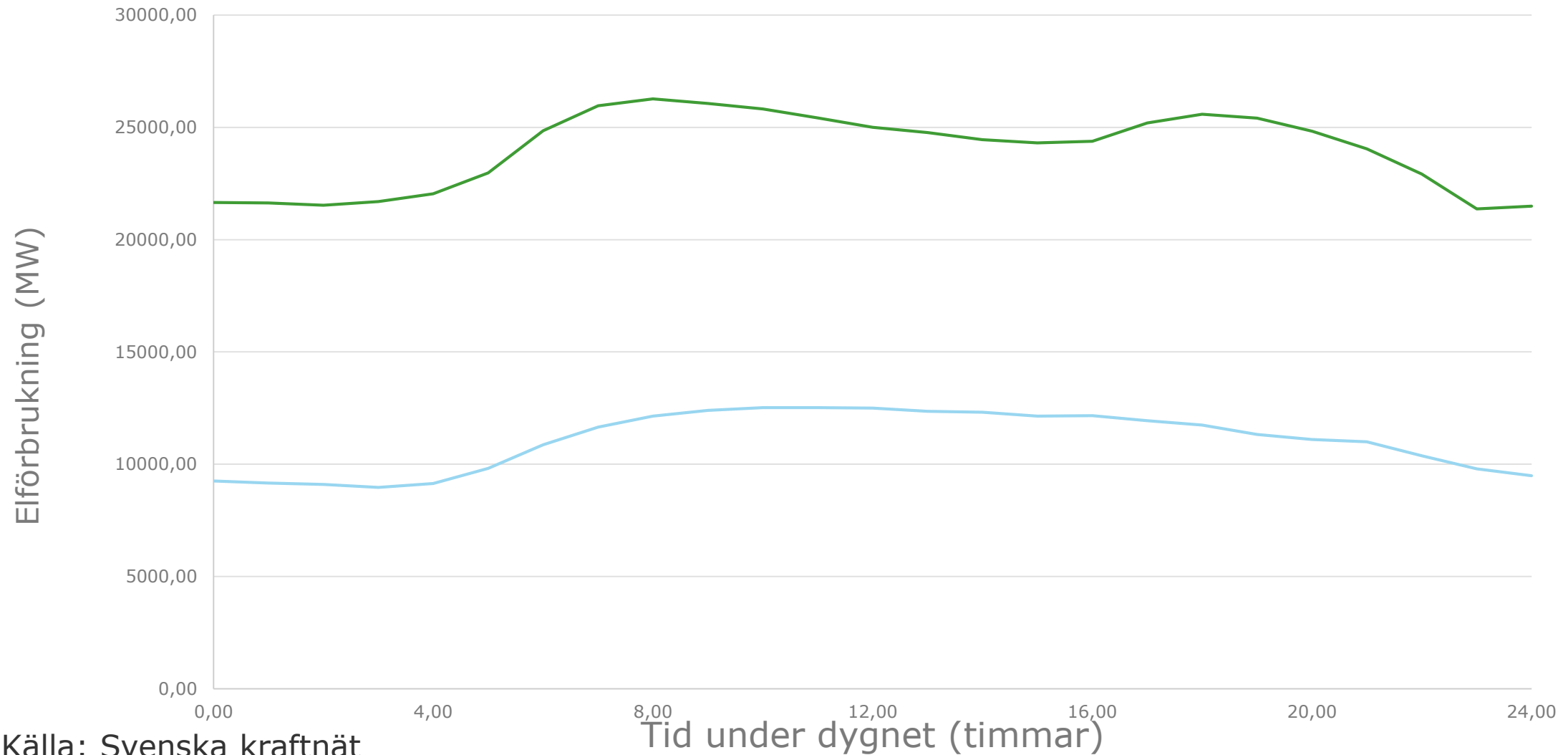
Elförbrukningen i Sverige

- Elanvändningen i Sverige har varit relativt konstant under många år
- Elförbrukningen förväntas att öka i samband med energiomställningen



Källa: Svensk Energi

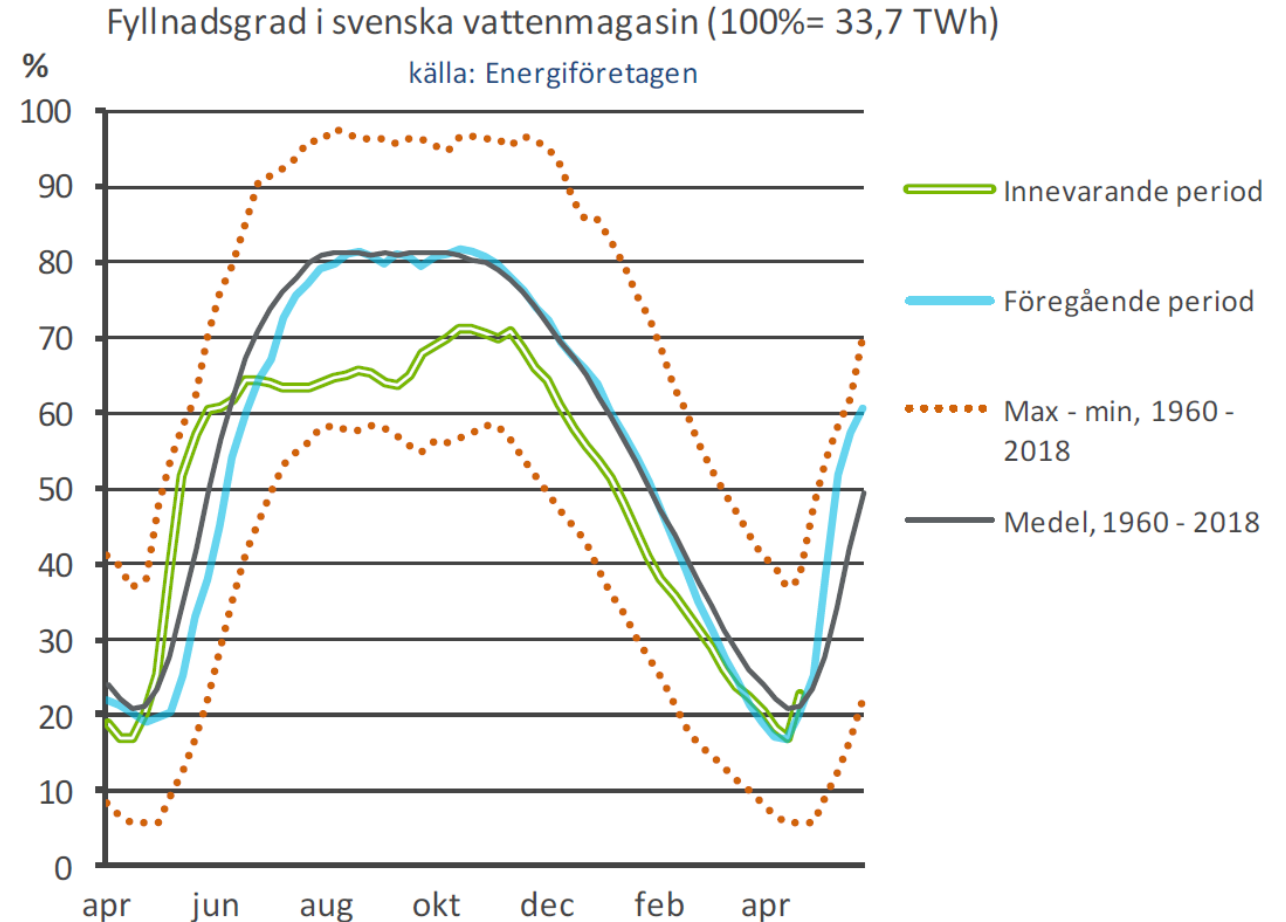
Variation i förbrukning under dagen, veckan och året



Källa: Svenska kraftnät

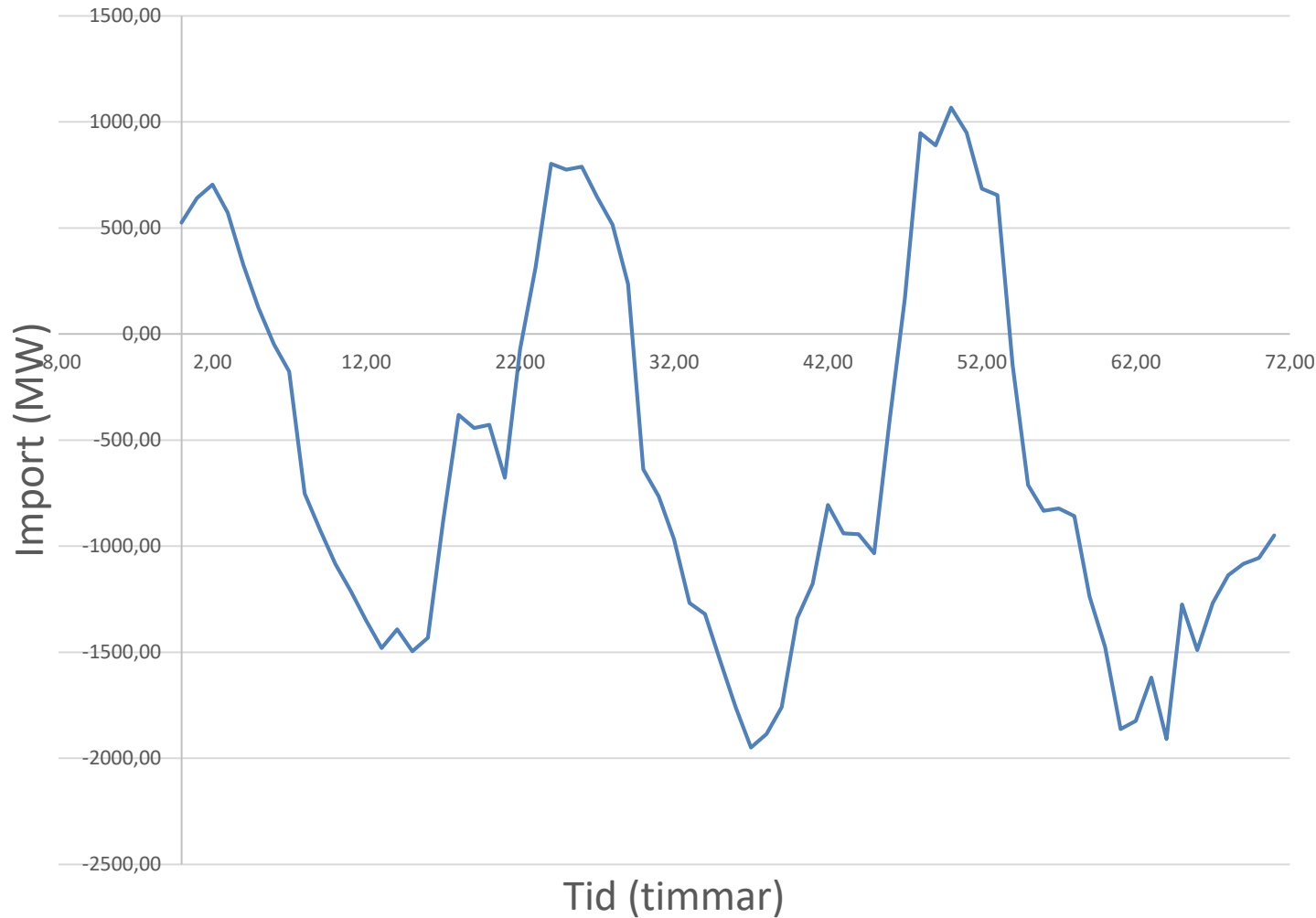
Energilager i vattenkraften

- Sverige har förmånen att ha ett stort energilager i form av många vattenmagasin
- Vattenkraften kan därför användas på ett kostnadseffektivt sätt för att reglera de variationer som fås i förbrukningen på kort och lång tid
- Vattenkraften används även för att sälja effekt till kontinenten
- Vattenkraften används huvudsakligen för frekvensreglering i Sverige



