

Vindkraftens roll i omställningen av energisystemet i Sverige



100% förnybart 2040

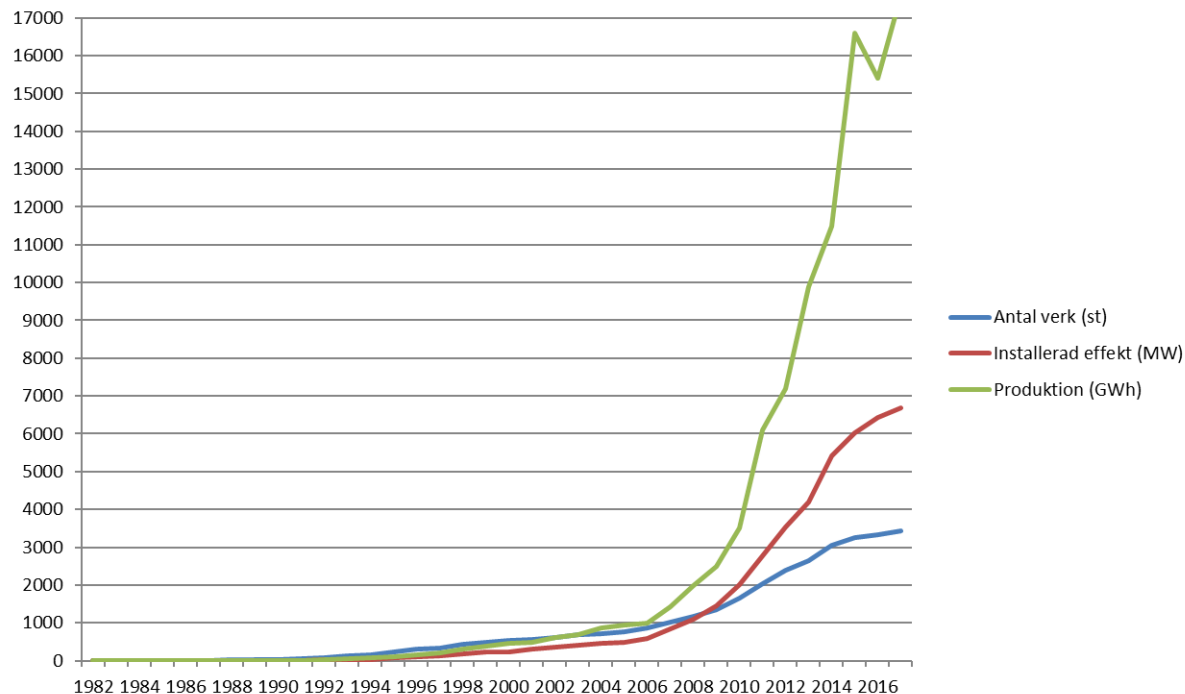
Energikommissionens arbete ledde 2016 fram till en energiöverenskommelse i Sverige.

Målet i den är att Sverige ska ha 100% förnybar elproduktion år 2040.

Hur vi kommer dit ska marknaden lösa.



