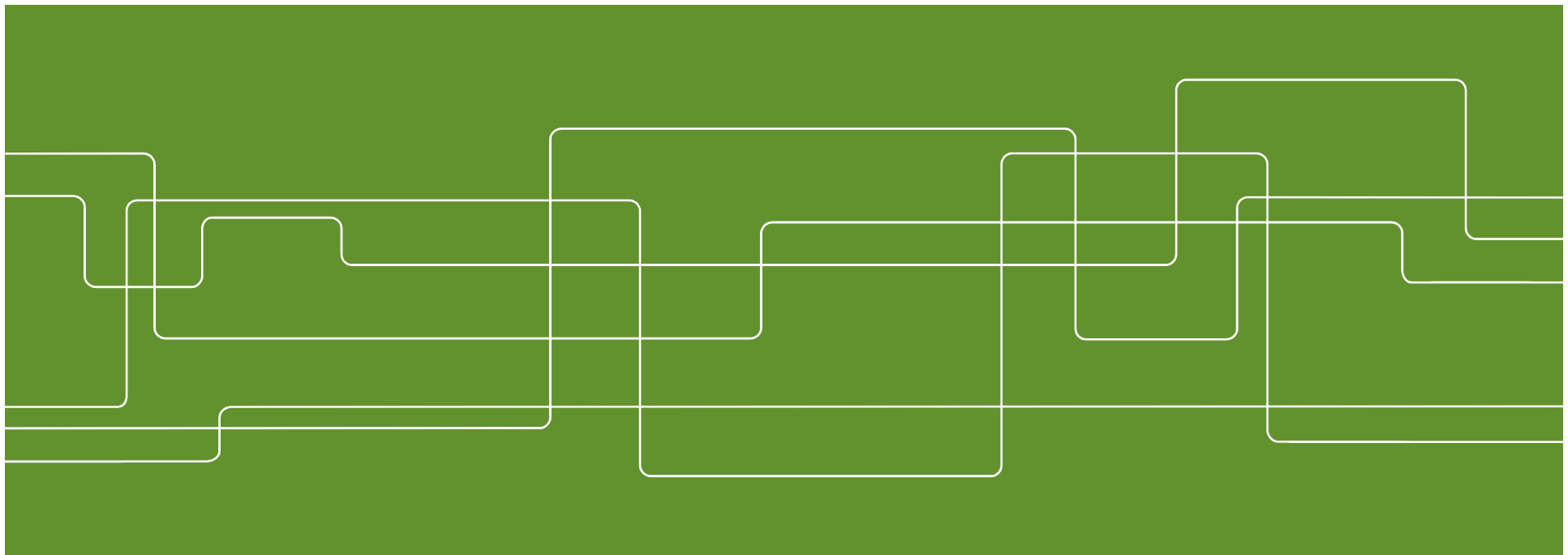




Webinarium, 24 mars, 2025

Vindkraftens roll i elsystemet

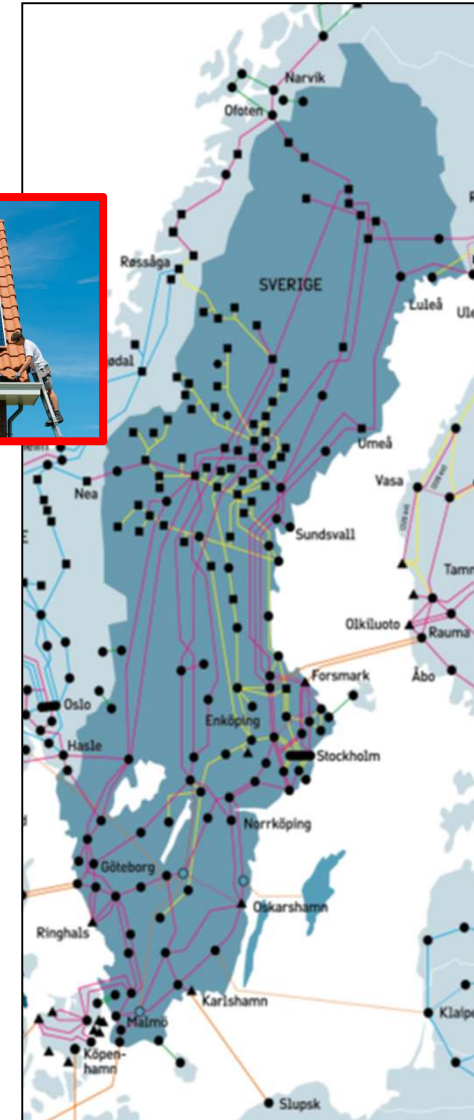
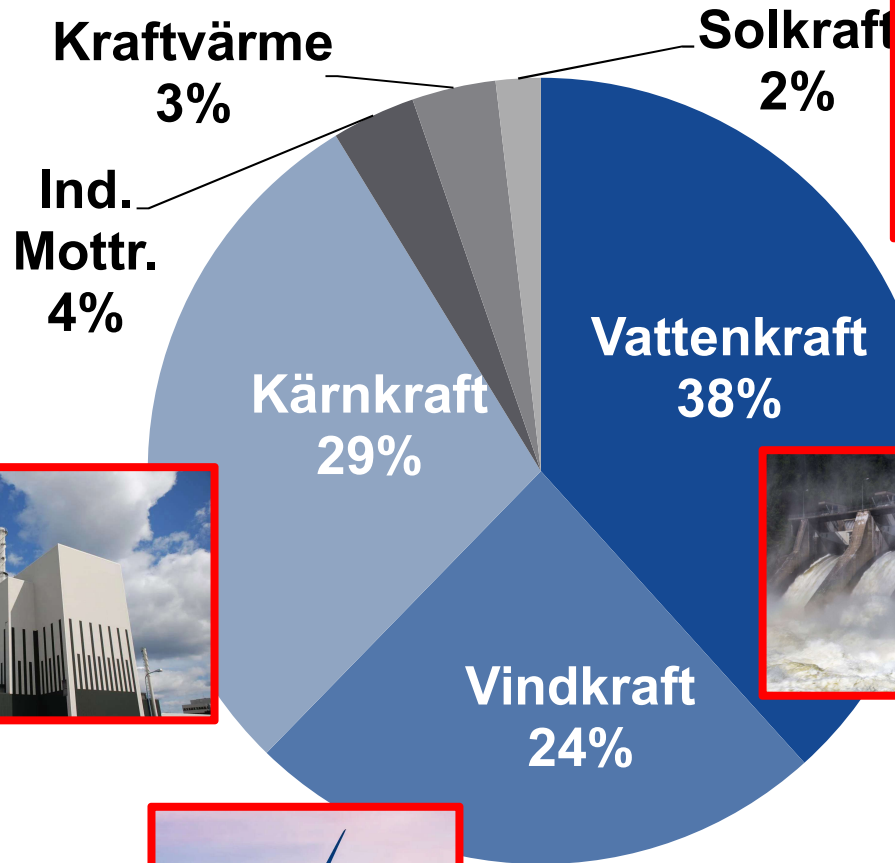
Lennart Söder
Professor Electric Power Systems, KTH





