

AI-driven stokastisk optimering för batterilagringssystem

AI4Energy, Stockholm, 2024-11-11

Sara Frimodig, PhD, Senior Optimization Engineer



Agenda

Bakgrund

AI-driven optimering

Resultat

Nästa steg



INGRID
CAPACITY

Agenda

Bakgrund

AI-driven optimering

Resultat

Nästa steg

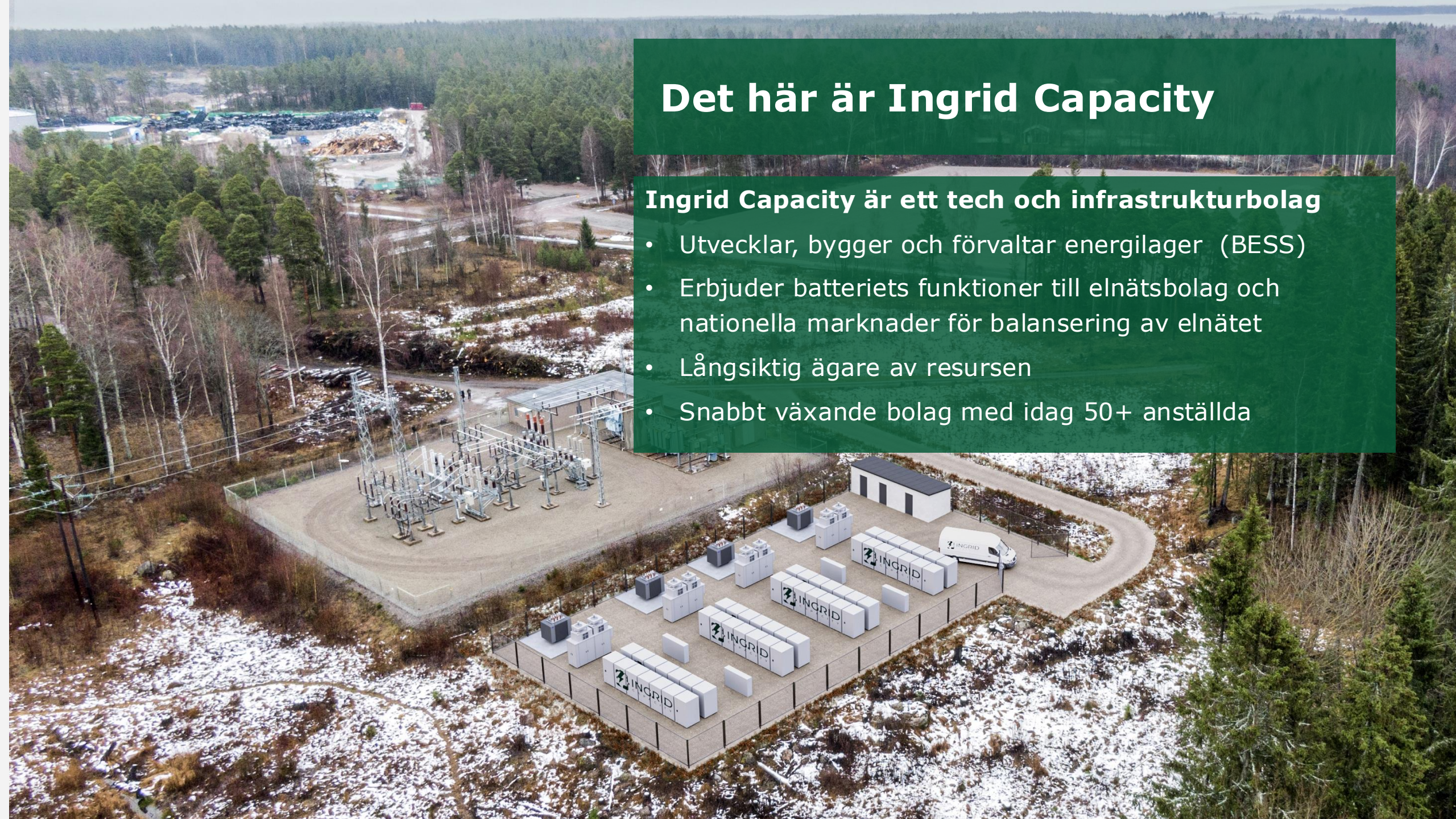


INGRID
C A P A C I T Y

Det här är Ingrid Capacity

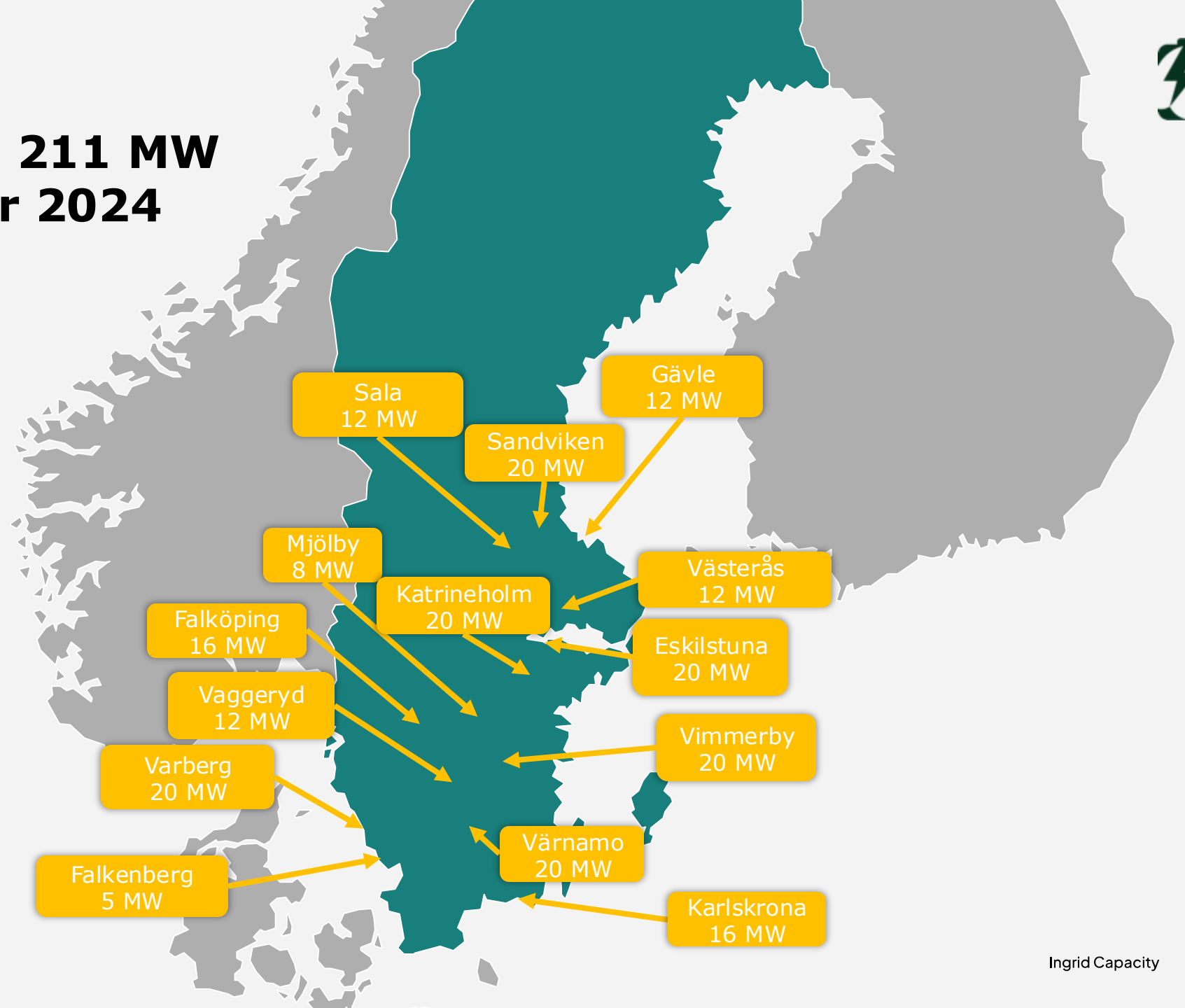
Ingrid Capacity är ett tech och infrastrukturbolag

- Utvecklar, bygger och förvaltar energilager (BESS)