Dagsläget – vindkraft i Sverige



2017

Antal verk:
3437 st

Effekt:
6 691 MW

Produktion:
17,6 TWh

Källa: Energimyndigheten, Svensk Vindenergi

Sveriges elproduktion 2017

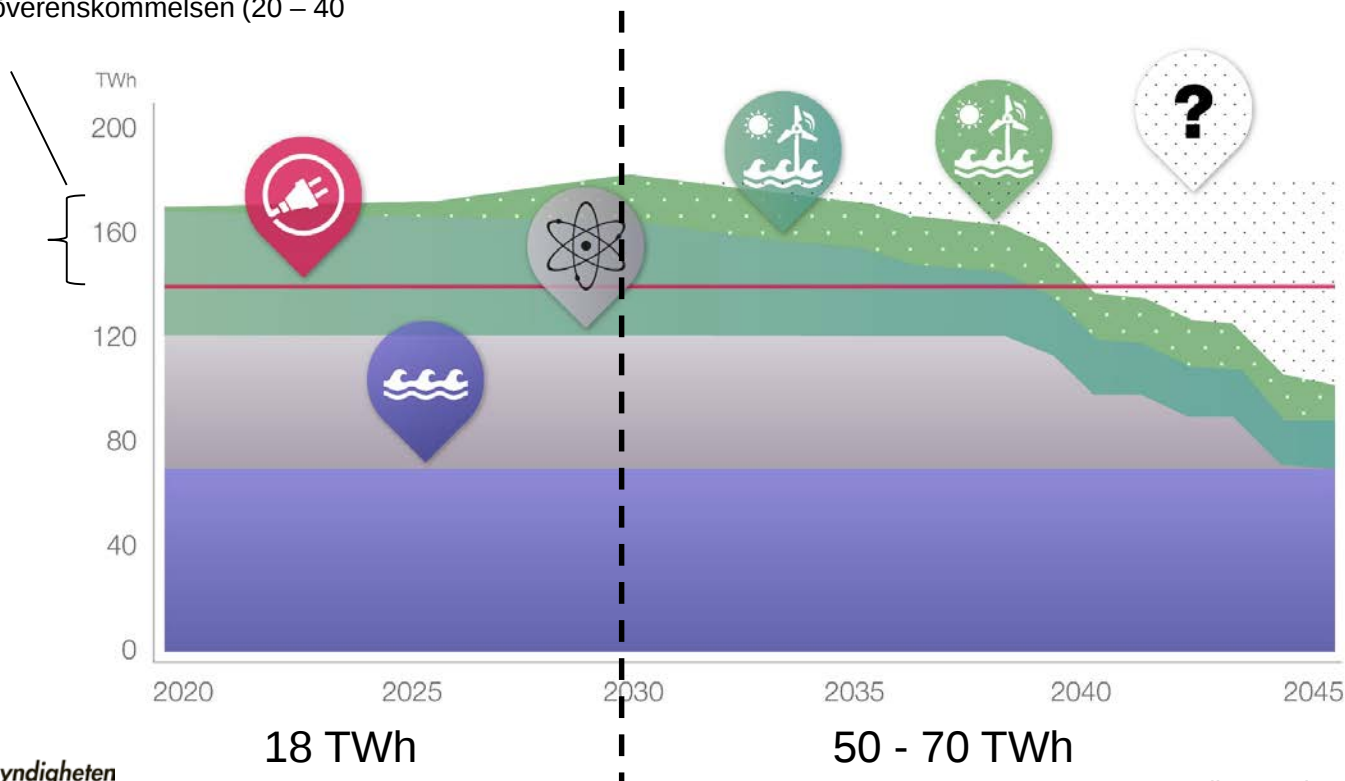
TWh	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vattenkraft	53,0	60,1	72,1	61,1	65,6	66,3	64,6	67,1	65,7	78,0	60,7	63,9	74,0	60,1	63,7
Kärnkraft	65,5	75,0	69,5	65,0	64,3	61,3	50,0	55,6	57,7	61,0	63,6	62,2	54,0	60,3	63,0
Vindkraft	0,63	0,86	0,94	0,99	1,4	2,0	2,5	3,5	6,1	7,1	9,7	11,5	16,6	15,4	17,6
Övrigt	13,2	12,9	11,9	12,3	13,6	14,2	15,9	19,3	15,5	15,9	14,0	12,2	13,4	13,1	13,8
Totalt	132,3	148,9	154,4	139,4	144,9	143,8	133,0	145,5	145,0	162,0	148,0	149,8	158,0	148,9	158,1

%	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vattenkraft	40,1	40,4	46,7	43,8	45,3	46,1	48,6	46,1	45,3	48,1	41,0	42,7	46,8	40,4	40,3
Kärnkraft	49,5	50,4	45,0	46,6	44,4	42,6	37,6	38,2	39,8	37,7	43,0	41,5	34,2	40,5	39,8
Vindkraft	0,5	0,6	0,6	0,7	1,0	1,4	1,9	2,4	4,2	4,4	6,6	7,7	10,5	10,3	11,1
Övrigt	10,0	8,7	7,7	8,8	9,4	9,9	12,0	13,3	10,7	9,8	9,5	8,1	8,5	8,8	8,7
Summa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Källa: SCB, Energiföretagen och Energimyndigheten

