



# Hvordan påvirker begrenset fremsyn investeringer i norsk vindkraft?

**CREE Modellforum (14/05-2016)**

Arne Lind & Eva Rosenberg

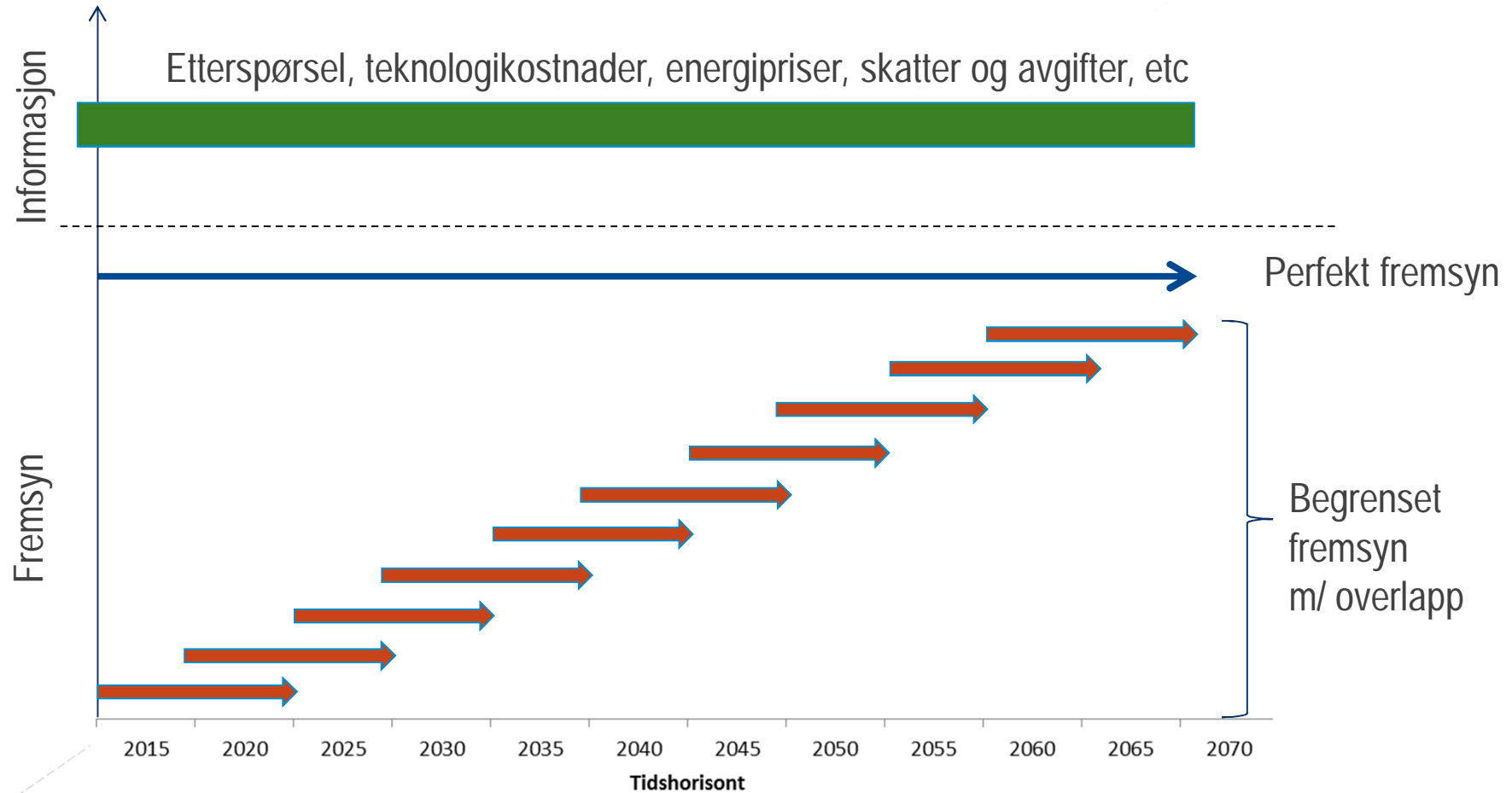
# Oversikt

- Innledning
  - Motivasjon
- Metodikk
  - TIMES-Norway
  - Begrenset fremsyn vs perfekt fremsyn
- Scenarier og øvrige forutsetninger
  - Modellalternativer
  - Etterspørselsalternativer
  - Energipriser
  - Etc.
- Modellresultater
- Konklusjoner

# Motivasjon

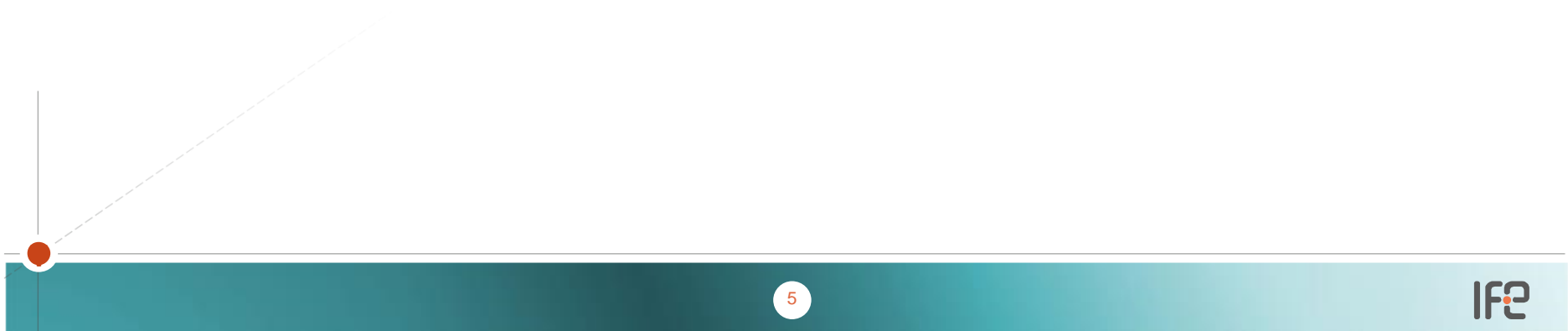
- Det finnes svært lite (ingenting??) som er publisert angående bruk av begrenset fremsyn i TIMES-modeller
  - Finnes noen få eksempler på at metodikken er benyttet i andre typer energisystemmodeller
- Teste ut viktigheten av antakelsen om perfekt fremsyn
- Virkeligheten: Beslutningstakere har ikke fullstendig informasjon om fremtiden
  - I praksis: Benytter en begrenset tidshorison for beslutningsprosesser (selv om fremtiden er forutsigbar til en viss grad)
- Fra et markedssynspunkt er det ikke fornuftig å benytte en antakelse om perfekt fremsyn
  - Mer realistisk å benytte en tidshorison som er lik planleggingshorisonten til investeringsbeslutninger