Svensk elproduktion år 2024

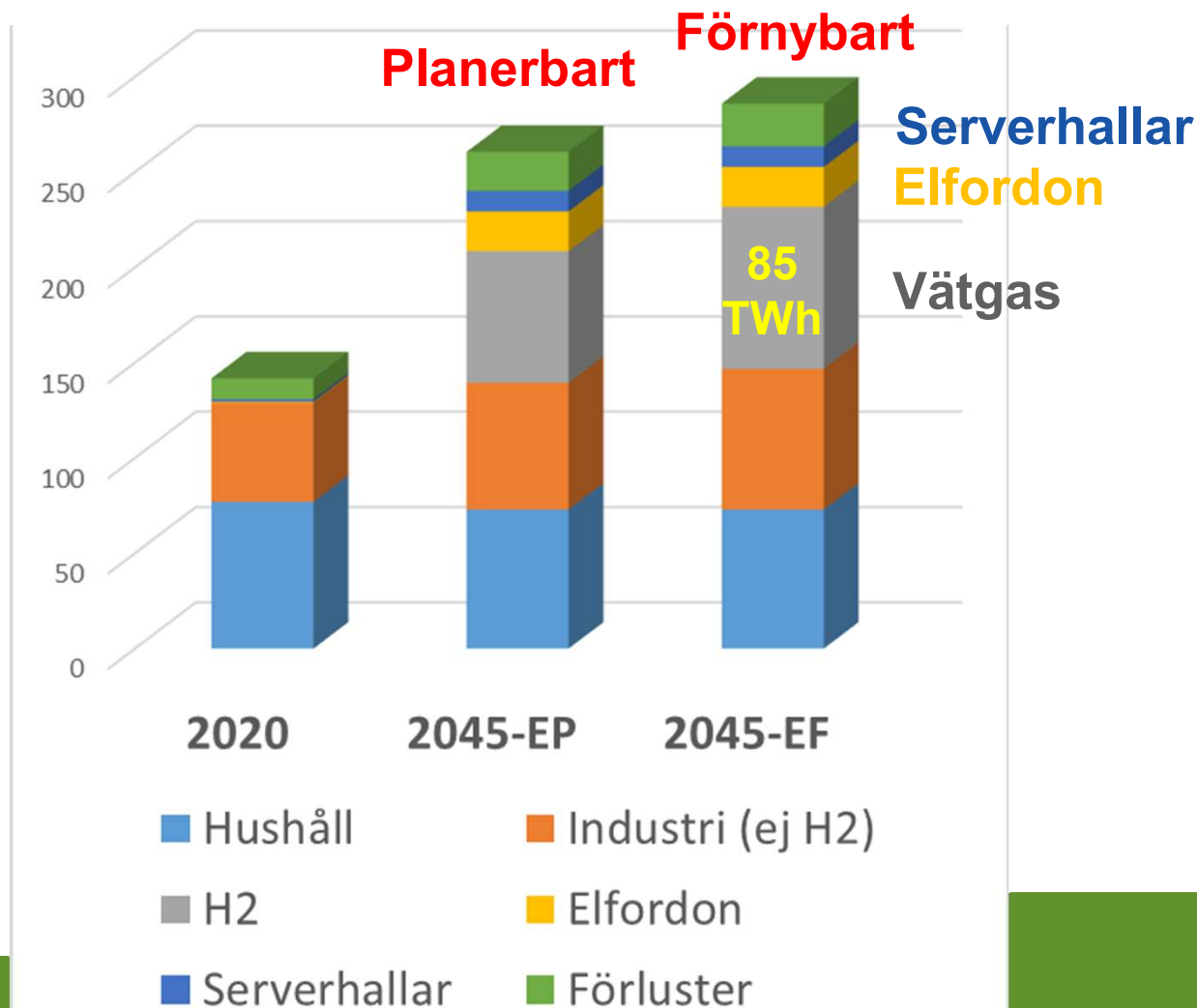
Totalt: 169 TWh, export: 33 TWh



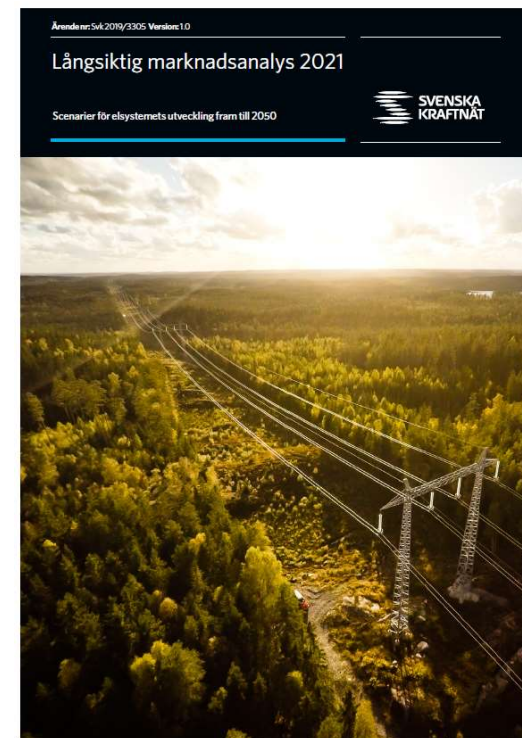


Två scenarier för framtiden: Elektrifiering

Antagen fossilfri konsumtion 2045



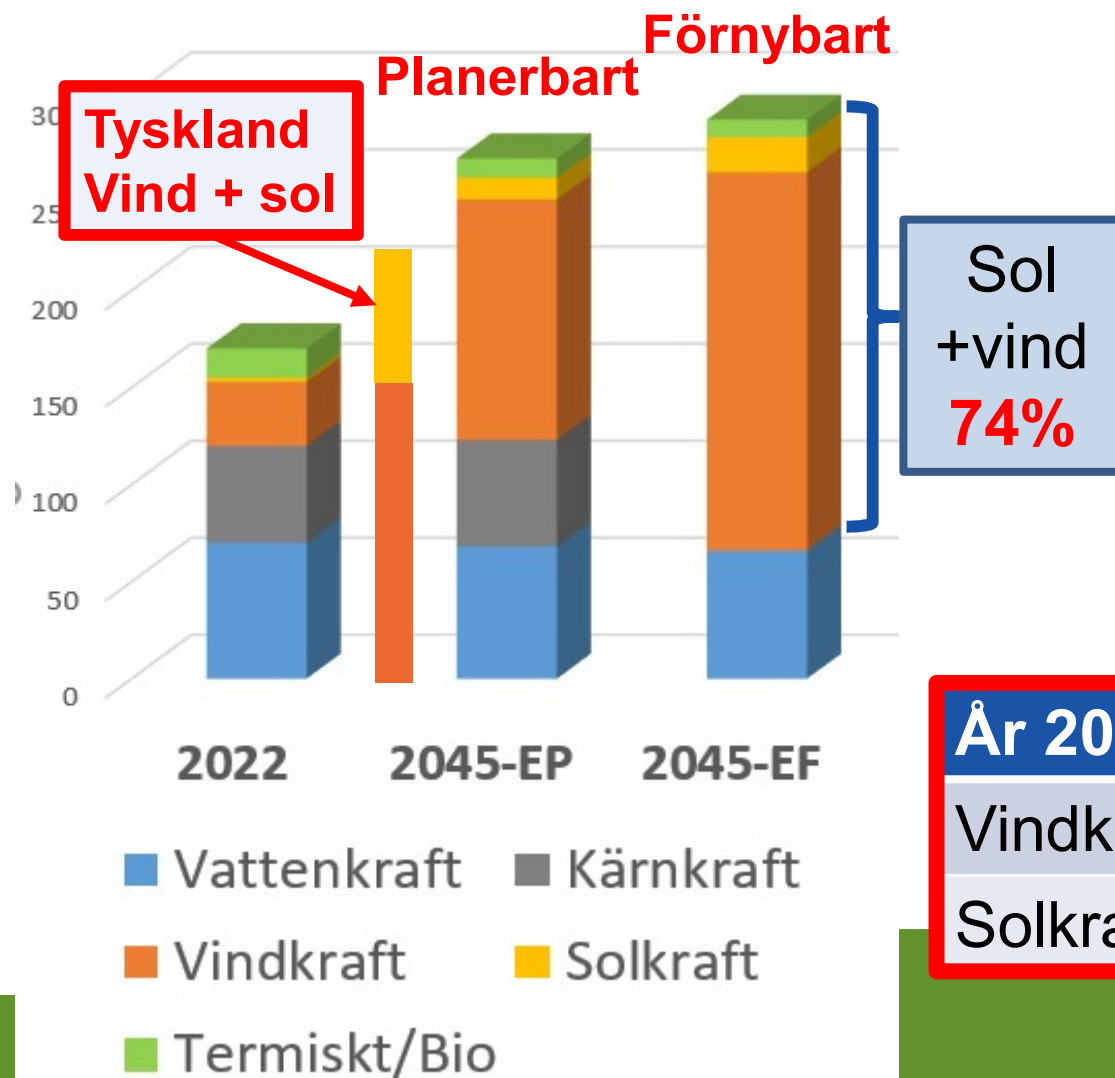
Studie från Svenska Kraftnät





Två scenarier för framtiden (2045): Elektrifiering

Produktion resultat/antaganden



"Långsiktig marknadsanalys", maj 2021



År 2024	Sverige	Tyskland
Vindkraft	40 TWh	136 TWh
Solkraft	3 TWh	72 TWh

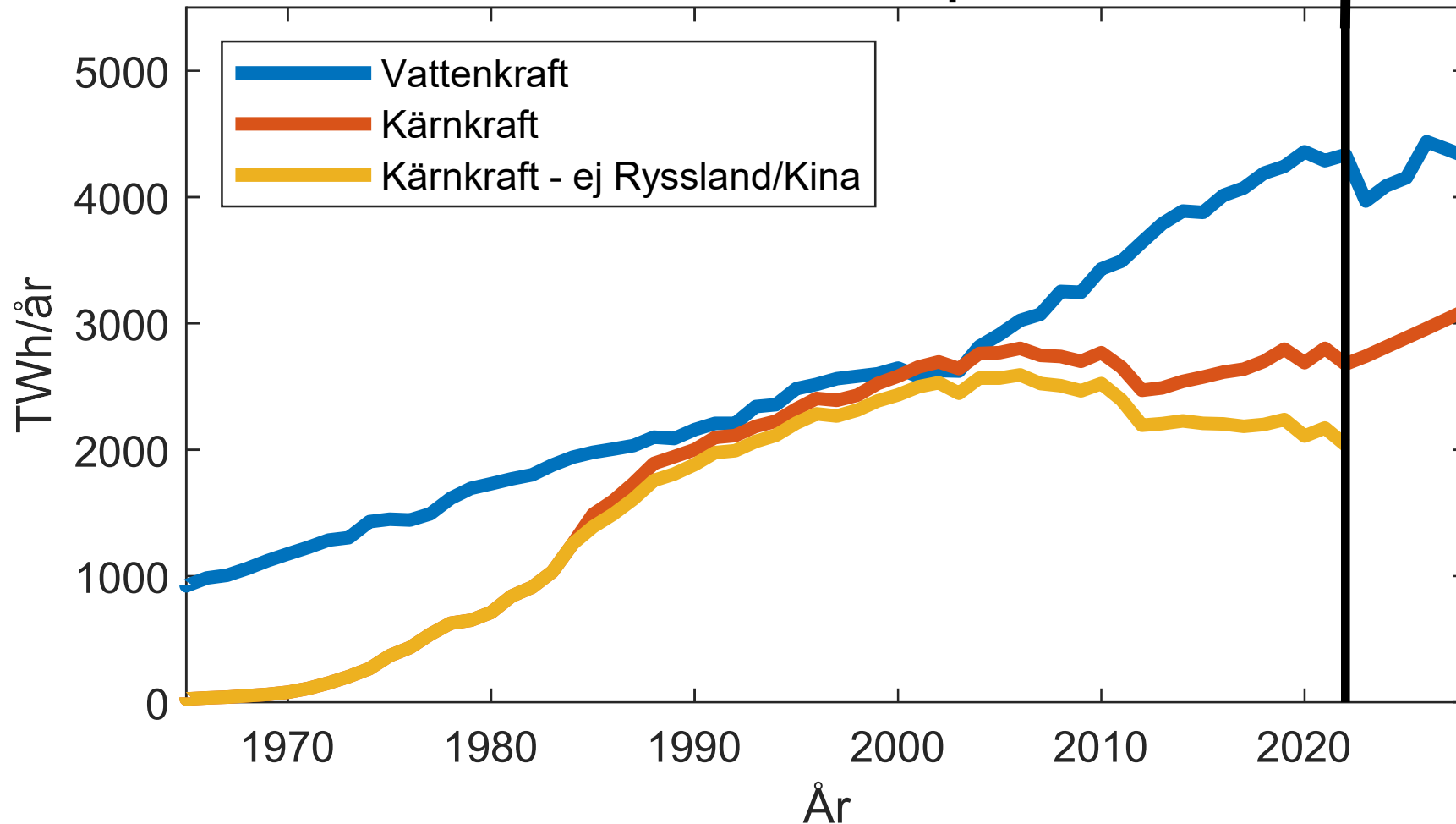


Vattenkraft och kärnkraft

Data
Till och
med 2022

Prognos
Från IEA
från 2023

Global fossilfri elkraftproduktion