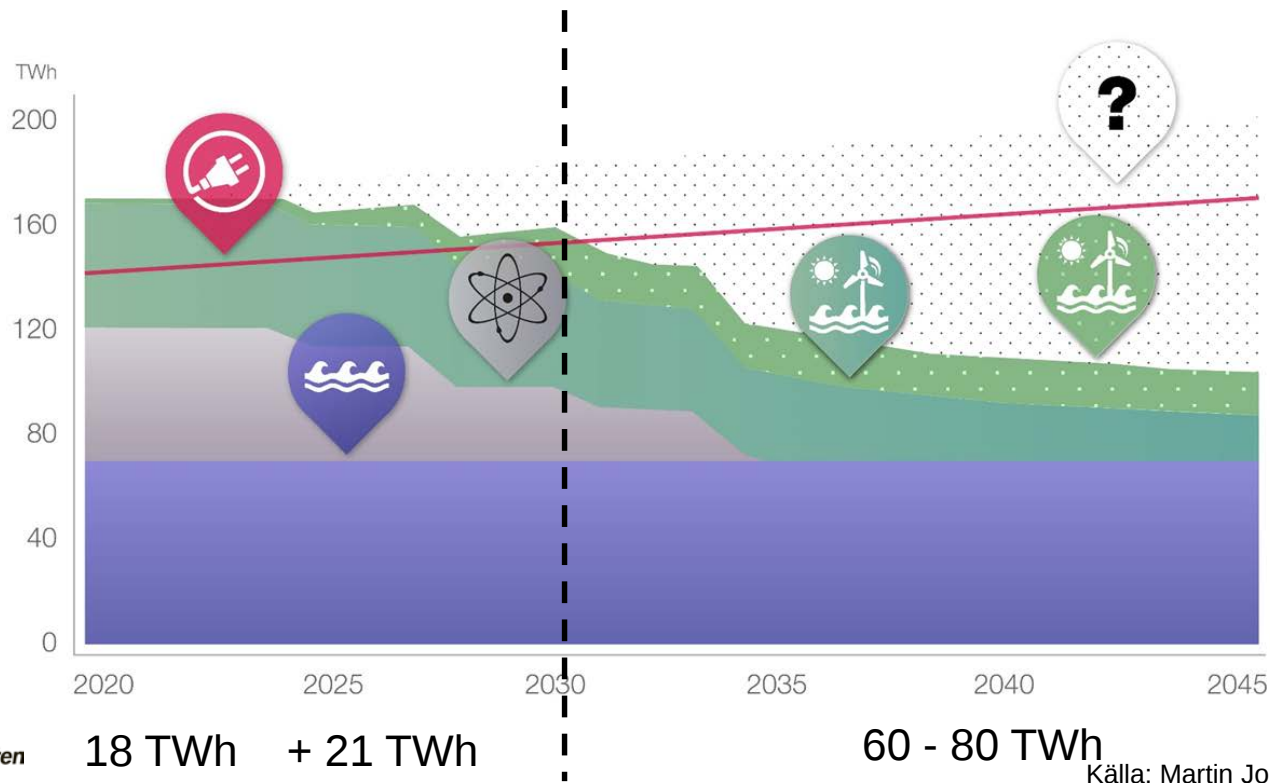
Vägen mot 100 % förnybart

Nettoexport uppskattad efter
Energiöverenskommelsen (20 – 40
TWh)