- Erbjuder batteriets funktioner till elnätsbolag och nationella marknader för balansering av elnätet
- Långsiktig ägare av resursen
- Snabbt växande bolag med idag 50+ anställda



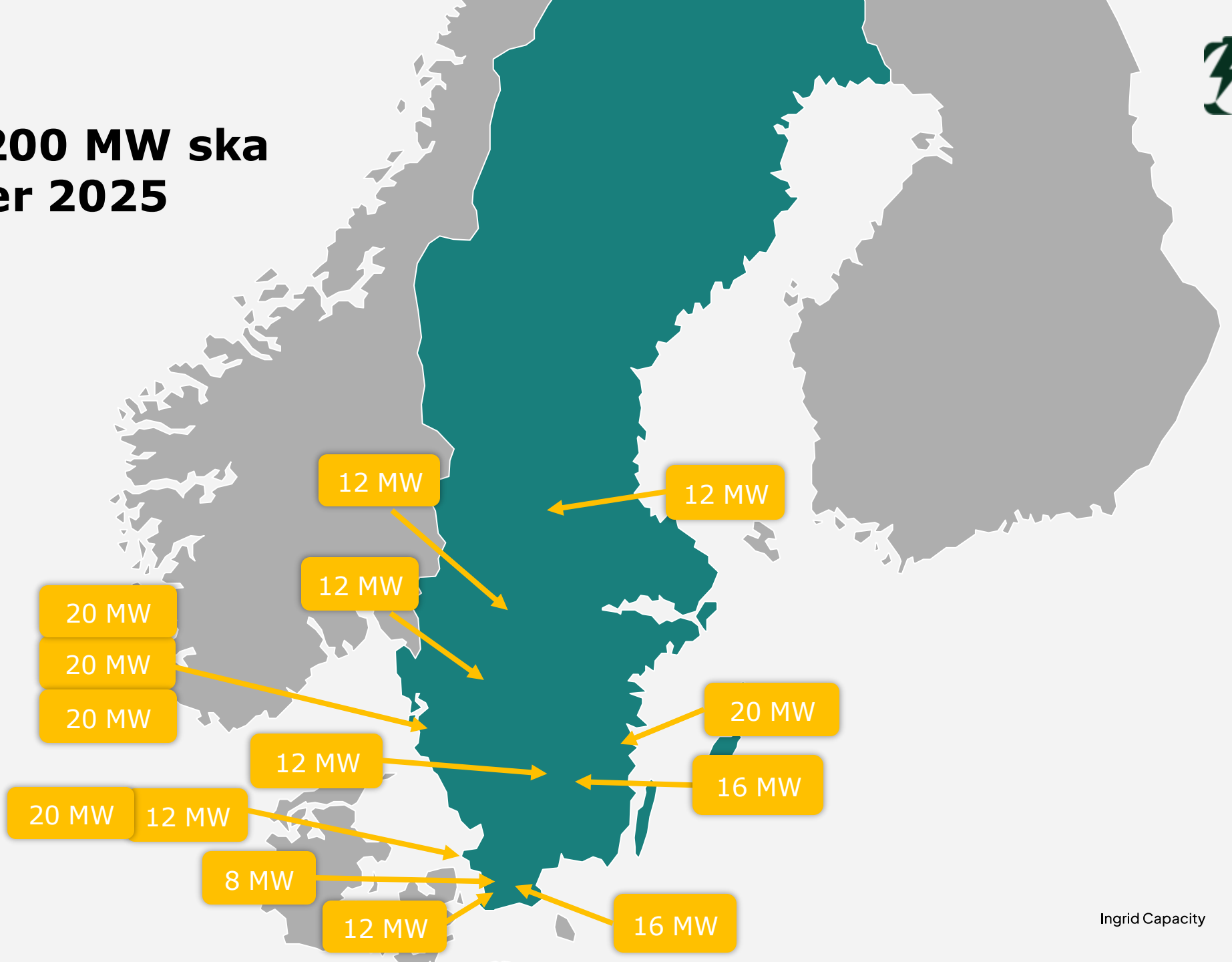


Anläggningar på 211 MW har byggts under 2024





Ytterligare 200 MW ska byggas under 2025



Batterier kan användas för att stabilisera elnätet

- Deltagande i Svenska Kraftnäts stödtjänster
 - FFR
 - FCR-N
 - FCR-D Ner
 - FCR-D Upp
 - aFRR
 - mFRR
- Handel med el
 - Dagen före-marknaden
 - Intra-dag