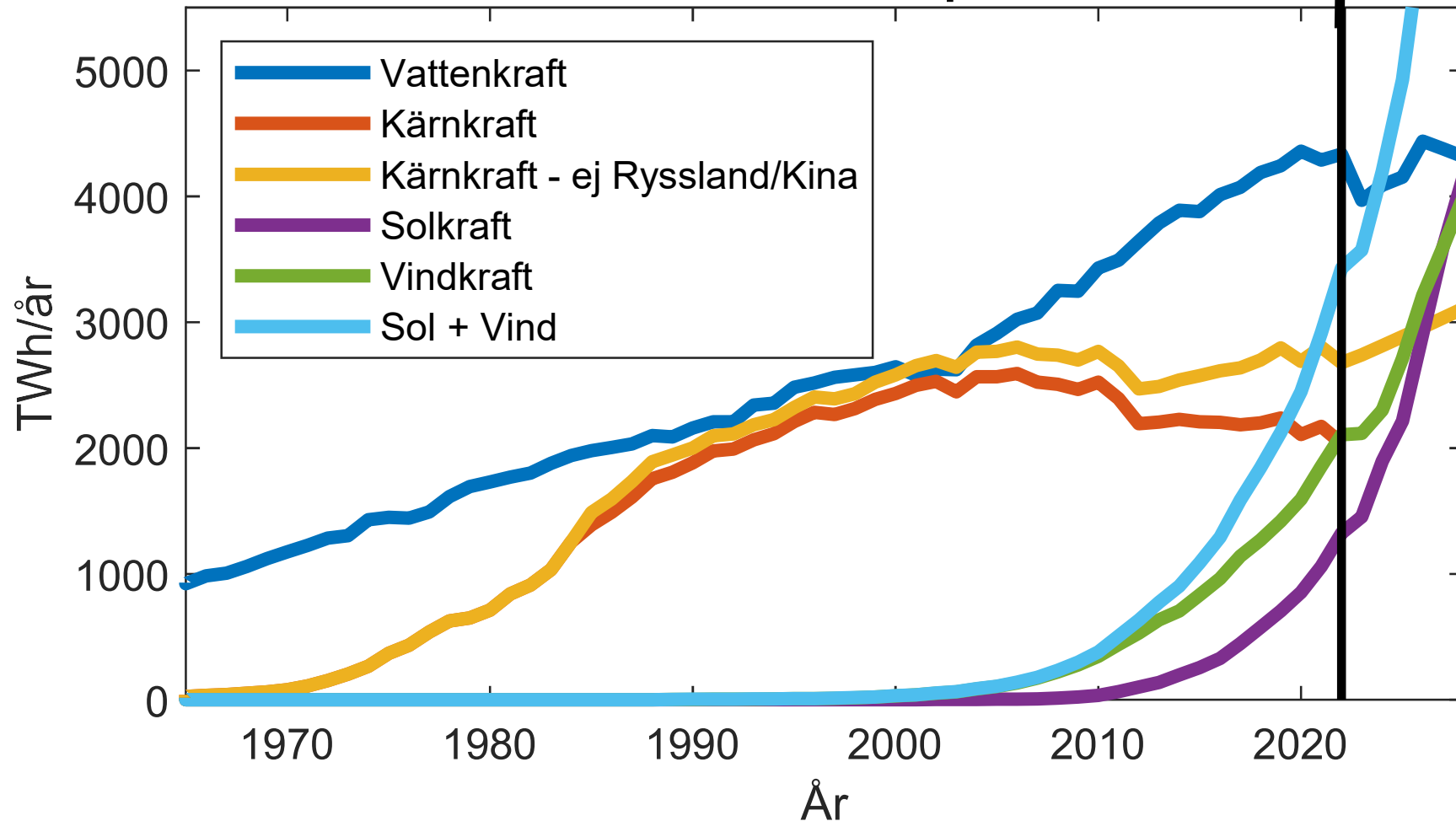


All fossilfri elproduktion

Data
Till och
med 2022

Prognos
Från IEA
från 2023

Global fossilfri elkraftproduktion



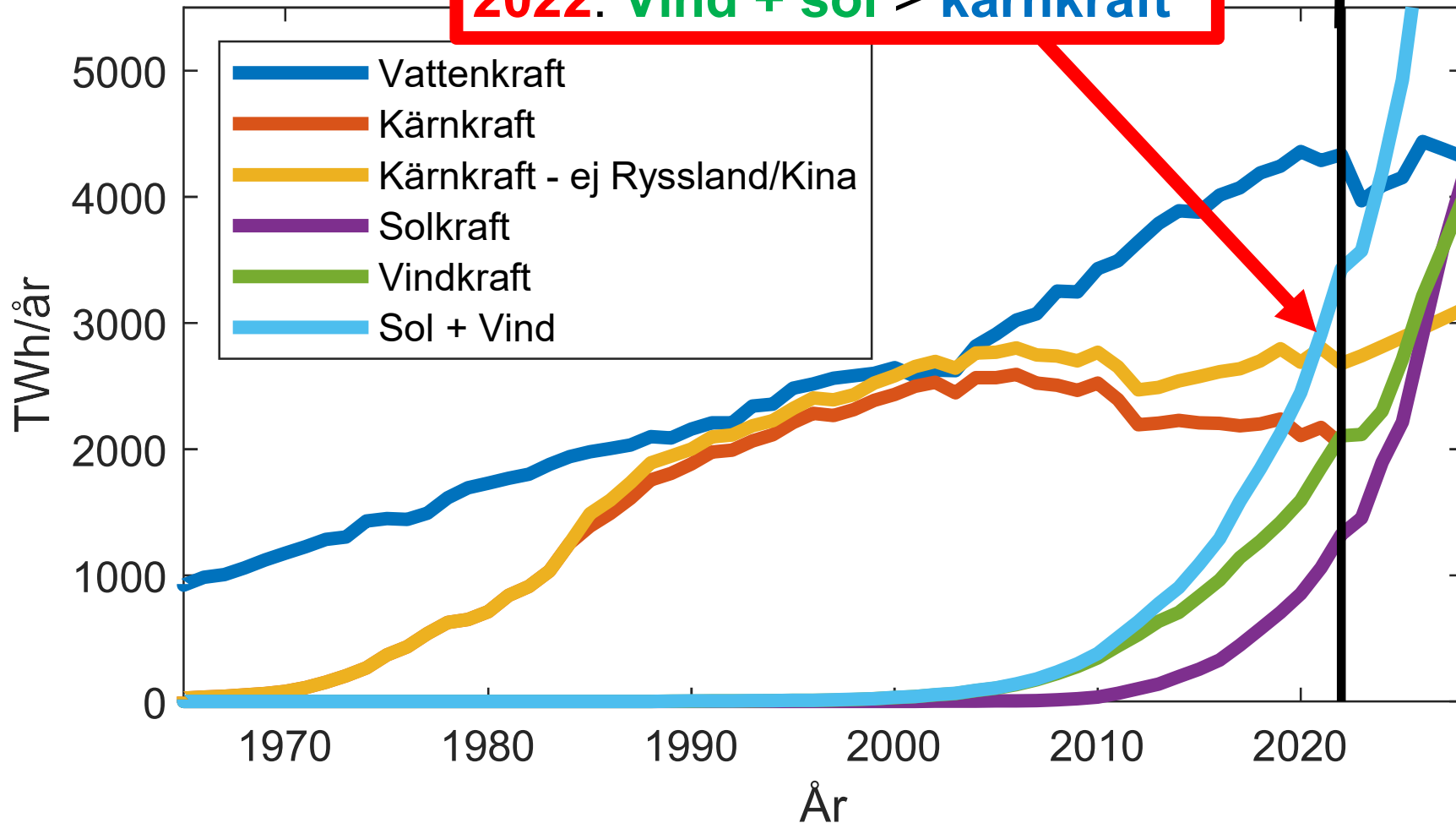


All fossilfri elproduktion

Data
Till och
med 2022

Prognos
Från IEA
från 2023

2022: Vind + sol > kärnkraft



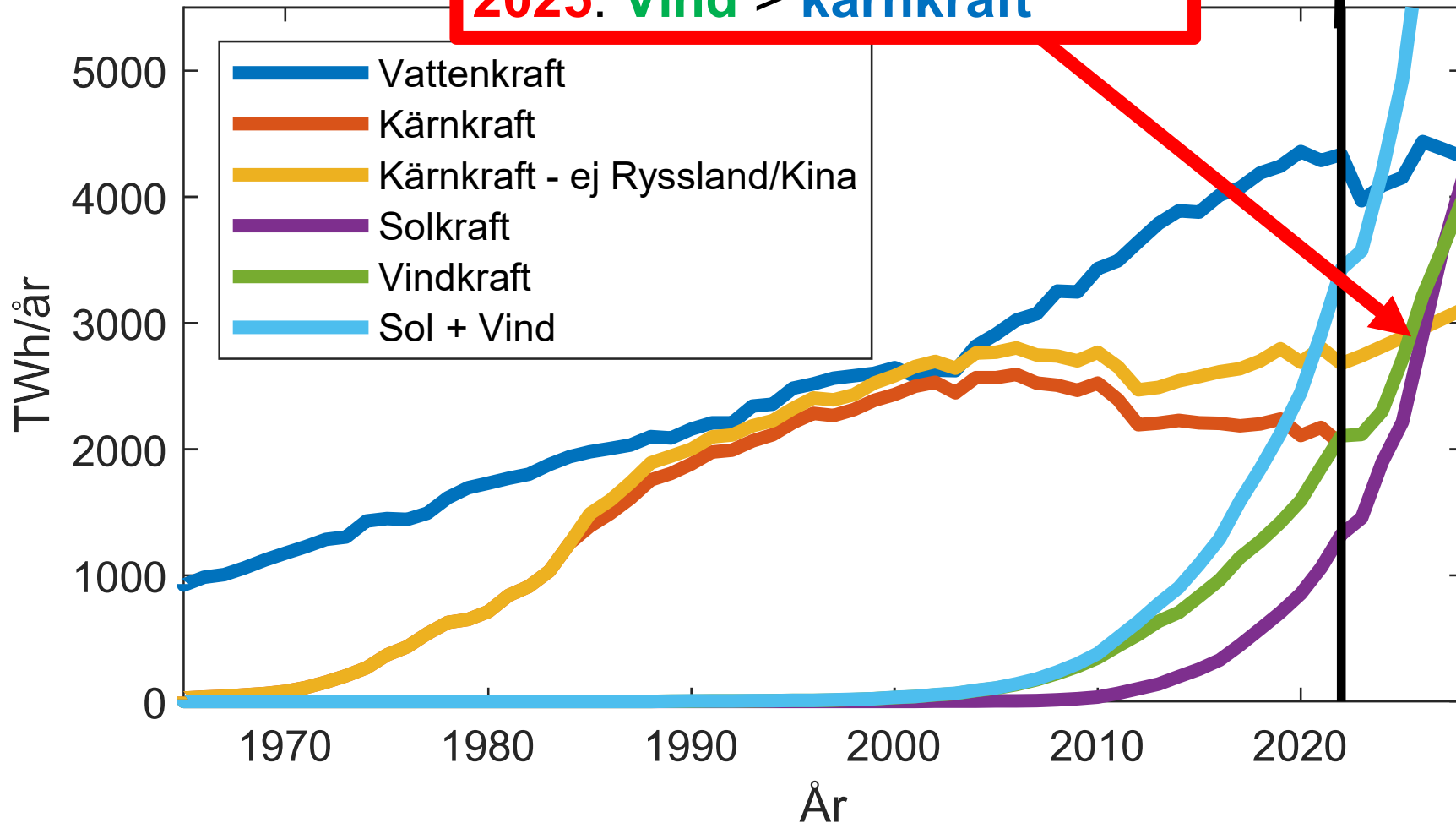


All fossilfri elproduktion

Data
Till och
med 2022

Prognos
Från IEA
från 2023

2025: Vind > kärnkraft



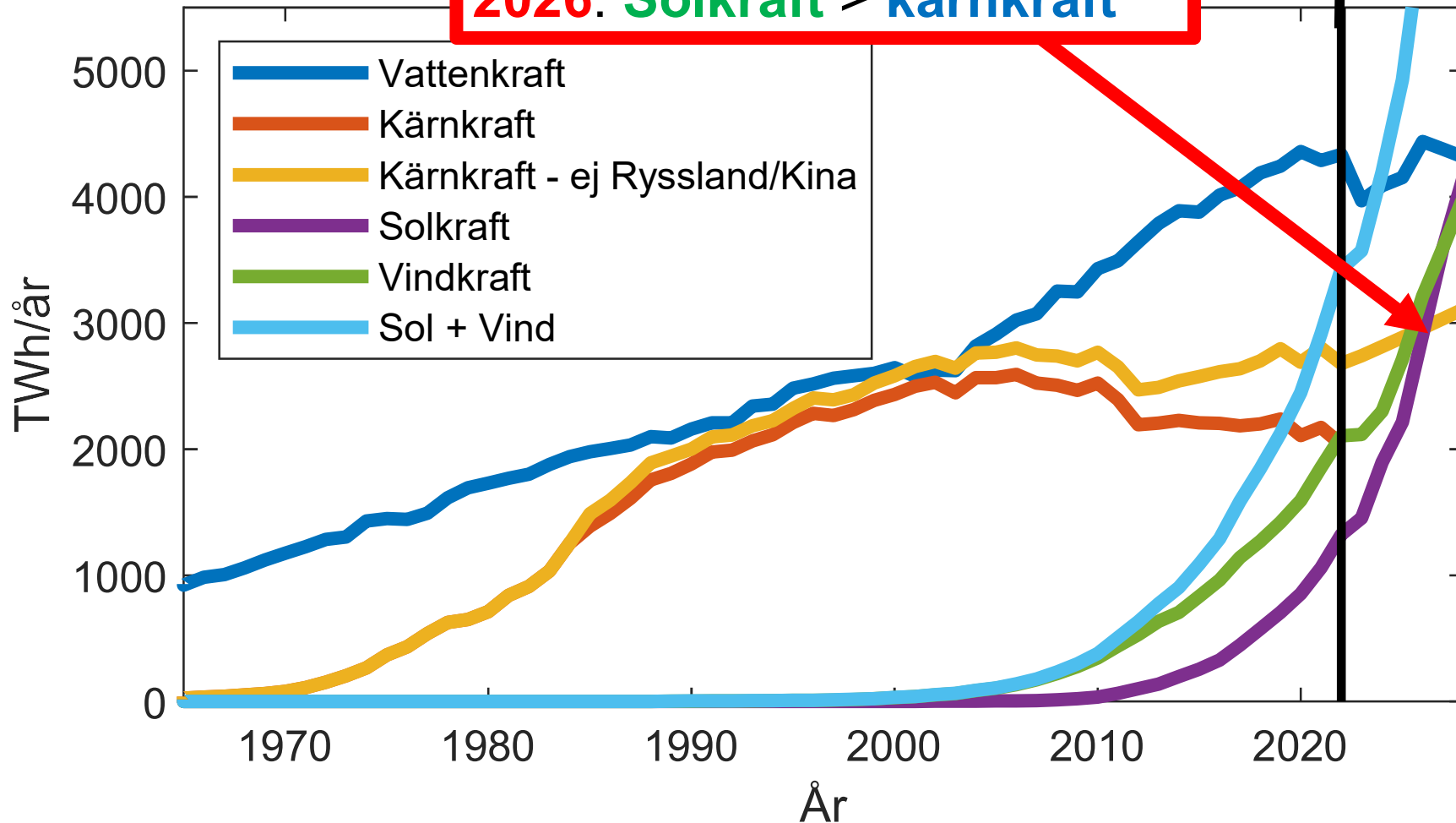


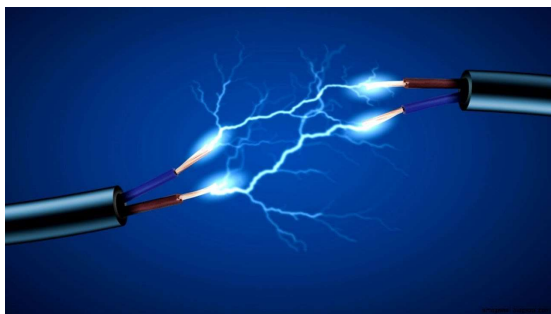
All fossilfri elproduktion

Data
Till och
med 2022

Prognos
Från IEA
från 2023

2026: Solkraft > kärnkraft



