

Fö 6 - TSFS11 Energitekniska system Sveriges elsystem & smarta nät

Christofer Sundström

19 april 2018

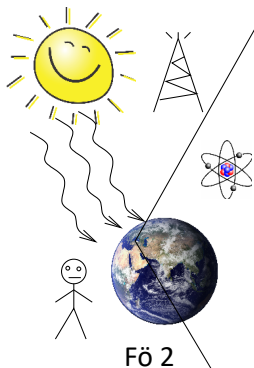
1 Elmarknad

- Energibehov & kraftkällor
- Prissättning och miljöpåverkan
- Mikroproduktion

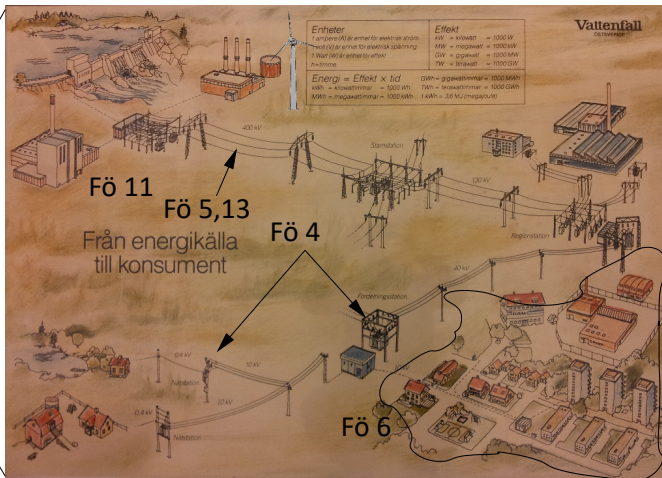
2 Smarta Elnät

- Definition och syfte
- Konsumentperspektiv
- Nätperspektiv
- Studie - Smarta nät Gotland

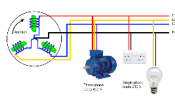
Kursöversikt



Fö 2



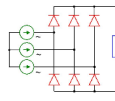
Fö 3



Fö 7,9,10



Fö 13

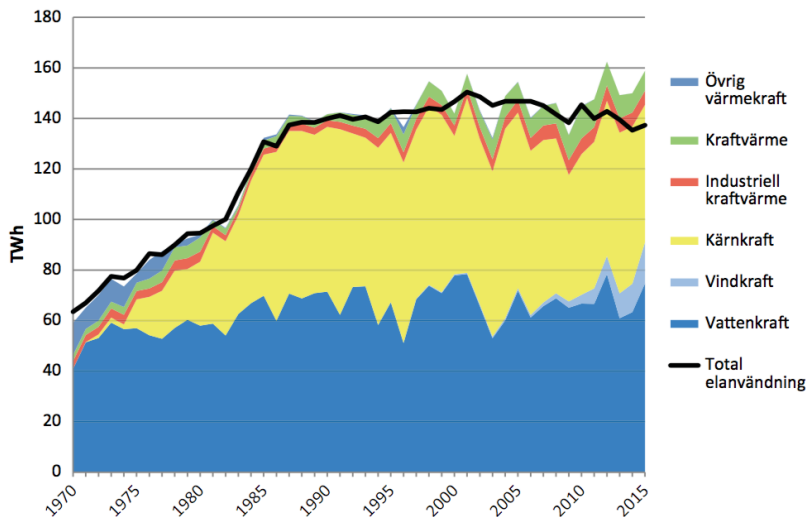


Fö 12



Fö 8

Sveriges Energiförbrukning - Kraftkällor



Figur 18 Sveriges elproduktion per kraftslag och total elanvändning 1970–2015, TWh.

Vindkraft har ökat mycket och var 2015 12% (16 TWh) av totala användningen.