Agenda

Bakgrund

AI-driven optimering

Resultat

Nästa steg



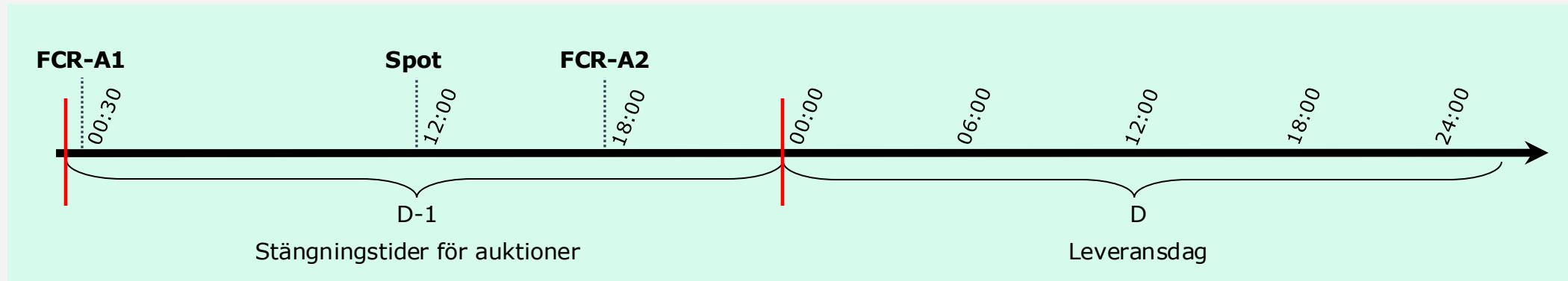
INGRID
C A P A C I T Y



Att optimera användandet av batterier

Mål: Optimera batterianvändningen över dagens 24 timmar

- För varje timme av dagen, hur mycket av batteriets kapacitet (MW) ska vi allokeras till de olika tjänsterna/produkterna, och till vilket pris?
- Hur mycket ska vi sälja **nu**, och hur mycket kapacitet ska vi spara för **framtida auktioner**?



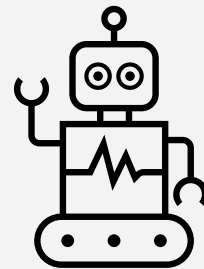
Prognostisera stödtjänstpriser

Syfte

- Det finns inga bra prisprognoser för stödtjänstmarknaden tillgängliga att köpa
- Avgörande för optimeringens prestanda

Metoder

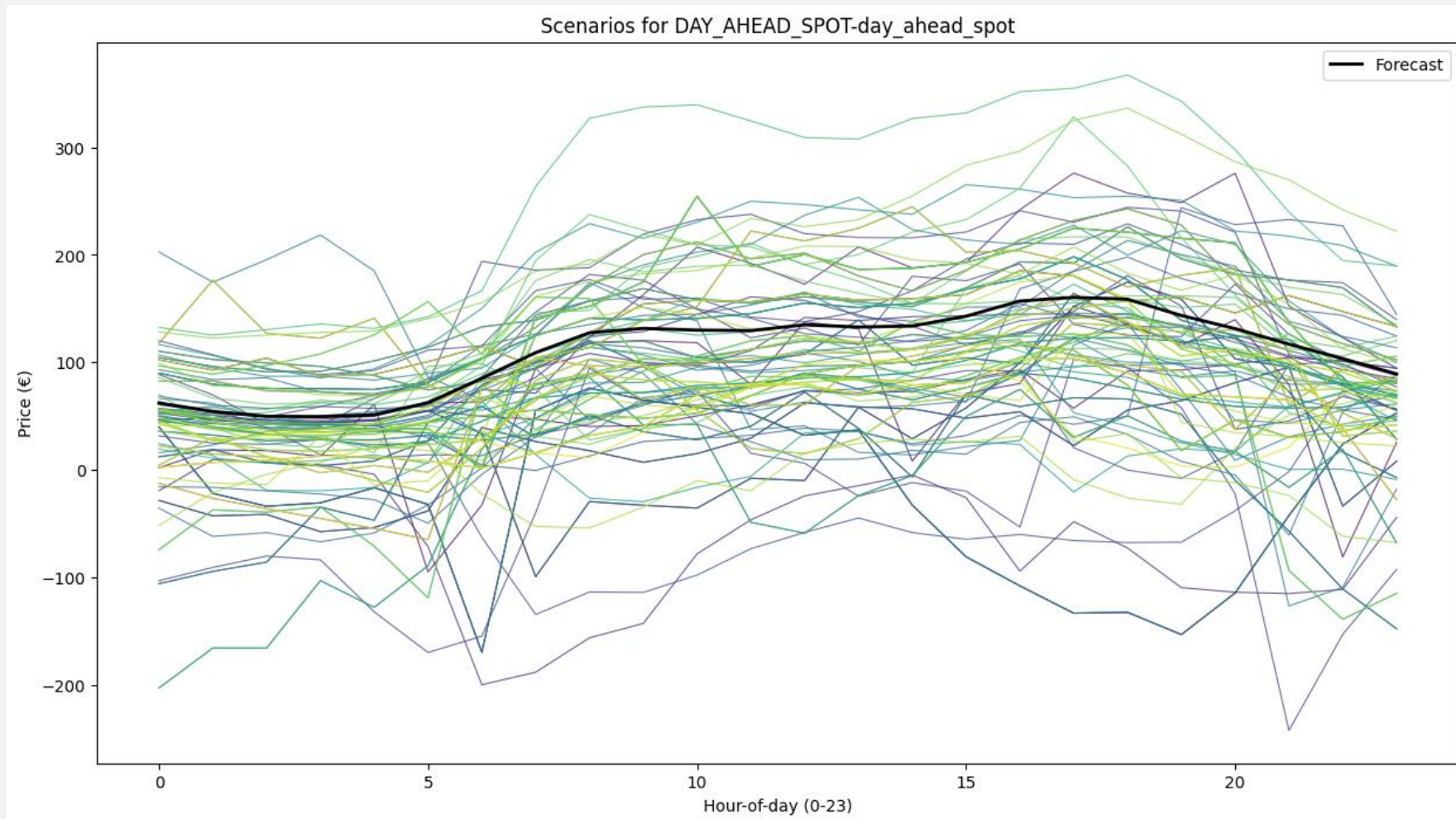
- Maskininlärning
- Klassiska statistiska analyser
- Deep learning
- Transformers (TimesFM)