Källa: Svensk Energi

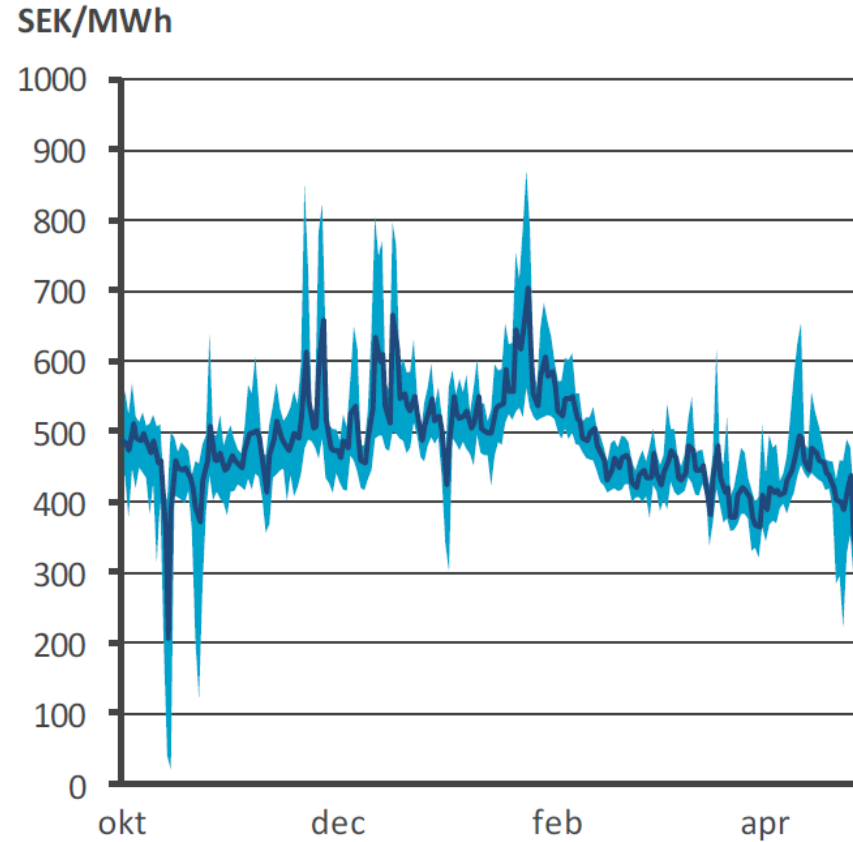
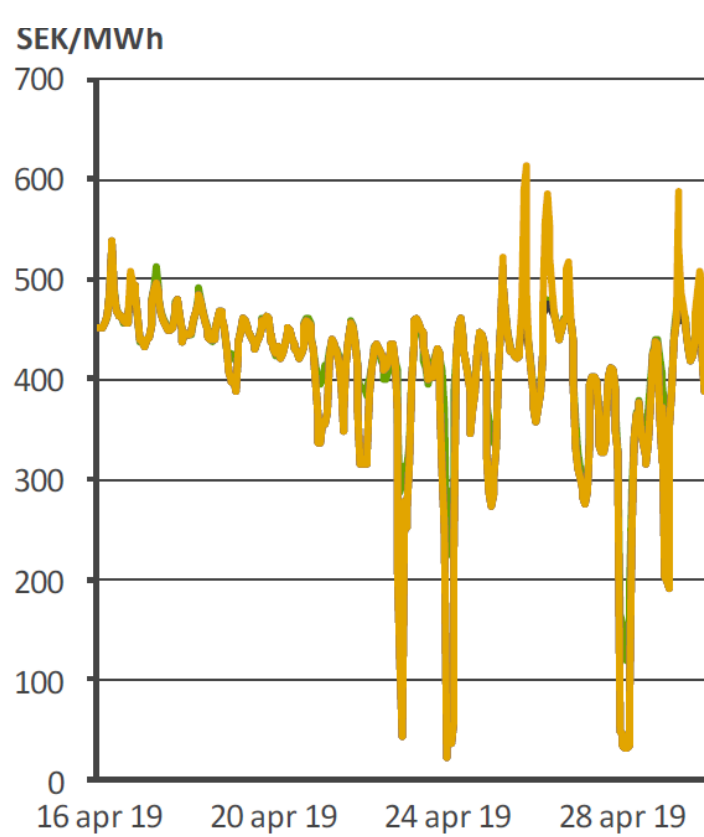
Hur används Sverige idag



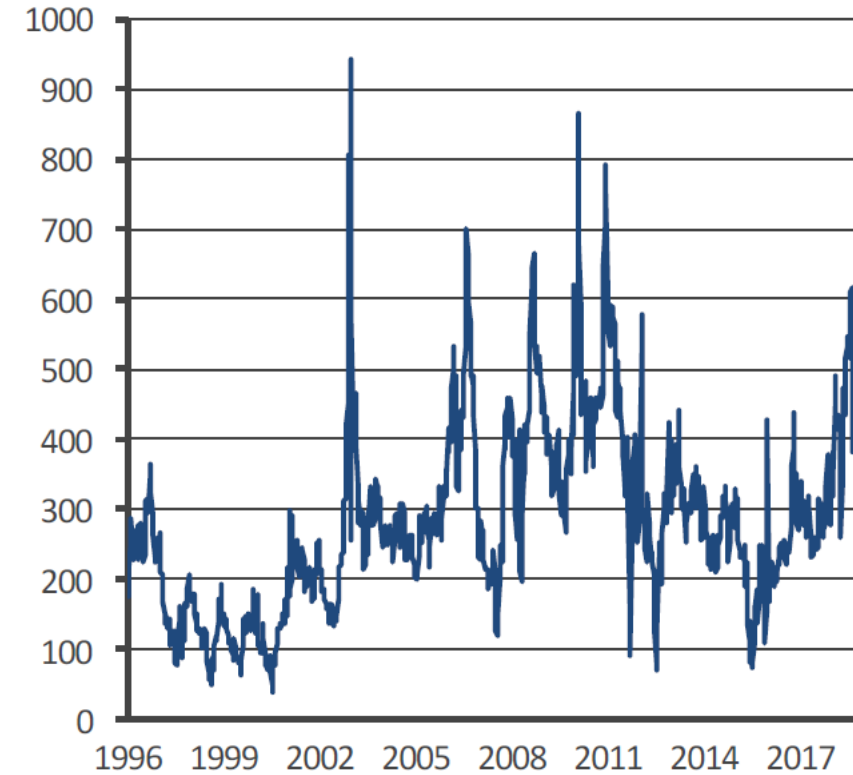
- Sverige och Norge används idag som nettoexportörer av el till Europa
- Dessutom används Sverige och Norge som pumpkraftverk, dvs exporterar dagtid och importerar nattetid