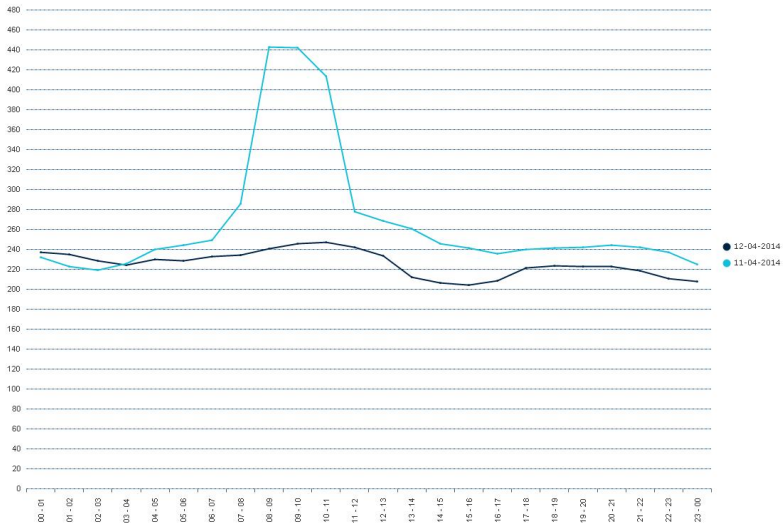
Elpriset sätts på två marknader:

- På **elspot** fastställs systempriset (spotpriset) ett dygn i förväg för varje timme på dygnet. Auktionsförfarande med producenter och återförsäljare. Inlämnande av bud senast klockan 12.00 för nästkommande dygn.
<http://www.nordpoolspot.com>
- **Elbas** är en marknad som sträcker sig en timme fram i tiden och som marknaden använder sig av för att säkerställa en kortsiktig balans mellan utbud och efterfrågan.

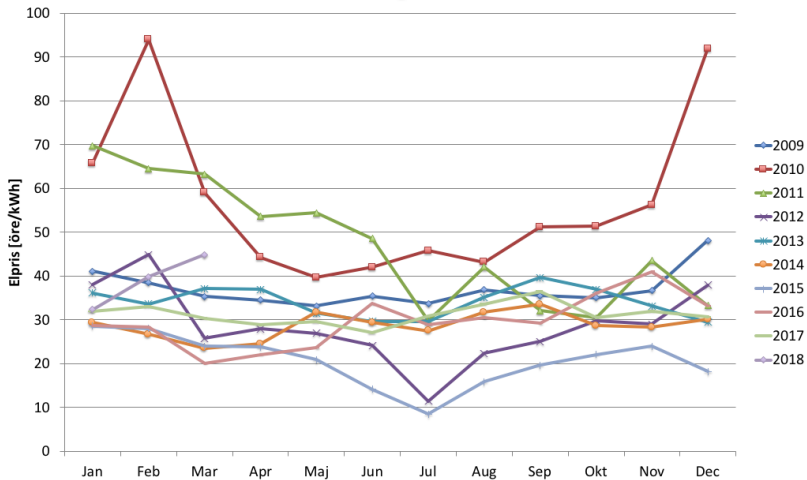
- Driftkostnaden för vattenkraft är låg men den tillgängliga mängden är begränsad. Ägarna sparar gärna för att använda när priset är högt. Den totala magasinkapaciteten i Sveriges vattenkraft är ca 34 TWh (Jämför med 65 TWh totalt).
- Kärnkraften i Sverige billig eftersom gamla verk används - låg kapitalkostnad.
- Priset på el producerad av biobränsle och fossilbränsle varierar beroende på bränsle och kraftverkstyp:
 - värmekraftverk: Elproduktion
 - kraftvärmeverk: Elproduktion & värmeproduktion

Sveriges Energiförbruk - Elpris per timme

Hourly Prices (SE3) in SEK/MWh - 12-04-2014



Sveriges Energiförbrukning - Elpris per månad



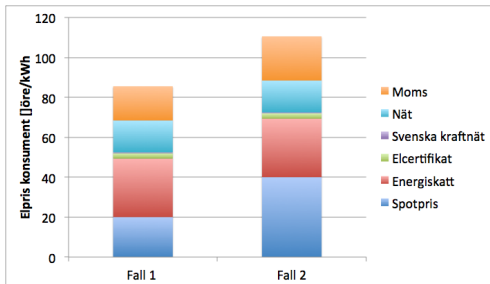
Termerna elbrist och elöverskott används ibland. Vad menas då?