# Prinsipp

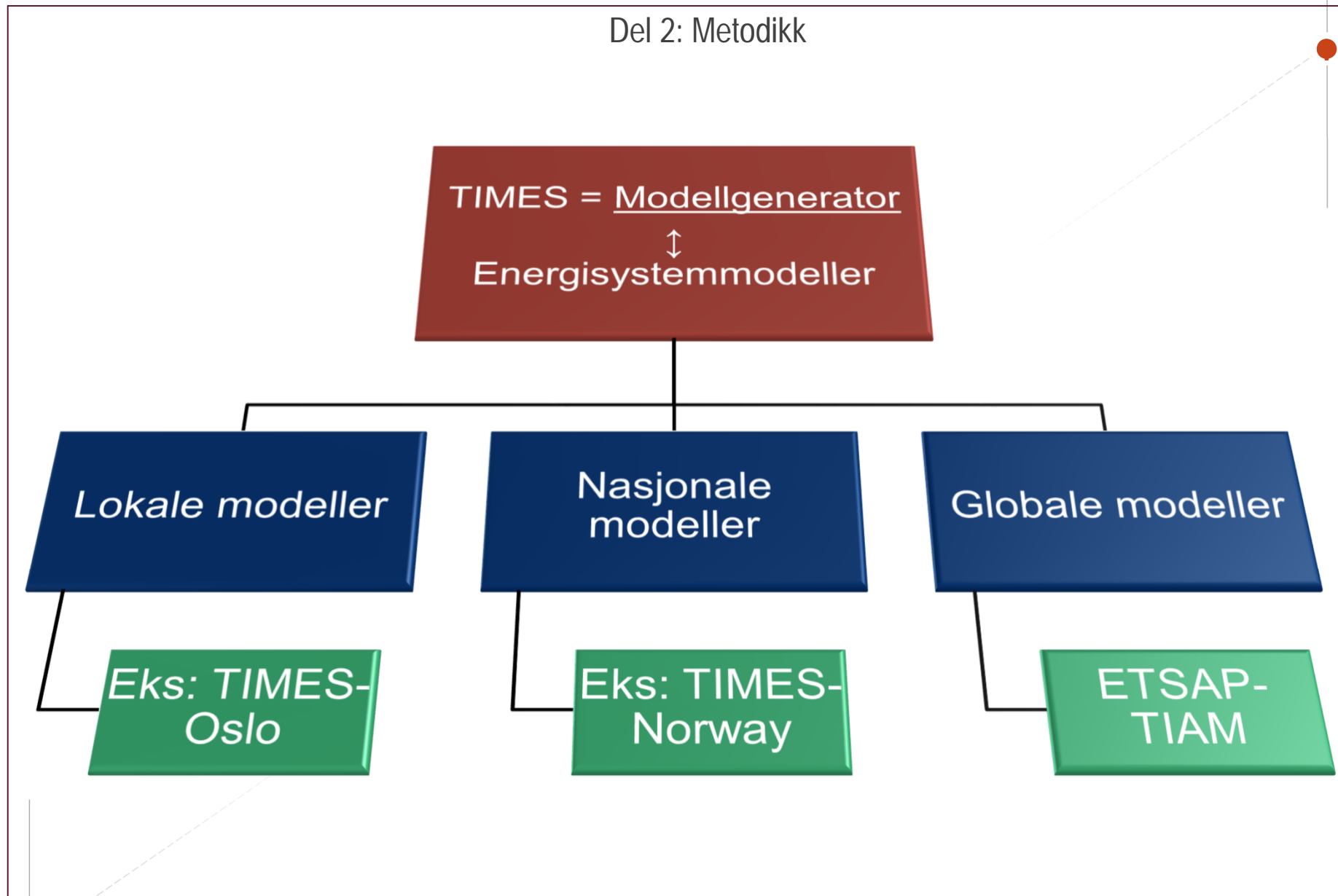




# Metodikk



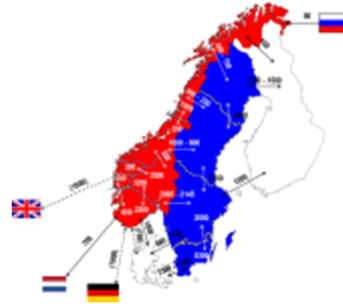
## Del 2: Metodikk



# Matematiske egenskaper

- For en generell\* TIMES-modell gjelder følgende:
  - Lineære relasjoner mellom inn- og utparameterne til teknologier
  - Totalt, økonomisk overskudd er maksimert for hele tidsperioden
  - Konkurrerende energimarkeder med perfekt fremsyn
- Følgende gjelder basert på egenskapene ovenfor
  - Markedsprisen til enhver vare/energibærer er lik varens marginalverdipris (restriksjonens skyggepris) i det overordnede systemet
  - Enhver økonomisk aktør maksimerer sin egen profitt eller nytte
  
- \* I et ikke-generelt tilfelle kan modellen inkludere ikke-lineariteter og heltallsvariable

