

Sannolikhetsprognoser för solelproduktion

Tomas Landelius, Magnus Lindskog & Sandra Andersson
Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

I samarbete med Tekniska Verken i Linköping AB
och finansierade av Energimyndigheten





Källa: Sveriges Riksbank

Framtidens elsystem

Energiöverenskommelsen 2016:

målet 100 procent förnybar elproduktion år 2040*.

Svenska Kraftnät:

”en ökande andel icke planerbar elproduktion medför att kraftsystemets egenskaper förändras. Detta kommer att skapa stora utmaningar vid driften av kraftsystemet och för upprätthållandet av dess driftsäkerhet”

* Detta är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut.

Solprognoser för styrning och övervakning av elsystemet

1. Utveckla solstrålningsprognoser.

- Kvalitén ska vara bättre än den hos globala modeller och i paritet med den baserad på extrapolering av information från geostationära satelliter.

2. Omvandla solstrålningsprognoser till prognoser av solet-produktion.

- Kvalitén ska vara tillräcklig för att nätbolag och andra balansansvariga aktörer ska kunna agera på effekterna av ett ökat inslag av solet.

Vad behöver ett elbolag för solprognosinformation?

Hur solelproduktionen kommer att variera (tid och rum).

- Rumsskalor: Totalt, per inmatningspunkt och per transformator-station.

- Tidsskalor: varje timma under de kommande 48 timmarna (“day ahead”).

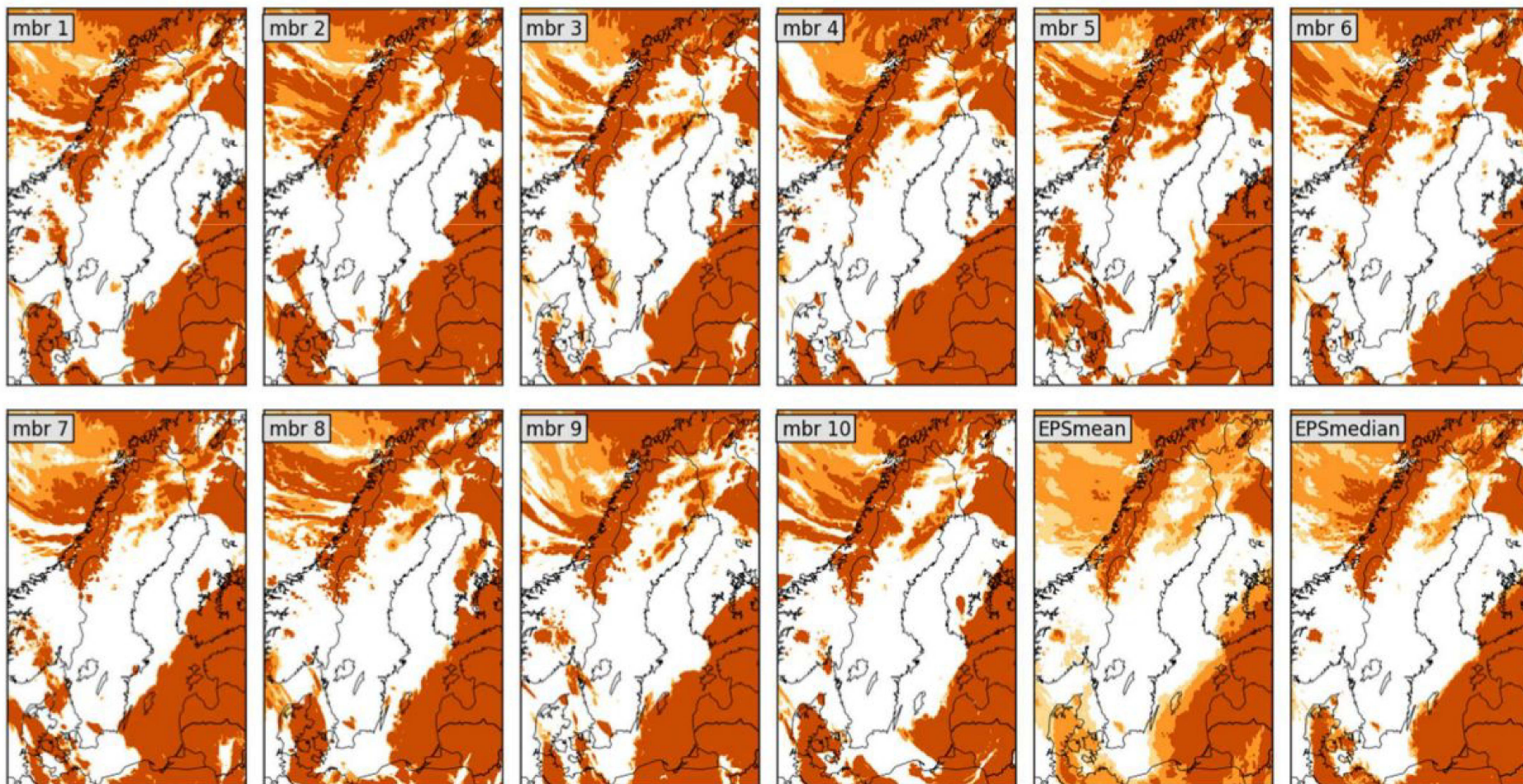
Hur snabba kommer variationerna att vara (“ramp rates”).

Osäkerhet på solel-prognosen.



Solelinstallationer och NWP; Linköpingsnätet

2017-03-11 02:00Z AROME EPS Low Cloud Cover





<https://www.tekniskaverken.se/imagevault/publishedmedia/ftwx7yy9u73mzf5hr31q/ThinkstockPhotos-484584346.jpg>

Bra solstrålningsprognoser kräver bra molnprognoser.

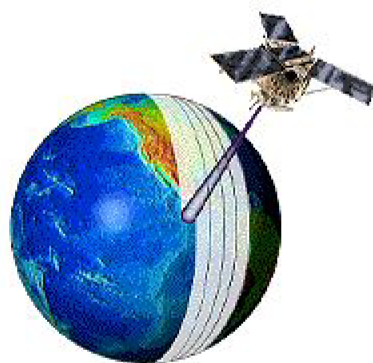
Men, ingen dataassimilation av moln-information i MEPS.