Källa: Svenska kraftnät

Hur varierar elpriset idag



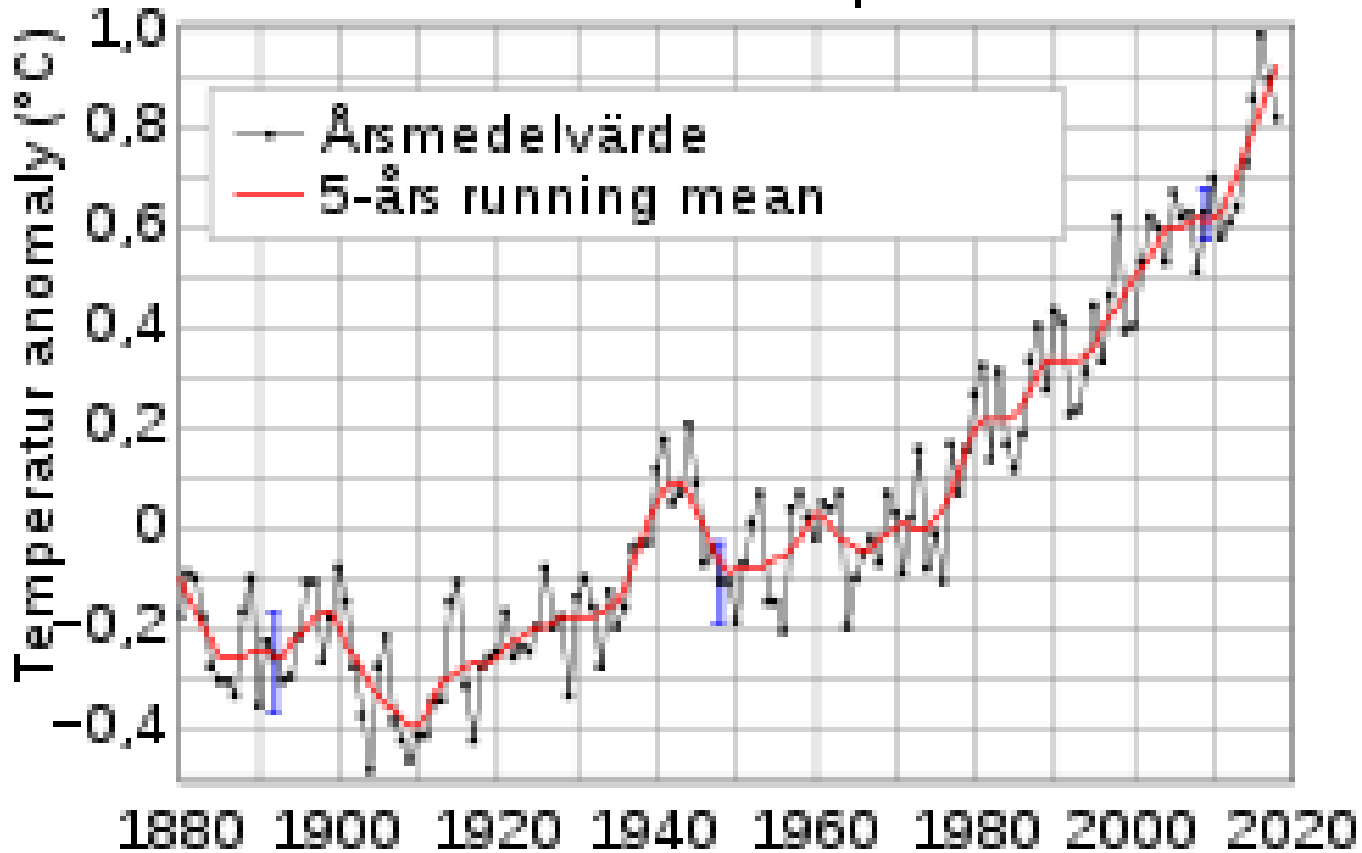
SEK/MWh Veckomedel, källa: Nord Pool



Källa: Svenska Energi

Global uppvärmning

Global land-ocean temperatur index

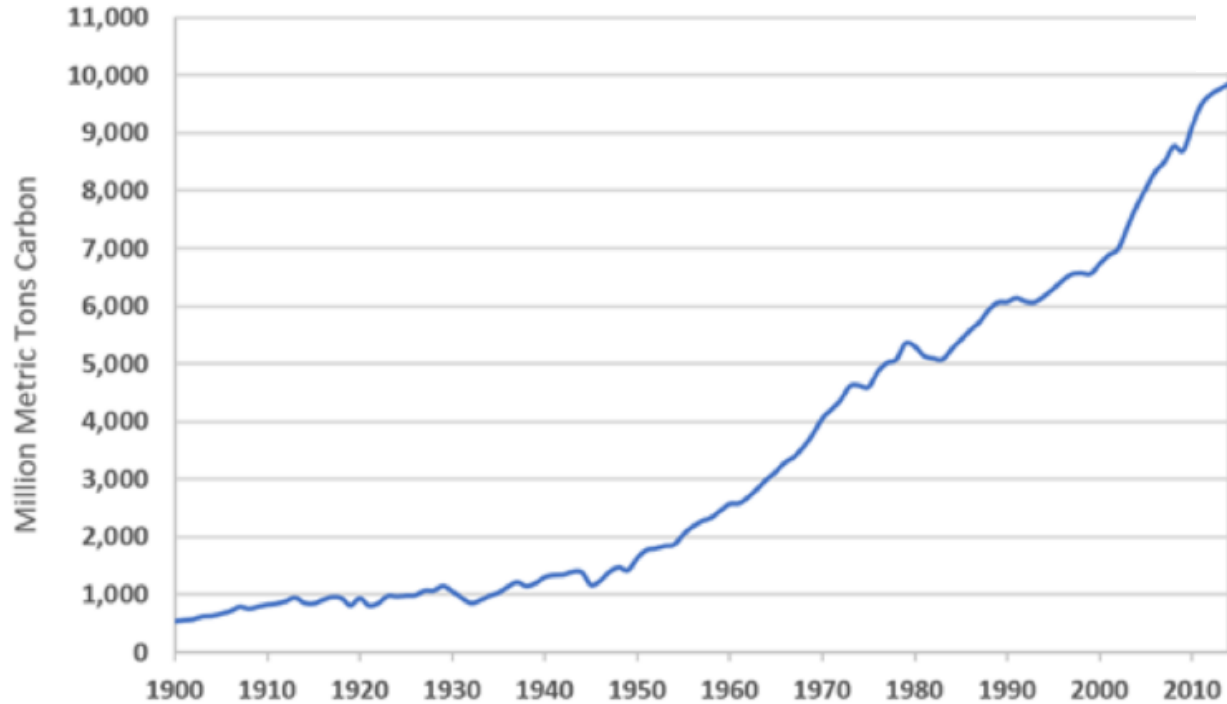


Källa: wikipedia



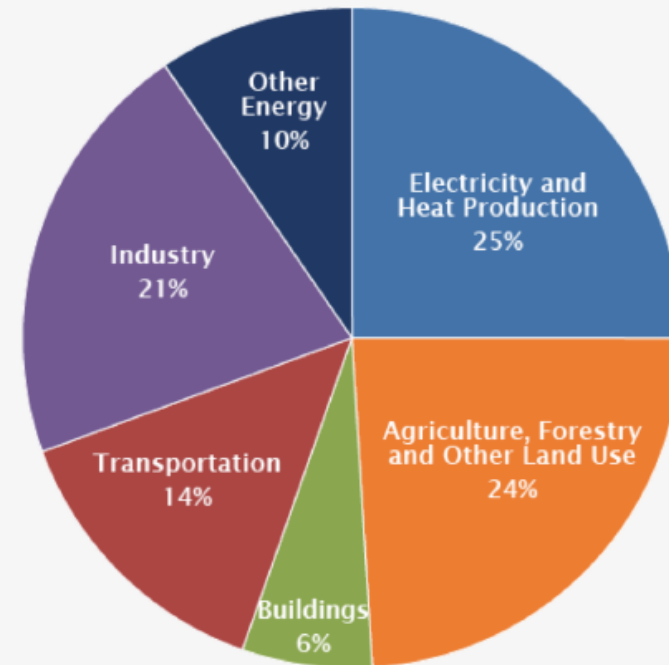
Globala Co₂ utsläpp

Global Carbon Emissions from Fossil Fuels, 1900-2014



Källa: www.epa.gov

Global Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector



De svenska energi- och klimatmålen till 2020

- Utsläppen av växthusgaser ska vara 40 procent lägre än 1990 (gäller verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter)
- Energianvändningen ska vara 20 procent effektivare jämfört med 2008 (genom minskad energiintensitet)
- Andelen förnybar energi ska vara minst 50 procent av den totala energianvändningen
- Andelen förnybar energi i transportsektorn ska vara minst 10 procent

De svenska energi- och klimatmålen till 2030 och framåt

- Senast 2045 ska Sverige ha nettonollutsläpp jämfört med 1990, varav minst 85 procent av reduktionen av utsläpp ska ske i Sverige
- Utsläppen av växthusgaser ska vara 63 procent lägre 2030 jämfört med 1990 (gäller verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter)
- Utsläppen för inrikes transporter exklusive inrikes flyg ska vara 70 procent lägre år 2030 jämfört med 2010
- Energianvändningen ska vara 50 procent effektivare 2030 jämfört med 2005 (genom minskad energiintensitet)
- Elproduktionen ska år 2040 vara 100 procent förnybar (men det är inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft)

Källa: Energimyndigheten

Exempel på vad som händer de kommande åren i Sverige

- Ringhals 2 stoppas 2019/2020 (producerar cirka 6,5 TWh/år)
- Ringhals 1 stoppas 2020/2021 (producerar cirka 6,5 TWh/år)
- O2 och O1 har varit stoppade flera år
- Vi har således sex stycken reaktorer kvar i drift (F1, F2, F3, O3, R3, R4)
- Kraftig utbyggnad av vindkraft – produktionen väntas fördubblas fram till 2022
- Utbyggnad av PV (sol)
- Elektrifiering av fordonsflottan
- Förstärkning av kraftnäten inom Sverige samt mer uppkopplingar mot kontinenten

Svensk Kärnkraft

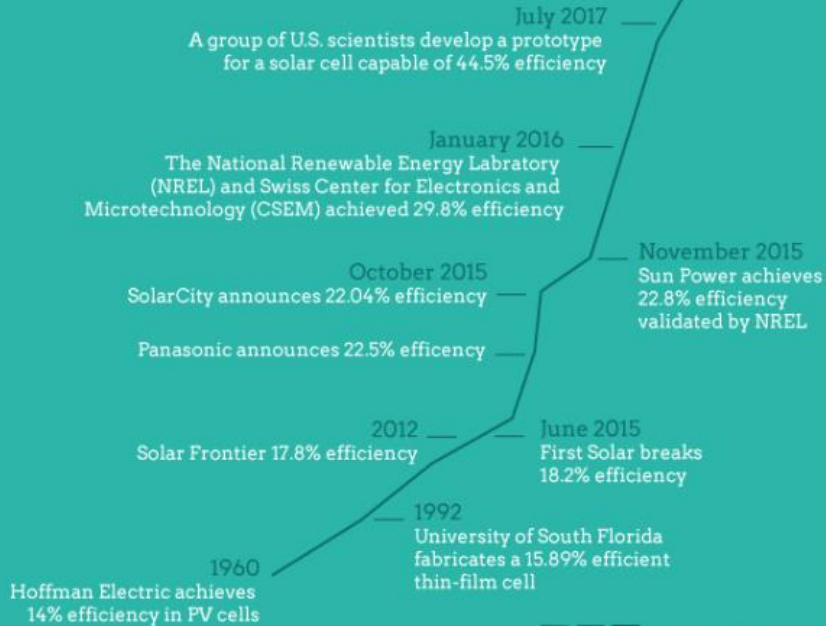
- Oskarshamns kärnkraftverk O3 byggdes för 1050 MW men är sedan 2009 effekthöjd till 1450 MW, beräknas kunna vara i drift till 2045
- Ringhals 4 byggdes för 900 MW men har sedan 2015 varit effekthöjd till 1120 MW, beräknas kunna vara i drift till 2043
- Ringhals 3 som är tvilling till R4 har varit effekthöjd till 1070 MW, beräknas kunna vara i drift till 2041
- Forsmark 3 (snarlik O3) byggdes för 1050 MW men är effekthöjd till 1167 MW (ytterligare effekthöjning diskuteras), beräknas kunna vara i drift till 2045
- Forsmark 1 byggdes för 984 MW, beräknas kunna vara i drift till 2040, kan komma att effekthöjas
- Forsmark 2 (snarlik F1) byggdes för 984 MW men är effekthöjd till 1120 MW, beräknas kunna vara i drift till 2041



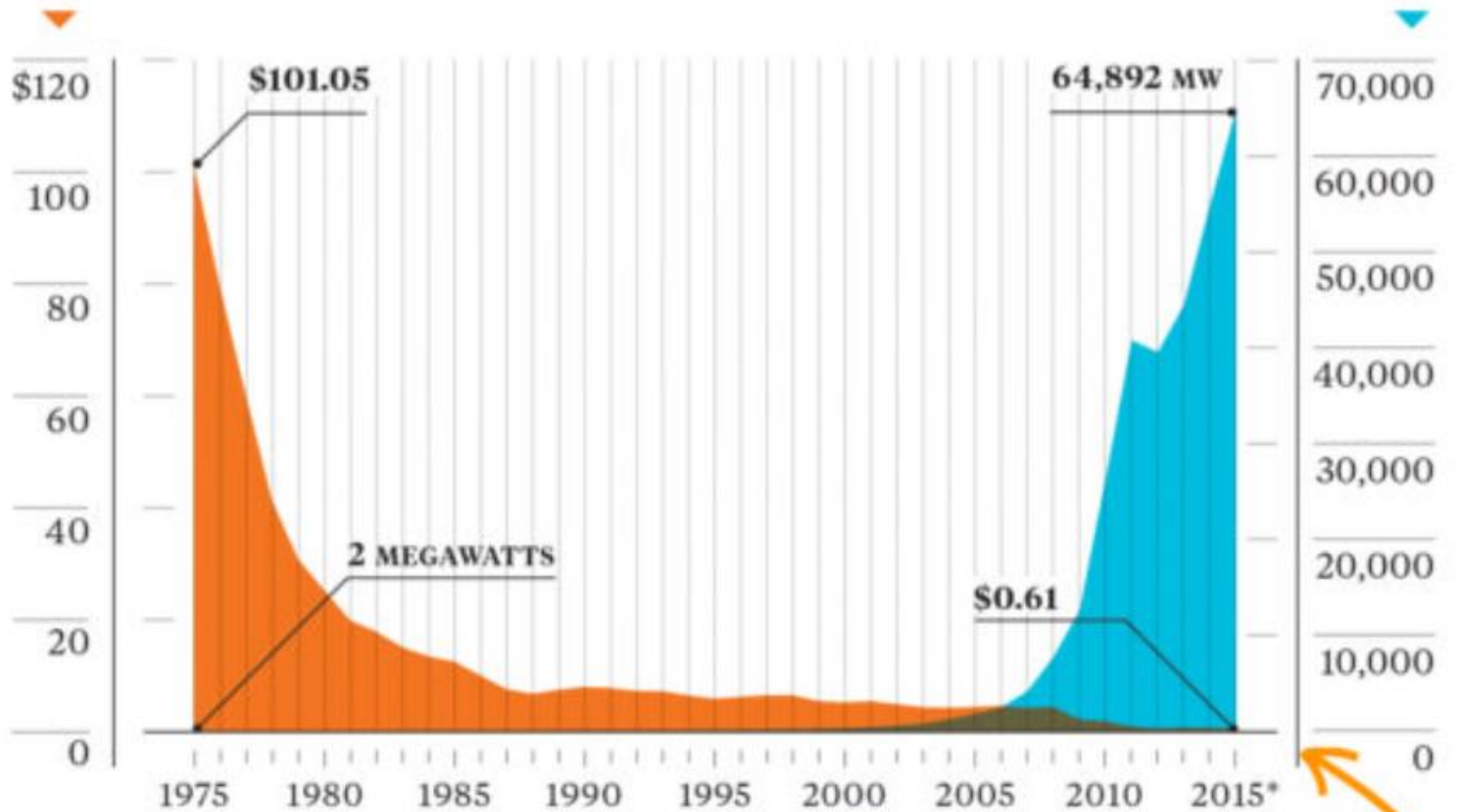
PV – förbättrad verkningsgrad och lägre pris

Tracking Solar Panel Efficiency

The race to solar panel efficiency has been a long one, but is heating up right now. Take a look at how much the past few years have mattered in the grand scheme of solar innovation.