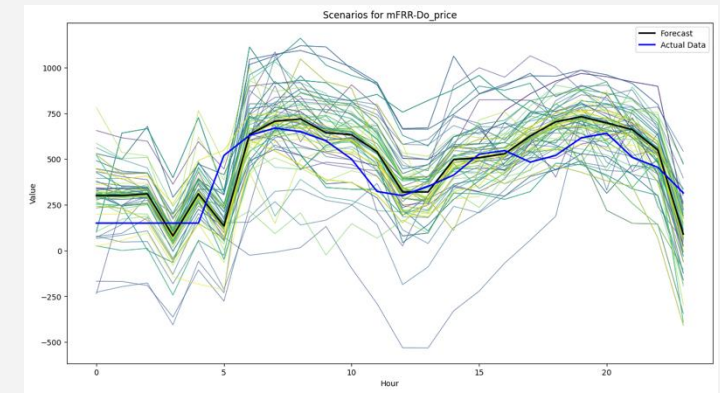
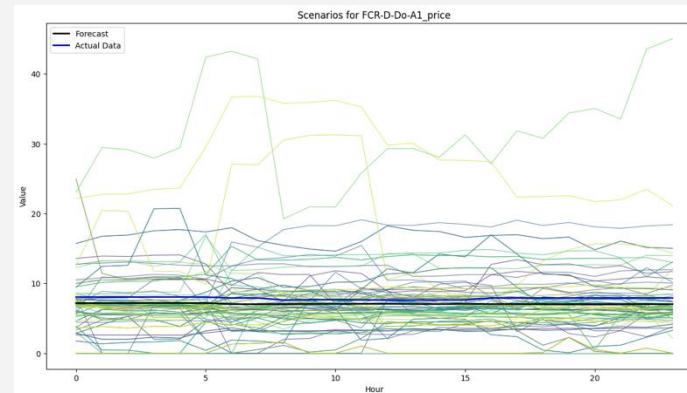
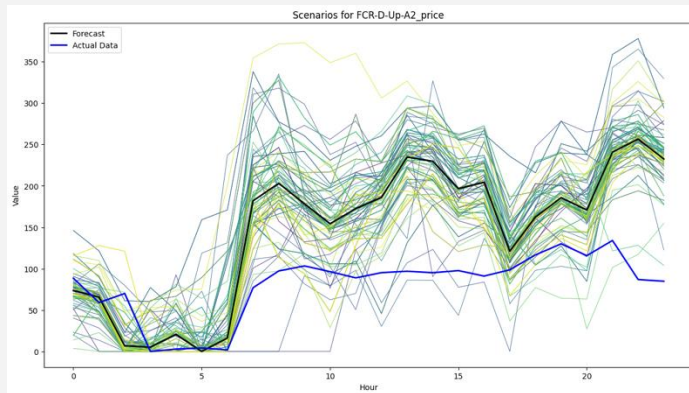
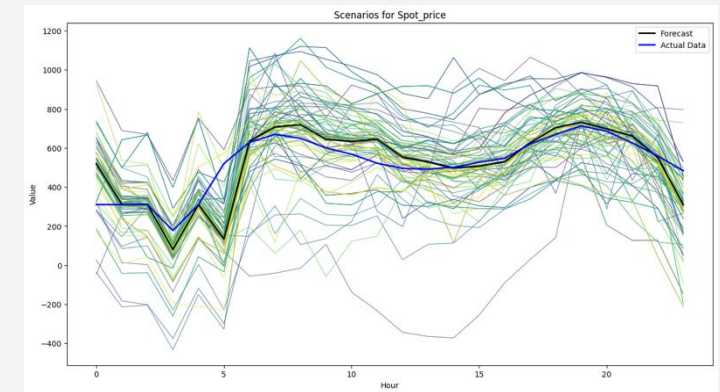
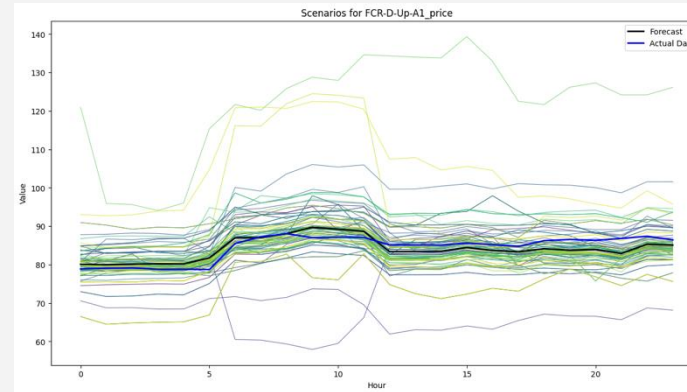
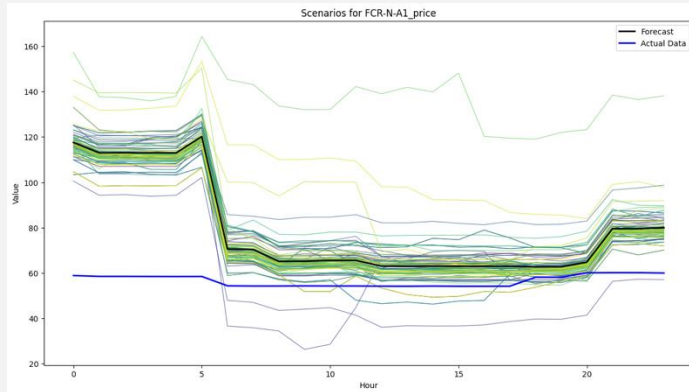
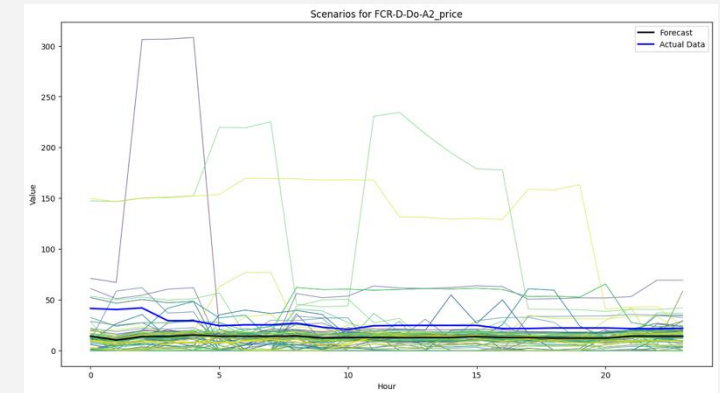
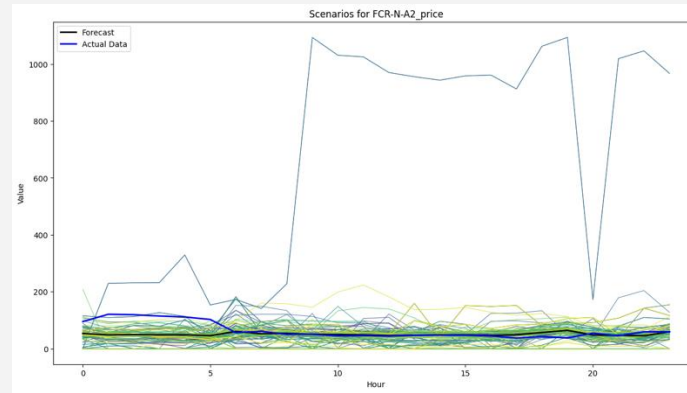
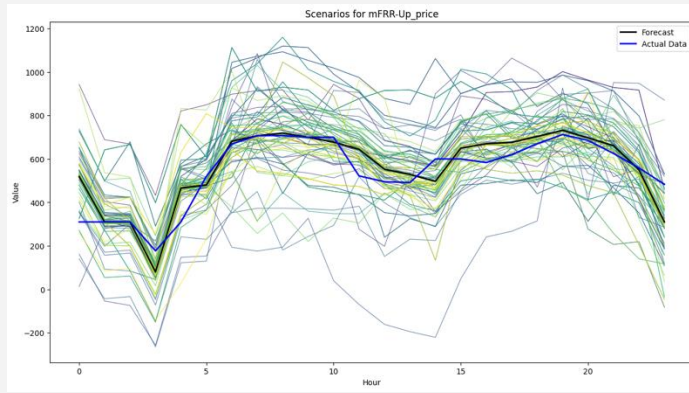