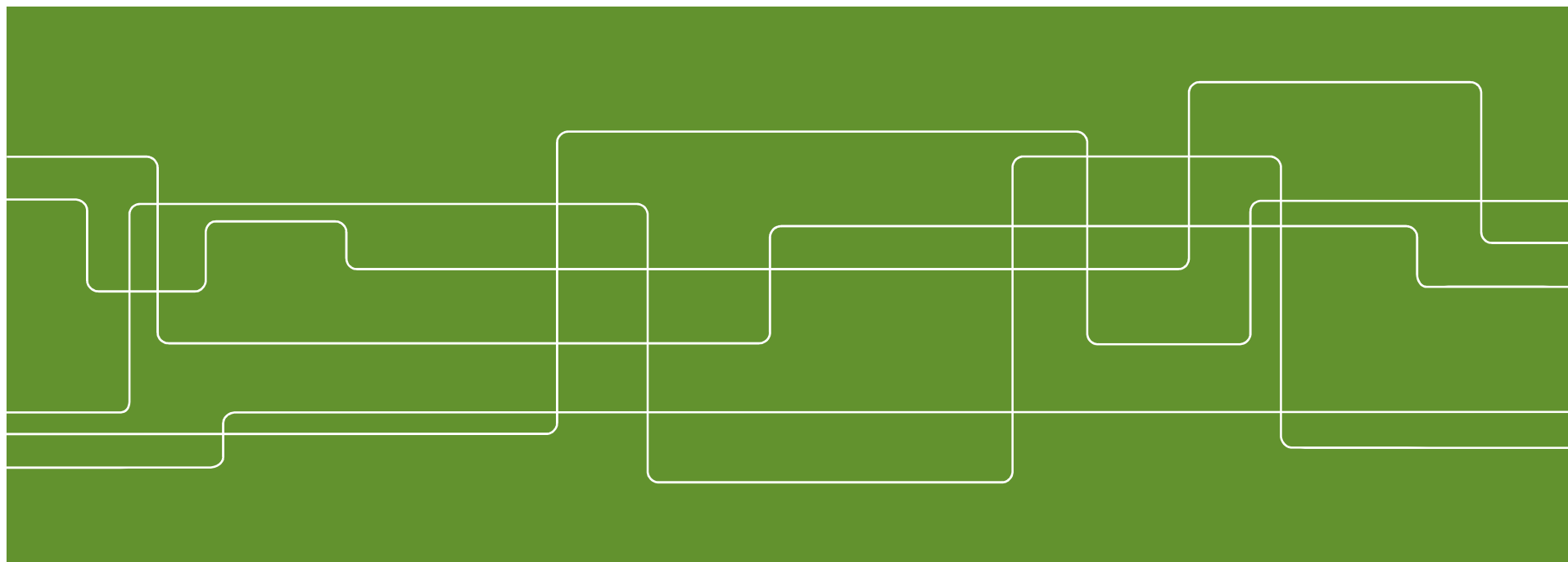


Elektricitet

24 mars, 2025

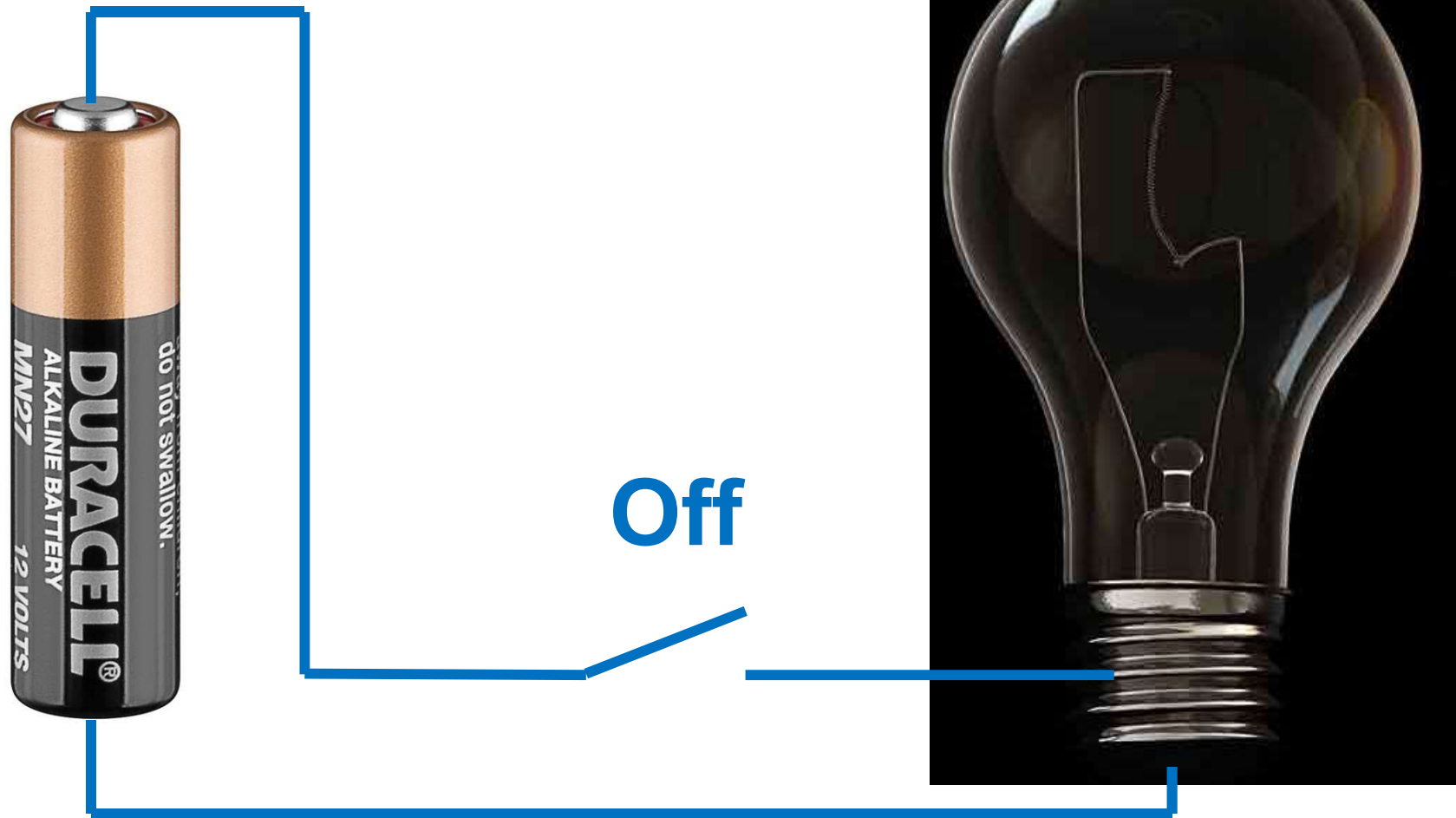


av Lennart Söder
Professor Elkraftsystem, KTH



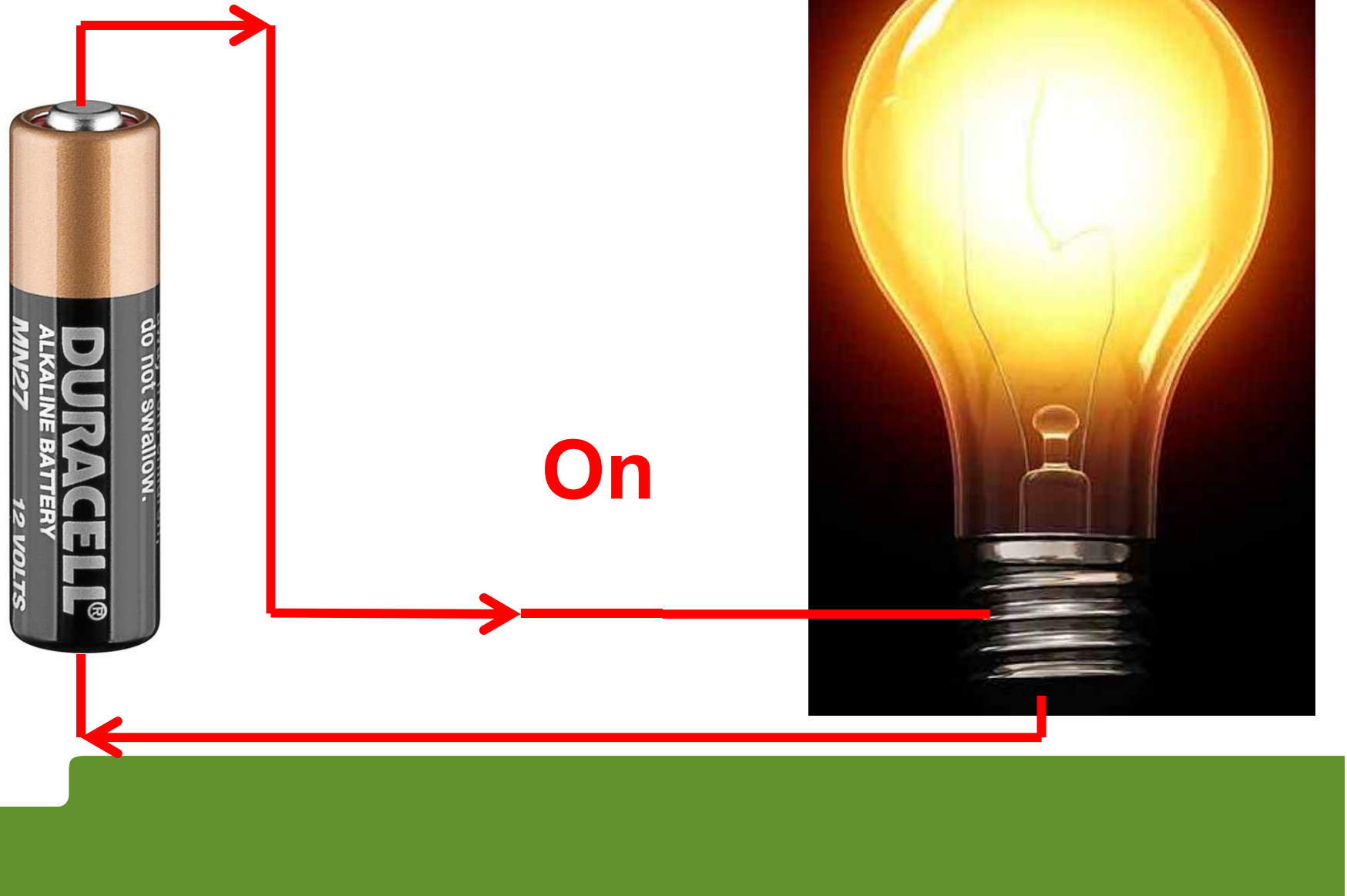


Elektricitet färdas med ljushastigheten





Elektricitet färdas med ljushastigheten





Elektricitet färdas med ljushastigheten

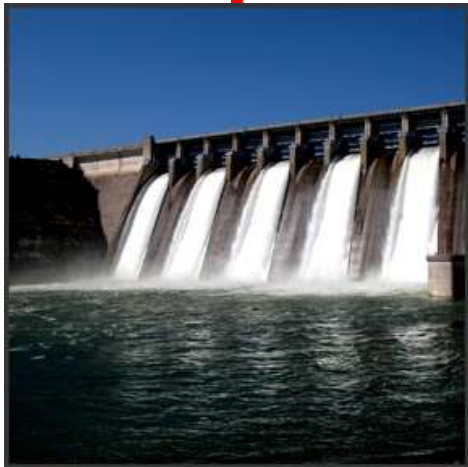


Off

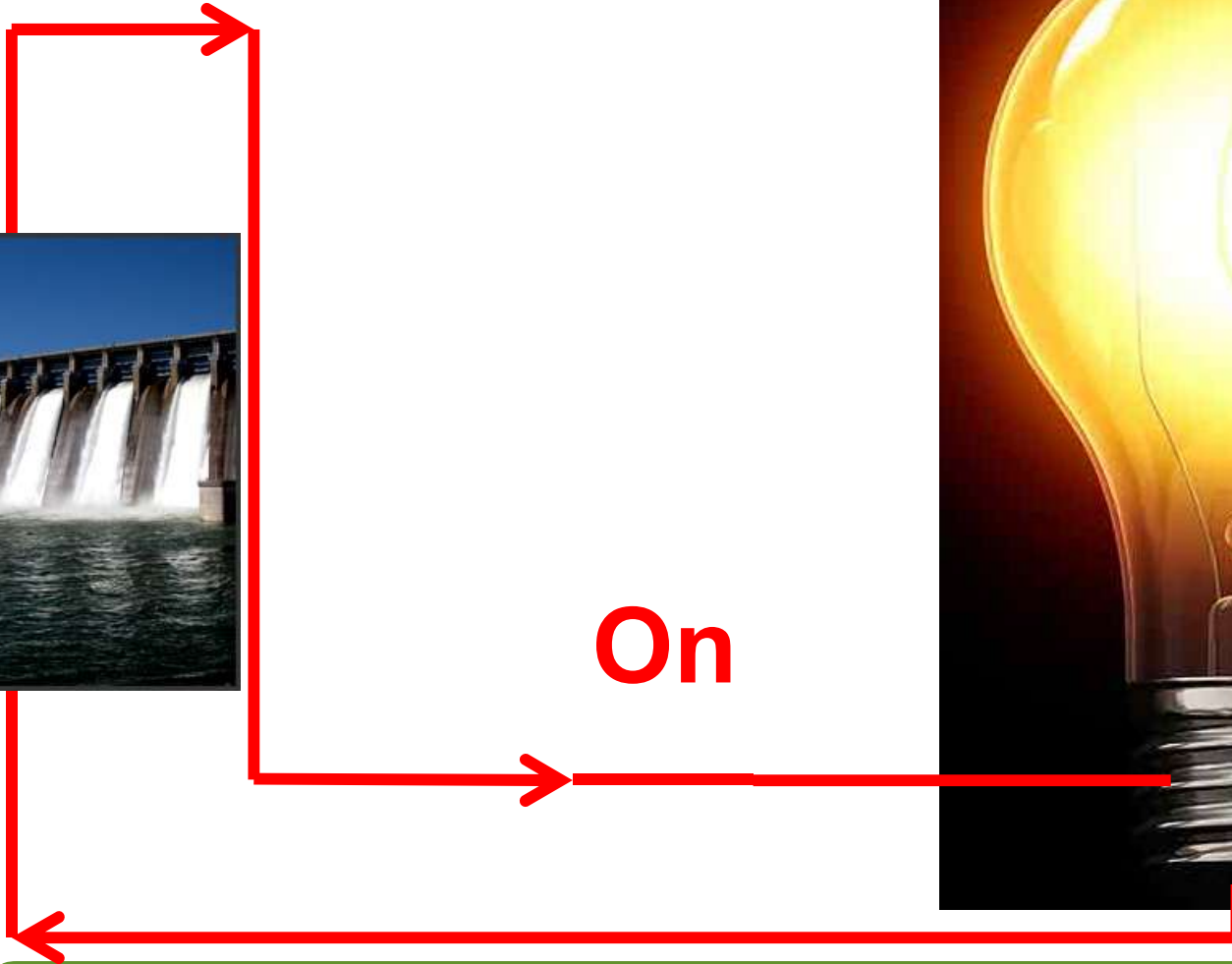




Elektricitet färdas med ljushastigheten



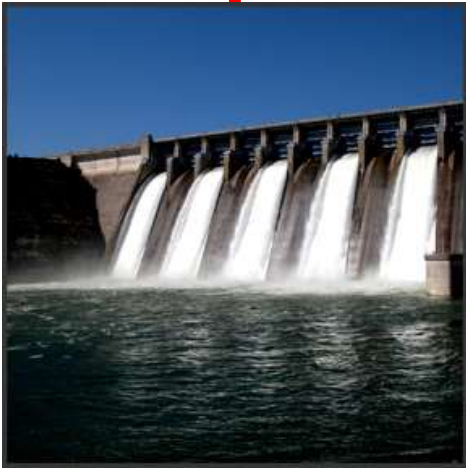
On



Elektricitet färdas med ljushastigheten

Under 1/100 sekund

- **Ljus** färdas 3000 km = Stockholm – Madrid
- **Ljud** färdas 3 m.