- I ett elsystem råder balans mellan produktion och konsumtion, ty det finns ingen (liten) lagring i nätet. När exempelvis vindkraftproduktion ökar minskar övrig produktion lika mycket.
- Elbrist och elöverskott är inte tekniska termer, utan ekonomiska.

Elpriset till konsument

Det rörliga elpriset består av:

- Energipris
- Energiskatt
- Elcertifikat
- Nätavgift
- Svenska kraftnät



Elcertifikat

Syftet är att främja förnybar elproduktion. Varje MWh producerad el av vind, vatten, sol, vågenergi etc. tilldelas ett certifikat. Dessa säljs sedan till elleverantörer som är skyldiga att köpa en viss mängd certifikat. Priset varierar efter utbud och efterfrågan.

Mikroproduktion - nettodebitering

Idé: Ett hushåll/företag använder elnätet som energibuffer när det producerar mer el än det konsumerar.

Antag husägare med solceller eller vindkraft och spotpris = 20 öre/kWh:

Konsumtion > Produktion

Köpt el kostar ca 85 öre/kWh pga energiskatt, nätavgift, moms, elcertifikat.

Konsumtion < Produktion

Såld el ersätts med spotpris, dvs 20 öre/kWh.

Nettodebitering

Ett förslag som funnits är att konsumenten endast betalar för nettokonsumtionen över året.

Ej tillåtet pga EUs momsdirektiv

Gäller sedan 1/1 2015: Överskottsel från solceller eller vindkraft som matas ut på elnätet ger rätt till skattereduktion om 60 öre/kWh om:

- Mikroproduktionsanläggningen har samma anslutningspunkt som uttagsabonnemanget.
- Maximal säkring 100 A
- Maximalt avdrag baseras på som mest antalet kWh uttagen energi i anslutningspunkten under ett år, dock max 30.000 kWh.

Kommentar: 60 öre/kWh är tänkt att motsvara energiskatt och moms, vilket resulterar i nästan samma sak som en nettodebitering.

Genom att reducera storleken på effekttoppar erhålls:

- Mindre el producerad genom förbränning av fossila bränslen.
- Lägre förluster i elnätet.
- Lägre produktionskostnader för elproducenterna
- Lägre elkostnader för konsumenterna.

Vad är ett smart elnät?

- Enkelt uttryckt: Ett nät med mycket sol och vind som matchar utbud och efterfrågan med hjälp av IT.
 - Mot konsumenter
 - Internt inom nätet
- Vad som ingår i begreppet "smarta nät" varierar.

En definition av smarta elnät

An electricity network that cost efficiently can integrate the behaviour and actions of all users connected to it - generators, consumers and those that do both - in order to ensure a sustainable power system with low losses and high levels of quality, security of supply and safety.

by the European Technology Platform Smart Grids.

Load shaving & load shifting

- **Load shaving:** Minskad förbrukning av elektrisk energi. För privatpersoner exempelvis bättre isolering, byte av uppvärmningssystem, användarbeteende m.m.
- **Load shifting:** Minskad förbrukning under en kortare period, för att sedan förbruka den energin vid ett senare tillfälle. Exempelvis uppvärmning av varmvatten för privatpersoner. Tvättmaskin och elbilsaddning vanliga exempel.

Tvättmaskin

5 tvättar i veckan

1.5 kWh/tvätt

Prisskillnad mellan högt och lågt pris inom dygnet: ≈ 20 öre/kWh.

Slutsats: Potential att spara 30 öre/tvätt genom att inte tvätta när man vill, eller 70-80 kr/år. Detta kommer inte att ske pga av *kostnadsskäl*.

Load shaving & load shifting

- **Load shaving:** Minskad förbrukning av elektrisk energi. För privatpersoner exempelvis bättre isolering, byte av uppvärmningssystem, användarbeteende m.m.
- **Load shifting:** Minskad förbrukning under en kortare period, för att sedan förbruka den energin vid ett senare tillfälle. Exempelvis uppvärmning av varmvatten för privatpersoner. Tvättmaskin och elbilsladdning vanliga exempel.