Global Environmental Satellite Observation Network

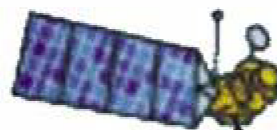


Polära och geostationära satelliter

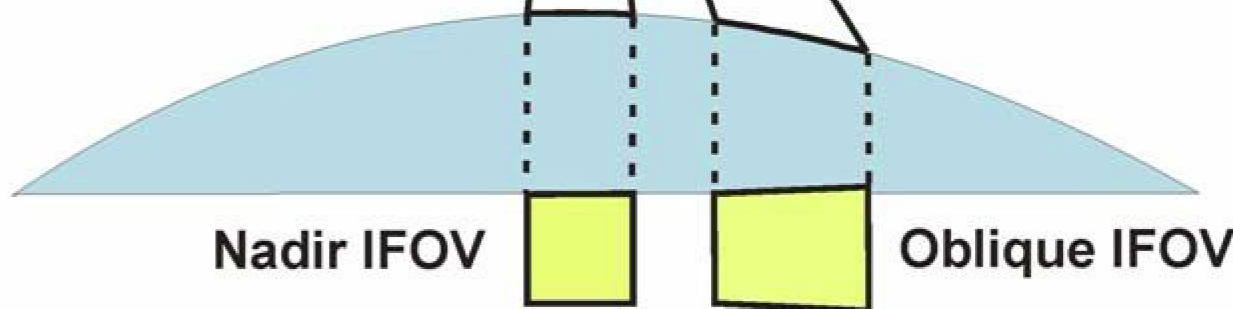
<http://www.thetech.org/exhibits/online/satellite/4/4b/4b.1.html>



- + Konstant upplösning
- Ej kontinuerlig täckning

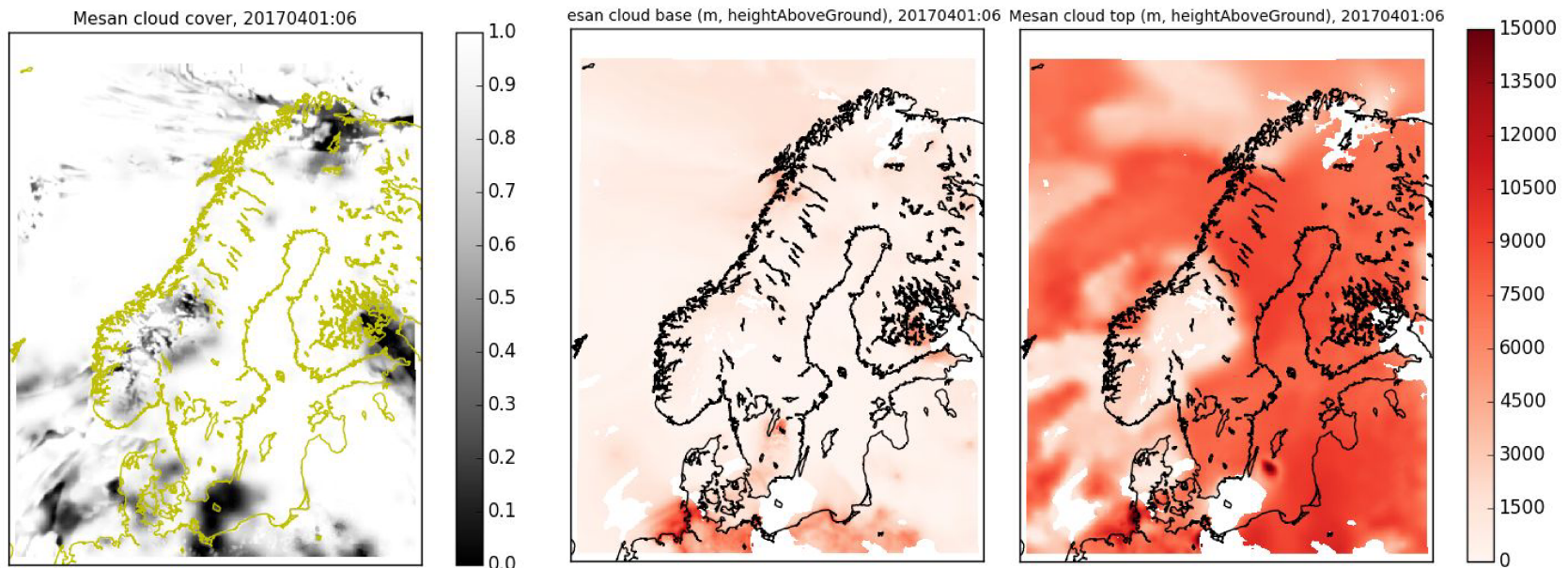


- + Konstant täckning
- Mycket snäv vinkel vid nordliga breddgrader



<https://www.eeb.ucla.edu/test/faculty/nezlin/Lecture2/Figure08.jpg>

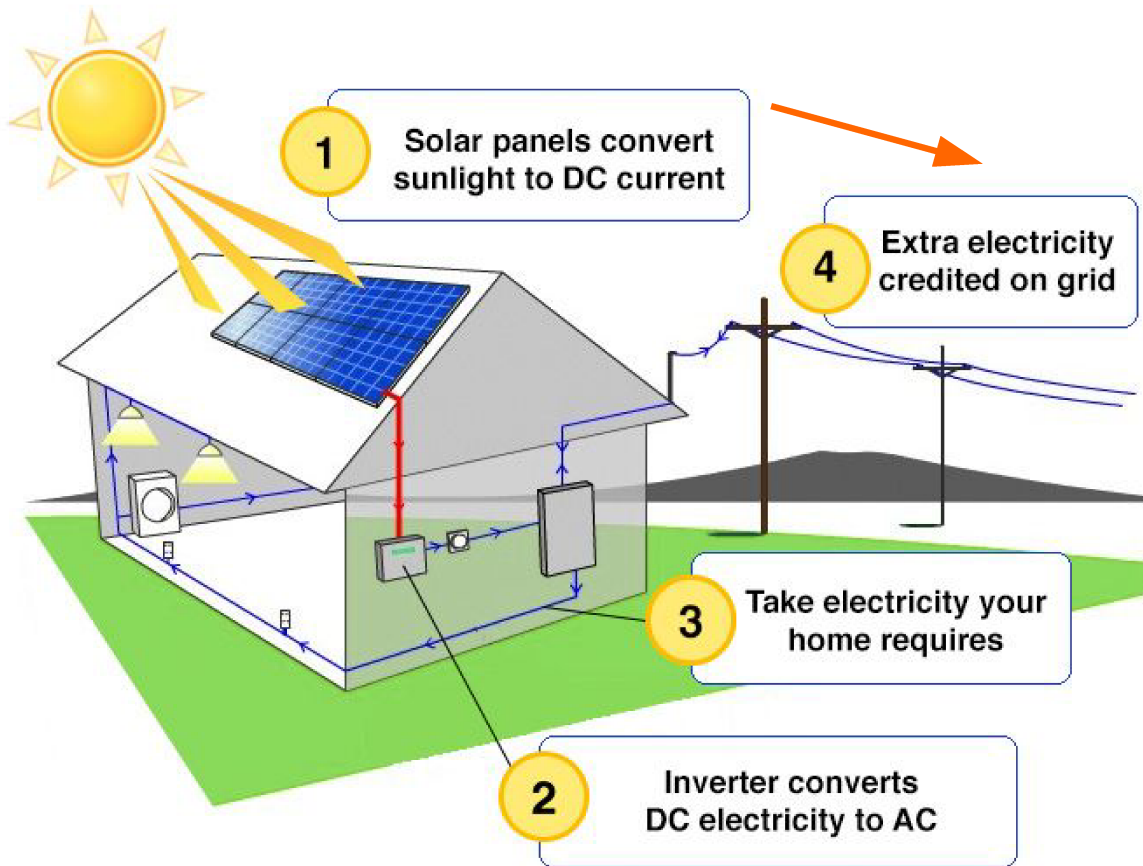
Molninitialisering



Använd information om molnmängd, molnbas samt molntopp från MESAN vars analyser inkluderar polära och geostationära satellitdata.