On



Elektricitet färdas med ljushastigheten



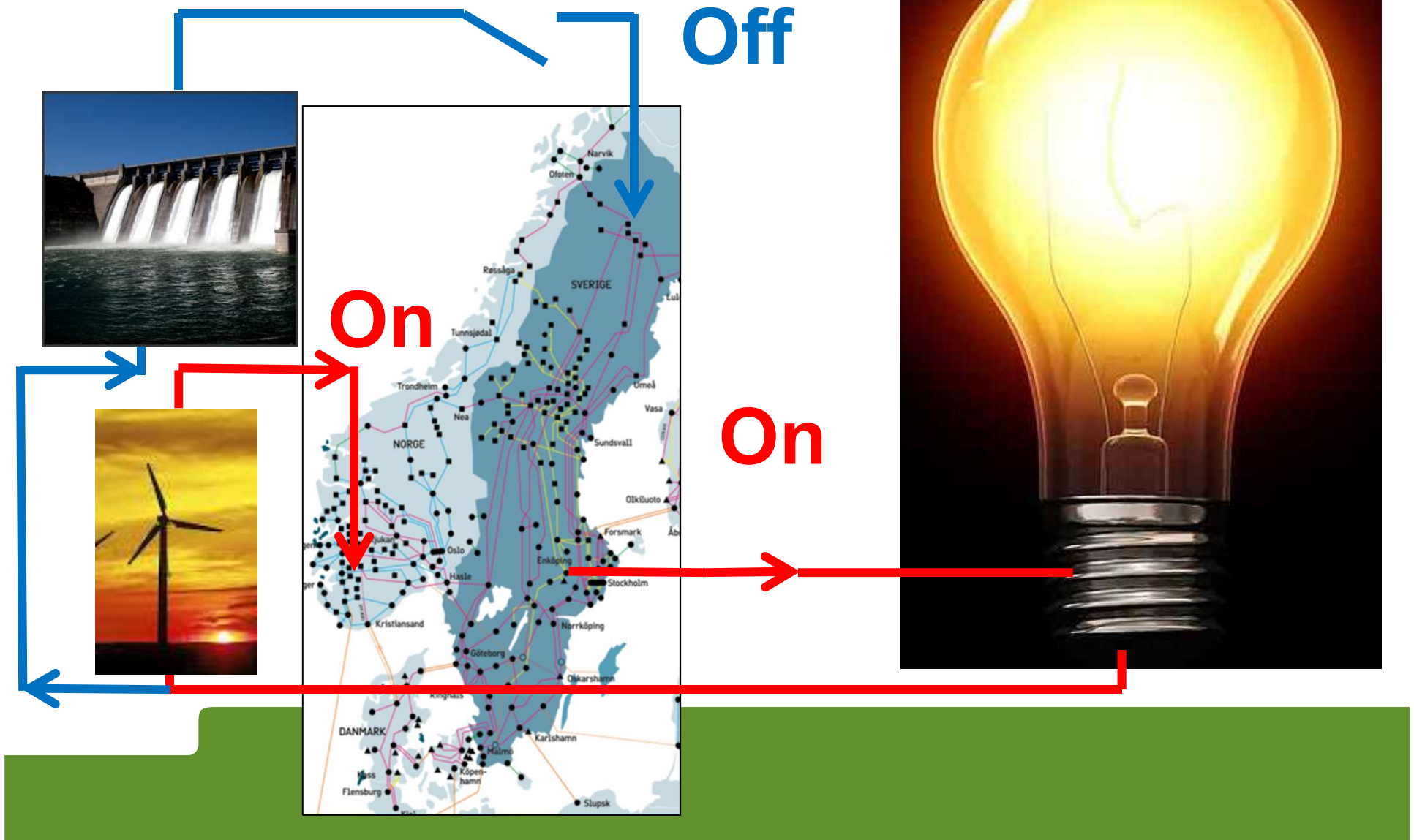
Off





Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller med vindkraft?





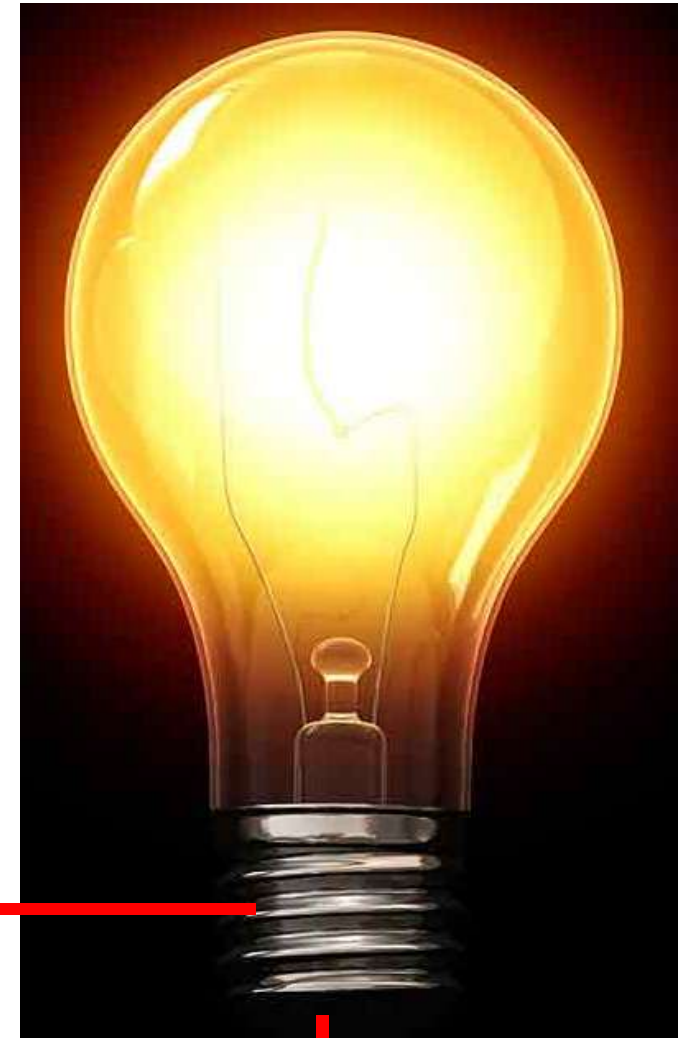
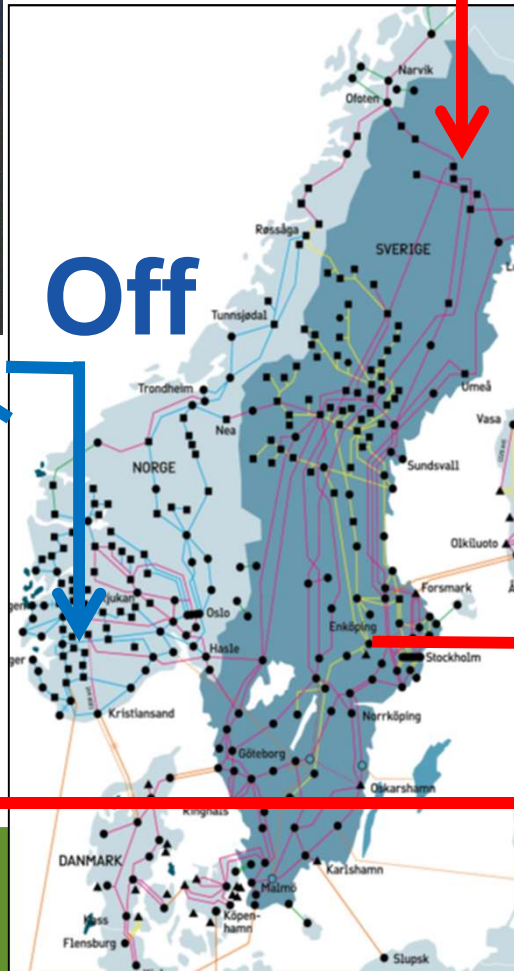
Elektricitet färdas med ljushastigheten

Eller när det inte blåser?

On

Off

On

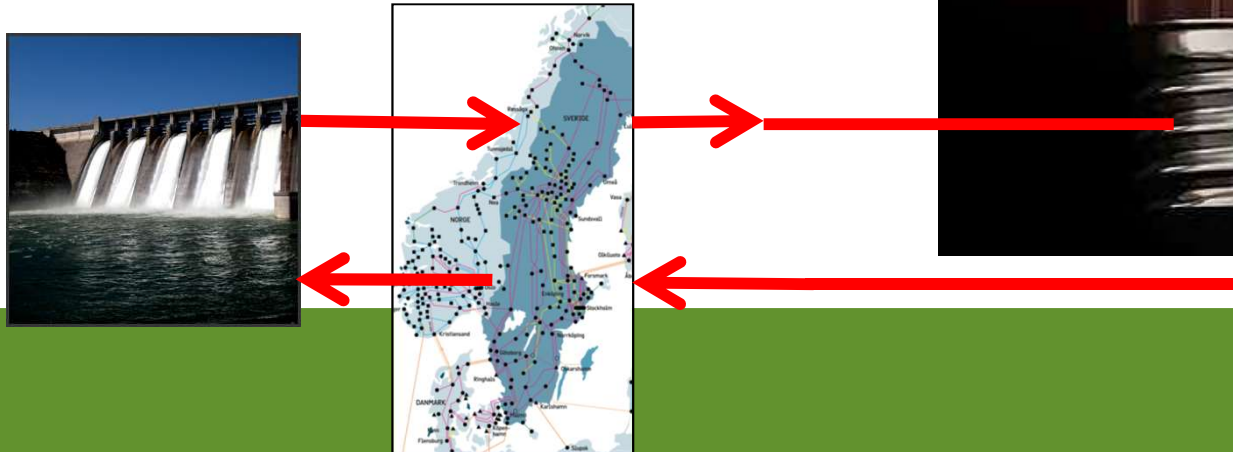
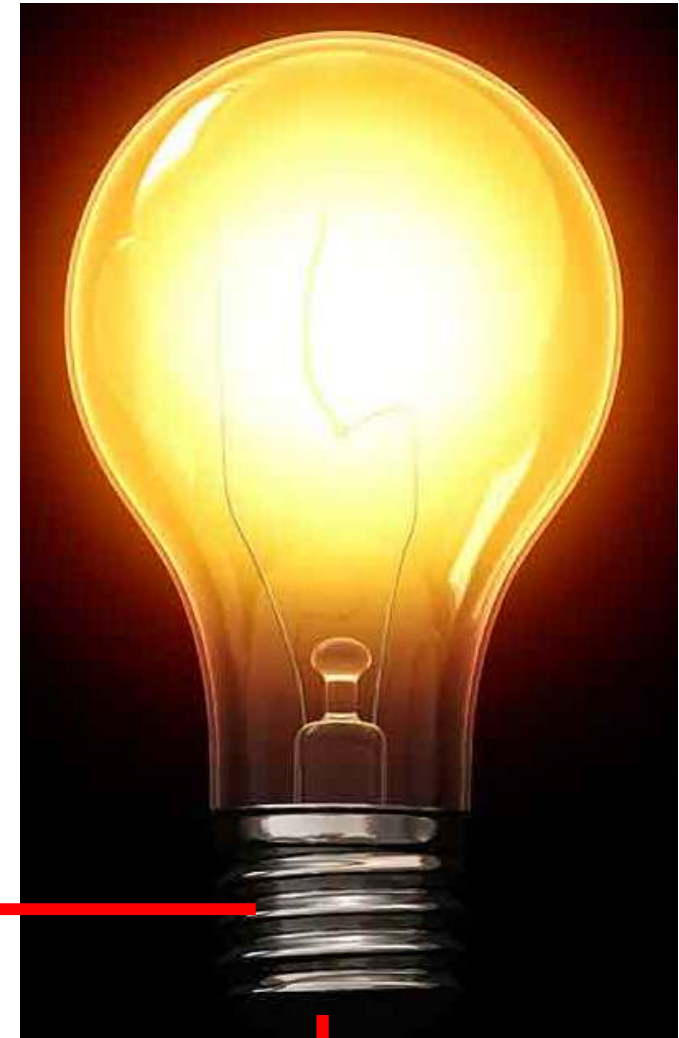