Stokastisk scenariegenerering

Framtiden är osäker – generera hundratals framtida (potentiella) scenarier





Stokastiskt optimeringsproblem

Målfunktion: Maximera förväntad vinst över alla auktioner och alla scenarier

The objective function is then to maximize the total revenue minus the imbalance fees, minus the tariffs, plus the end-of-day state-of-charge, over all scenarios and hours

$$\text{maximize } \sum_{s \in S} \pi_s \left(\sum_{h \in H} \left(\text{revenue}_h^{\text{past}} + \text{revenue}_{sh}^{\text{current}} + \text{revenue}_{sh}^{\text{future}} - \text{imb}_{sh} - \text{gat}_{sh} \right) + \text{eod}_s \right)$$

where π_s is the weight of scenario s .

Med hänsyn till

- Batteribegränsningar
- Nätbegränsningar
- Lokala nätavtal
- Regler och avtal för respektive tjänst/marknad (SvK, Nord Pool)
- Mycket mer...



Agenda

Bakgrund

AI-driven optimering

Resultat

Nästa steg



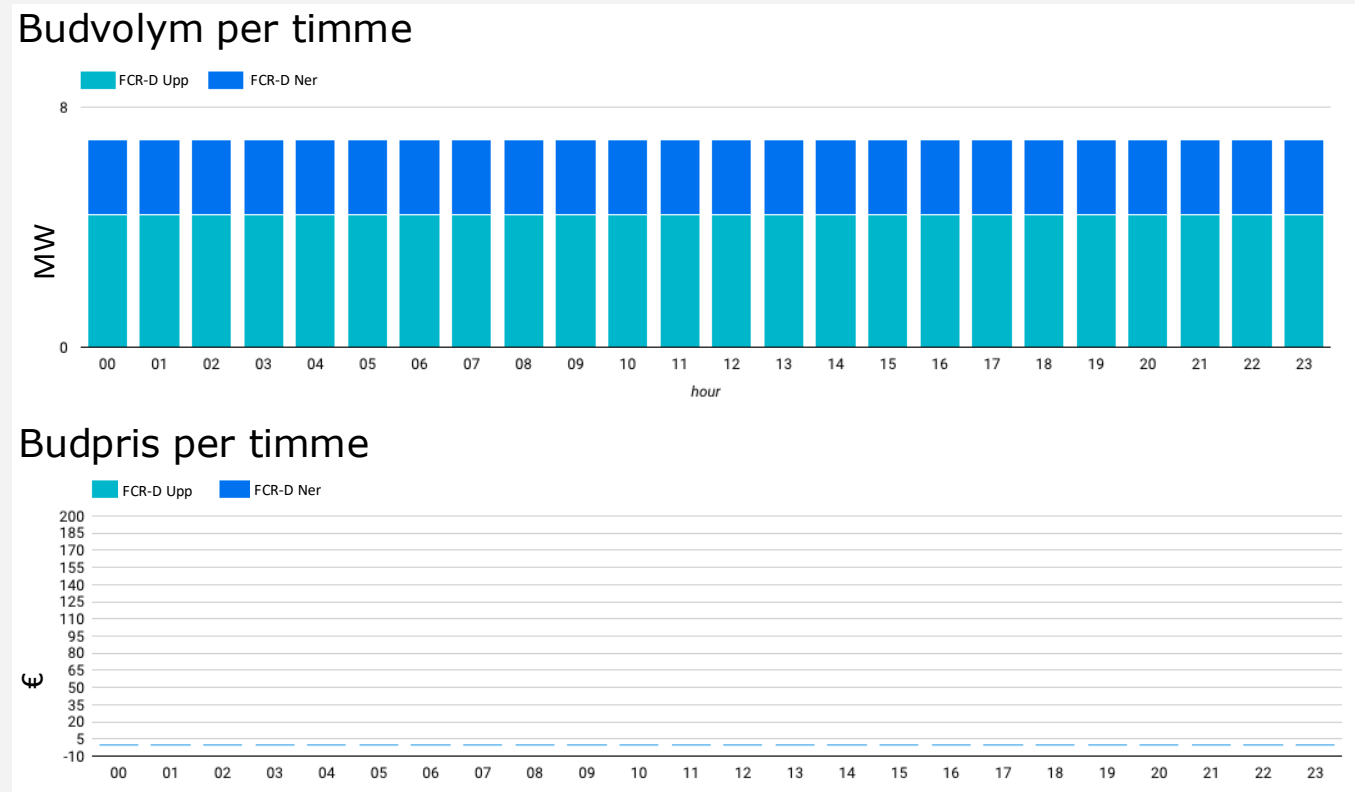
INGRID
C A P A C I T Y



Evaluering: Vad jämför vi med?

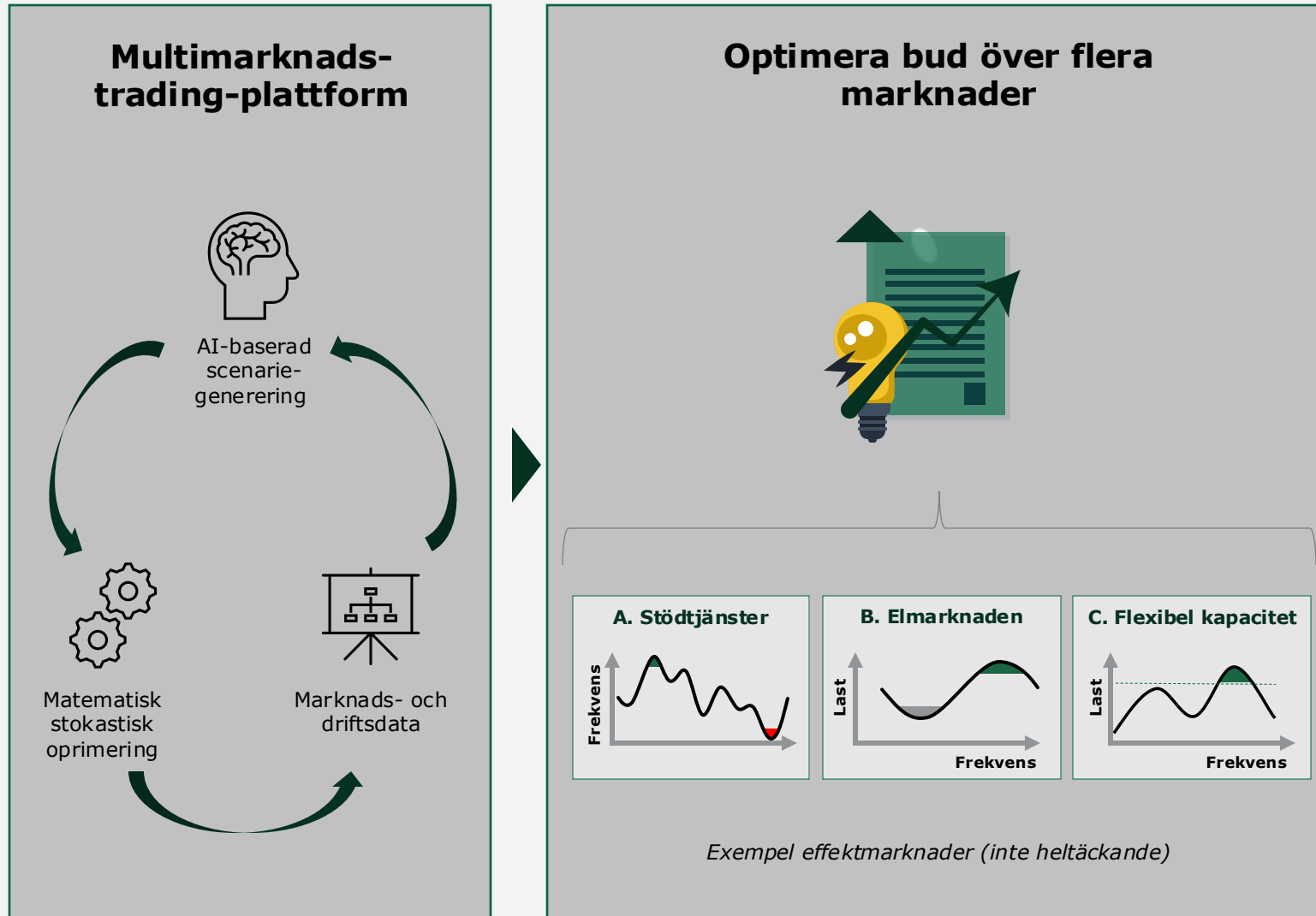
Naiva strategin:

- Varje timme, varje dag, buda maximalt FCR-D i båda riktningarna: FCR-D Ner och FCR-D Upp
- Naiva strategin har fungerat bra historiskt