Diskmaskin

5 diskar i veckan

1.5 kWh/tvätt

Prisskillnad mellan högt och lågt pris inom dygnet: ≈ 20 öre/kWh.

Slutsats: Samma indata som i tvättmaskinsexemplet. Dock större potential pga användande (vänta med att starta diskmaskinen tills natt istället för direkt efter middagen)

Hur ska diskmaskinen "få reda på" när den ska köras kostnadssmart?

- Kärnkraftverk och kraftvärmeverk tar tid att reglera (timmar).
- Sol och el varierar med väder.
- konsumtion varierar.
- Hårda krav på nätfrekvens (och även nätspänning)

Det finns ett behov av reservkraft

Reservkraftsbehovet vid införandet av vind och el kommer inte att minska.

Det finns även krav på att en viss andel av elproduktionen ska ske med synkrongeneratorer för att upprätta ett stabilt elnät med en tillräckligt stor roterande massa. En andel på 25% diskuteras.

$$J\dot{\omega} = T_{\text{mek}} - T_{\text{el}}$$

Exempel: aktiv styrning kyl & frys

- Antag att alla kylar och frysar inom Sverige kan kopplas bort under kortare tid för att stärka nätet (stänga av vid låg nätfrekvens).

$$J\dot{\omega} = T_{mek} - T_{el}$$

Påverkan på reservkraft

Antag att en ny kyl & frys tillsammans har en energiförbrukning på 1kWh/dygn, så ger detta en medeleffekt på ca 40W. Antag 5 miljoner hushåll i Sverige $\Rightarrow \bar{P}_{tot} = 200\text{MW}$ i Sverige.

Under 2011 var den maximala effektökningen mellan 2 timmar i Sverige 2500MW. Aktiv styrning av kylskåp och frysar ett betydande bidrag till detta.

Fjärravläsning elkonsumtion och elproduktion

- Det vanligaste avtalsformen för slutkonsument är att elpriset fastställt månadsvis genom volymvägt medelvärde.
- Det finns även avtalsformer som innebär fast elpris under flera år. Används mest av villor med hög förbrukning.
- För att få insitament för slutkunder att ändra sitt beteende krävs timmätning av elförbrukning. Detta även för att förmå personer investera i "smarta" produkter.

- Hur ska elpriset på ett bra sätt förmedlas till elanvändarna?

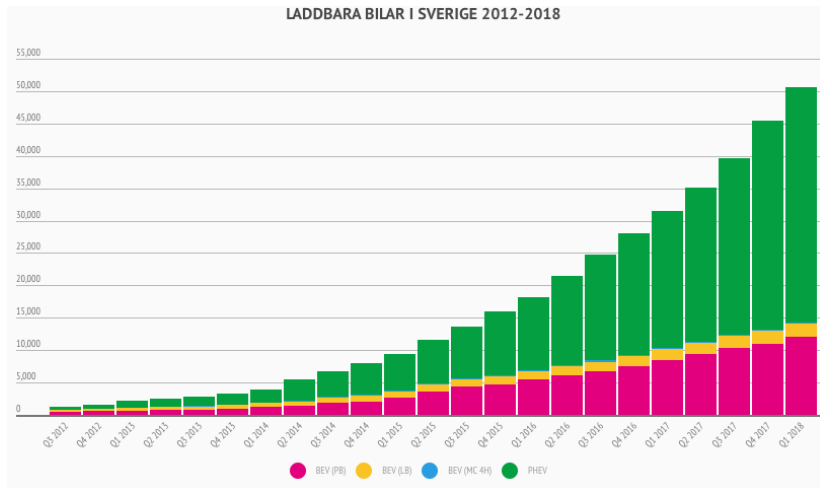
- Ett "supervisory control and data acquisition system", SCADA, är ett system som övervakar och styr nätfunktionaliteten. Är en central del av ett smart nät.
- Historiskt sätt finns det lite övervakning och styrning av lågspänningsnäten
- Fördelar med SCADA:
 - Minskade strömavbrott, både till antal och längd.
 - Felisolering leder till snabbare och effektivare reparationer.
 - Automatisk nätverksomkonfigurering vid fel.