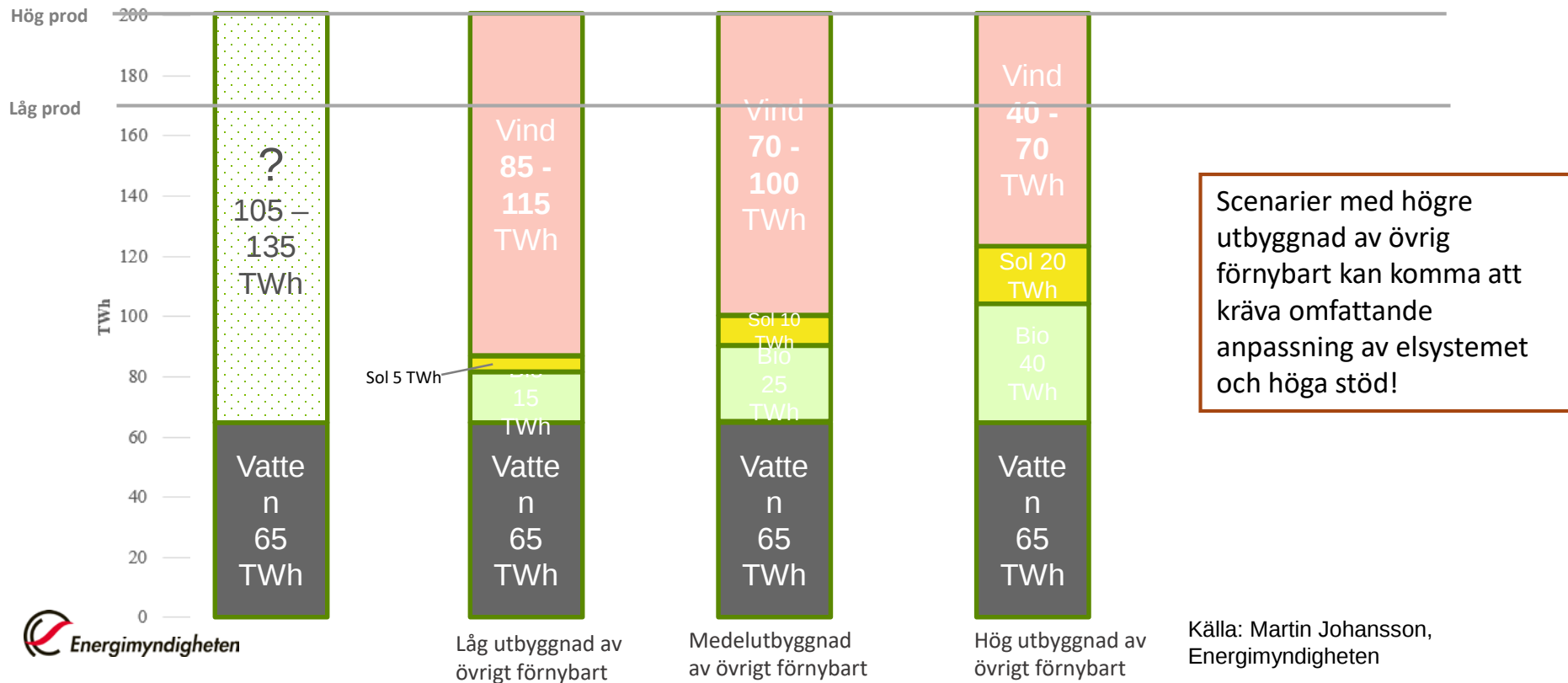


Vägen mot 100 % förnybart –

kärnkraft läggs ner år 2025 – 2035, elanvändning ökar 30 TWh



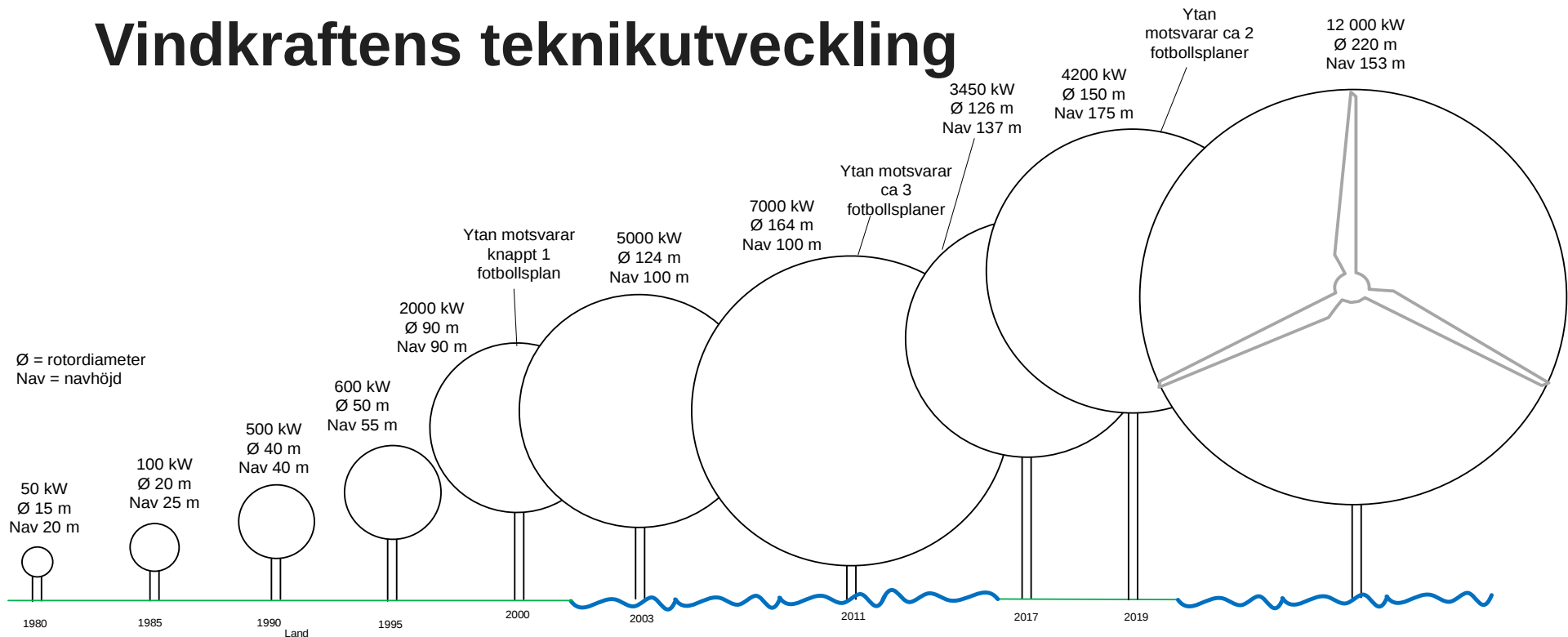
Vilka scenarier är möjliga utan kärnkraft 2045



Sveriges elproduktion 2040

- Vattenkraften kommer att stå för 65 TWh.
- Om biobränslen och sol också byggs ut kraftigt så behövs cirka 60 TWh ny vindkraft.
- Vindkraften kommer alltså minst att stå för 40% av Sveriges elproduktion.

Vindkraftens teknikutveckling



Exempel på utvecklingen

	2011	2016
Antal	21 st	16 st
Totalhöjd	150 m	200 m
Effekt	48,3 MW	55,2 MW
Produktion	129 GWh	182 GWh
Ljud	104-106 dB(A)	106 dB(A)
Hinder-belysning	Blinkande rött medelintensivt ljus	Blinkande vitt högintensivt ljus tillsammans med rött lågintensivt ljus
Produktionskostnad*	51 öre/kWh	37 öre/kWh

*Specifik investering på 5,5 resp 3,5 kr/års kWh. Räknat med 5% ränta, 25 års avskrivning och DoU på 12 öre/kWh



Åsen: 21 verk, totalhöjd 150 m, avstånd 4,3 km.



ge Åsen: 16 verk, totalhöjd 200 m, avstånd 4,3 km.