Påverka NWP-modellens starttillstånd så att detta överensstämmer med den analyserade molnigheten (van der Veen, MWR 2012).

Från solprognos till elprognos

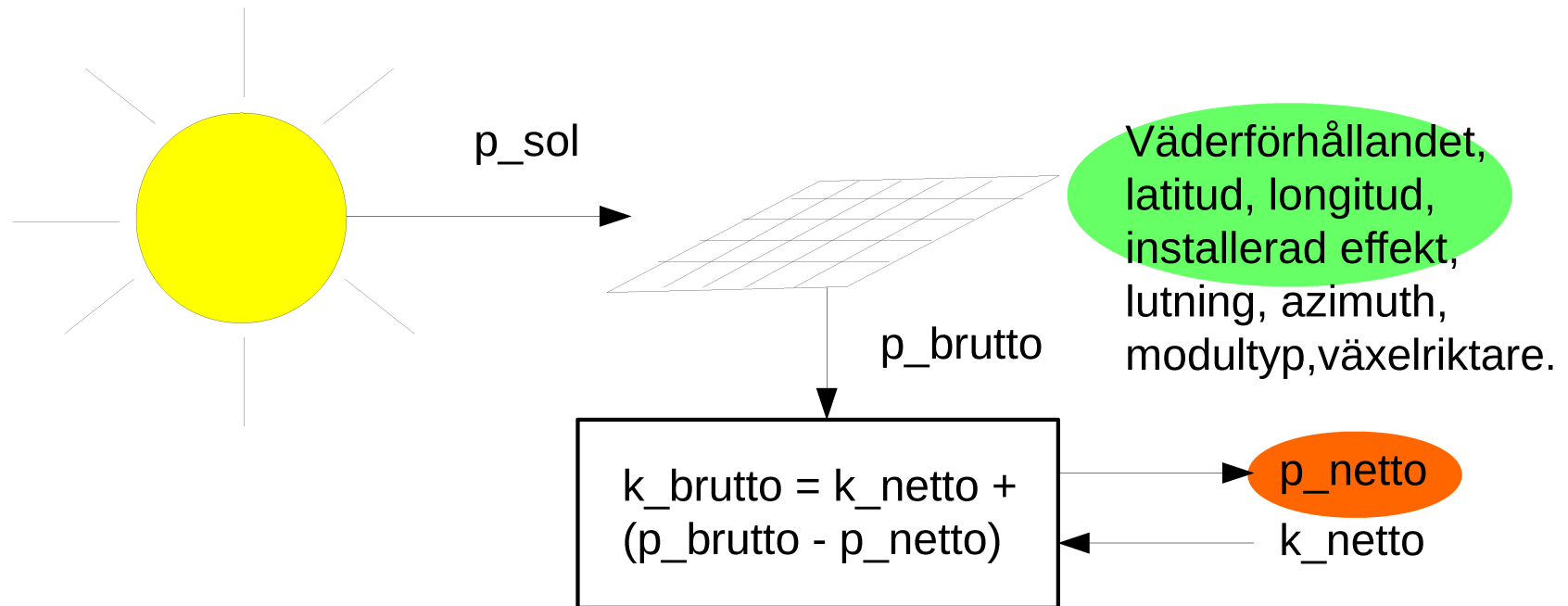


Pvlib-python; “python photovoltaic system modelling package”.

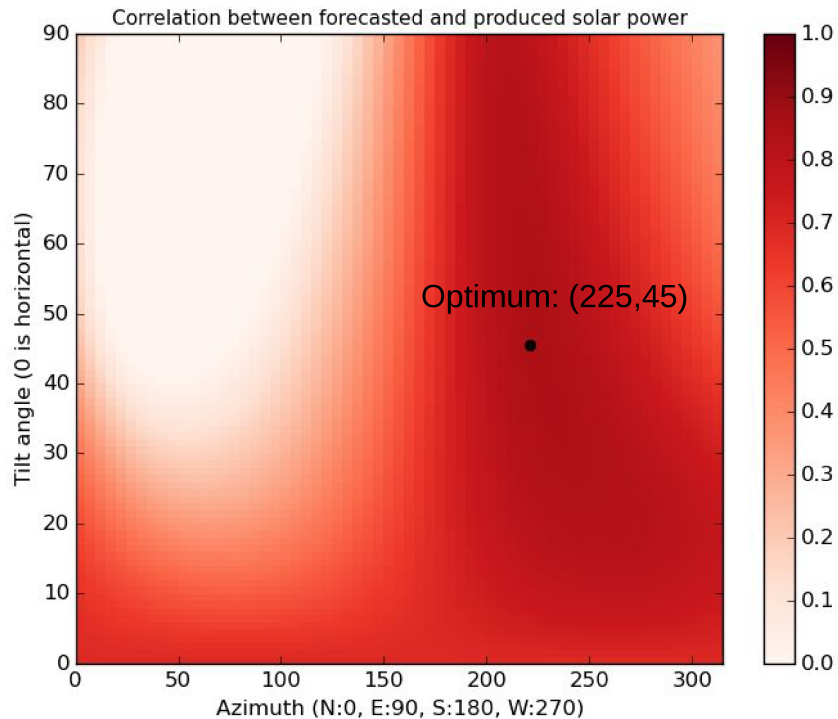
Öppen programvara i för beräkning av DC/AC som funktion av solinstrålning m.m.

Bygger på en toolbox utvecklad av National Renewable Energy Laboratory (NREL) samt Sandia National Labs.