# TIMES-Norway

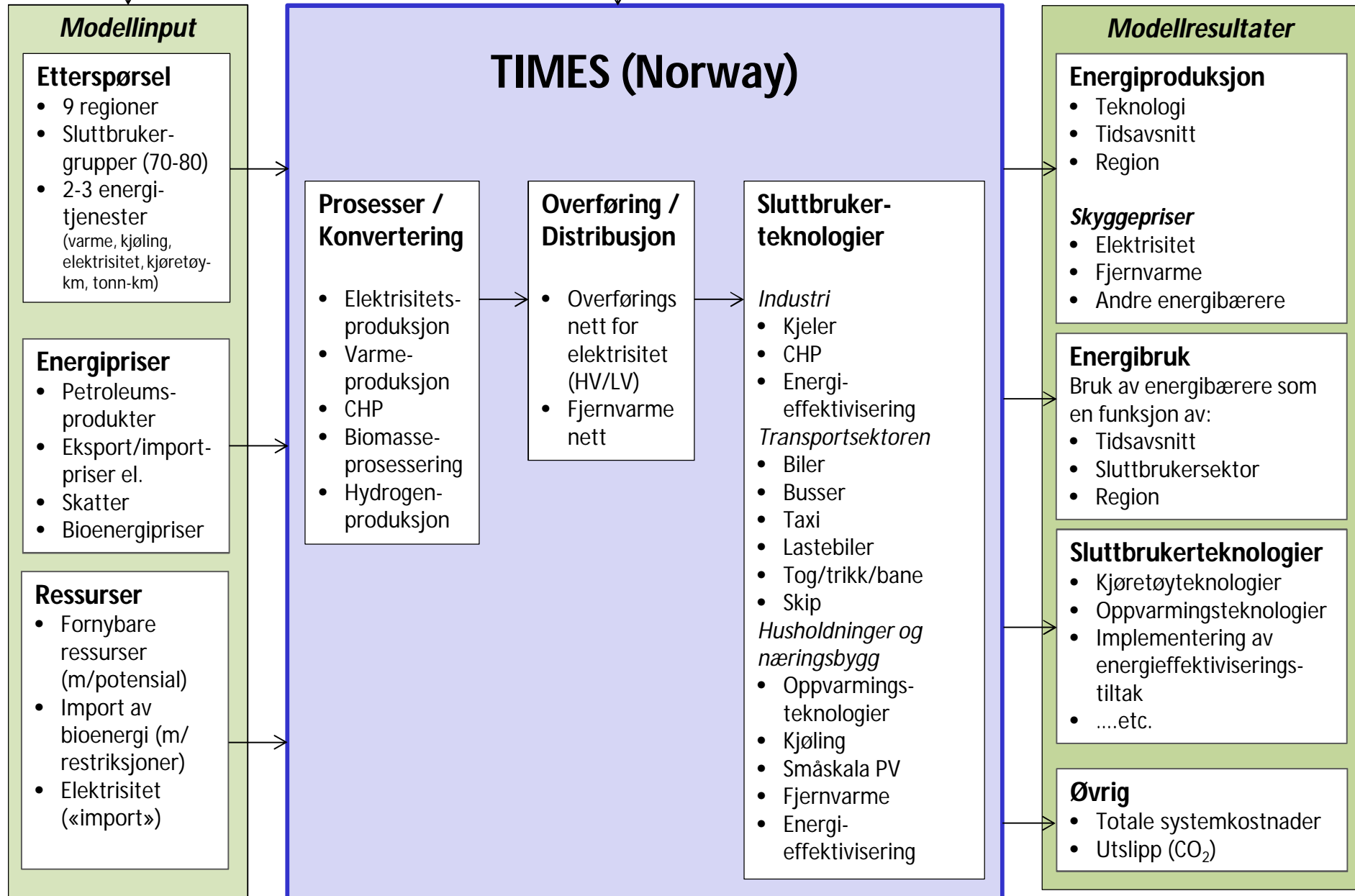


- TIMES er et verktøy for å generere modeller for lokale, nasjonale eller multi-regionale energisystemer
  - Benyttes vanligvis for å gjennomføre analyser som omfatter hele energisektoren
  - Optimaliseringsverktøy
- TIMES-Norway er en tekno-økonomisk energisystemmodell for Norge
  - Utviklet av IFE i samarbeid med NVE
  - Høy tidsinndeling (260 tidssteg per år)
  - Modellhorisont: 2010 - 2050
  - Norge er inndelt i 5 regioner
    - ✓ Valgfritt: 4 svenske regioner
  - Modellen antar perfekt konkurranse og forutseenhet og drives av fremtidig energietterspørsel



## Scenarier

*Forutsigende* (prognoser, hva om?), *undersøkende* (eksterne, strategiske) og *normative* (bevare, forvandle)