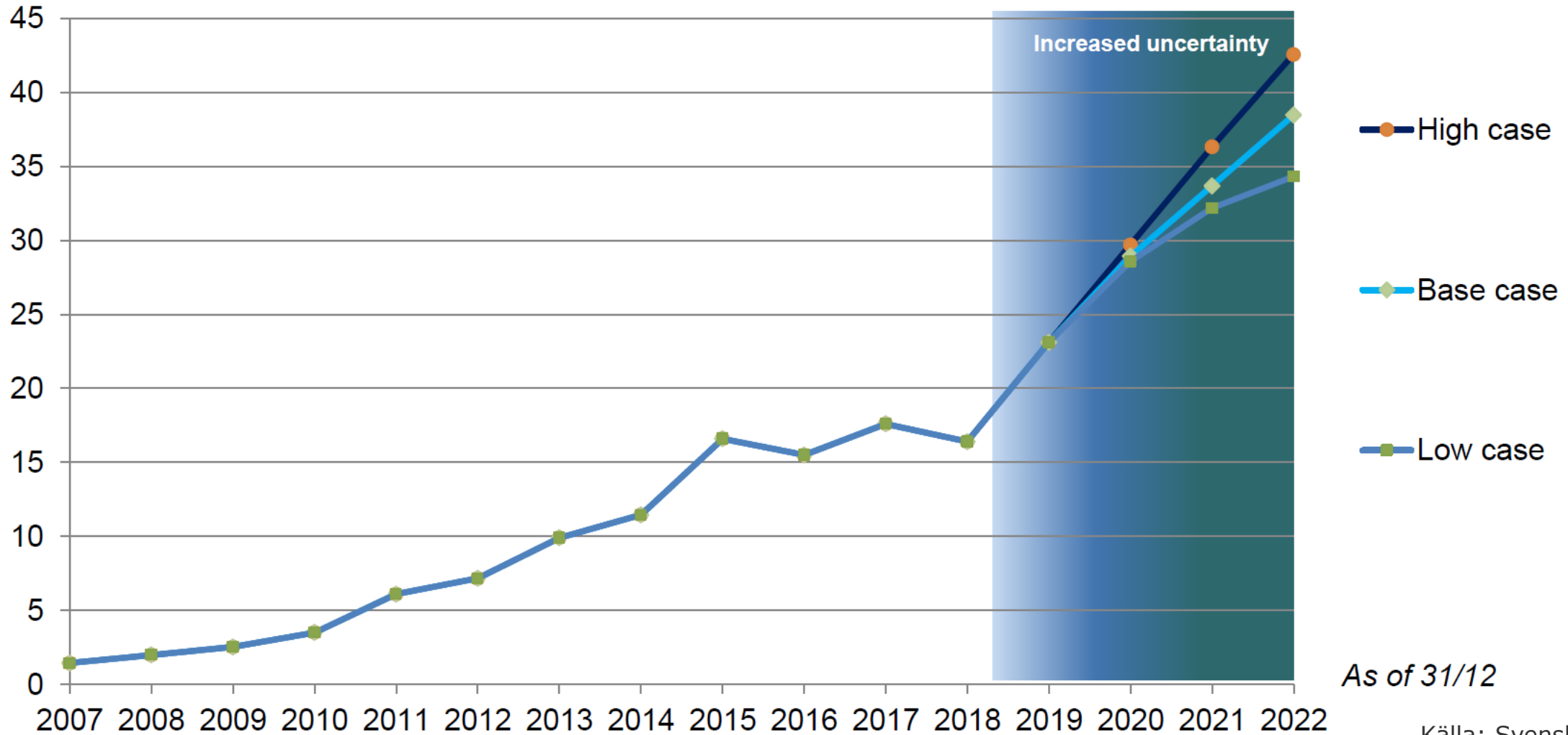
Price of a solar panel per watt



Down to \$0.37 in Late 2017

Källa: energysage och cleantehnica

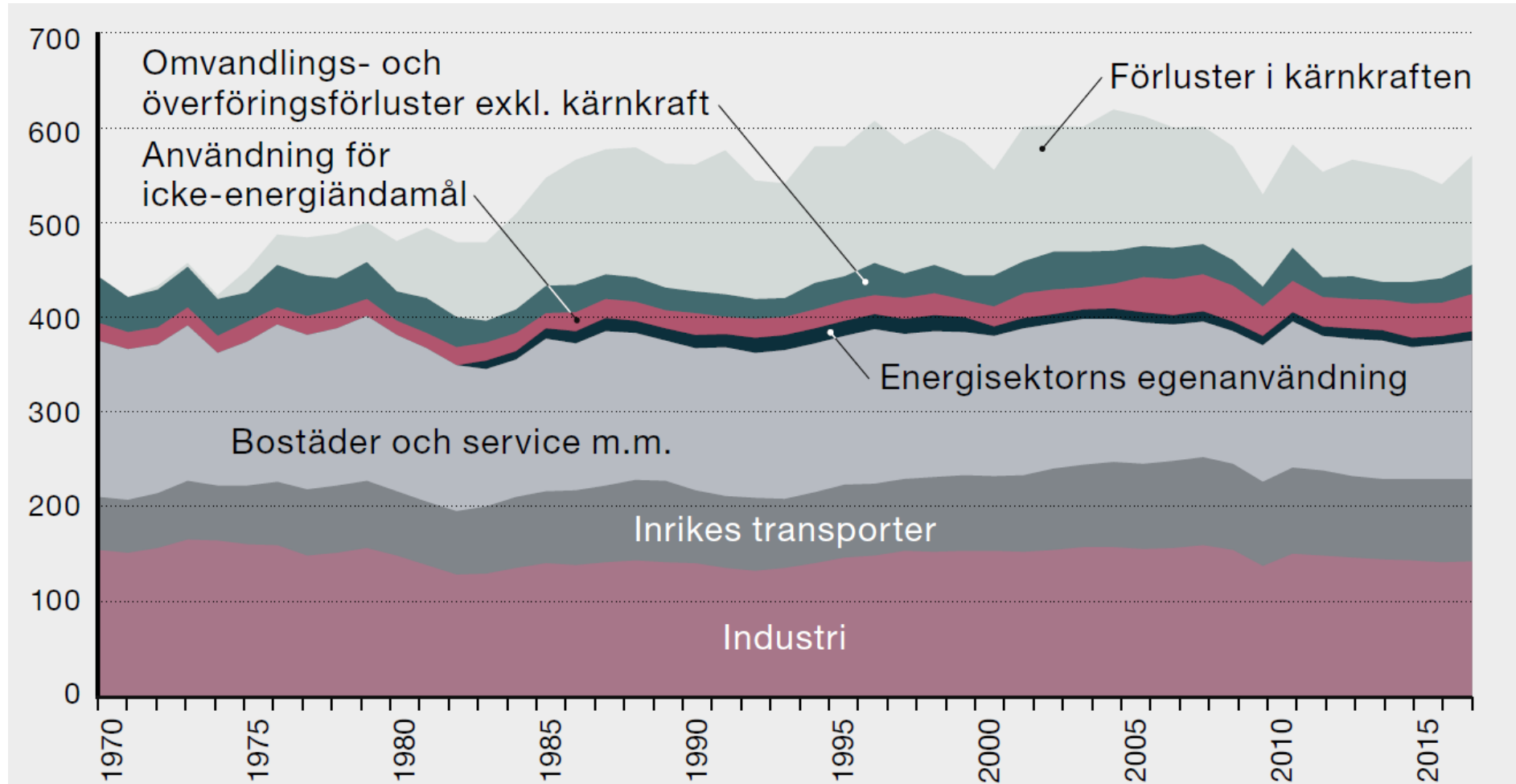
Vindkraftsproduktion i Sverige (TWh)



As of 31/12

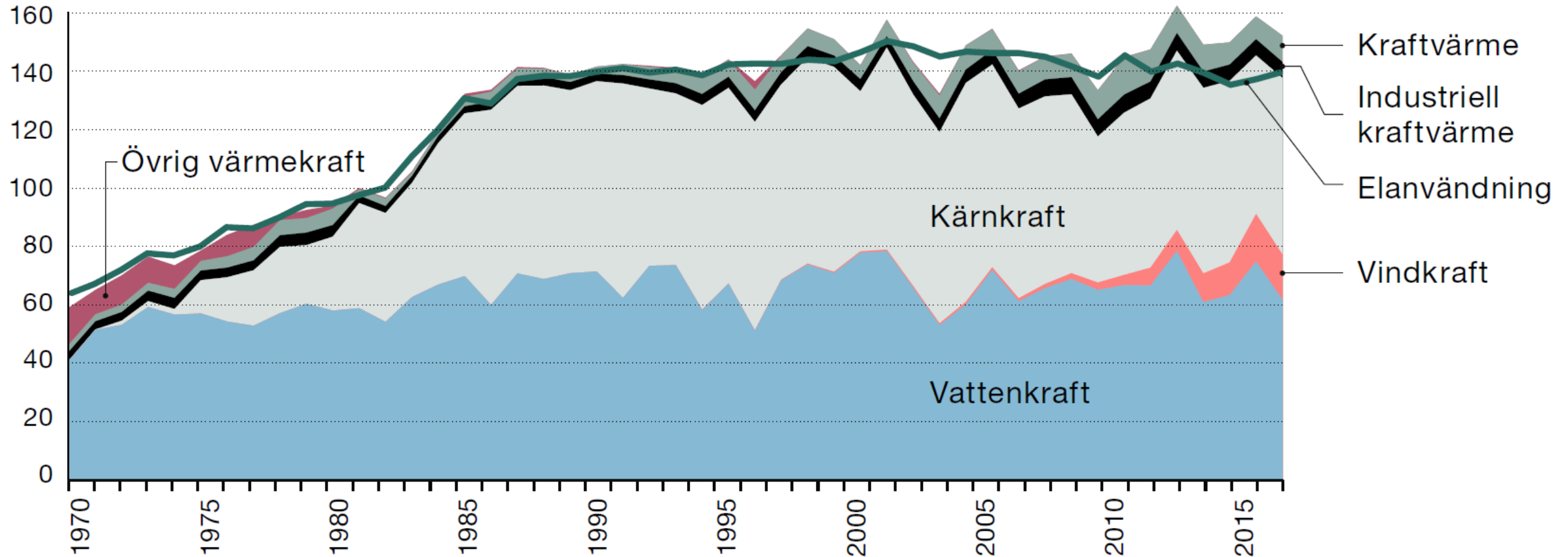
Källa: Svensk vindenergi

Energianvändning i Sverige (TWh)



Källa: Energimyndigheten och SCB.