Produktion och konsumtion av el



Estimera geometri för en installation

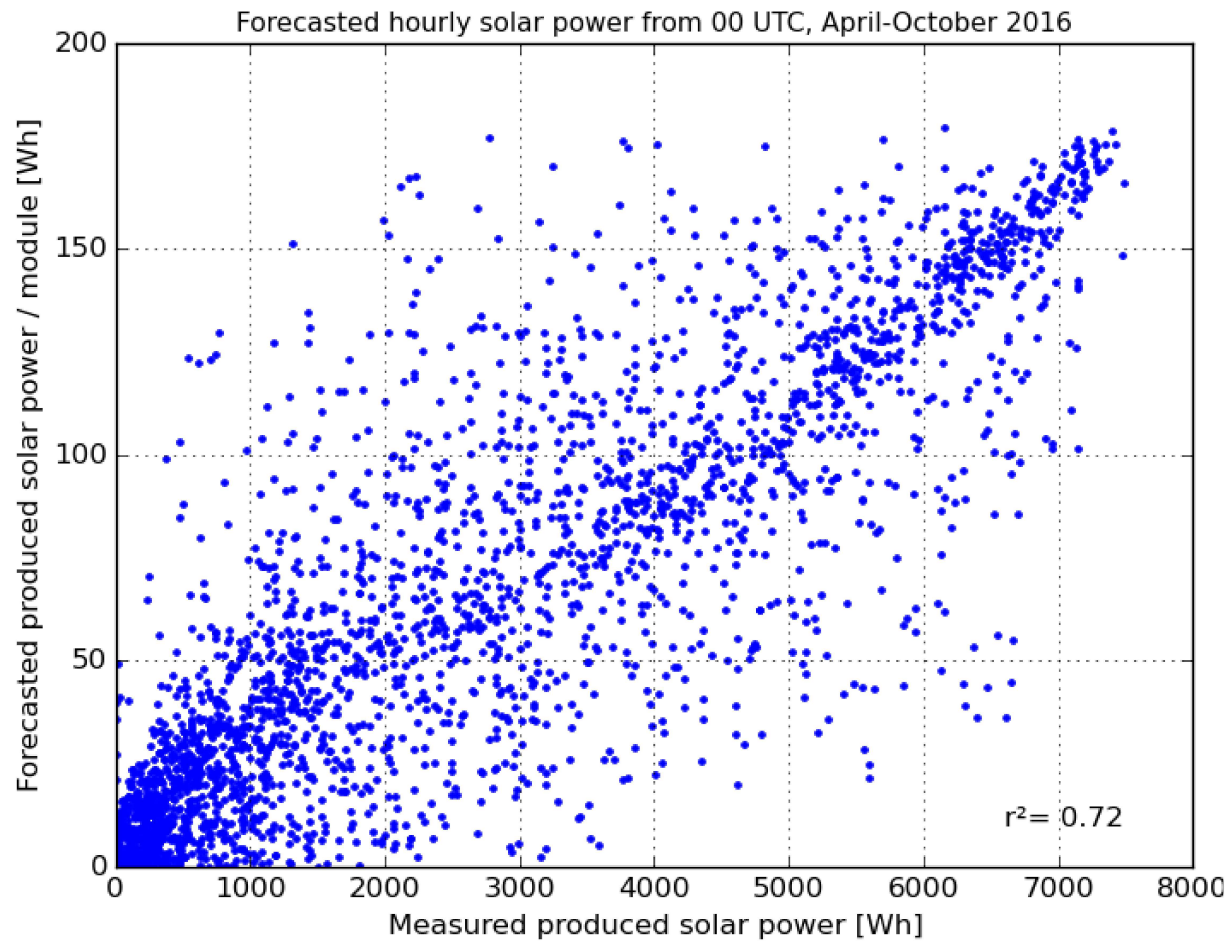


Husarvägen 57, Ljungsbro



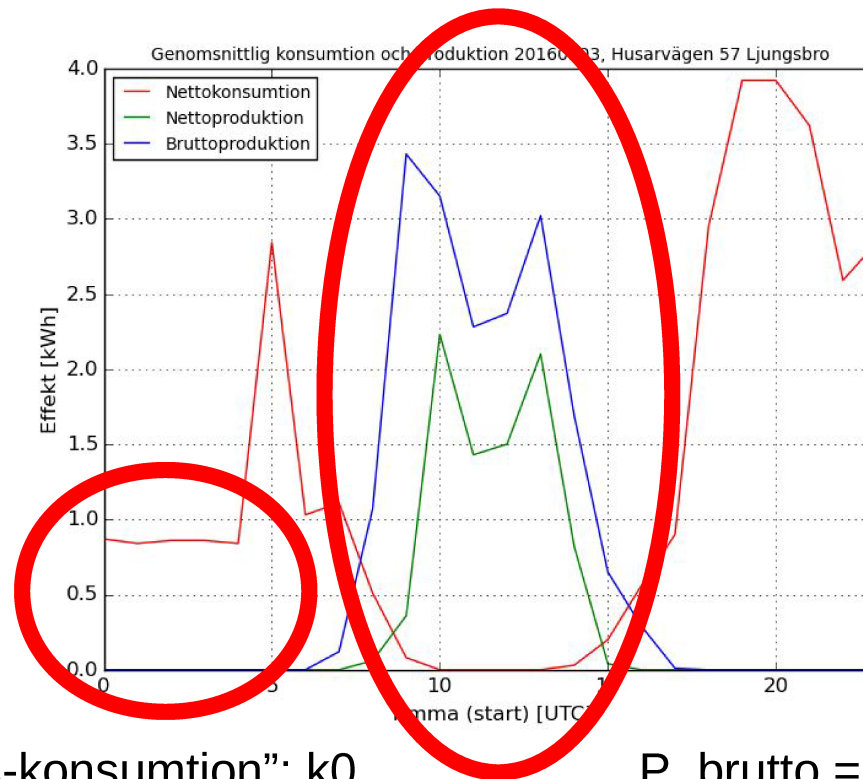
Estimera en moduls lutning och azimuth genom att maximera korrelationen mellan solelprognoser för en typmodul och uppmätt bruttoproduktion.