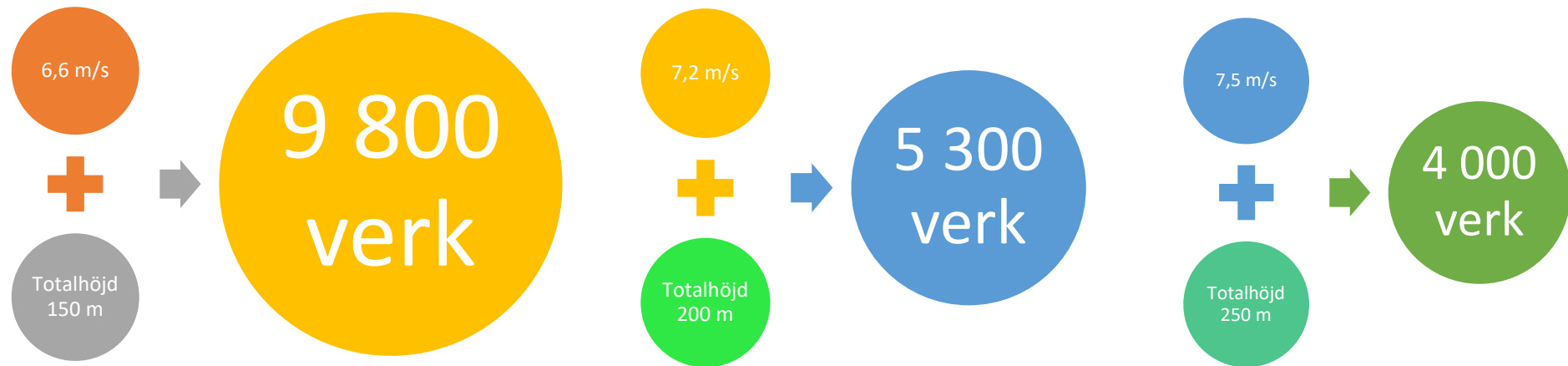
Exempel på utvecklingen

	2011	2016	2019?
Antal	21 st	16 st	16 st
Totalhöjd	150 m	200 m	250 m
Effekt	48,3 MW	55,2 MW	67,2 MW
Produktion	129 GWh	182 GWh	245 GWh
Ljud	104-106 dB(A)	106 dB(A)	104,9 dB(A)
Hinder-belysning	Blinkande rött medelintensivt ljus	Blinkande vitt högintensivt ljus tillsammans med rött lågintensivt ljus	Blinkande vitt högintensivt ljus tillsammans med rött lågintensivt ljus
Produktions-kostnad*	51 öre/kWh	37 öre/kWh	35 öre/kWh

*Specifik investering på 5,5, 3,5 resp 3,2 kr/års kWh. Räknat med 5% ränta, 25 års avskrivning och DoU på 12 öre/kWh

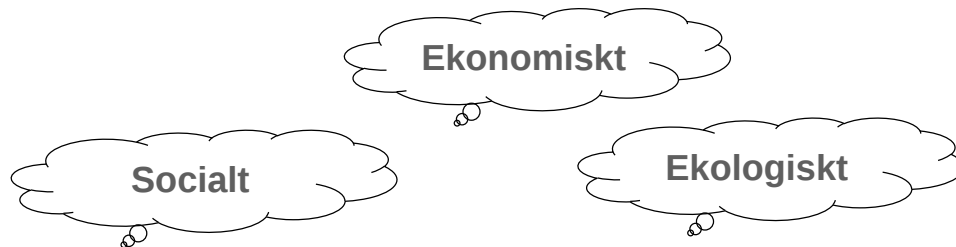


60 TWh vindkraft utgående från Töftedalsfjället

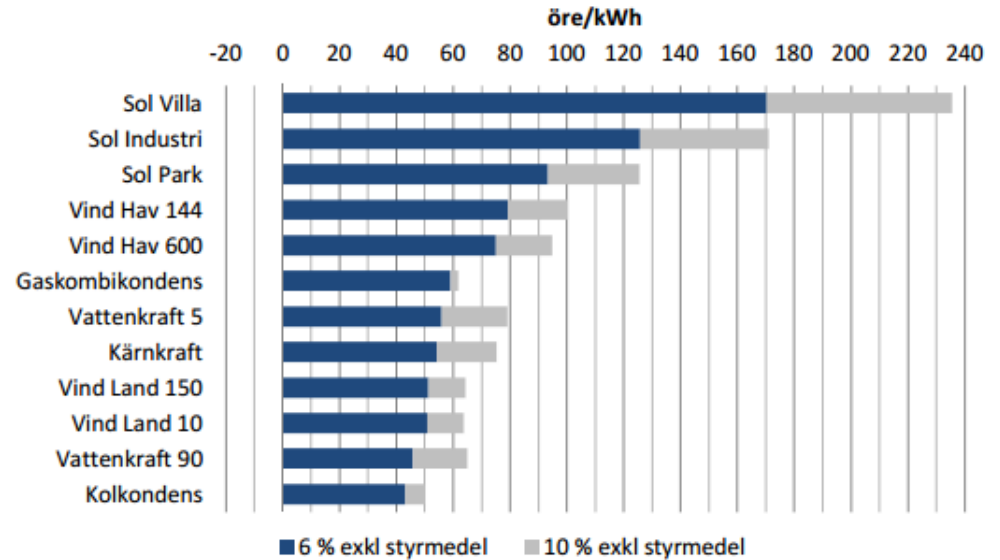


Kostnad idag 36 öre/kWh
(2012: 51 öre/kWh)

Kostnad idag 35 öre/kWh
2,5 ggr mer elproduktion/verk



Varför vindkraft?

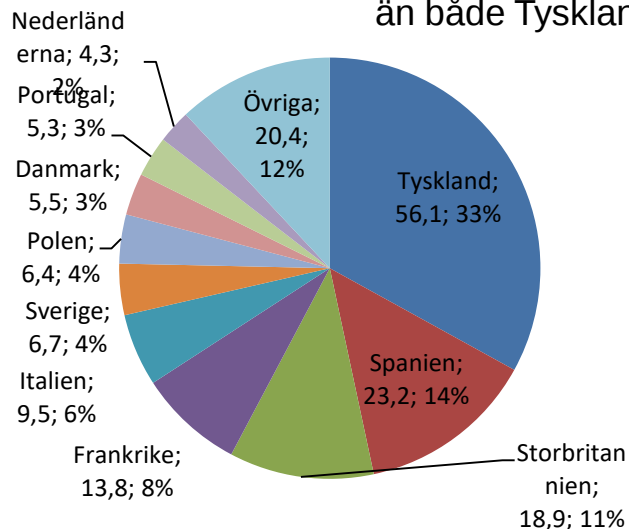


Figur II. Elproduktionskostnader för kommersiella tekniker som enbart producerar el, exkl. styrmedel med 6 respektive 10 % kalkylränta