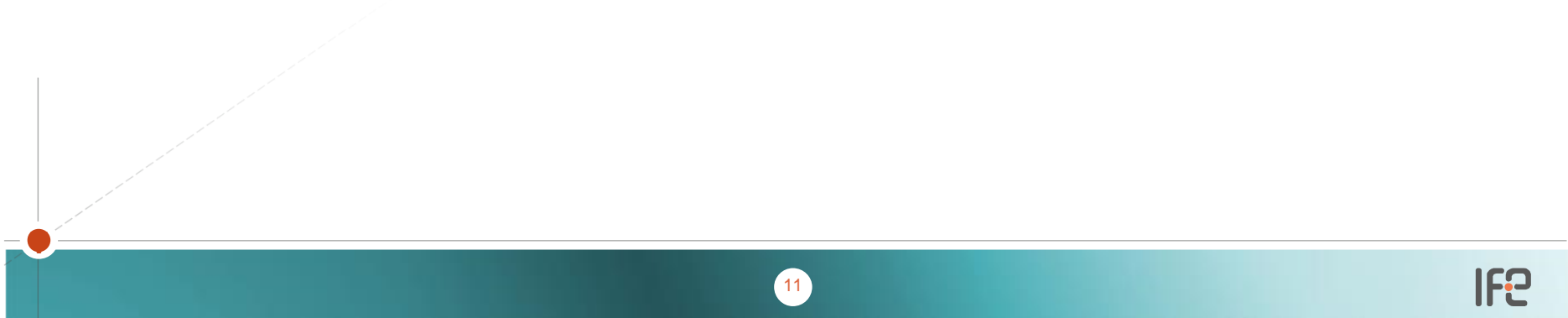


# Begrenset fremsyn: Implementering i TIMES

- Løsningen blir utledet iterativt for hvert tidssteg
  - For hver iterasjon er beslutningsvariablene definert kun for en undergruppe av den totale tidshorizonten
- For hvert tidssteg blir en (lokal) optimal løsning  $x^*$  utledet for «tidsundergruppen»
  - Utvalgte resultater blir lagret til neste iterasjon (avhenger av overlapp)
- Den endelige løsningen består av akkumulerte variable
  - Består av en kombinasjon de ulike interasjonsløsningene



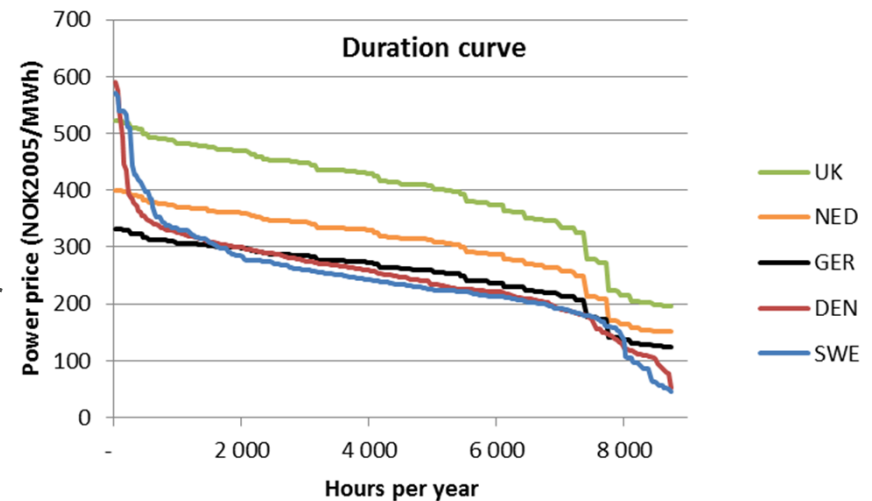
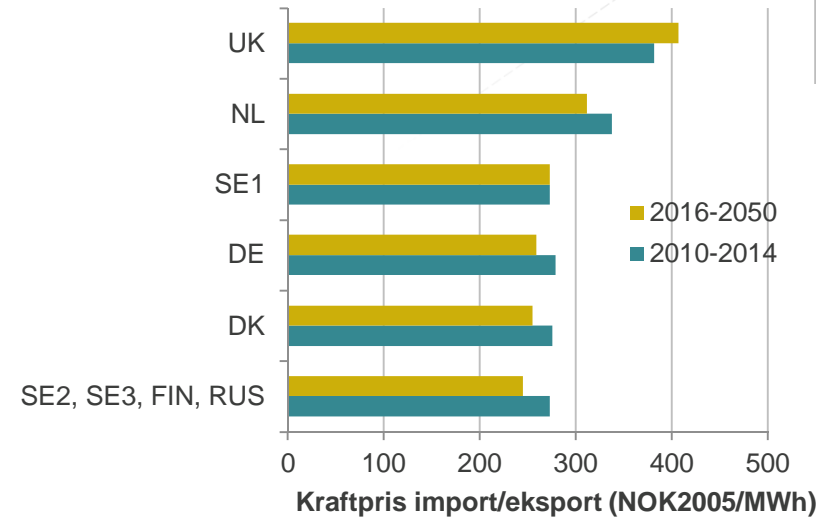
# Scenarier og øvrige forutsetninger



# Analyseforutsetninger

- Konstante energipriser fra 2014-2050
- Nåværende skattepolitikk
  - Konstante energiskatter fra 2014-2050
  - Skatt på biodiesel = dieselskatt etter 2020
  - Nullutslippsbiler unntatt for engangsavgift og moms til 2020
  - Omsetningsavgift for kjøretøy basert på CO<sub>2</sub>-utslipp, effekt og vekt til 2050
- Øvrig:
  - Diskonteringsrente 4% (høyere for visse etterspørselsteknologier)
  - Enova's nåværende teknologistøtteordninger er inkludert til 2020
  - Direkte eloppvarming begrenset av TEK10
  - Sertifikatmarkedet er inkludert

Gjennomsnittlig kraftpris



# Scenarier

## Modellalternativer:

- Perfekt fremsyn = Ingen timestep
- Begrenset fremsyn I = 10 års timestep med 5 års overlapp
- Begrenset fremsyn II = 5 års timestep med 2 års overlapp

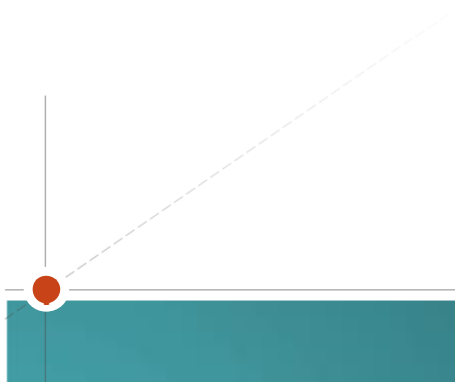
## Etterspørselsalternativer:

- REF referanse i CenSES-framskrivningene
- REF-HIGH med høyt elektrisitetsforbruk (økt etterspørsel i industrien)
- REFH med økende krafthandelspriser og andre energipriser
- REF-EE referanse med mulighet for energieffektiviseringstiltak

Scenario	REF / HIGH / REFH				REF-EE		
Alternativ	A	B	C	D	A	B	G
Global rente	4%	10%	4%	4%	4%	10%	4%
Sertifikatpris NOK/MWh	165	165	200	120	165	165	165
EE-mål	No	No	No	No	No	No	Yes