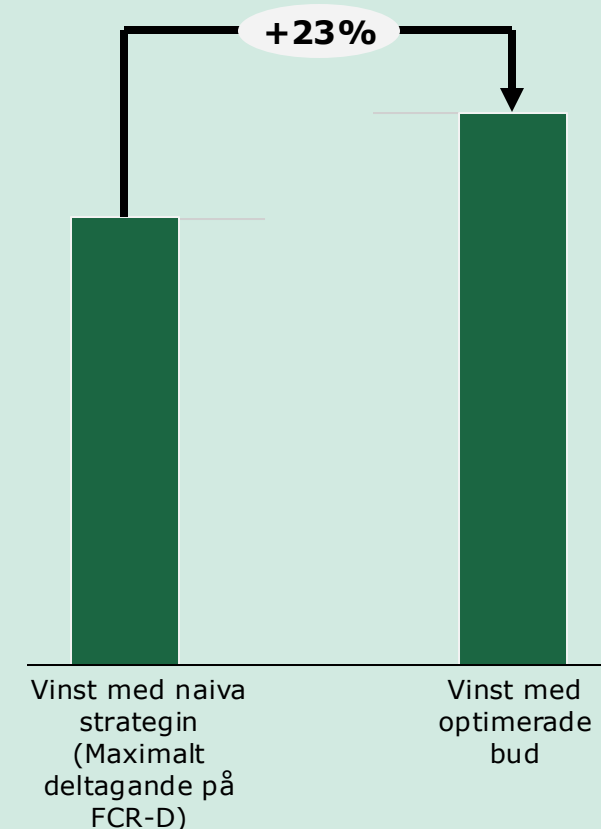
Vår trading-plattform möjliggör deltagande på olika marknader...

... och optimerar vinster



23% simulerad vinstökning med multimarknadshandel

ICABs första portfölj av 200MW, total *simulerad* vinst December 2024

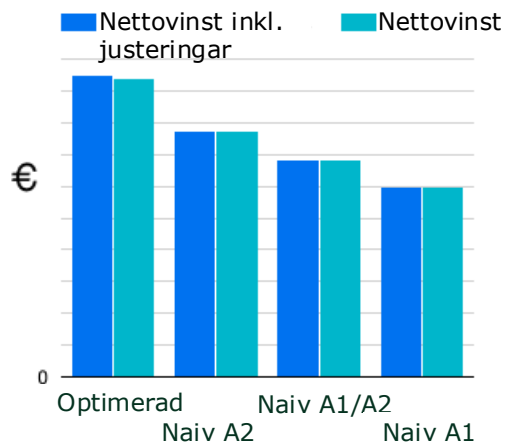
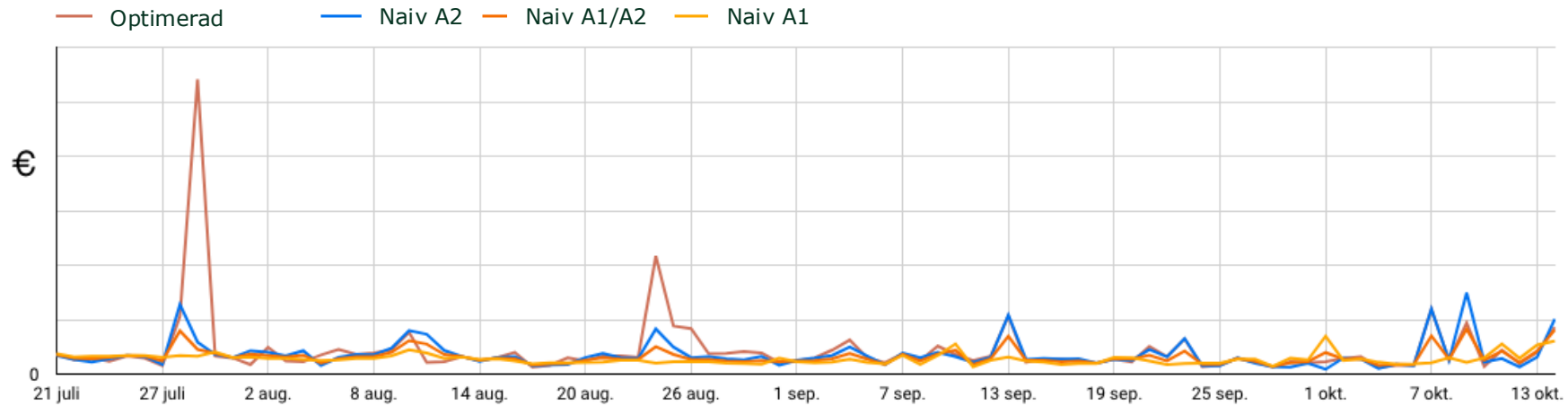