Förlusterna i nätet kan minskas vid införandet av smarta nät genom:

- Nätet kan omkonfigureras för att få en så jämn belastning som möjligt i olika delar av nätet.
- Trasiga komponenter som leder till sämre verkningsgrad upptäcks och kan lagas.
- Konsumenterna reducerar effekttopparna genom att priset oftast är högst vid dessa.

- Idag används vattenkraftsmagasinen som energilager och vattenkraften som främsta reservkraft.
- Det finns möjlighet att inkludera batterier i elnätet. Främst intressant vid användande av förnybar elproduktion för att hantera snabba produktionsförändringar. Vindkraft stängs ner vid för hård vind av säkerhetsskäl.
 - Möjlighet att leverera både aktiv och reaktiv effekt.
 - Batteriets energi tillgänglig på några få millisekunder.
 - Hög verkningsgrad. Li-ion batterier har total verkningsgrad på upp till 98% och med kraftelektronik fortfarande >90%.
 - Nackdel: Priset, batterier är dyrt. Batteriet i en Tesla kostar upp till 10 kr/kWh. Det finns dock möjlighet att använda förbrukade elbilsbatterier i stationära sammanhang.

Elbilar och elnätet



Nu ca 1% av personbilsflottan laddbar. Prognos slutet 2018:
79.500 fordon

Utbudet av elbilar ökar och elbilsandelen kommer att öka.

Energiförbrukning

Antag hälften av Sveriges bilar är elbilar (2 miljoner) och att varje elbil kör 4mil/dag och förbrukar 1.25 kWh/mil. Laddning endast på natten. Årlig elförbrukning blir då

$$4 \cdot 1.25 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 365 = 3.7 \text{ TWh}$$

Relativt liten del av Sveriges totala elkonsumtion som är cirka 140TWh/år.

Finns stor potential att integrera laddning av elbilar i smarta elnät. Om 2 miljoner bilar finns inkopplade till 10A uttag i smarta elnät finns det potential till lastförskjutning av 4000MW (>2500MW).

Smart Grid Gotland är ett forsknings- och utvecklingsprojekt som ska utveckla strategier för att planera, bygga och driva ett fullt utvecklat storskaligt smart elnät, inkluderande intermittent elproduktion (främst vindel) i nätet.

Partners i projektet:

- ABB
- Energimyndigheten
- Gotland Energi
- KTH
- Svenska kraftnät
- Scheider Electric
- Vattenfall

Bakgrund

Idag finns det HVDC kablar mellan Gotland och fastlandet med begränsad kapacitet. Detta leder till att snart går det inte att bygga ut vindkraften på Gotland utan att göra nätet mer smart alternativt utöka kapaciteten till fastlandet.

Delar i projektet:

- Bättre övervakning av lågspänningsnätet inklusive nytt kontrollsystem.
- 3000 hushåll får nya elmätare som skickar information om förbrukning och elkvalitet som används av nätbolaget för att övervaka systemet.
- Energilager som kan leverera 3.6MW under 15 minuter. Kan leverera både reaktiv och aktiv effekt.
- Testanläggning med solceller för att studera hur detta påverkar nätet.
- Företag och lantbruk får hjälp att anpassa produktionen så energisåla processer prioriteras vid lågt elpris och vice versa.
- SMS till konsumenter när det finns elöverskott, samt att schemalagd villauppvärmning.

Summary

- Det svenska elnätet är stabilt i förhållande till många andra elnät. Gott om reservkraft via vattenkraften.
- Vi har kommit långt i jämförelse med andra länder med att smartifiera nätet.
- Spotpriset liten del av konsumentens elpris. Skatter oberoende av spotpriset (förutom moms). Variationer i spotpriset leder till liten skillnad i slutpriset. Kommer energiskatten i framtiden variera med spotpriset?
- Införandet av elektromobilitet i det svenska transportsystemet bör ej bli något problem för elnätet.