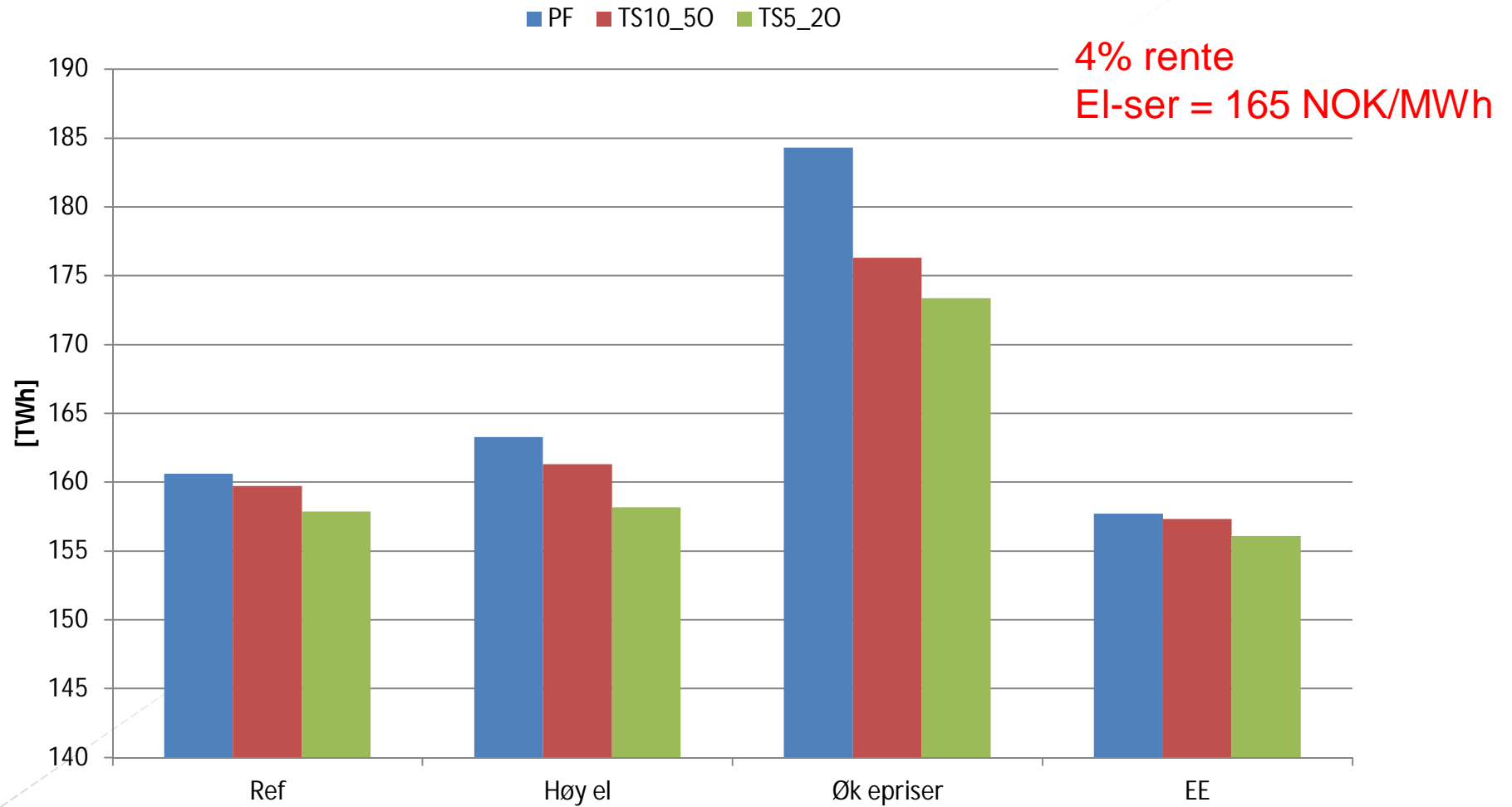
# Analyser



## Hva har vi fokusert på?

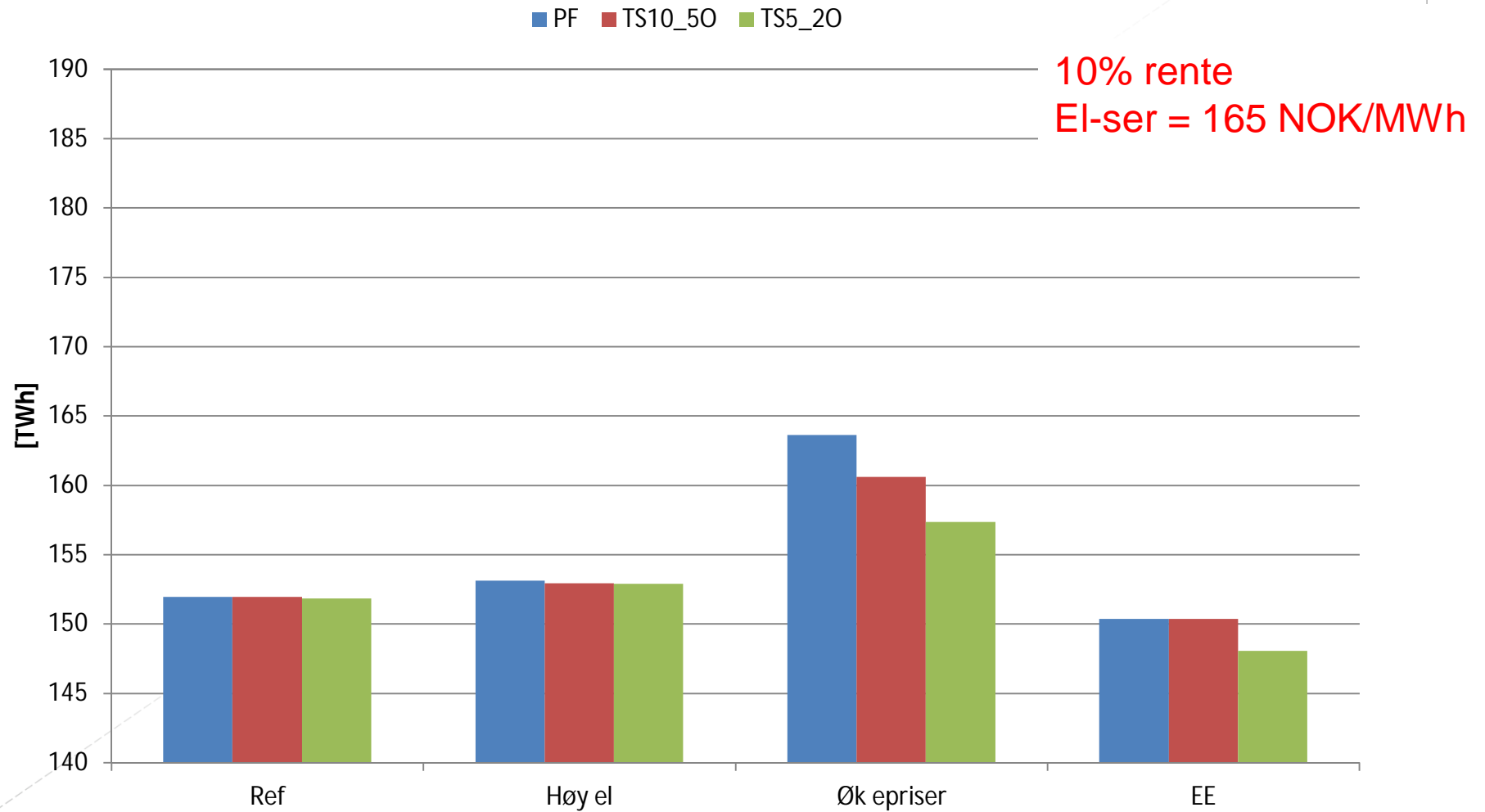
- Vi har fokusert på følgende parametere i analysene
  - Total kraftproduksjon
  - Vindkraftproduksjon
  - Vannkraftproduksjon
  - Krafthandel
  - Elforbruk
  - Energieffektiviseringsmål
  - Analysetid