Elproduktion och elanvändning i Sverige (TWh)



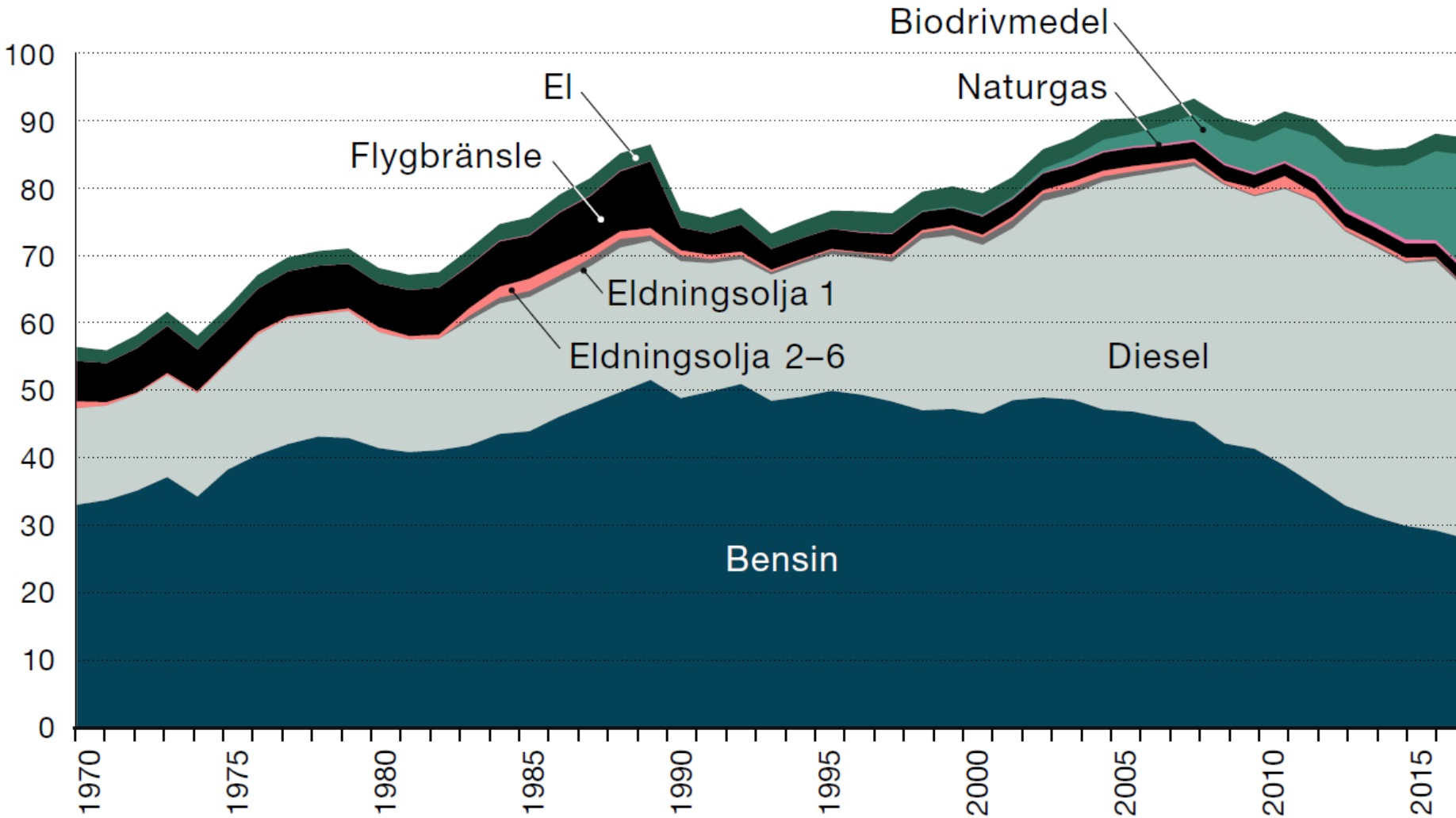
Källa: Energimyndigheten och SCB.

Konvertering av fordonsparken

- Övergång från bilar som drivs med förbränningsmotor till bilar som drivs av el kommer att vara en av de största energieffektiviseringarna de kommande åren
- En bensinmotor har en verkningsgrad på 25-30 %
- En dieselmotor har en verkningsgrad på 35-40 %
- En elmotor och batteri ger en väsentligt högre verkningsgrad
- Vid bromsning genereras el tillbaka



Konvertering av fordonsparken – energianvändning inrikes transporter (TWh)

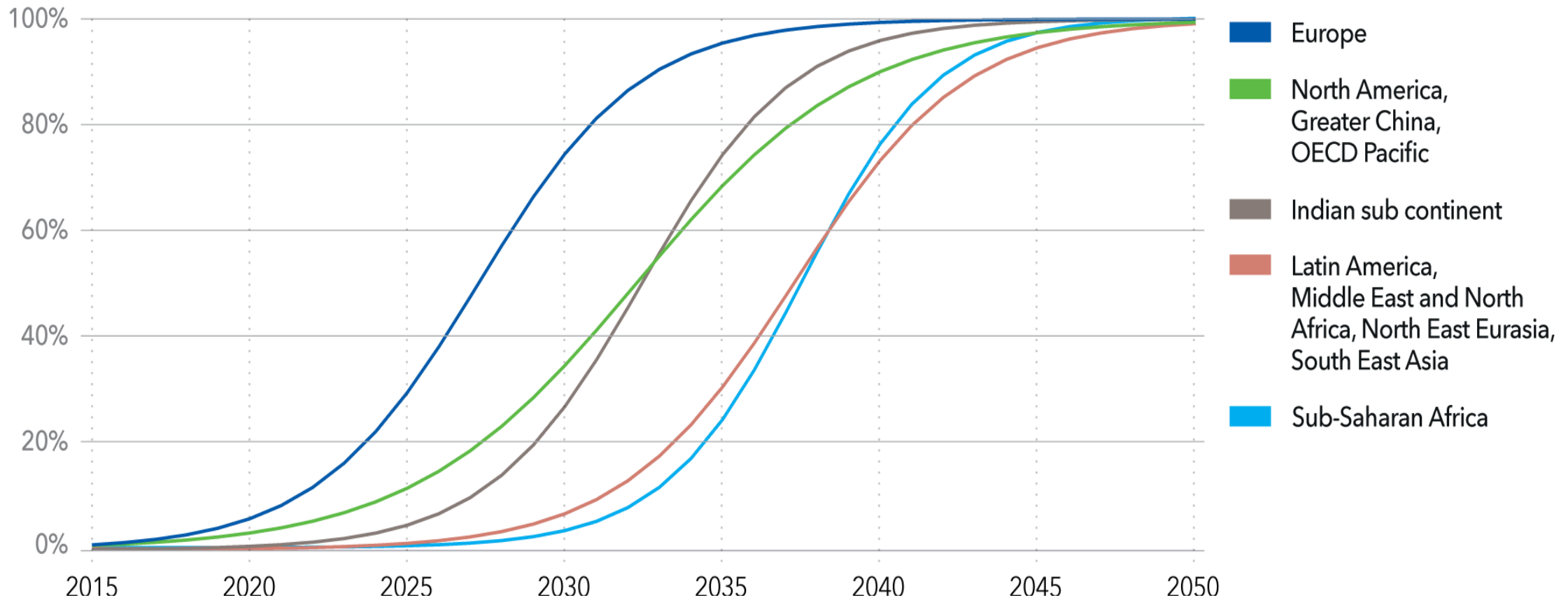


- Nu används diesel och bensin motsvarande 60-70 TWh för framdrift av fordon
- Övergång till el kommer att kräva 20-30 TWh el
- Energimässigt är detta hanterbart

Källa: Energimyndigheten

Konvertering av fordonsparken – nybilsförsäljning personbilar (helt eller delvis eldrivna)

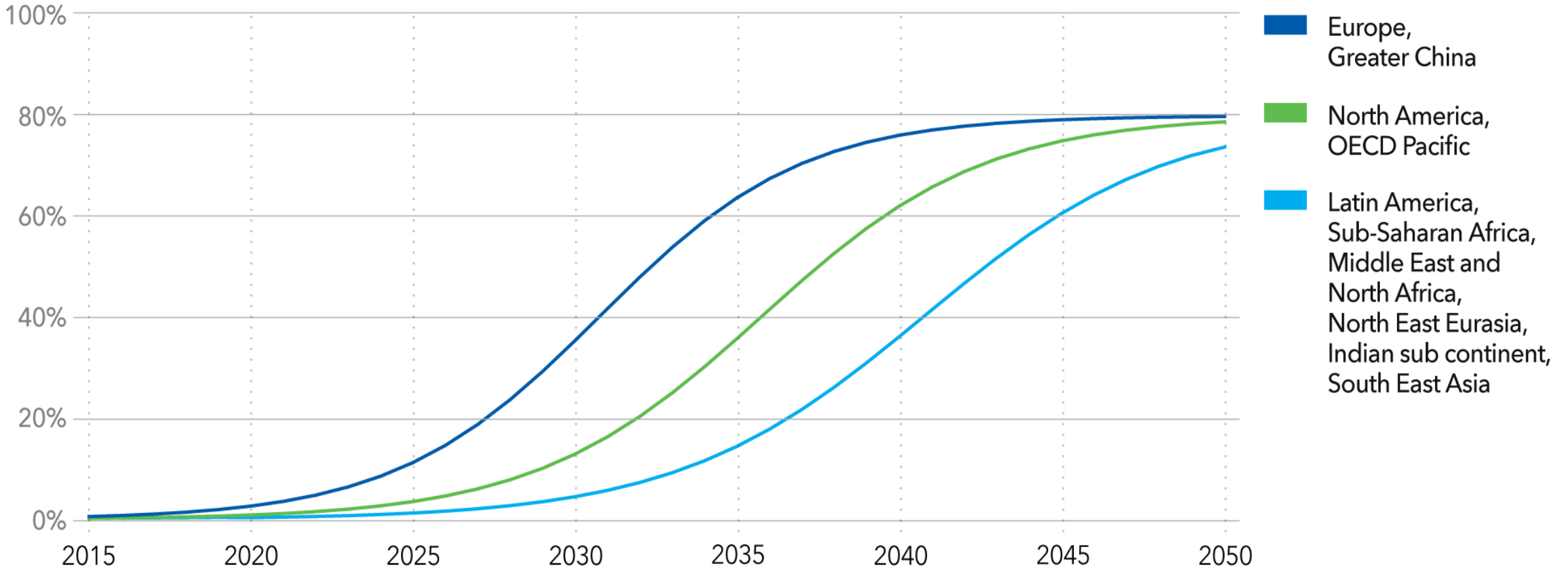
Units: Percentages in new vehicle sales



Källa: DNV GL

Konvertering av fordonsparken – nybilsförsäljning bussar och lastbilar (helt eller delvis eldrivna)