Optimerad vs. Naiva strategin

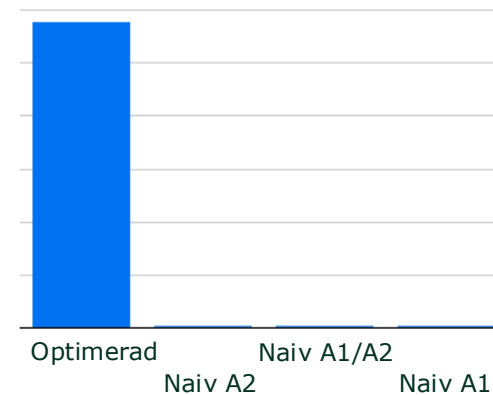


5 MW-site

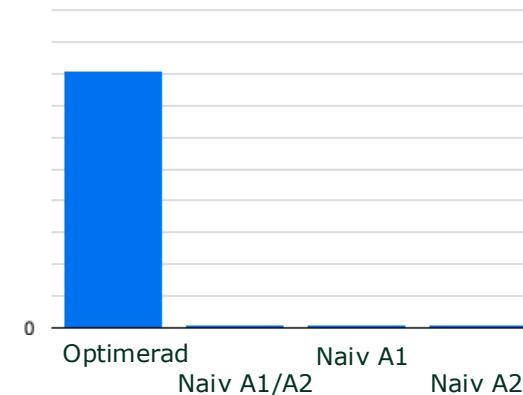
Vinst per dag



Battericykler



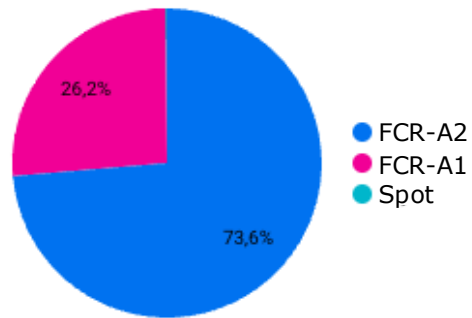
Obalanskostnader total



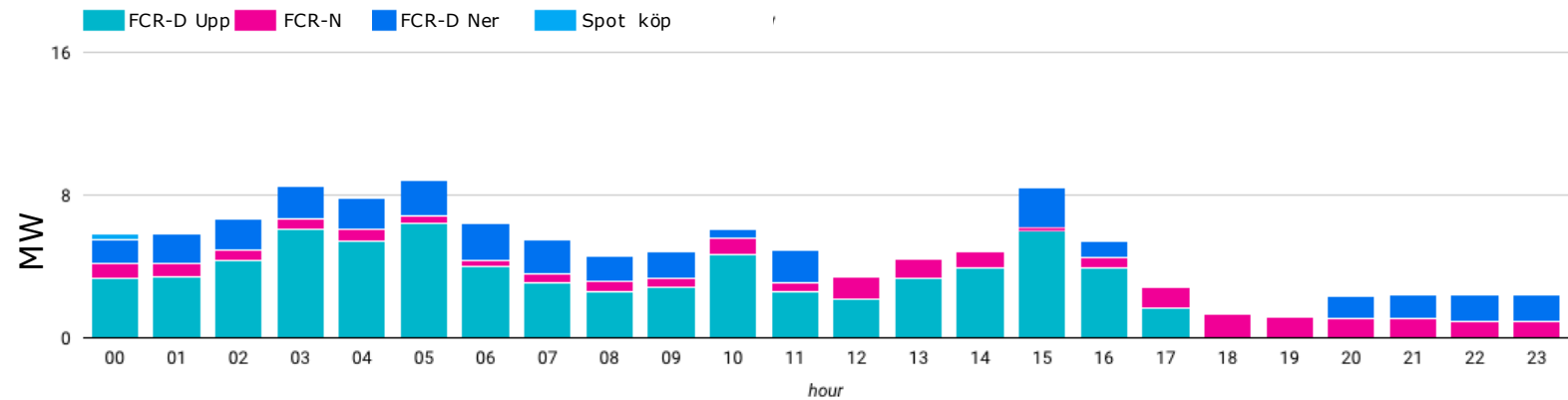
Optimerade planen utnyttjar de AI-genererade prisprognoserna för framtiden: budskeman för 29 juli



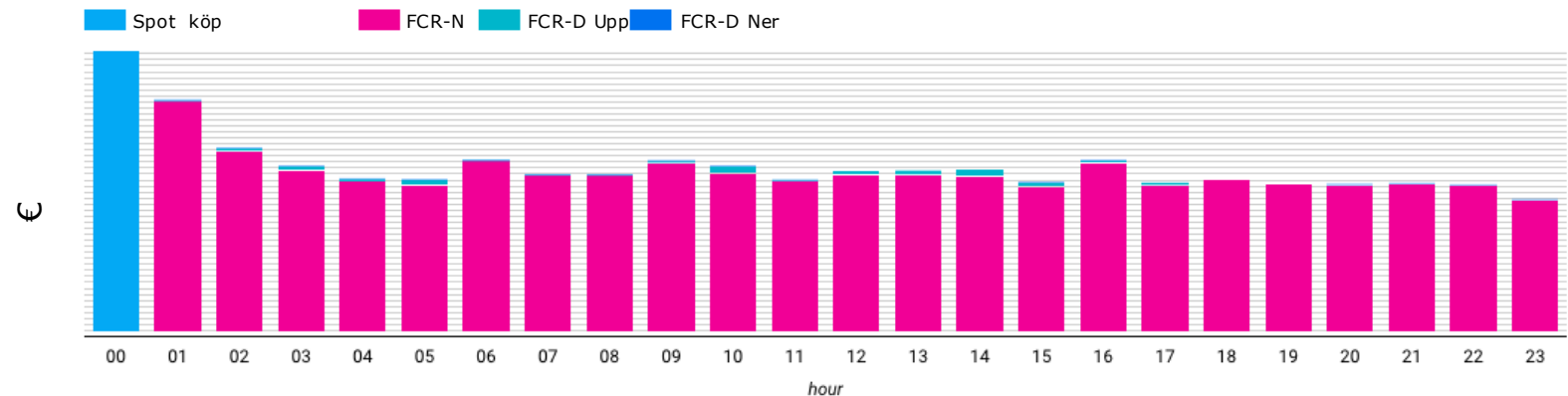
Budvolym per auktion



Budvolym per timme



Budpris per timme



Agenda

Bakgrund

AI-driven optimering

Resultat

Nästa steg



INGRID
C A P A C I T Y

Vi bygger AI- och dataverktyg anpassade för BESS

Nu och i framtiden på Ingrid Capacity

a Elsystem-simulator

"Digital tvilling" av europeiska elsystem

- Datadriven marknadsanalys och identifiering av flaskhalsar relevanta för lagring
- Kan användas för att se det ekonomiska värdet av lagringssystem och vägen mot en nettonoll-ekonomi

b Multi-marknads trading-plattform

Skräddarsydd algoritm för BESS-trading som optimerar tillgångars avkastning över flera marknader

- AI-baserad stokastisk optimering för dagen-före-handel för flera marknader
- För att även handla på intradagsmarknaden behövs nya AI-baserade algoritmer

c Drifts-plattform

Live-övervakning av drift och tillgångshantering

- Teknisk tillgångsförvaltning och optimering av livstidsvärde (garanti, försäkring, osv)
- AI-baserat prediktivt underhåll

d Internt AI-verktyg

Best practice för AI och datadriven intern verksamhet

- AI-baserad kodning och arbetsflöde för teknisk utveckling
- Dokument och skriftlig kommunikation anpassade för integration med LLM:er och användningsfall för generativ AI

Tack!