Skatta installerad effekt och bruttoproduktion



Skatta bruttoproduktion från netto-värden

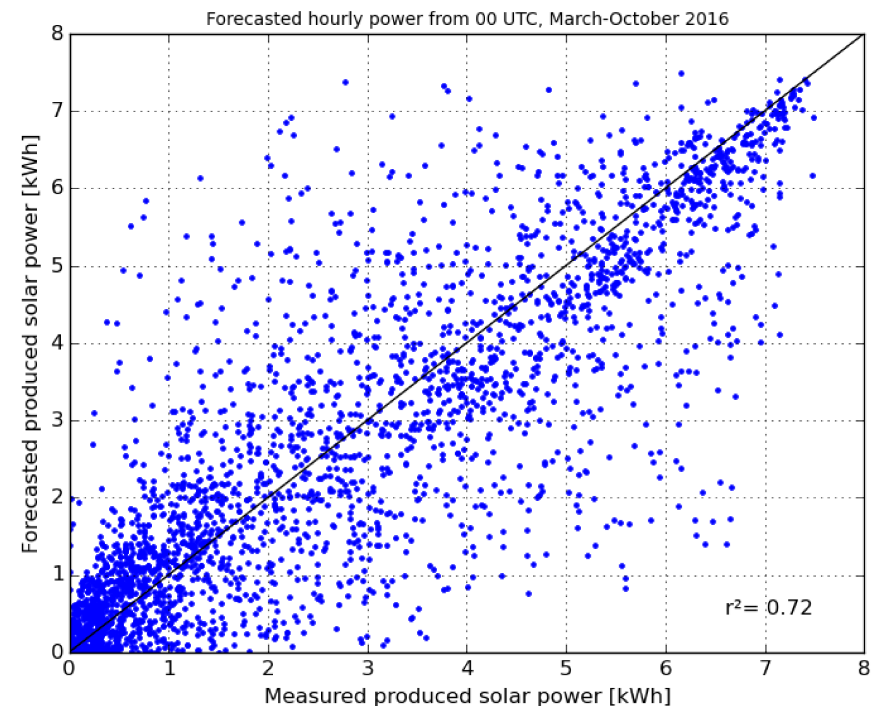
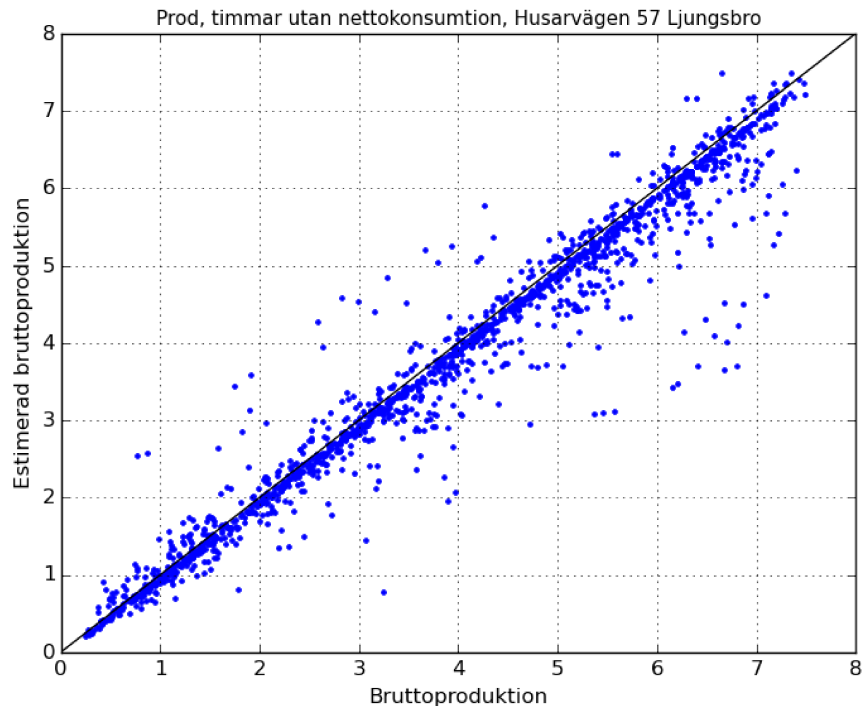
Exempel på enskild dag



“Bakgrunds-konsumtion”; k_0

$$P_{\text{brutto}} = P_{\text{netto}} + k_0$$

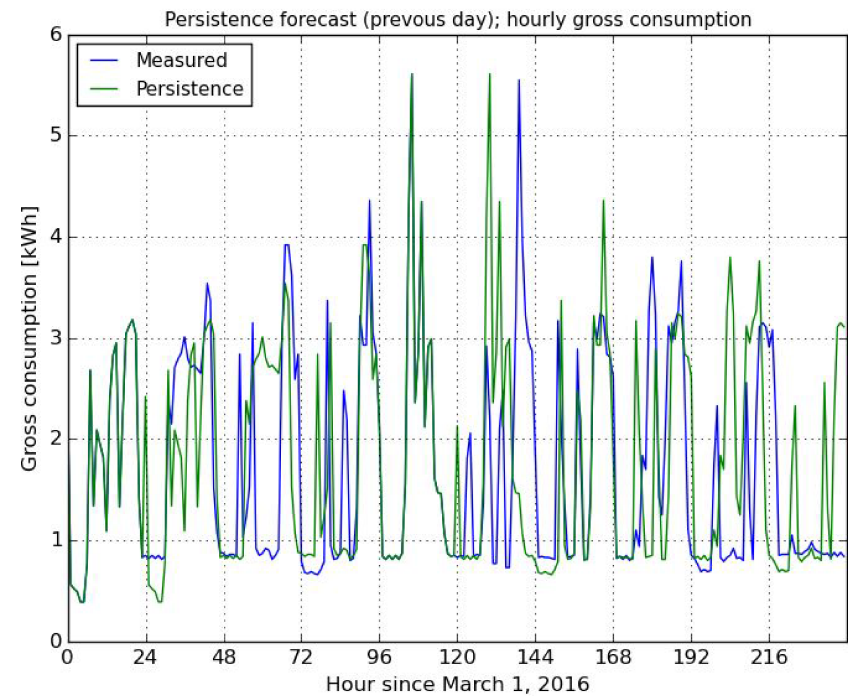
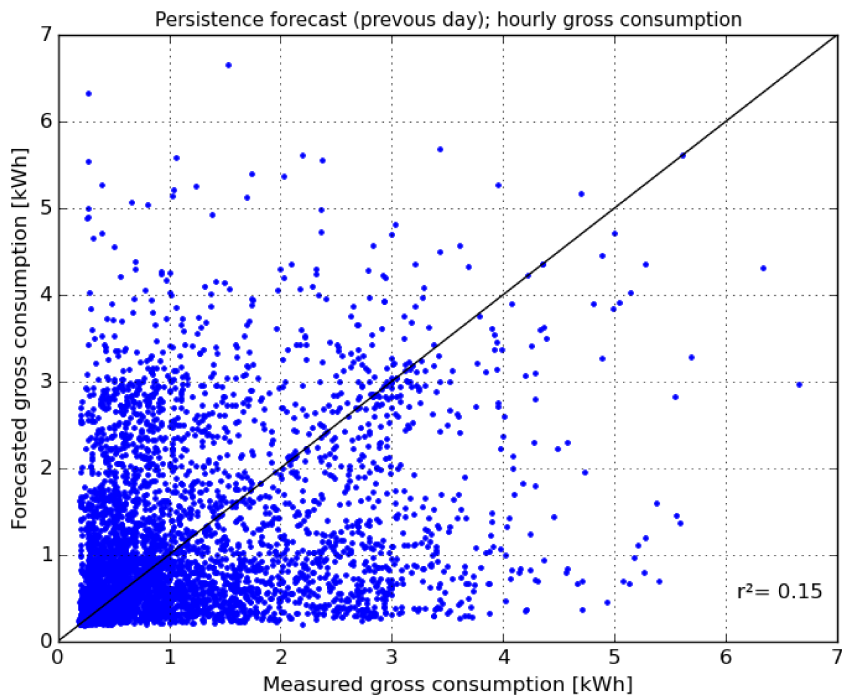
Skatta geometri och effekt baserat på nettovärden



p_{brutto} från timmar då $k_{\text{netto}} = 0$
 $P_{\text{brutto}} = P_{\text{netto}} + k_0$ (dagensberoende)