Units: Percentages in new vehicle sales



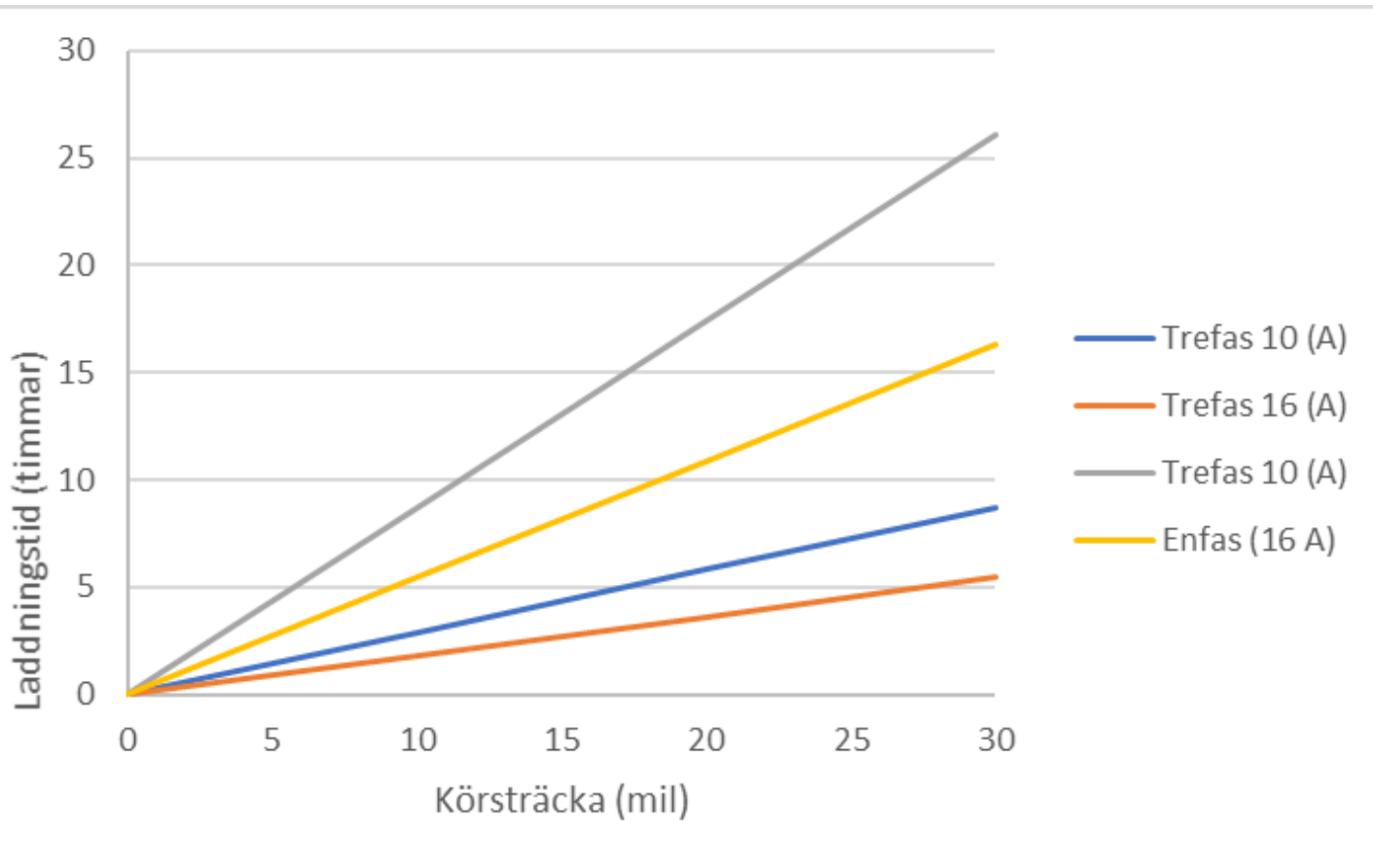
Källa: DNV GL

Förbrukning elbilar

Bilmodell	Verklig förbrukning	Officiell förbrukning*	Skillnad
Volkswagen e-Golf	16 kWh/100 km	12,7 kWh/100 km	26%
BMW i3	14,8 kWh/100 km	12,9 kWh/100 km	15%
Renault Zoe	16,7 kWh/100 km	13,3 kWh/100 km	26%
Nissan Leaf	16,6 kWh/100 km	15 kWh/100 km	11%
Tesla Model S 85	20,8 kWh/100 km	18,1 kWh/100 km	15%
Hyundai Ioniq Electric	13,5 kWh/100 km	11,5 kWh/100 km	17%

Källa: Power Circle

Hur lång tid tar det att ladda vid olika effekter



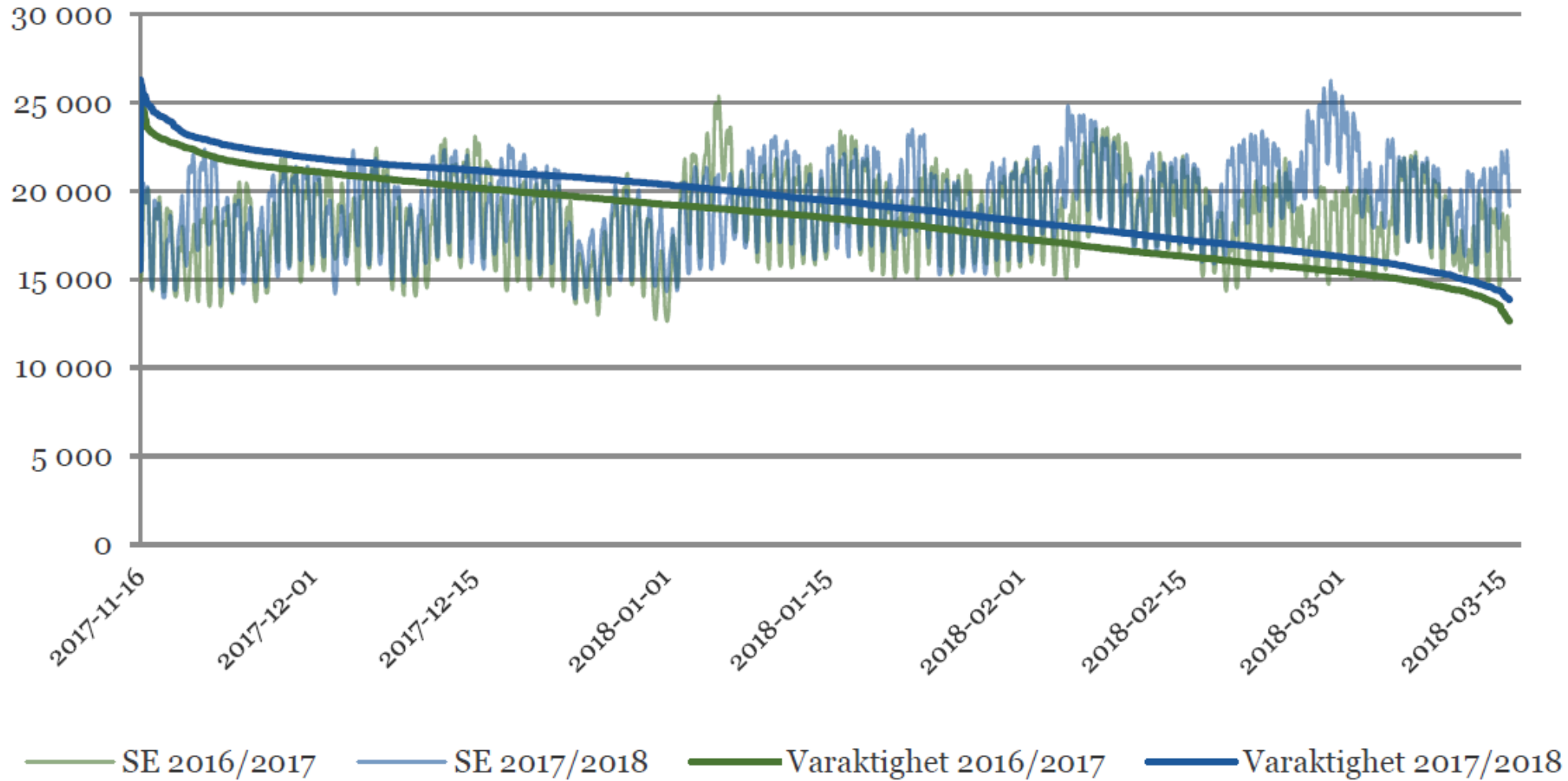
- Snabbladdning upp till 80 % av batteriet kan typiskt ske med
- 50 kW, tar 20-90 minuter
- 110 kW, tar 6-30 minuter
- 350 kW, tar 3-15 minuter

Källa: Power Circle

”Enda sättet för att få politiker att förstå skillnaden mellan effekt och energi är att inrätta ett effektdepartement”

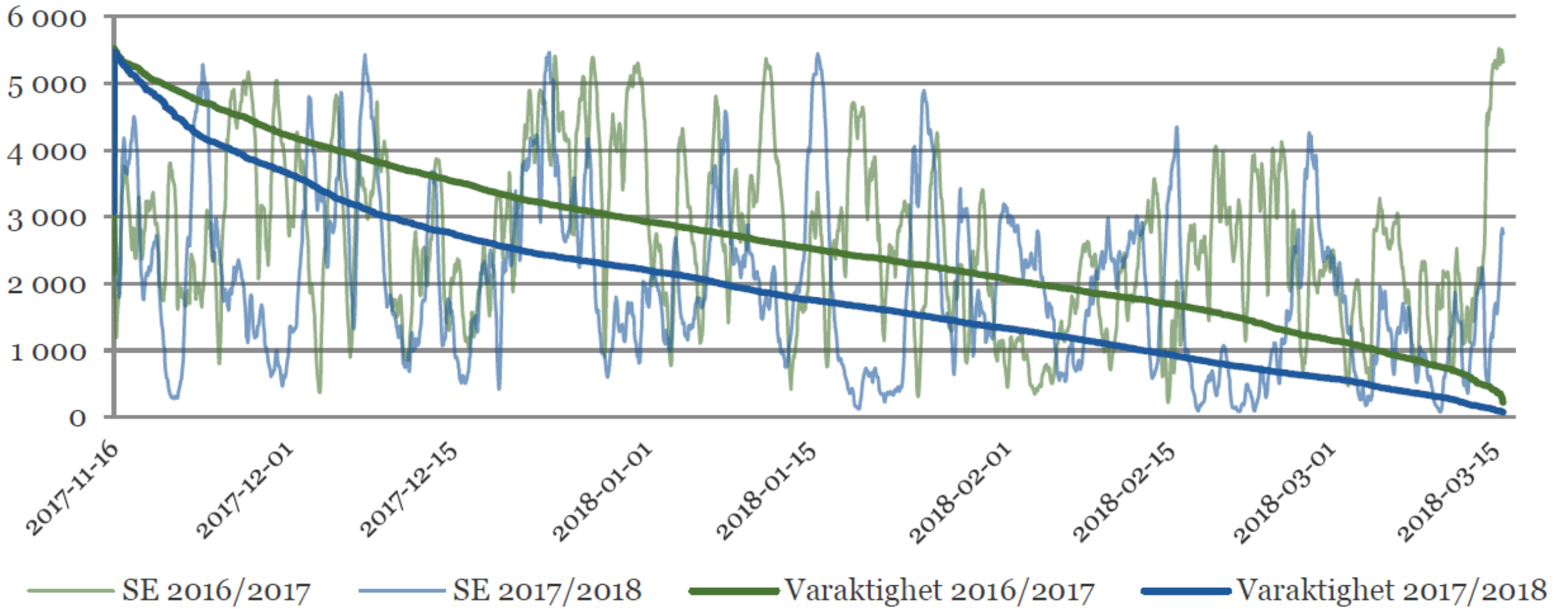
Prof. Bertil Stenborg, Chalmers tekniska högskola, 1990-talet

Variation i förbrukning under en vinter (MW/h)