Elektricitet färdas med ljushastigheten

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**

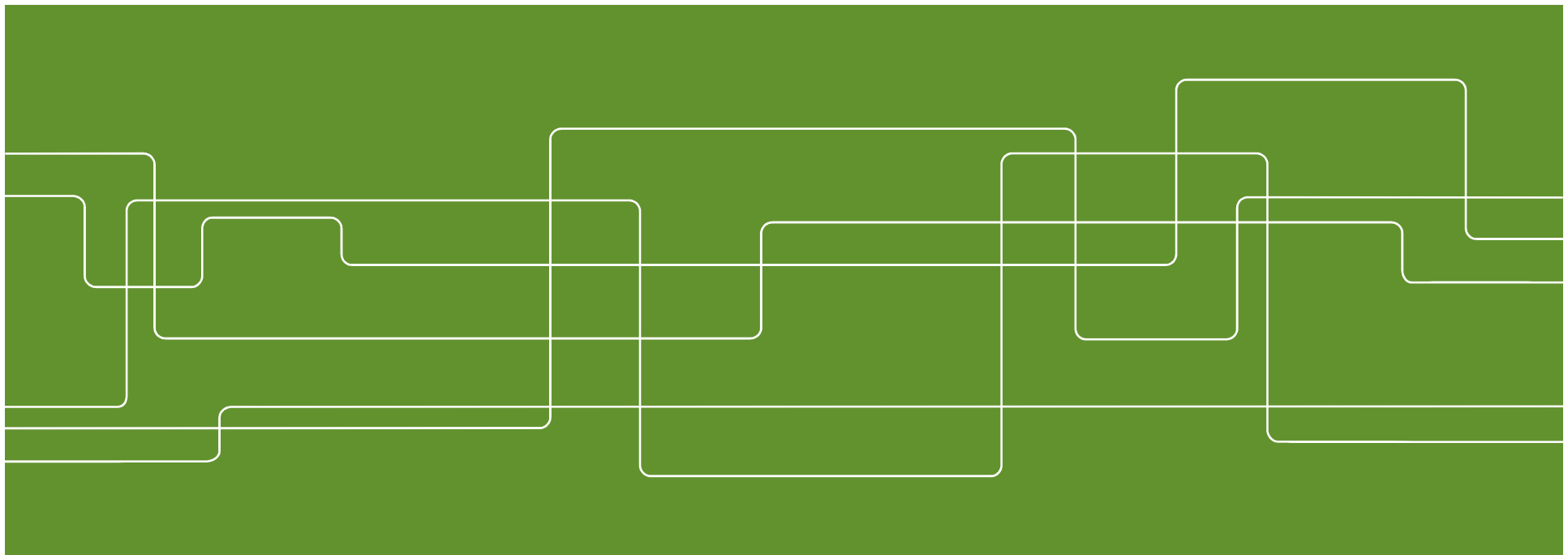




Om lager

24 mars, 2025

av Lennart Söder
Professor Elkraftsystem, KTH





Om lager (= planerbarhet = flexibilitet): 4 typer

Lager-1: Bränsle, vatten



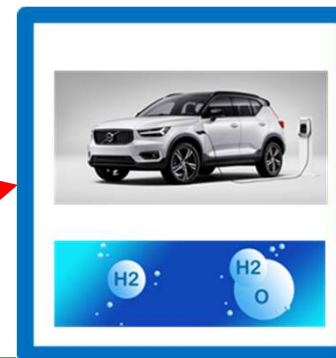
Lager-2: Värme



Lager-3: Pumpning, batterier, vätgas

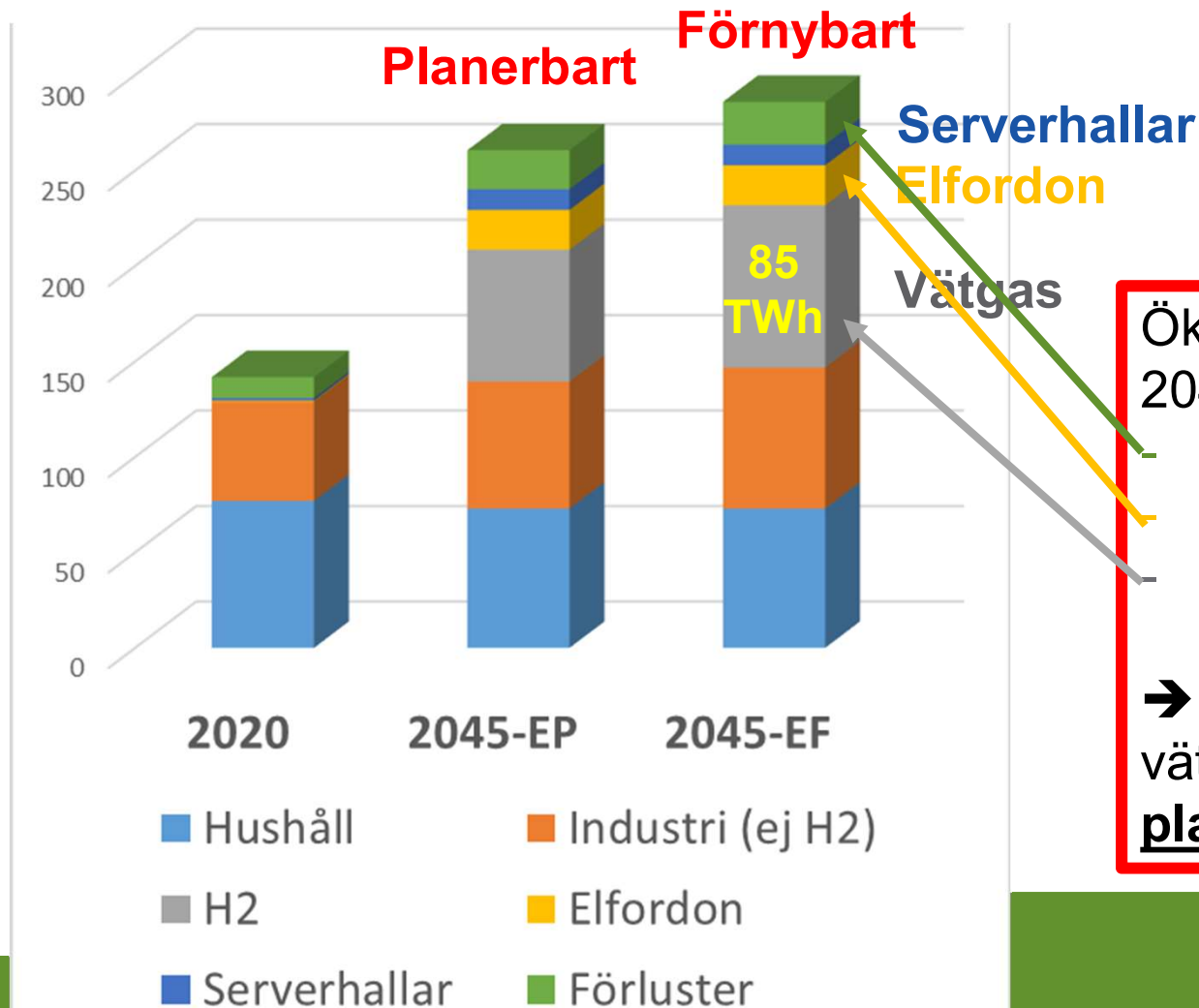
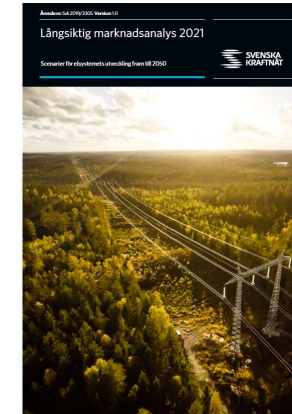


Lager-4: Produkter, t ex vätgas



Två scenarier för framtiden: Elektrifiering

Antagen konsumtion



Ökad elförbrukning 2020-2045-EF: 144 TWh

- Del av förluster
- 21 TWh: fordon
- 85 TWh: vätgas

→ 79% av ökningen är vätgas eller elfordon, dvs planerbart

HYBRIT – Elsystemintegration och flexibilitet

Tobias Rehnholm



A joint venture between SSAB, LKAB and Vattenfall

2020-12-11

1

”Med ny satsning kan LKAB producera fossilfritt järn”

LKAB ska ställa om tillverkningen av järnmalmspelletts och ersätta den med en vätegasbaserad process. Med en satsning på uppåt 400 miljarder kronor kan det vara den största svenska industrinvesteringen någonsin. För att detta ska vara möjligt krävs ett nytt och bättre samspel mellan näringsliv och politik, skriver Jan Moström, LKAB, och Svante Axelsson, Fossilfritt Sverige.

DN DEBATT
20123

Med en ny vätegasbaserad teknik ska ståtliga gruv- och mineralökonomen LKAB övergå från att producera järnmalmspelletts till att producera koldioxidfritt järnsvamp. Det kommer att bli den största industrisatsningen i modern tid och kommer fullt genomförd att kapa koldioxidutsläppen hos företags kunder världen över med 35 miljoner ton varje år, vilket motsvarar två tredjedelar av Sveriges territoriella utsläpp av växthusgas, samtidigt som det skapar tusentals nya jobb. Fossilfritt Sverige vill nu röja undan hinder för denna och andra stora industrisatsningar som kan befästa Sveriges roll som en permanent världsmästare för fossilfritt järn.

Inom ramen för regeringens klimatbrev till Sveriges riksdag har 22 branscher tagit fram åtgärdsplaner som visar hur de kan bli fossilfria eller klimatneutrala samtidigt som de stärker sin konkurrenskraft. Utifrån dessa vill Fossilfritt Sverige nu röja fram och röja undan hinder för flera kommande industriprojekt som kan göra stora klimatnyttigheter globalt samtidigt som de kan bidra till fler arbetstillfällen och ökad välfärd i Sverige.

De mest omfattande exemplen hittills är utvecklingsprojektet Hybrit, där SSAB, LKAB och Vattenfall samarbetar runt en process där stål kan reduceras utifrån järnmalm med hjälp av väte i stället för kol, och Northvolt som ska bli Europas största batterifabrik med fokus på hållbarhet och återvinning. Namnas kan också Prema som har lyckats utveckla en investering i utbyggnad av den fossila kapaciteten nu planerar att bygga upp raffinaderier för biobränsle.

Det industriprojekt vi nu presenterar är av ännu större skala. LKAB:s nya beslutade strategi kan vara den största svenska industrinvesteringen någonsin med årliga investeringar på mellan 10–20 miljarder kronor under 20 år.

Planen är grundad på en affärsmässig bedömning av den framtida marknaden. Genom att erbjuda koldioxidfria produkter kan LKAB mer än dubbla omsättningen fram till år 2045. Samtidigt som ledagen kan föra världsmarknaden med det koldioxidfria järn som är nödvändigt när världsekonomin ställer om och morgondagens järnvagnar, vindkraftverk, elbilar och industrimaskiner ska produceras. LKAB:s egen verksamhet orsakar i



LKAB samarbetar med företag som SSAB, Vattenfall, Sandvik, ABB, Combitech, Epitac och en rad andra industriledare för att ta fram den teknik som ska möjliggöra omställningen av fossilfria och autonoma gruvor, skriver artikelförfattarna. Foto: TT

dag 4 procent av industrins samlade utsläpp i Sverige. Men LKAB är del av en global industri där värdekedjan från gruva till industriell och god järn- och stålindustri till den bransch som orsakar störst utsläpp av koldioxid. En industri som globalt står för en dryg fjärdedel av industrins utsläpp och för 7 procent av världens samlade koldioxidutsläpp.

När LKAB nu inleder den största omställningen i bolagets 130-åriga historia innebär det att den egna tekniken och processerna för järn- och stålproduktion förändras i grunden och ger ett par tre tusen nya jobb om året i Kiruna och Gällivare under den 20-åriga byggprocessen.

Ett teknikutbrott är de verkligt stora effekterna uppstår genom att ny teknik bidrar till att förändra värdekedjan för järn- och stålproduktion globalt. Hela koncernens tillverkning av järnmalmspelletts ska ställas om och ersättas av en vätegasbaserad process. Lik den som nu utvecklas inom Hybrit. Resultatet blir en koldioxidfritt järnsvamp. När denna exporteras bidrar LKAB till att minska utsläppen hos sina kunder i svensk och internationell stålindustri med 35 000 000 ton årligen. Det motsvarar två tredjedelar av Sveriges samlade territoriella utsläpp av koldioxid eller tre gånger så mycket som utsläppen från alla personbilar i landet.

Sverige blir alltså inte bara det första landet i världen som kan producera

När koldioxidfritt järnsvamp exporteras bidrar LKAB till att minska utsläppen hos sina kunder i svensk och internationell stålindustri med 35 000 000 ton årligen. Det motsvarar två tredjedelar av Sveriges samlade territoriella utsläpp av koldioxid eller tre gånger så mycket som utsläppen från alla personbilar i landet.

fossilfritt stål även och det första landet som kan exportera fossilfritt järn till hela världen.