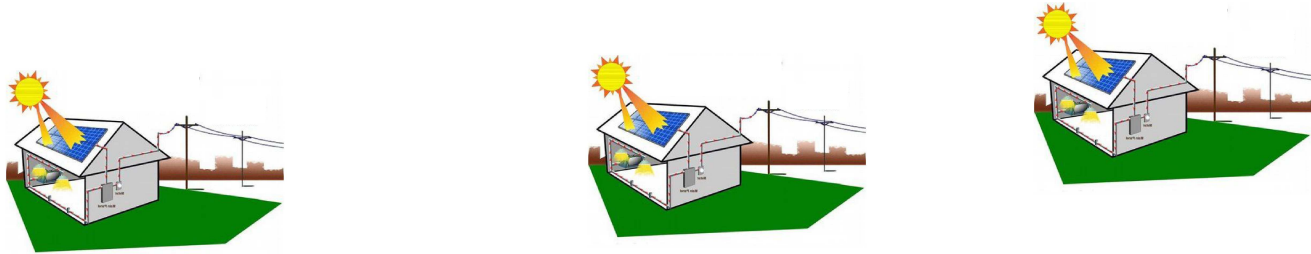
Solelprognos baserad på lutning och azimuth från uppmätt nettoproduktion/konsumtion.

Skatta bruttokonsumtion (nettoproduktion)



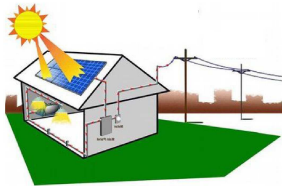
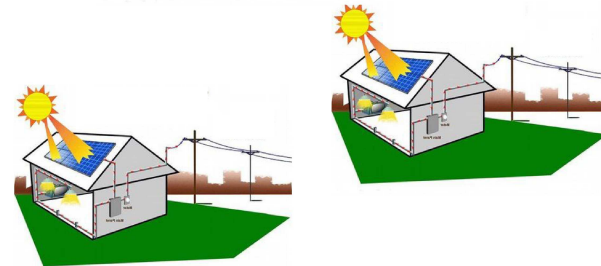
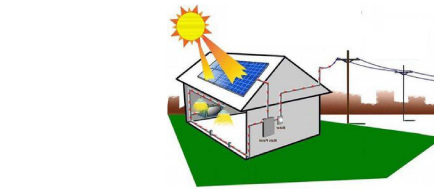
Persistens fungerar dåligt (i detta fall). Även om vi använder samma veckodag. Bättre om vi tittar på summan från flera anläggningar?

“Upscaling”

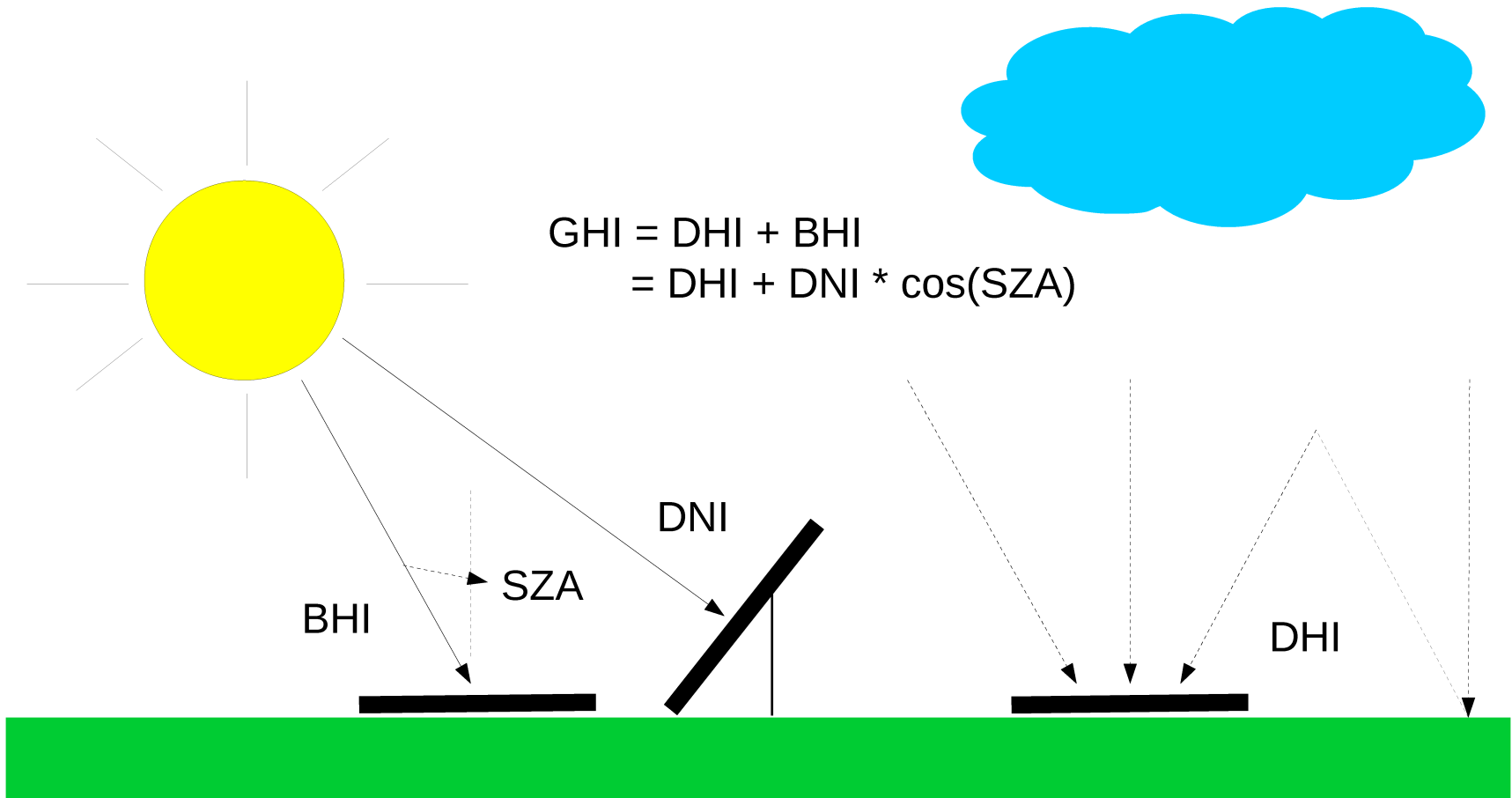


Representera alla sol-el-producenter kopplade till en transformator, en inmatningspunkt eller hela nätet:

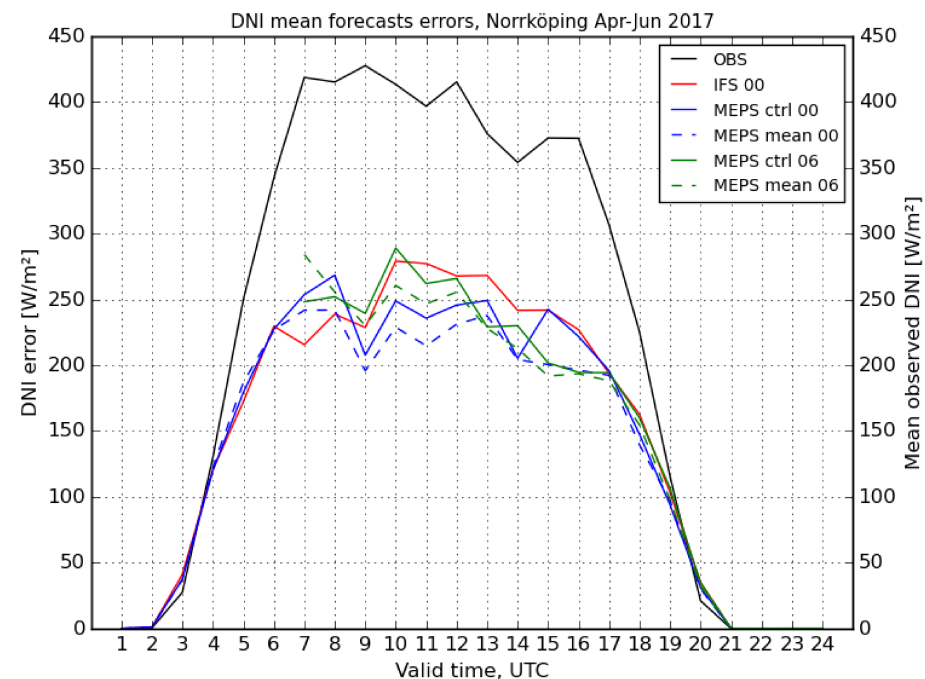
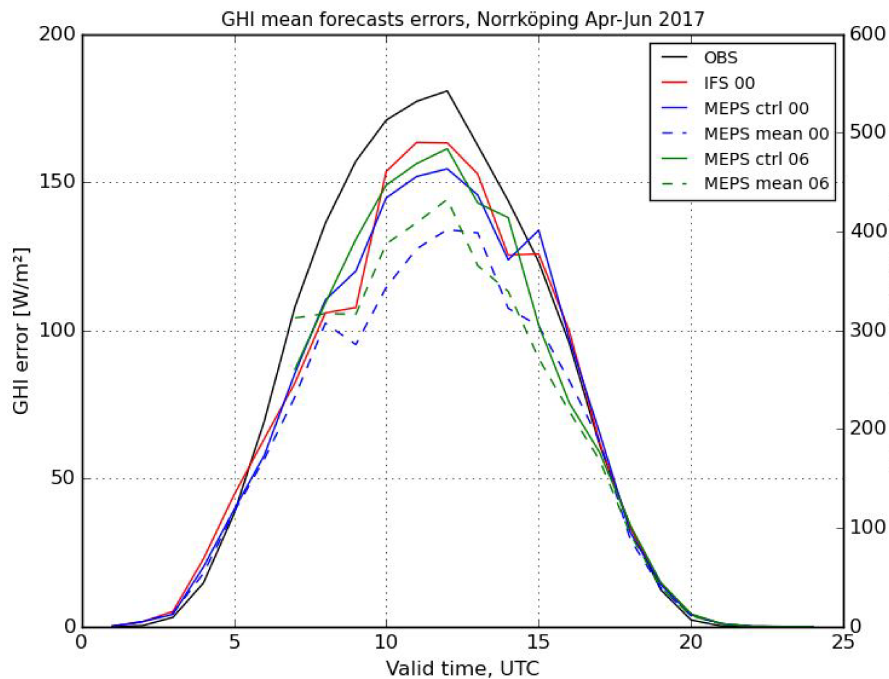
- Mindre uppsättning typsystem
- Sannolikhetsfördelning för parametrar



Global, direkt och diffus strålning



Jämförelse, lokala-globala modeller (MEPS vs IFS)



“Ensemble mean” bättre än enskilda prognoser.

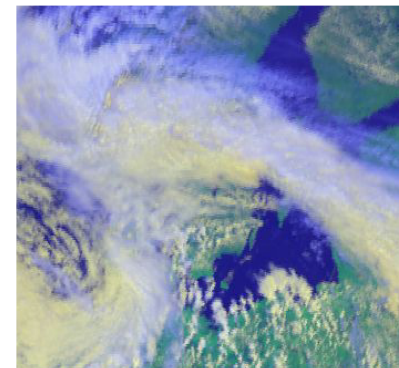
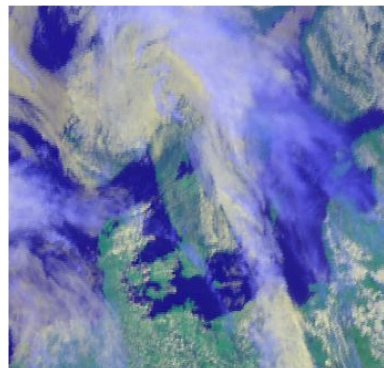
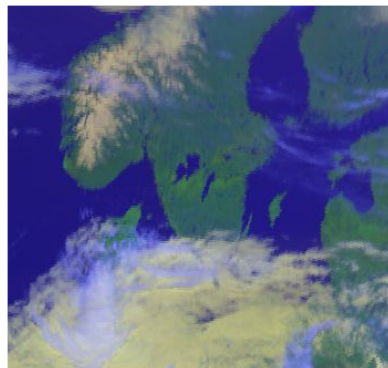
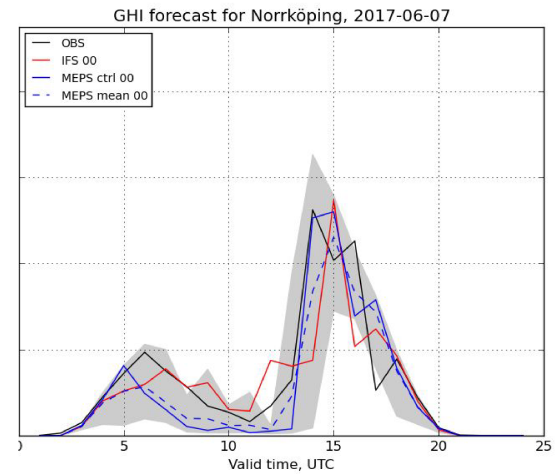
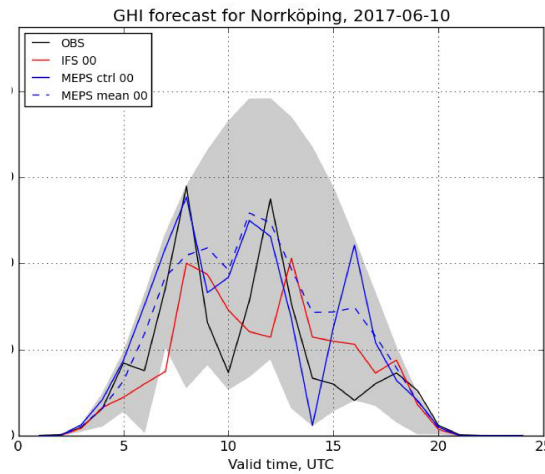
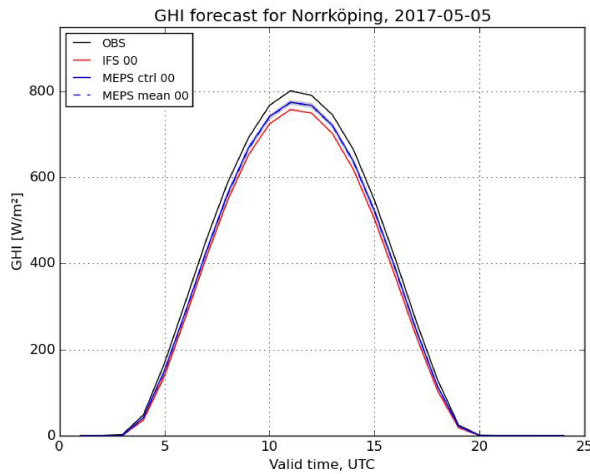
Prognos från 00 bäst 01 – ca 15 sedan är 06-prognosen bättre eller lika bra.