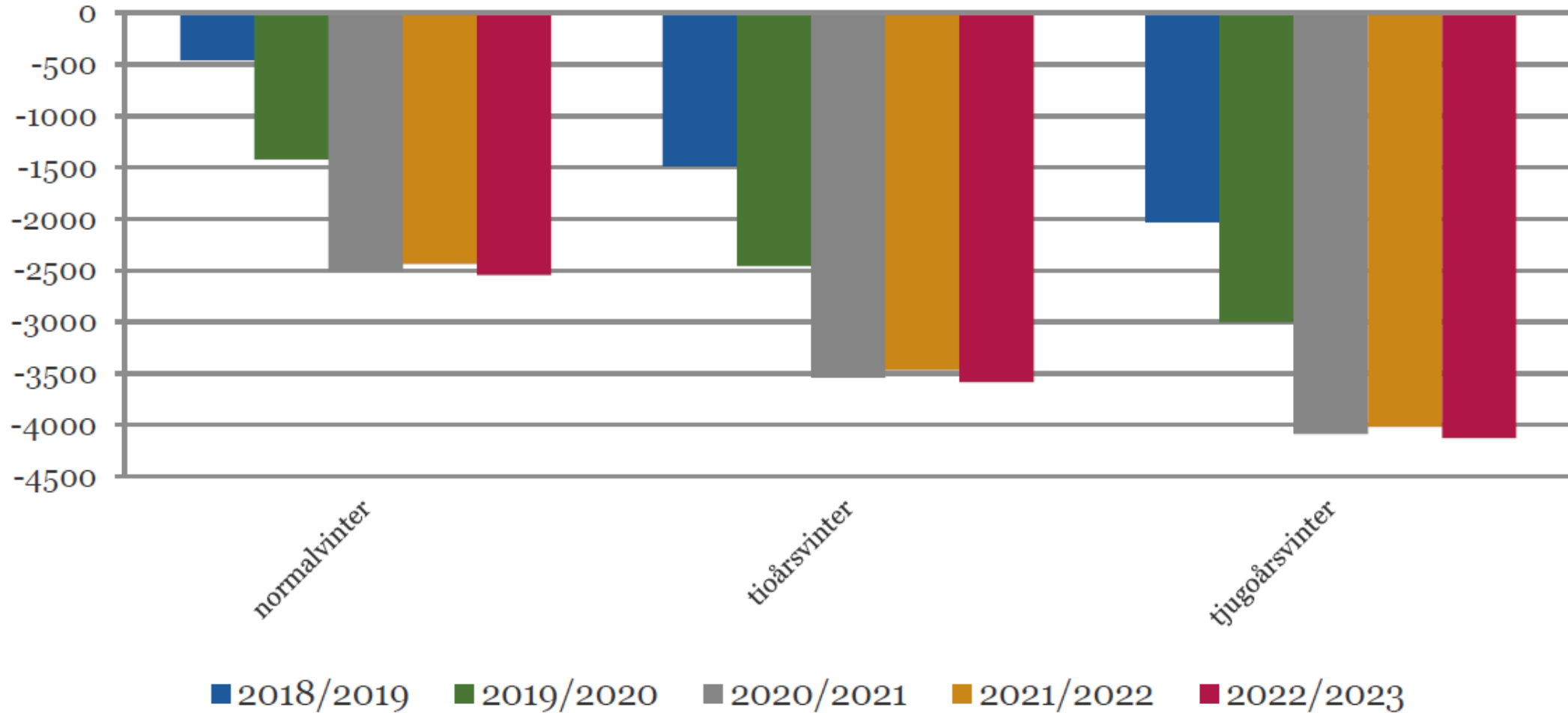
Källa: Svenska kraftnät

Variation i vindkraftsproduktion



Källa: Svenska kraftnät

Prognos för effektbalans under topplasttimmen för kommande vintrar

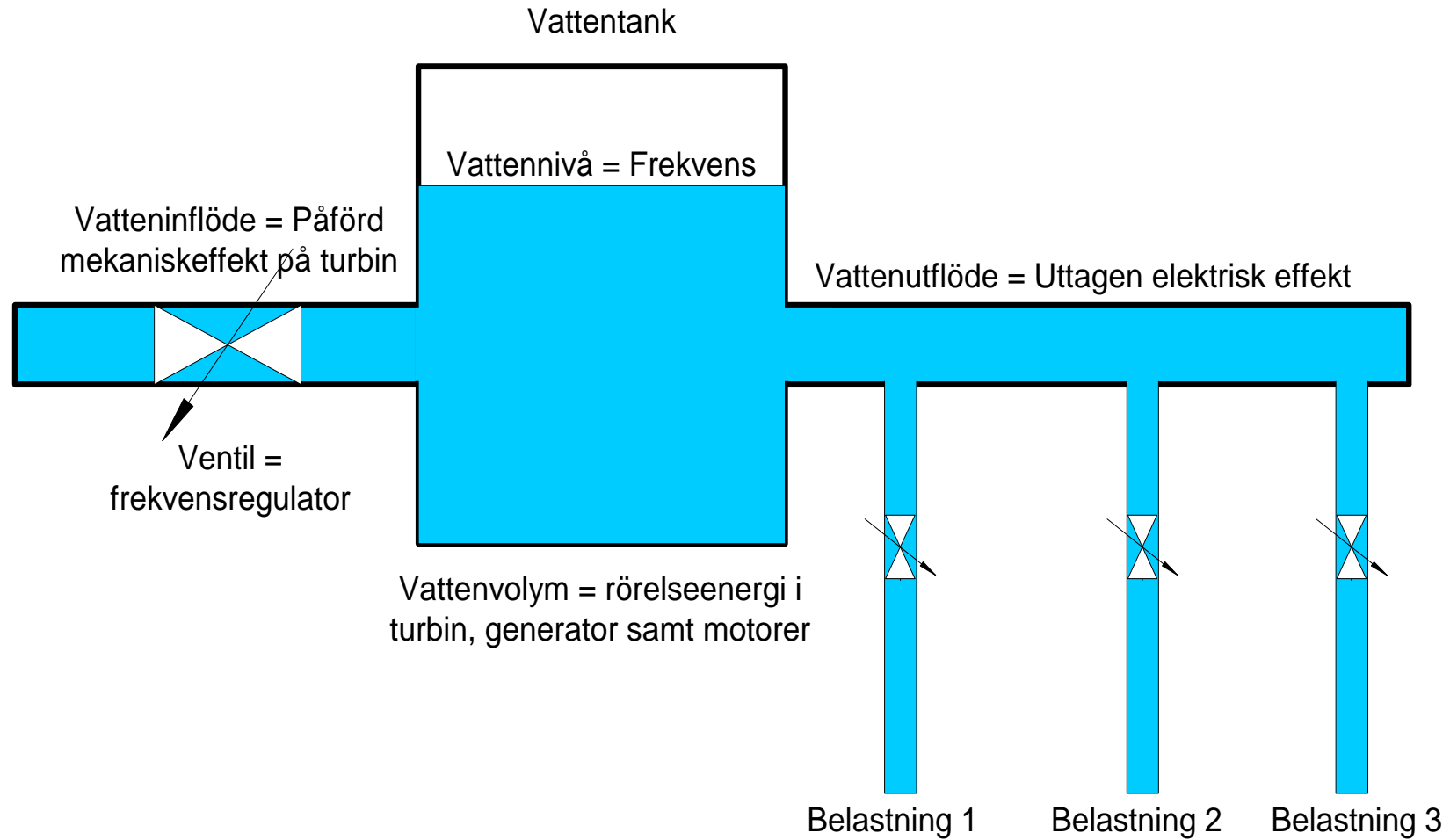


Källa: Svenska kraftnät

Balans i kraftsystemet

- Kraftsystemet är ett av de största reglersystemen som finns
- Det måste finnas balans på lång och kort sikt
- Det måste hela tiden vara balans i produktion och förbrukning annars fås en förändring av frekvensen i kraftnätet
- Historiskt har produktionsapparaten varit lätt att prediktera/styra
- Ny produktion blir intermittent samt svårare att prediktera/styra
- Belastning blir mer och mer omriktarstyrd
- Den roterande massan i kraftsystemet minskar
 - Förnybar elproduktion kommer in
 - Kärnkraft fasas ut
 - HVDC används för både export och import

Frekvensen i ett kraftsystem – analogi med vattentank



Frekvensreglering

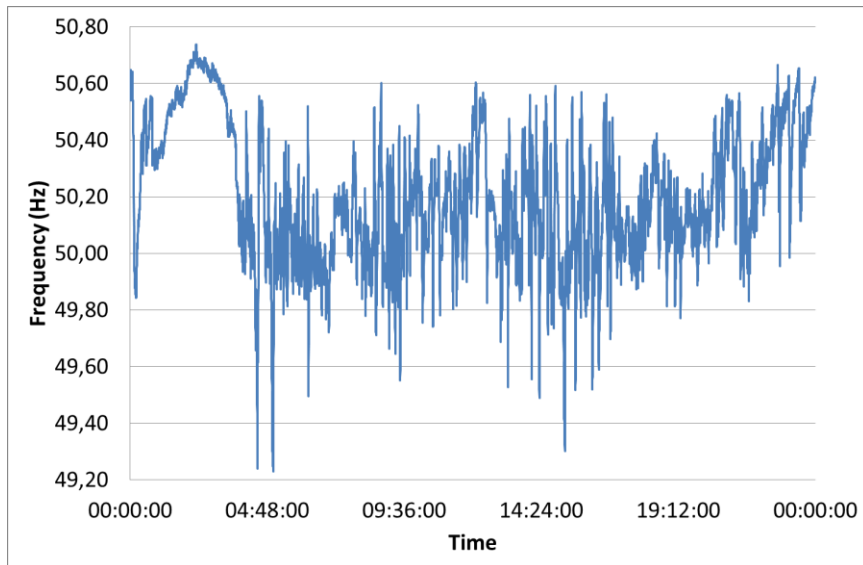
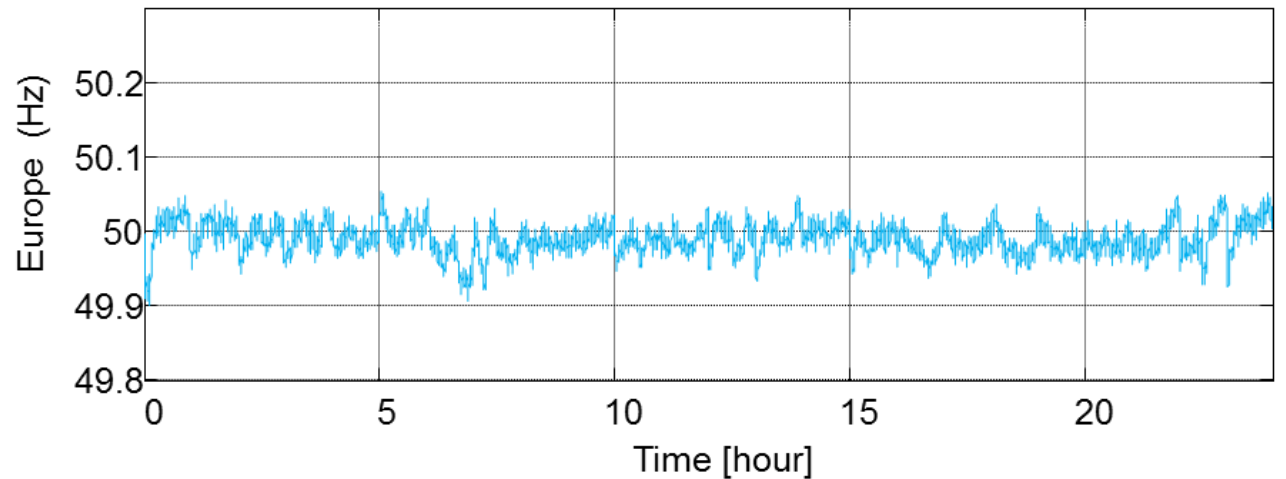
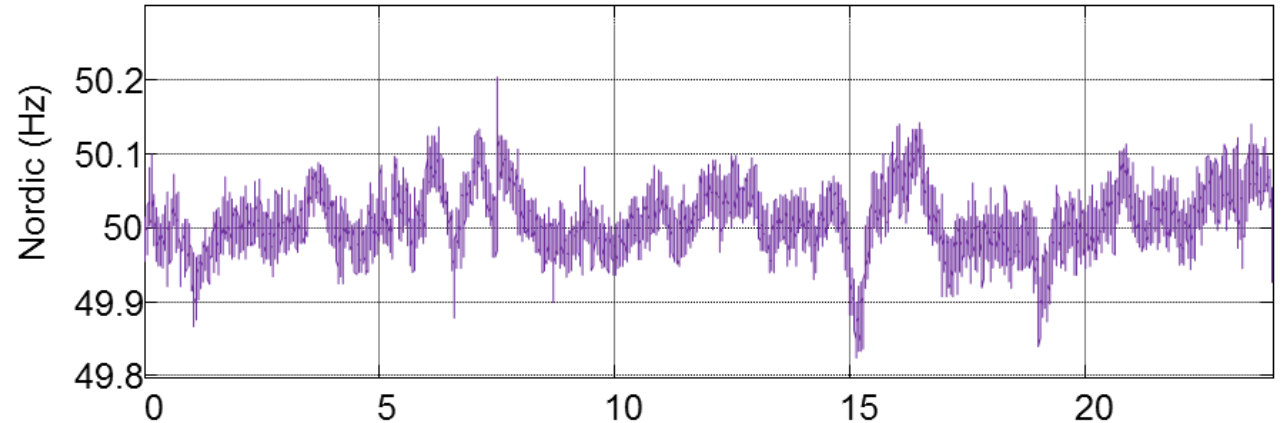
- Större volym av tanken => större kinetisk energi => vattennivån/frekvensen mer stabil vid förändringar av produktion och förbrukning
- Ventil som styr vatteninflödet i tanken => turbinregulator som styr effektproduktionen och påverkas av vattennivån/frekvensen
- Utflödet ur tanken minskar med vattennivån => Frekvensberoende i lasten, dvs lasten minskar med minskande frekvens