# Norsk kraftproduksjon i 2030

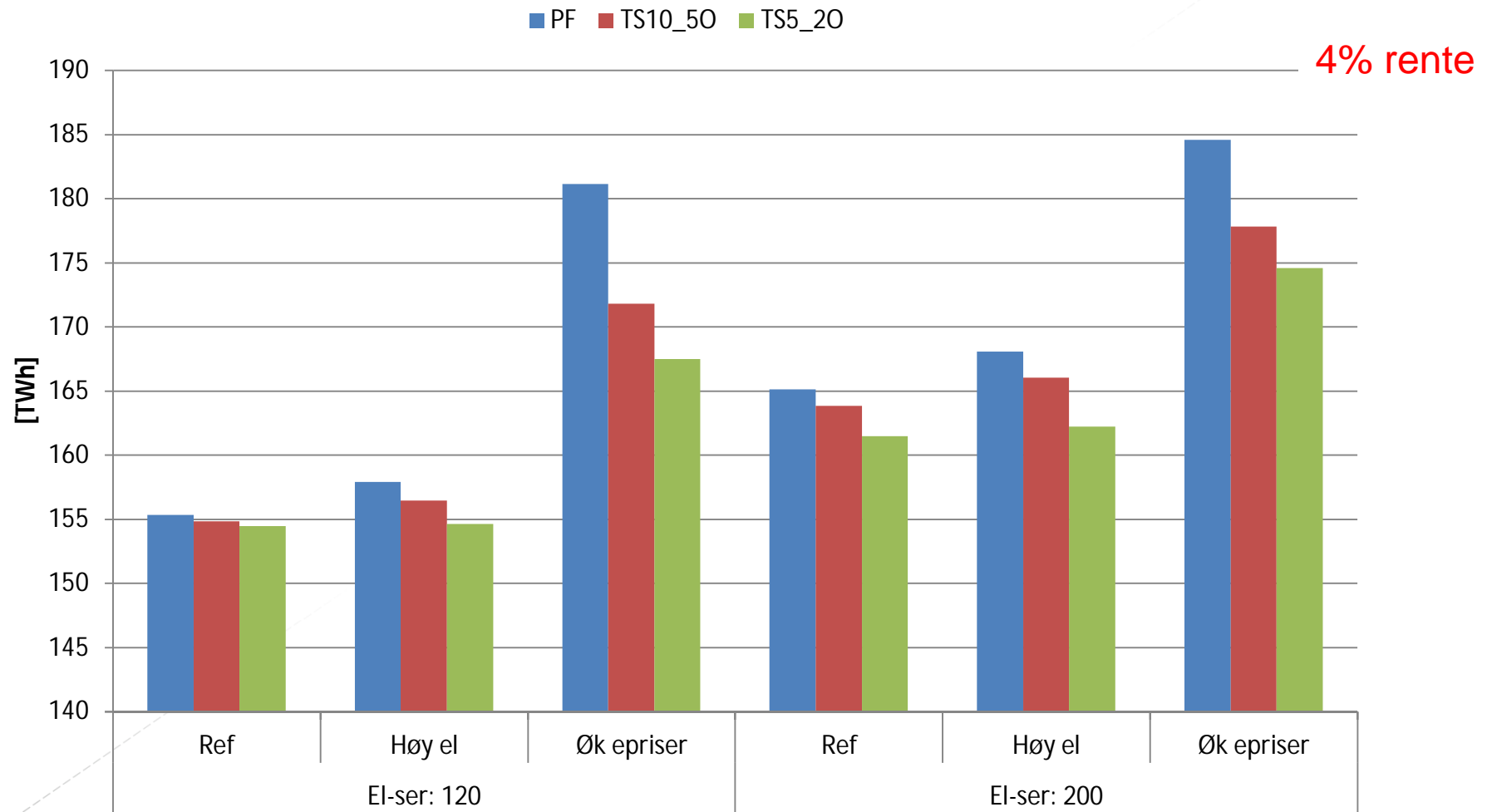




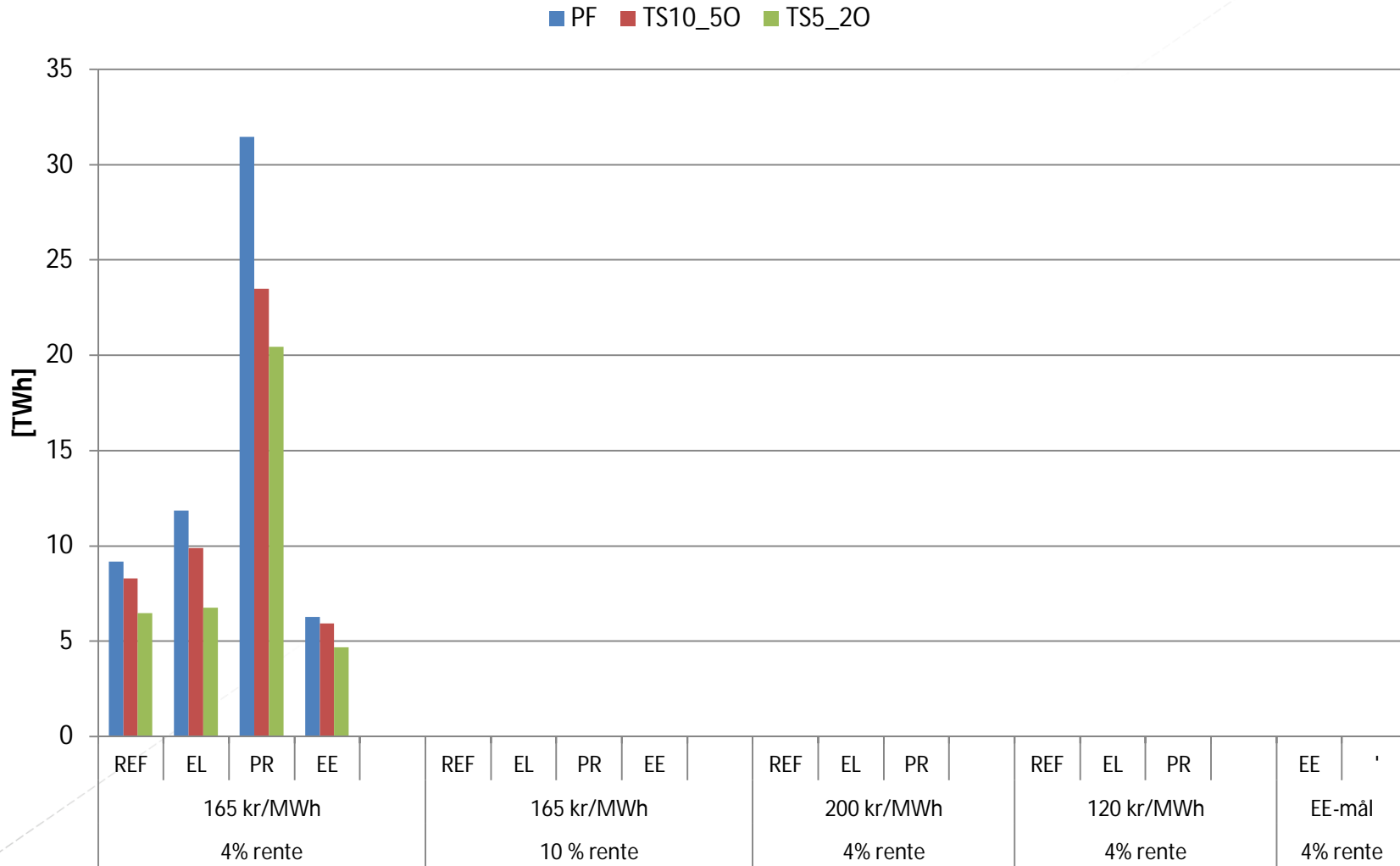