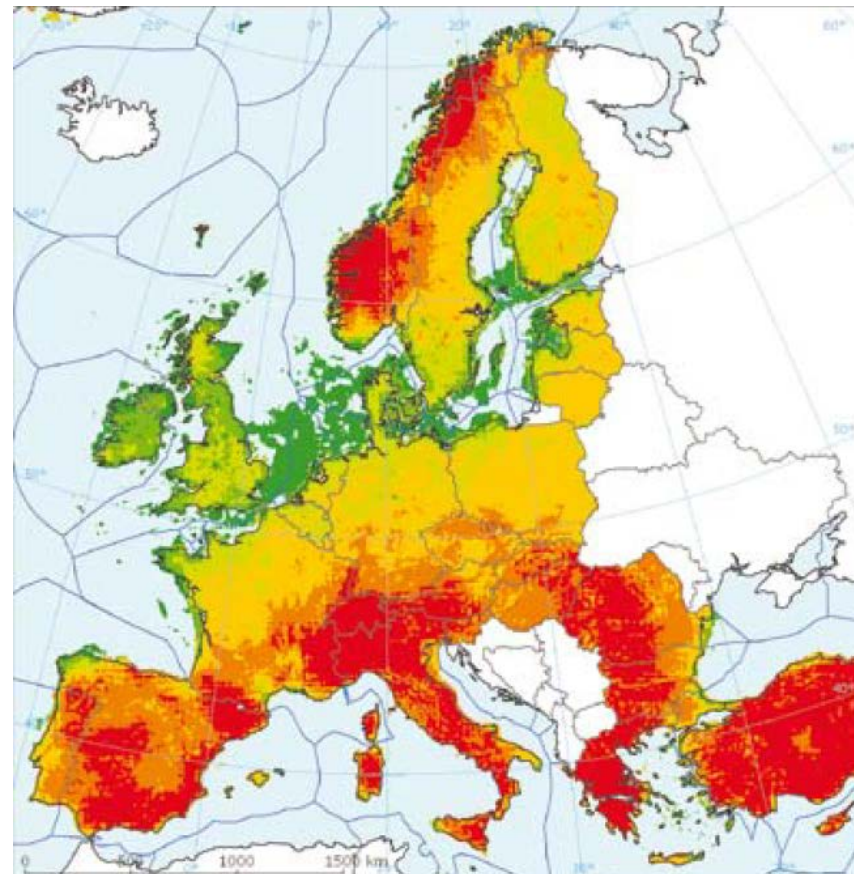
Källa: Elforsk rapport 14:40, 2014

Varför vindkraft?

Att notera:
Sverige har bättre vindförutsättningar
än både Tyskland och Spanien.



**Average wind velocity
at hub height
2000–2005 [m/s]**

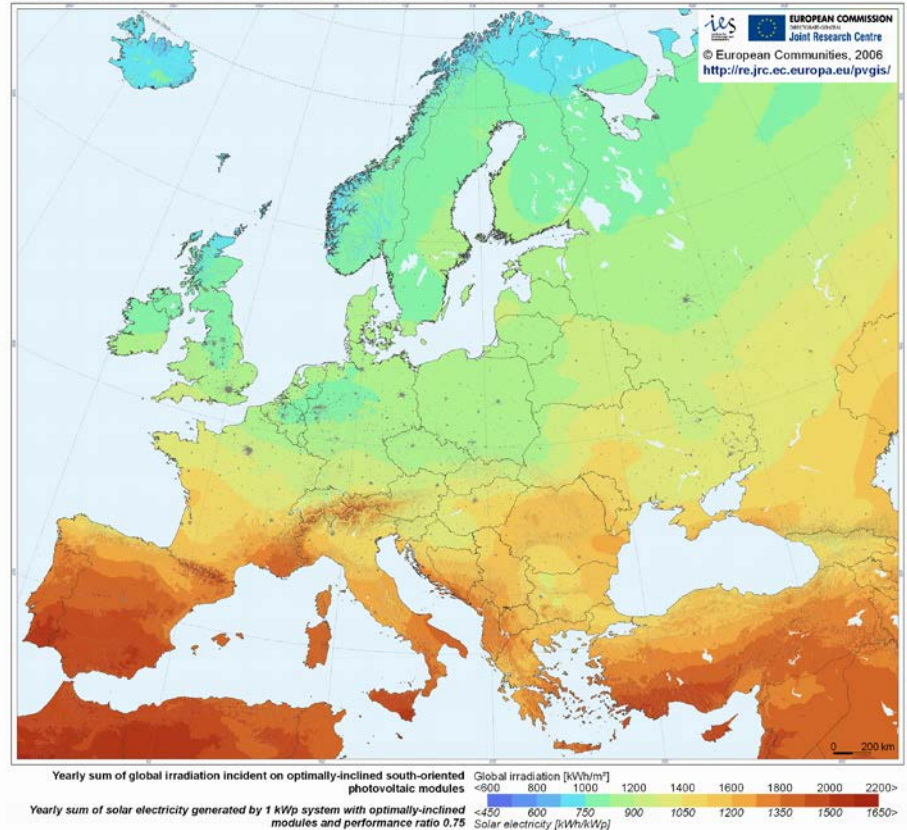


Källa: European Environment Agency (EEA)

Solkraft?