Varför varierar frekvensen i nätet

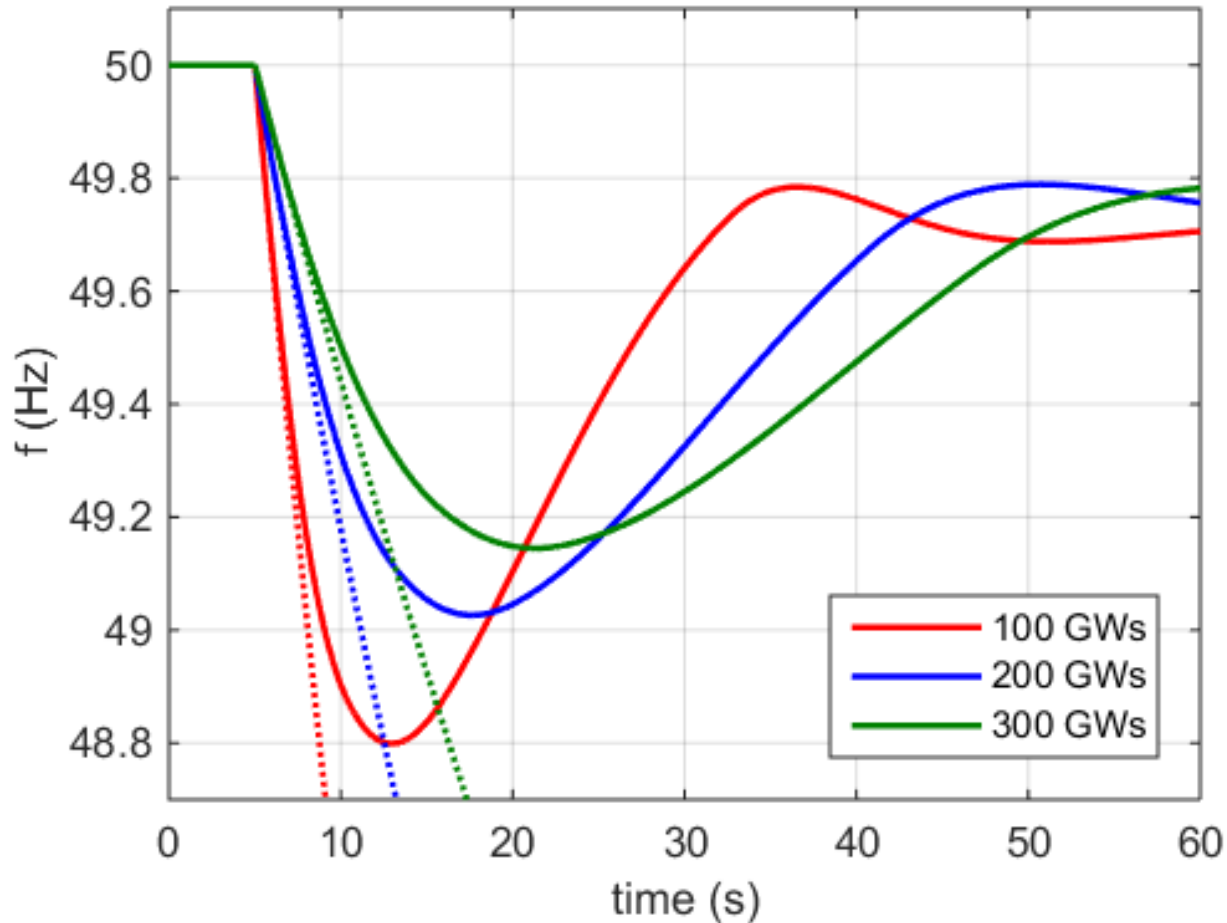
- Variation i belastning
- Variation i produktion
- In- och urkoppling av belastning
- Bortfall av produktion
- ...

Hur mycket varierar frekvensen i det svenska/nordiska systemet

- Frekvensen ska hållas inom 49,9-50,1 Hz
- Frekvenskvalitén har försämrats under många år
- Bortfall av ett stort kärnkraftverk eller HVDC länk kan dynamiskt ge frekvenssänkningar ned till 49,0 Hz



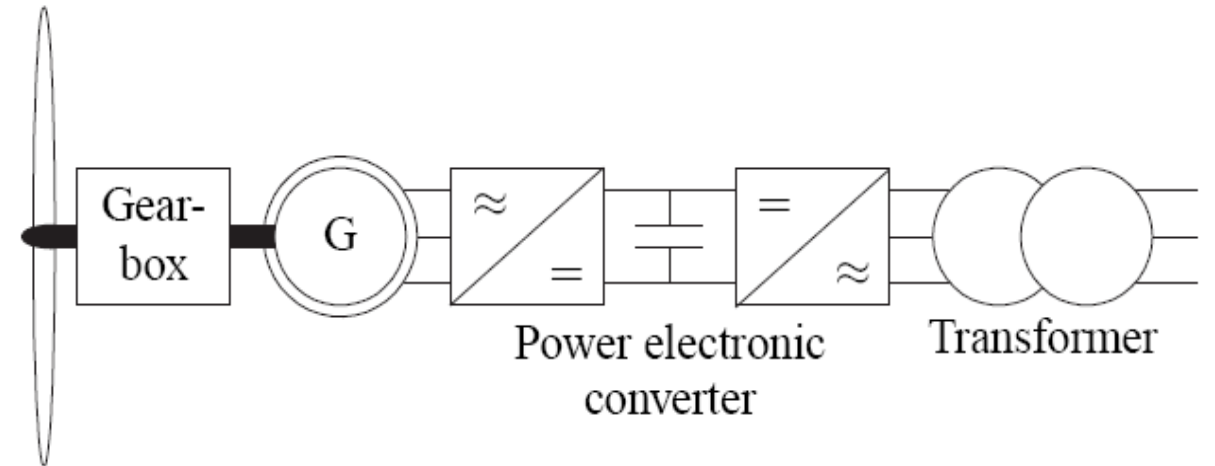
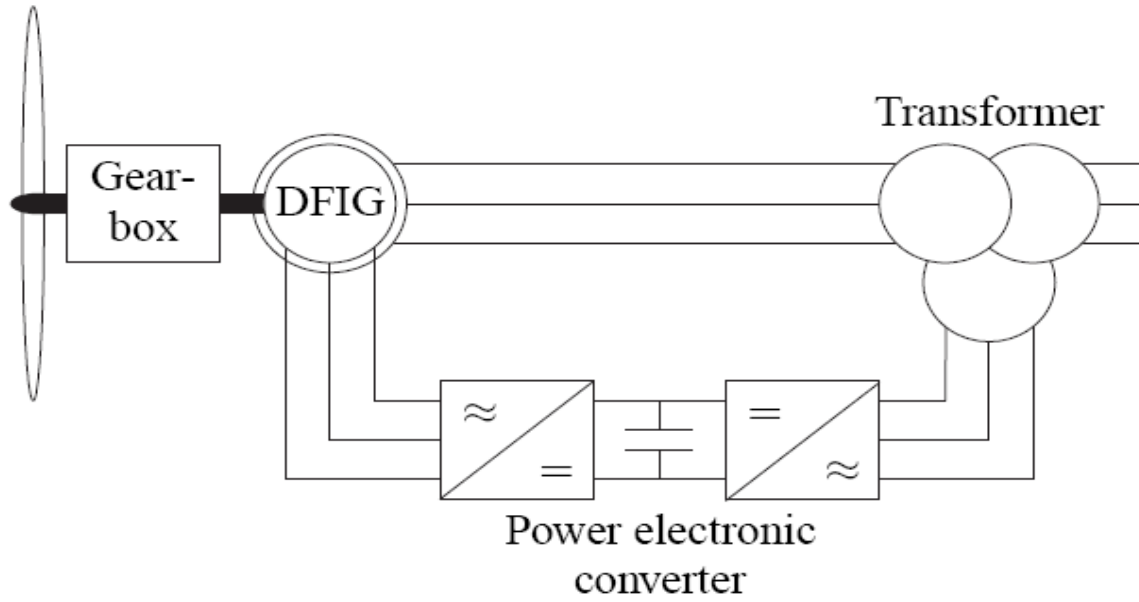
Svängmassans påverkan på frekvensen i systemet



- Bortfall av stor produktionskälla
- Heldragna kurvor med frekvensreglering och streckade kurvor utan
- 100 GWs motsvarar 28.000 kWh eller elförbrukningen under ett år i en gammal villa uppvärmd med el

Källa: Svenska kraftnät

Svängmassans från vindkraft och sol – normalt noll



Förändringar av kraftnätet

- Nätet är idag uppbyggt baserat på storskalig el-generering och transmission och distribution till kunder
- Ny produktion kommer att vara mer distribuerad och elen flyta delvis i andra riktningen
- Elförbrukningen kommer att öka och distributionsnäten nyttjas hårdare
- En del kunder kommer installera egna energilager eller använda bilens energilager

- Sammantaget innebär detta:
 - Näten kommer behöva byggas ut och förstärkas
 - Näten kommer att utnyttjas mer optimalt
 - Näten kommer att automatiseras

Min syn på framtiden

- Mer sol och vind i kraftsystemet
- Troligtvis byggs ingen mer kärnkraft i Sverige
- Sverige och Norden kommer koppla ihop sig än mer med Europa via HVDC länkar
- Behov av uppdelning av elmarknaden
 - Energi
 - Effekt
- Behov av energilager
 - Konventionella pumpkraftverk
 - Batterier
 - Energilaster
- Behov av styrning av laster
- Elpriset kommer att variera mycket mer i framtiden

Frågor, kommentarer ...

Evert Agneholm

Evert.agneholm@dnvgl.com

0732-498920

www.dnvgl.com

SAFER, SMARTER, GREENER

The trademarks DNV GL®, DNV®, the Horizon Graphic and Det Norske Veritas® are the properties of companies in the Det Norske Veritas group. All rights reserved.