# Norsk kraftproduksjon i 2030



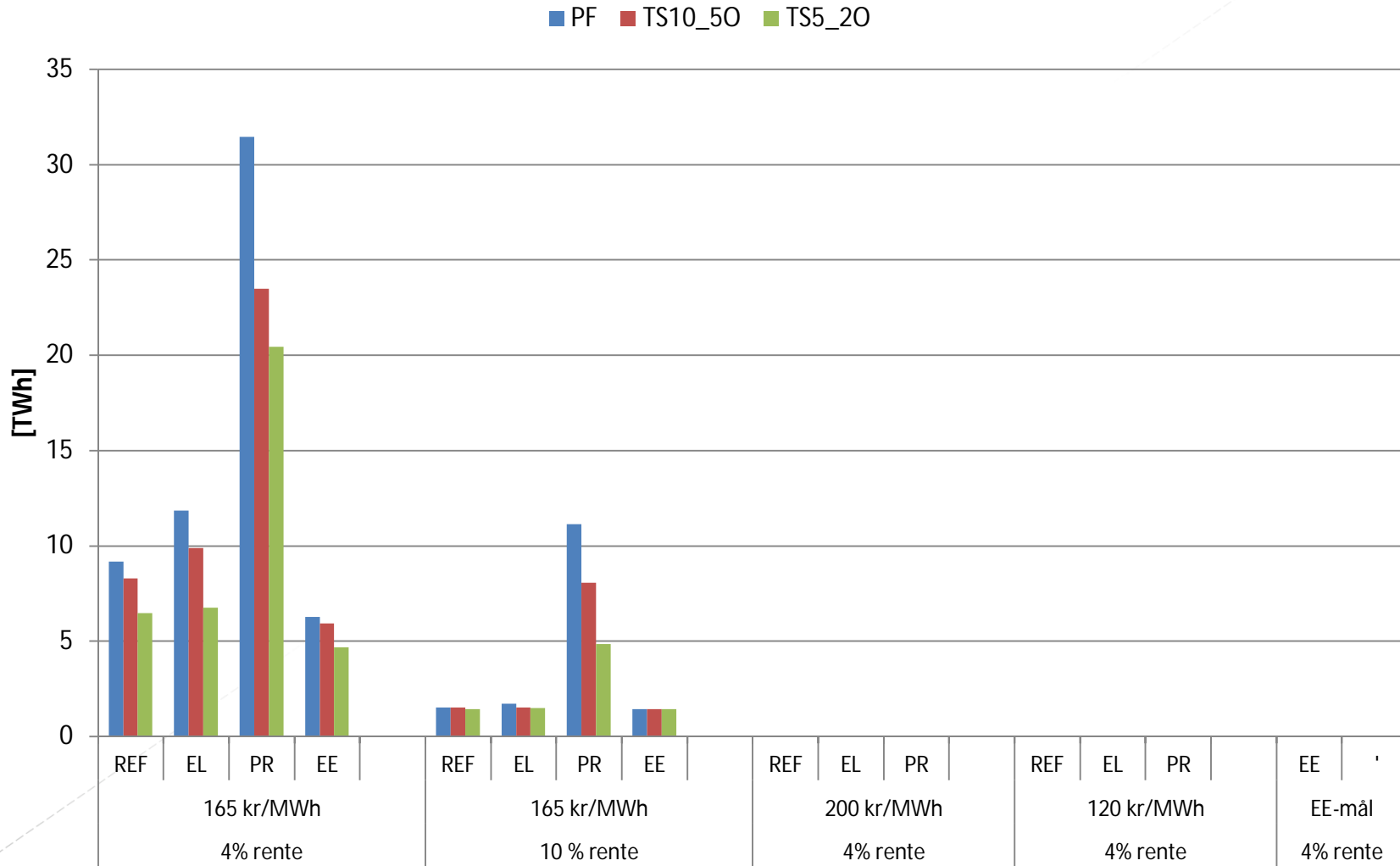