Den omställning LKAB och andra industrier nu inleder är en konsekvens av det samlade innovationsstrycket som uppstår när världen ska ställa om för att begränsa klimatförändringarna. De kräver stora skapad behov av ny teknik, innovation och ofta även stora investeringar som måste vara lönsamma över tid.

Dagens behov av djupgående strukturomvändningar hämtar kraft ur en lång tradition av samspel mellan

bas- och tillverkningsindustri som har format och bidragit till det moderna välfärdens framväxt. I dag samarbetar LKAB med företag som SSAB, Vattenfall, Sandvik, ABB, Combitech, Epitac och en rad andra industriledare för att ta fram den teknik som ska möjliggöra omställningen av fossilfria och autonoma gruvor.

Förutom stora investeringar och teknologisk utveckling krävs även ett nytt och bättre samspel mellan näringsliv, politik och andra goda krafter om det gemensamma målet. Låtan på frågor som måste lösas är lång, men några av huvudsakliga är:

1 Effektiva, rättssäkra och snabba tillståndprocesser så att nya och nödvändiga, innovativa, investeringar blir möjliga och inte skjuts långt in i framtiden. Tillståndprocesserna borde kunna förkortas till mer än hälften om alla berörda parter, inklusive industrin själv, effektiviserar sina delar i processen.

2 Satsning på forskning och utveckling och innovationsstöd till basindustri med tydligt fokus på fossilfritt teknikutveckling och vägas.

3 Säkra energiförbrukning. Koldioxidfritt järnproduktion kommer att kräva enorma mängder grön el och tillgång till isolering till konkurrenskraftiga

vätegasproduktion. Fullt utbyggd kräver den nya tekniken för koldioxidfritt järnsvamp el motsvarande en tredjedel av dagens samlade svenska produktion.

och är anpassad till en tid där förändringar har skett snabbt och långsamt. Träta att både vilja, resurser och teknik finns på plats är nästan överlagrande att stora och viktiga förändringar fastnar i långa och krångliga prövningsserier där regler och lagar inte stämmer mellan lokal och globala effekter.

För att lyckas med dessa stora och långsiktiga omställningar krävs en bred sammen i riksdagen och bland samhällets olika aktörer. Den svenska traditionen av bred samverkan ger unika förutsättningar för att utveckla världens första fossilfria välfärdsländer.

Jan Moström, vd och koncernchef i LKAB
Svante Axelsson, Fossilfritt Sverige

Följ DN Debatt i DN-appen

• Vill du få en påminnelse i din telefon när nya artiklar publiceras på DN Debatt?
• Gå då in i DN:s mobilapp, välj Konta nora till höger och under rubriken INSTÄLLNINGAR trycker du på Pushnotiser där du markerar Aktivera pushnotiser och kryssar för DN Debatt.

Fullt utbyggd kräver den nya tekniken för koldioxidfritt järnsvamp el motsvarande en tredjedel av dagens samlade svenska produktion.

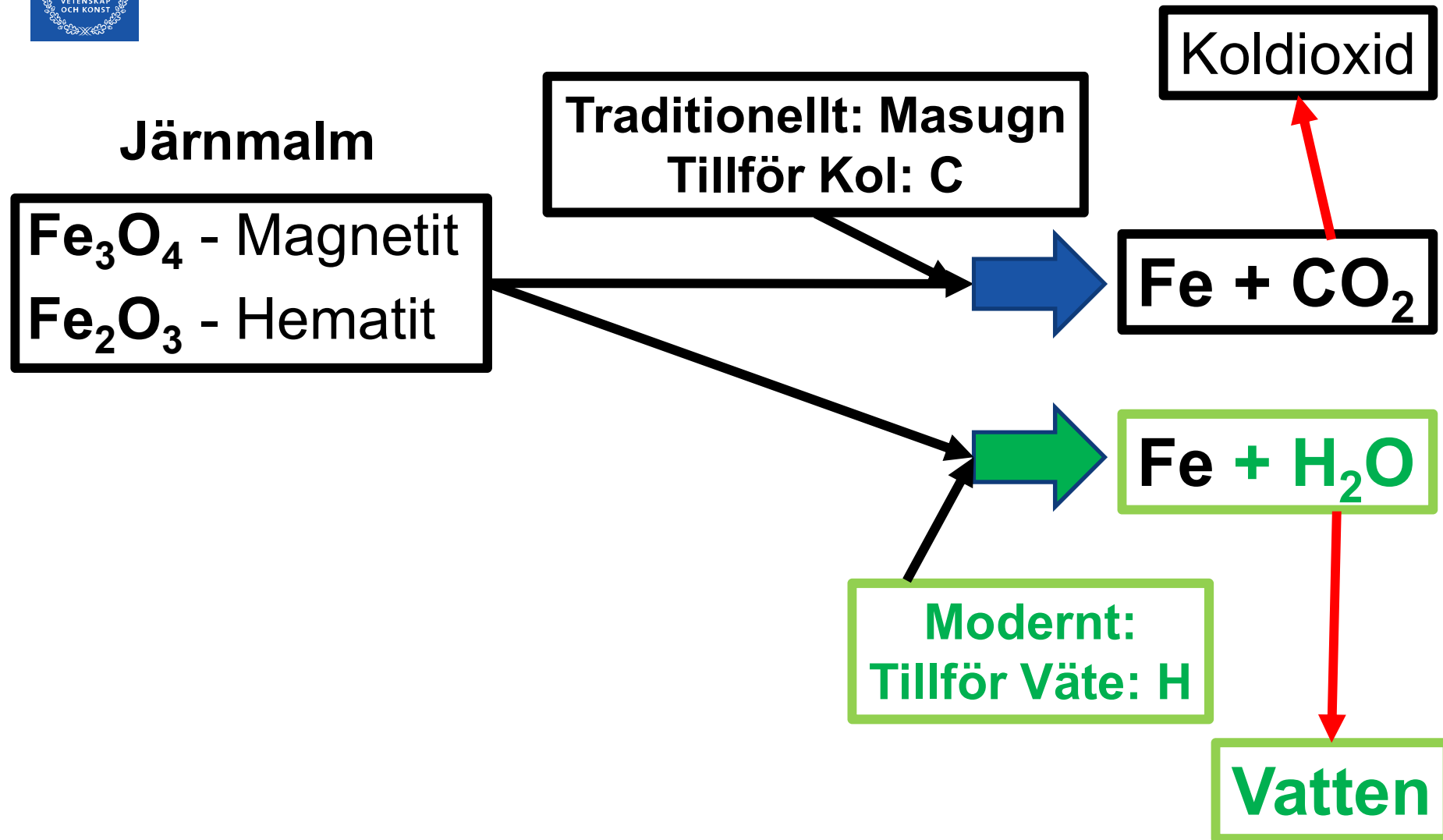


Om järn-stål-framställning - 1





Om järn-stål-framställning - 2





Om järn-stål-framställning - 3

Järnmalm

Fe_3O_4 - Magnetit
 Fe_2O_3 - Hematit

Traditionellt: Masugn
Tillför Kol: C

Koldioxid

$\text{Fe} + \text{CO}_2$

Elektricitet

Elektrolys

Vatten: H_2O

Modernt:
Tillför Väte: H

Syre: O_2

$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$

Vatten



Om järn-stål-framställning - 3

Järnmalm

Fe_3O_4 - Magnetit
 Fe_2O_3 - Hematit

Elektricitet

Elektrolys

Vatten: H_2O

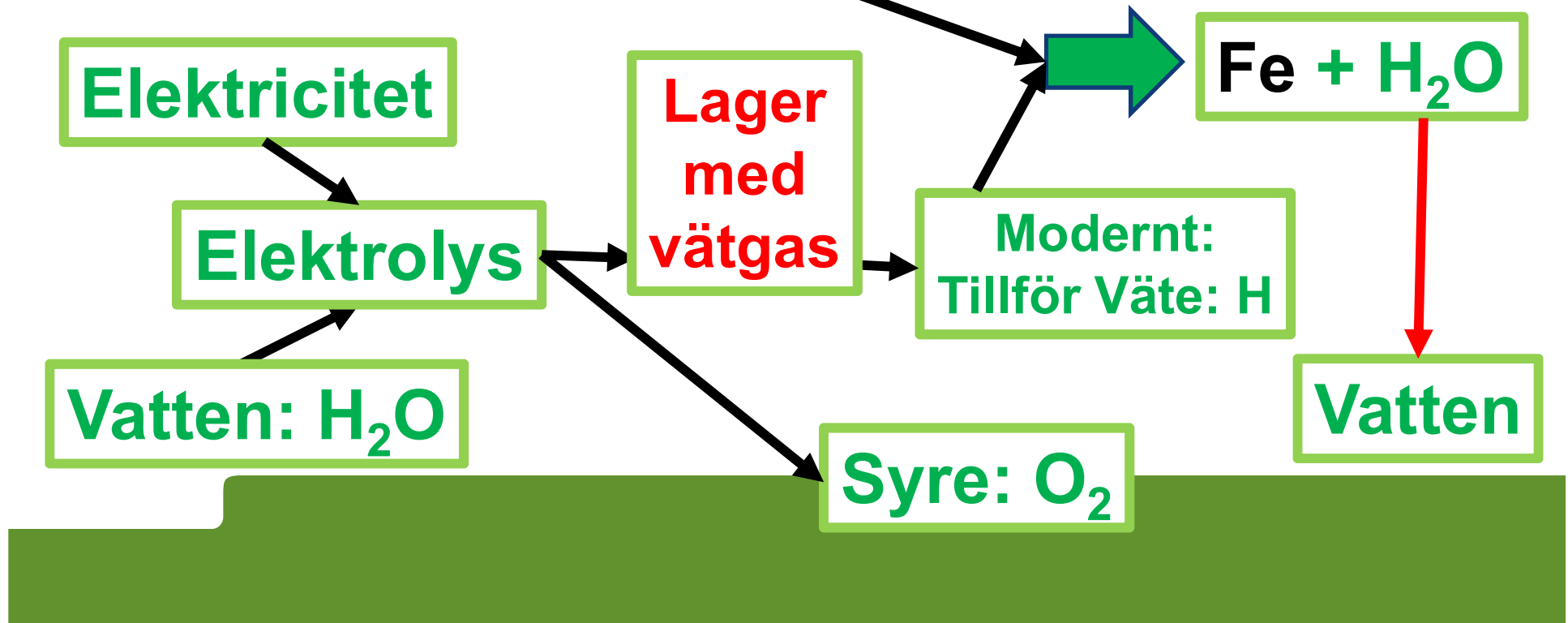
Lager
med
vätgas

Modernt:
Tillför Väte: H

Syre: O_2

$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$

Vatten



LKAB slår ett slag för vindkraften – vill se snabb utbyggnad

1:25 min  [Min sida](#)  [Dela](#)

Publicerat onsdag 15 februari kl 10.39

- Trots högre kostnader och lägre priser på järnmalm gjorde LKAB en jättevinst under 2022 - med ett rörelseresultat på 21 miljarder kronor.
- Samtidigt skriver LKAB i ett pressmeddelande att man nu ser en ökad risk att energiomställningen som pågår bromsas upp om elutbudet inte byggs ut i snabbare takt.
- "När vi som samhälle säger nej till utbyggd vindkraft så säger vi också nej till lägre elpriser och till omställningen" säger Niklas Johansson, direktör för kommunikation och klimat LKAB.