0,09% 2016 i Sverige

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

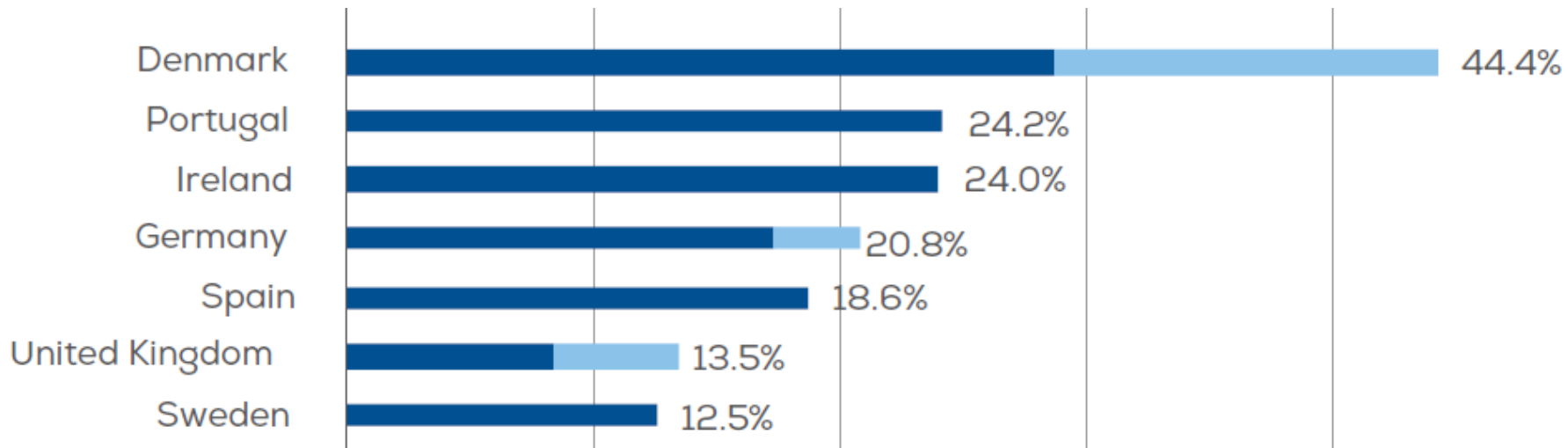


Vad ska elsystemet klara av?

- Balansera efterfråga och produktion kontinuerligt.
- Hantera situationer med små mängder förnybar produktion.
- Hantera situationer med stora mängder förnybar produktion.

Källa: Lennart Söder, Simplified analysis of balancing challenges in sustainable and smart energy systems with 100% renewable power supply

Hur mycket vindkraft har andra länder?



Källa: Wind Europe 2017

Vad klarar det svenska systemet av?

30 TWh variabel energiproduktion i Sverige (sol och vind) så motsvarar det vad Portugal och Irland har idag.

2017 – 17,6 TWh

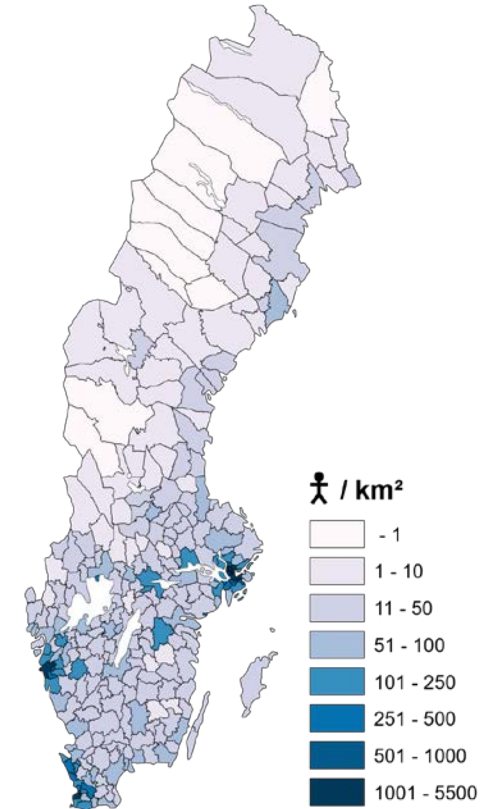
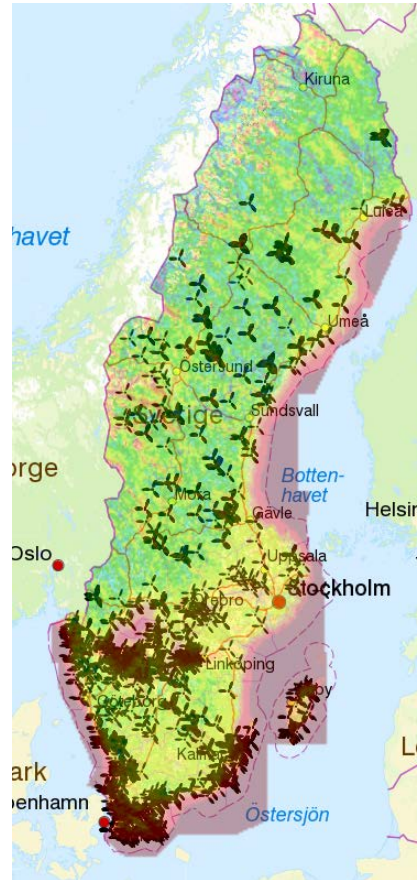
Sverige har många elförbindelser med omvärlden.