MEPS för att skatta osäkerhet i prognosen (GHI)

Klart; säker

Växlande; osäker

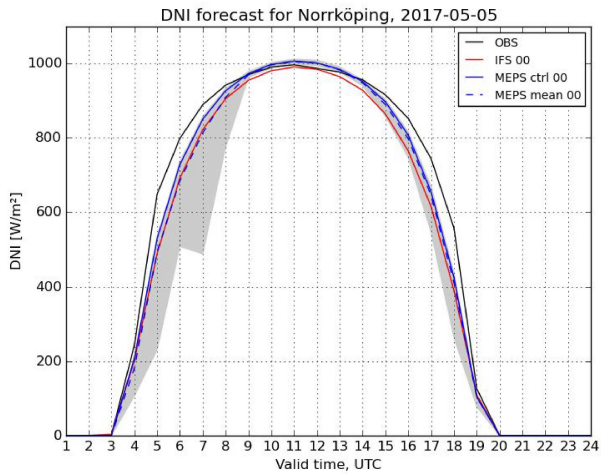
Mulet; säker (middag)



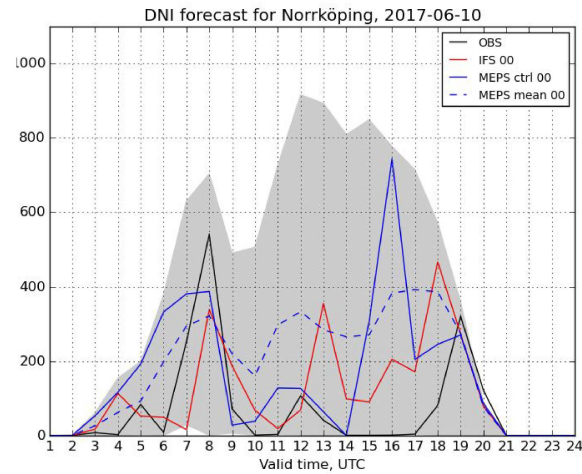
1200 UTC

MEPS för att skatta osäkerhet i prognosen (DNI)

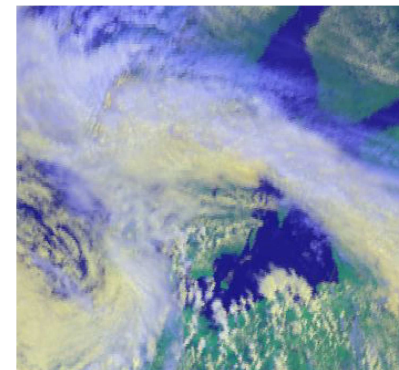
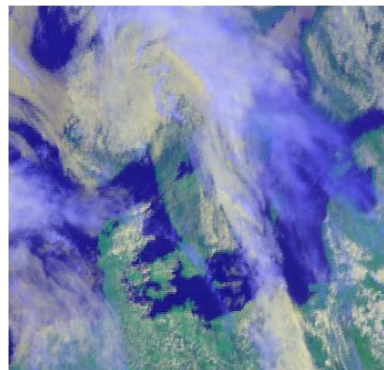
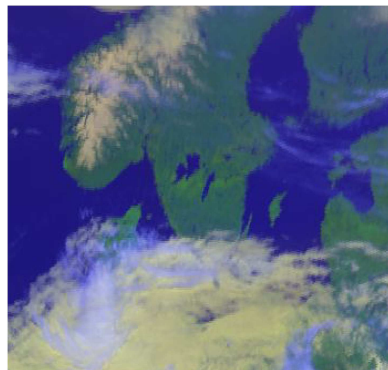
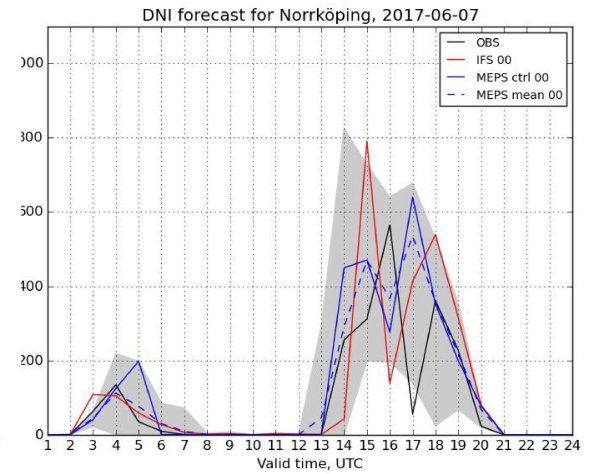
Klart; säker



Växlande; osäker



Mulet; säker (middag)



1200 UTC

Slutsatser och fortsättning

MEPS (Arome) bättre än IFS på GHI och DNI (NrK, apr-jun 2017).

06+06 inte bättre än 00+12 men 06+12 bättre än 00+18 (spinup).

MEPS verkar innehålla relevant information om osäkerheten i solprognosen.

Kvalitén på solelprognoserna ser lovande ut.

Molntopp och molnbas baserat på satellitdata direkt, inte via Mesan.

Intrimning av molninitialiseringen.

Prognos av nettoproduktion från flera anläggningar (upscaling).

Hur kan Tekniska Verken använda sig av solelprognoserna?