P4 Norrbotten

p4norrboten@sverigesradio.se

<https://sverigesradio.se/artikel/lkab-slar-ett-slag-for-vindkraften-vill-se-snabb-utbyggnad>



Vissa vätgasprojekt och företag i Sverige

Boden
Fertiberia
E-ammoniak

Luleå mm
Hybrit
Stål/järn Vätgas

Göteborg+Finland
Wärtsilä
Kraftverk-metanol

Örnsköldsvik
E-metanol

Göteborg
Liquid Wind
E-metanol

Finspång
Siemens Energy
Kraftverk
ammoniak

Göteborg
Stena Line
metanol



Exempel på batterier och företag i Sverige





Exempel på batterier och företag i Sverige

22 september 2022

Ingrid etablerar Sveriges största batterilager

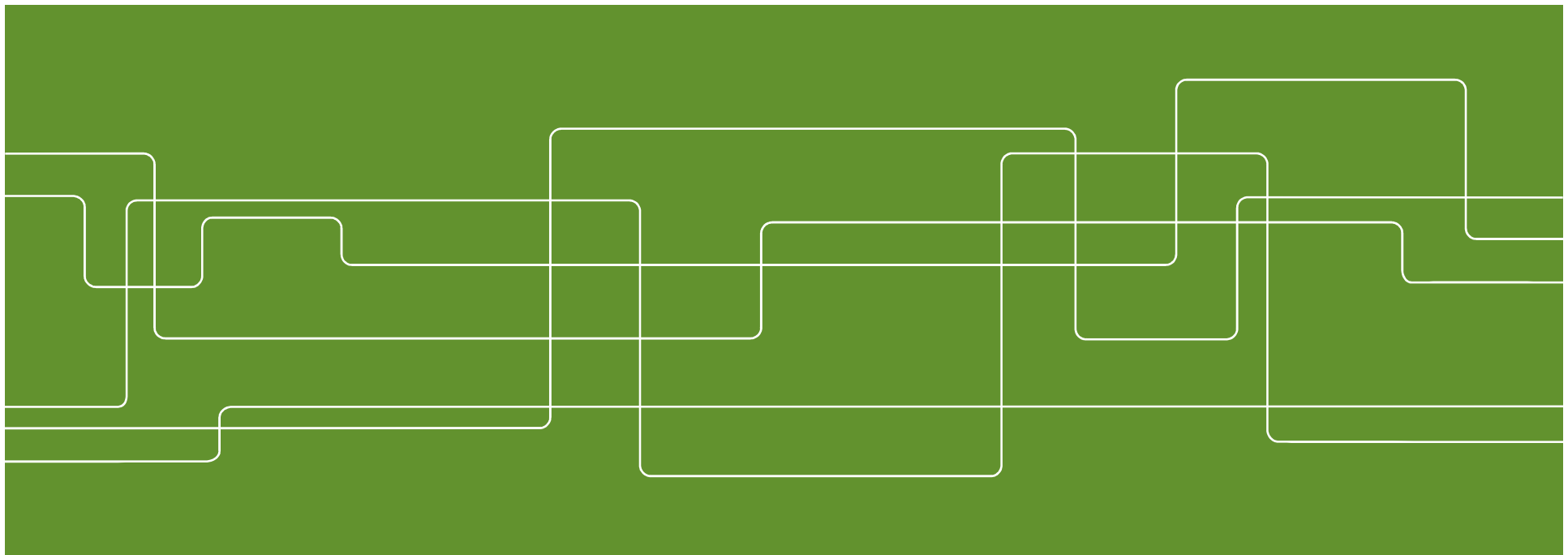
Ingrid Capacity etablerar Sveriges största batterilager i Karlshamn på 70 megawatt mot E.ONs regionnät. En effekt som kan jämföras med vad en medelstor stad med 100 000 invånare förbrukar när den har sitt största effektbehov. Batterilagringssiten kommer bli Sveriges största.

Energilagring med batterier är helt avgörande för att möta behovet av ett elektrifierat samhälle där fossilfria energikällor, såsom vind och -solenergi ska utgöra större del av energimixen. Med ett batterilager av den här storleken underlättas även Svenska kraftnäts behov av att skapa balans i de nationella stamnäten. Elnäten stabiliseras genom att lagra energi i batterier vid låga effektuttag och sedan skjuta till energi vid effekttoppar, lokalt, regionalt och nationellt.

<https://ingridcapacity.se/ingrid-etablerar-sveriges-storsta-batterilager/>



Dagsläge och framtiden i Sverige: **Om konsumtion och produktion**

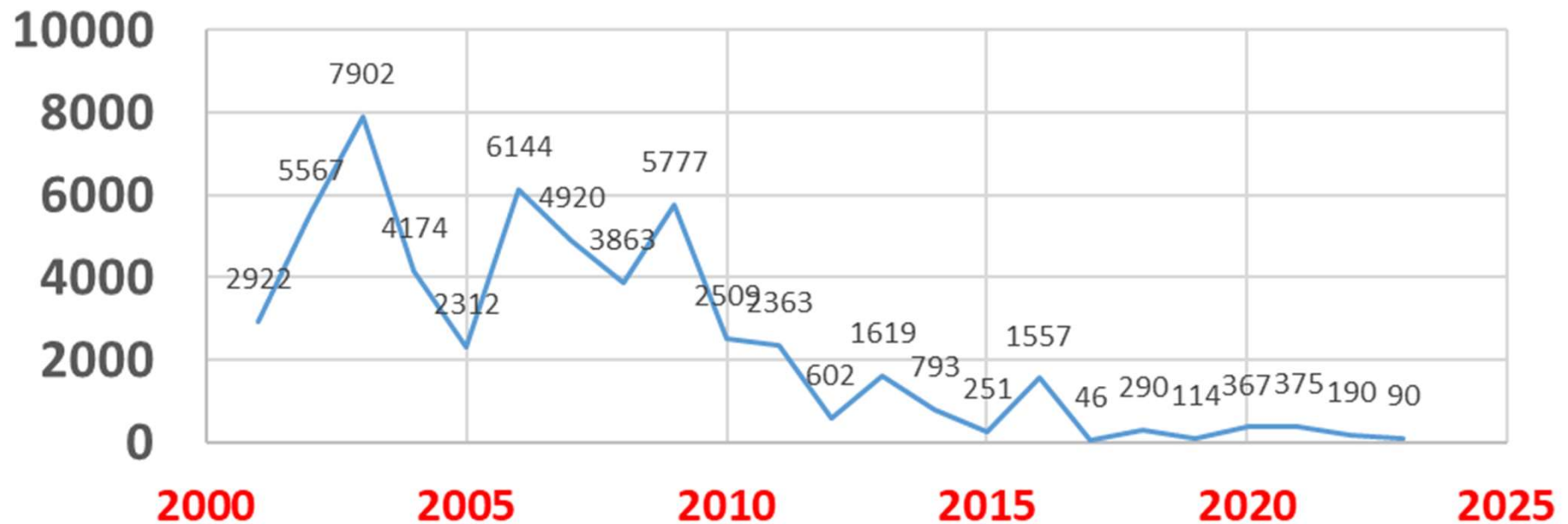




Antalet netto-import-timmar per år

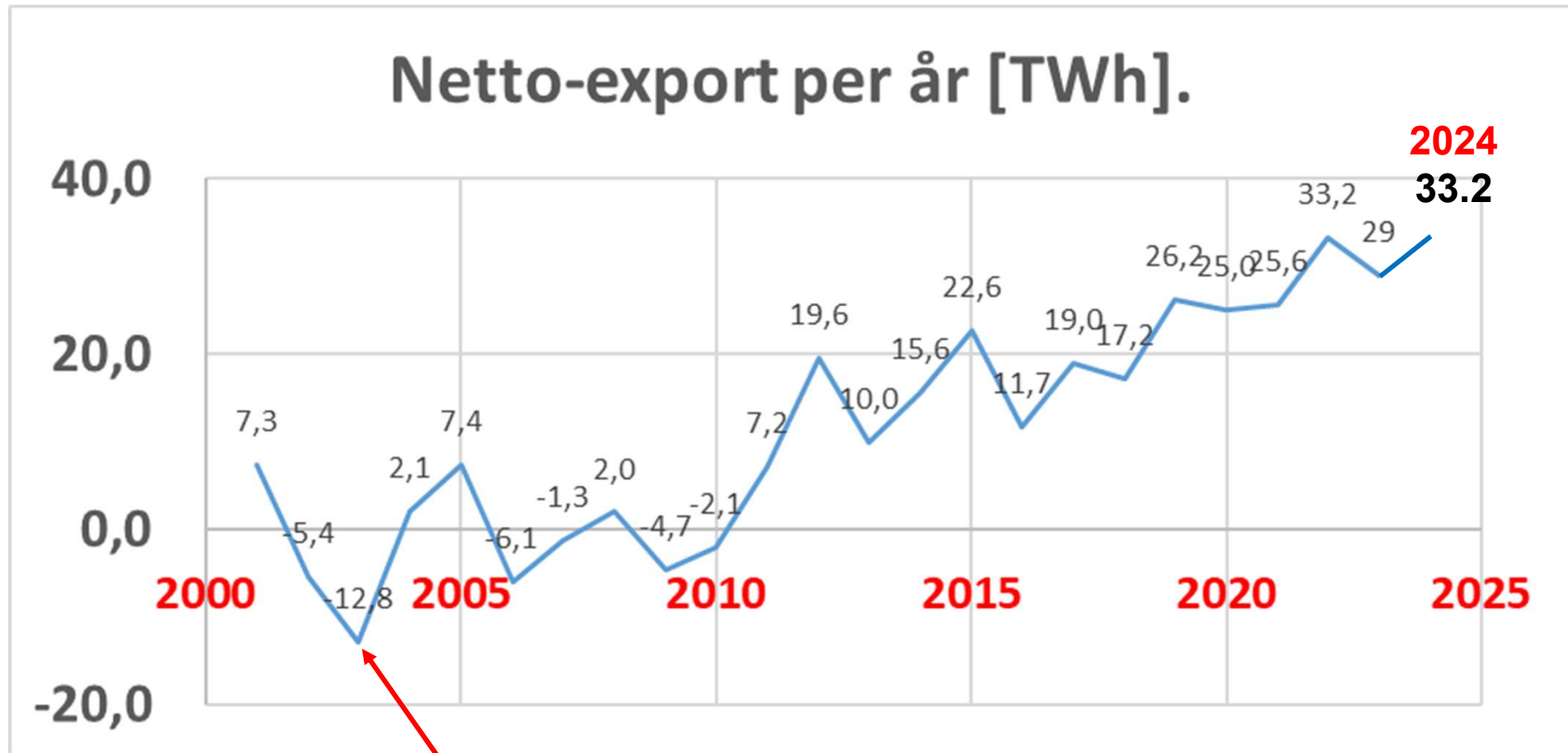
2023: **90 timmar (=1%)**

Antal timmar per år med import.





Sveriges netto-export 2021-2024

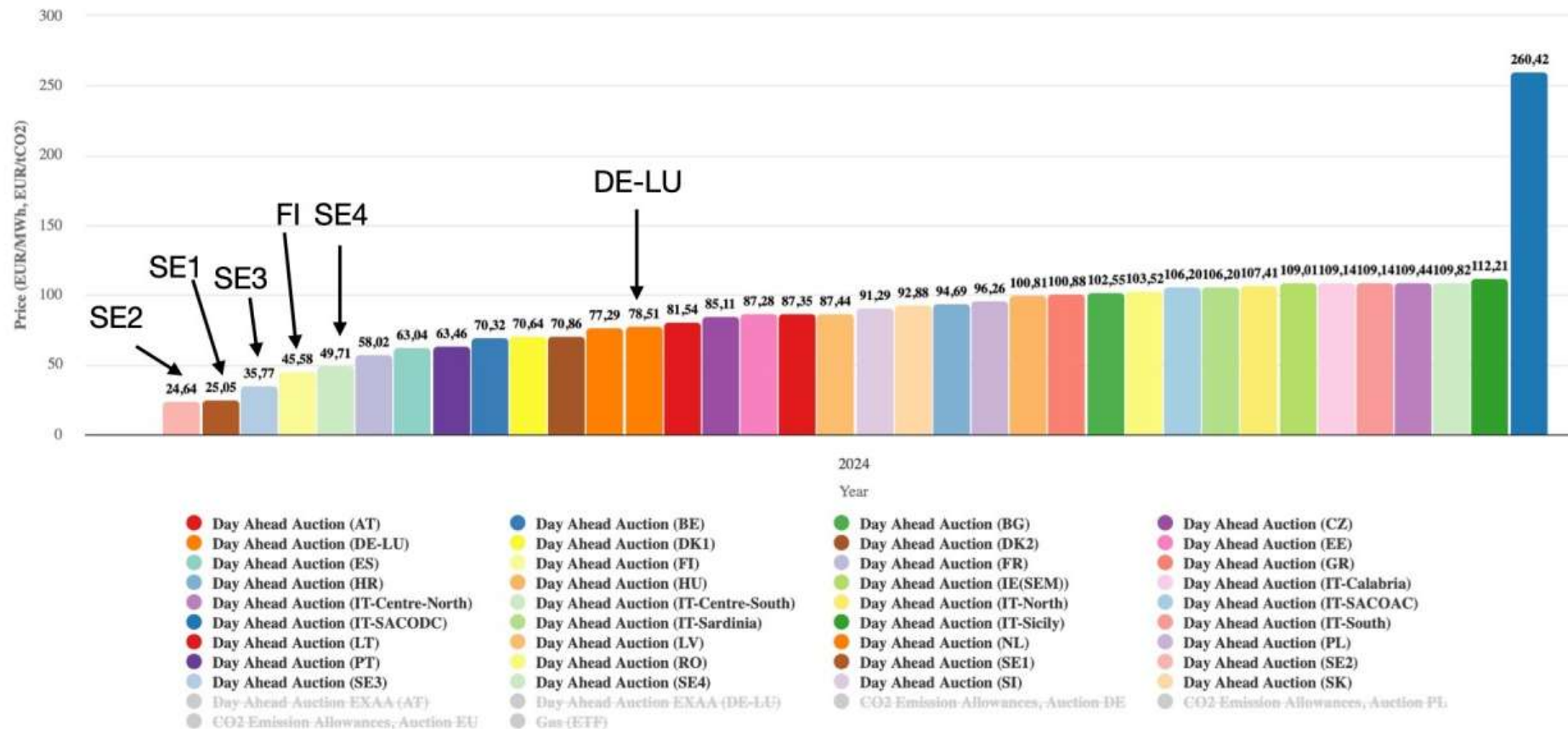


2003: Import om 12.8 TWh



Sverige hade lägst elpris i EU - 2024

Annual electricity spot market prices in the European Union 2024



Energy-Charts.info - last update: 2025-01-01 16:09 CET