100% förnybart (vatten, vind, sol, biomassa) är fullt möjligt i Sverige.

Källa: Lennart Söder, Simplified analysis of balancing challenges in sustainable and smart energy systems with 100% renewable power supply

Energi kontra effekt

- Antalet fullasttimmar ökar
Brasilien 80% av tiden på full effekt
- Geografisk spridning
Även till havs
- Utnyttja vattenkraften på annat sätt
- Betala för effekt



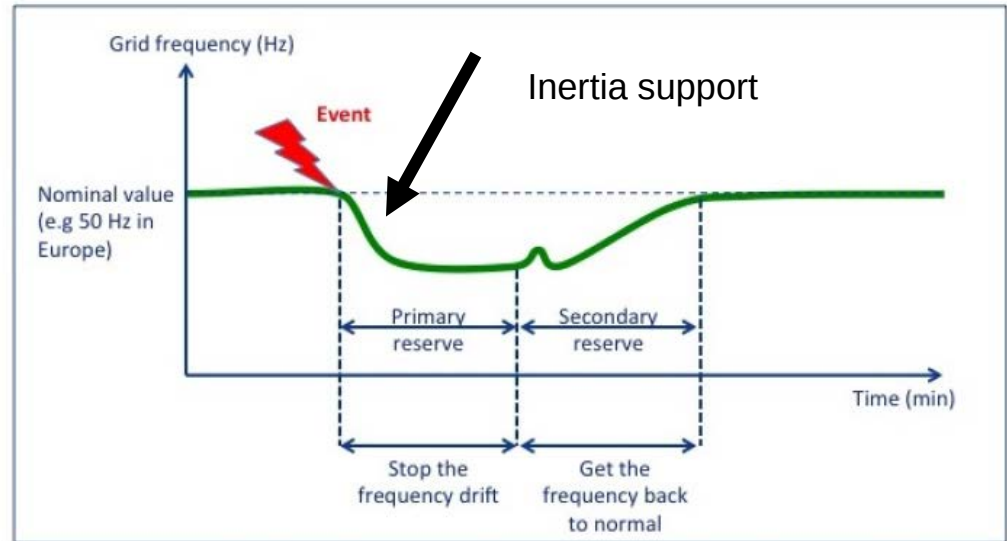
Nättjänster

- Hur kan vindkraften hjälpa elnätet, både vid vanlig drift och vid fel?
- Utspridd vindkraft ger jämnare spänning i nätet
- Svängmassa – nytt ord för tröghetsmoment

Svängmassa

Vid fel i elnätet får frekvensen inte sjunka för mycket.

Frekvensminskningen motverkas av svängmassa/tröghetsmomentet i elsystemet.



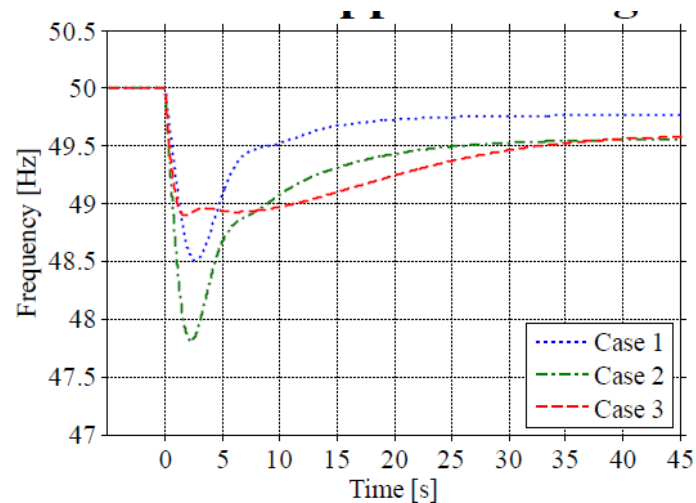
Svängmassa hos olika energislag

Vattenkraft	synkronmaskin	automatisk svängmassa
Kärnkraft	synkronmaskin	automatisk svängmassa
Vindkraft	asynkronmaskin	kontrollerad svängmassa
Solkraft		ingen svängmassa

Frekvensstyrning hos vindkraftverk

På moderna vindkraftverk kan tröghetsmomentet kontrolleras så att de kan hjälpa elnätet vid behov.

Simulerat tre olika fall



Källa: Frequency response by wind farms in power systems with high wind power penetration, Mattias Persson, Chalmers

Sammanfattning

100% förnybart 2040 – innebär mycket vindkraft, minst 60 TWh

Teknikutvecklingen går framåt, vindkraftverken producerar mer energi

Det blåser i Sverige

Vindkraft är billigast!

100% förnybart är fullt möjligt i Sverige för elnätet

Frågor?





CHALMERS