# Norsk kraftproduksjon i 2030



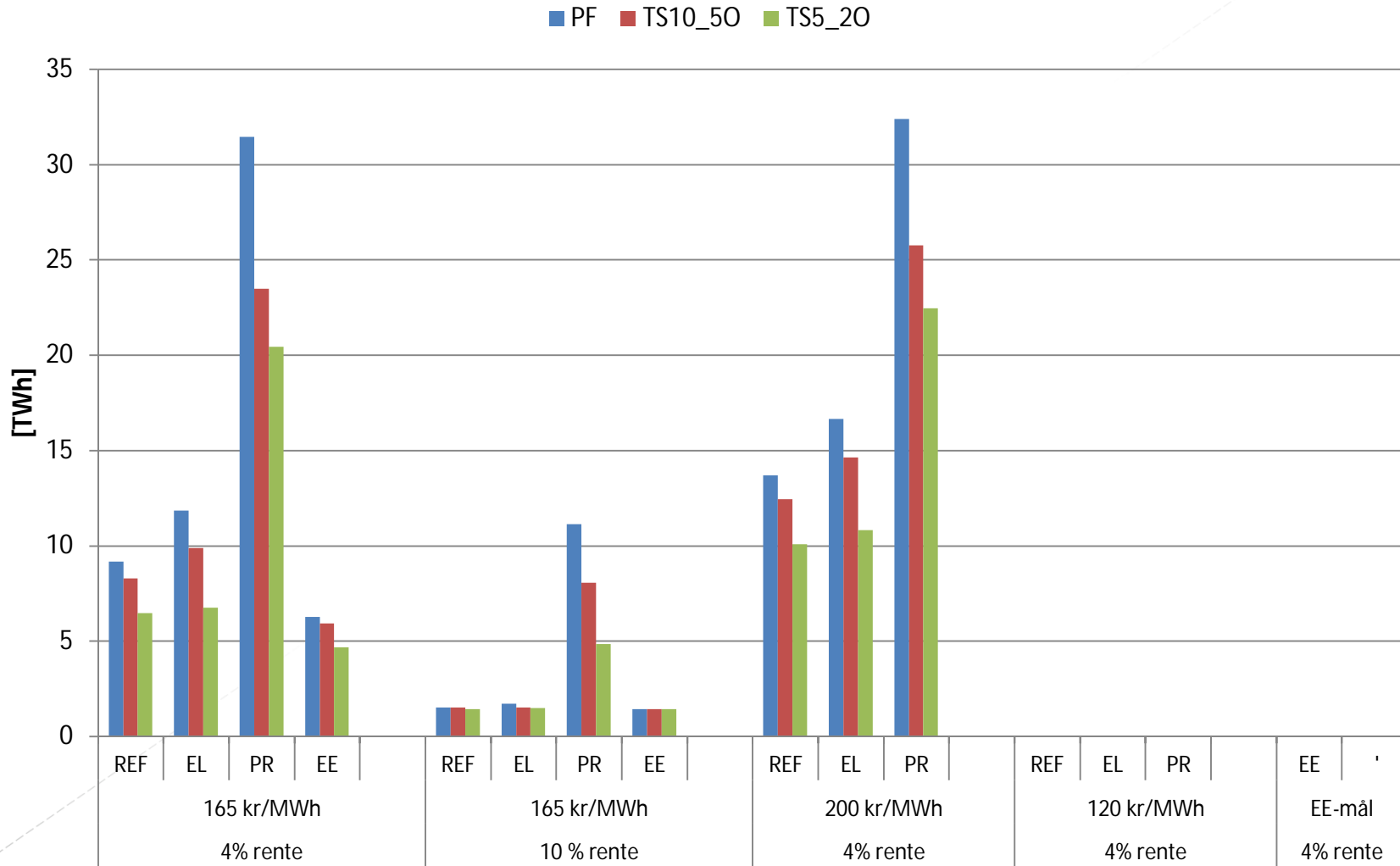
# Norsk vindkraftproduksjon i 2030



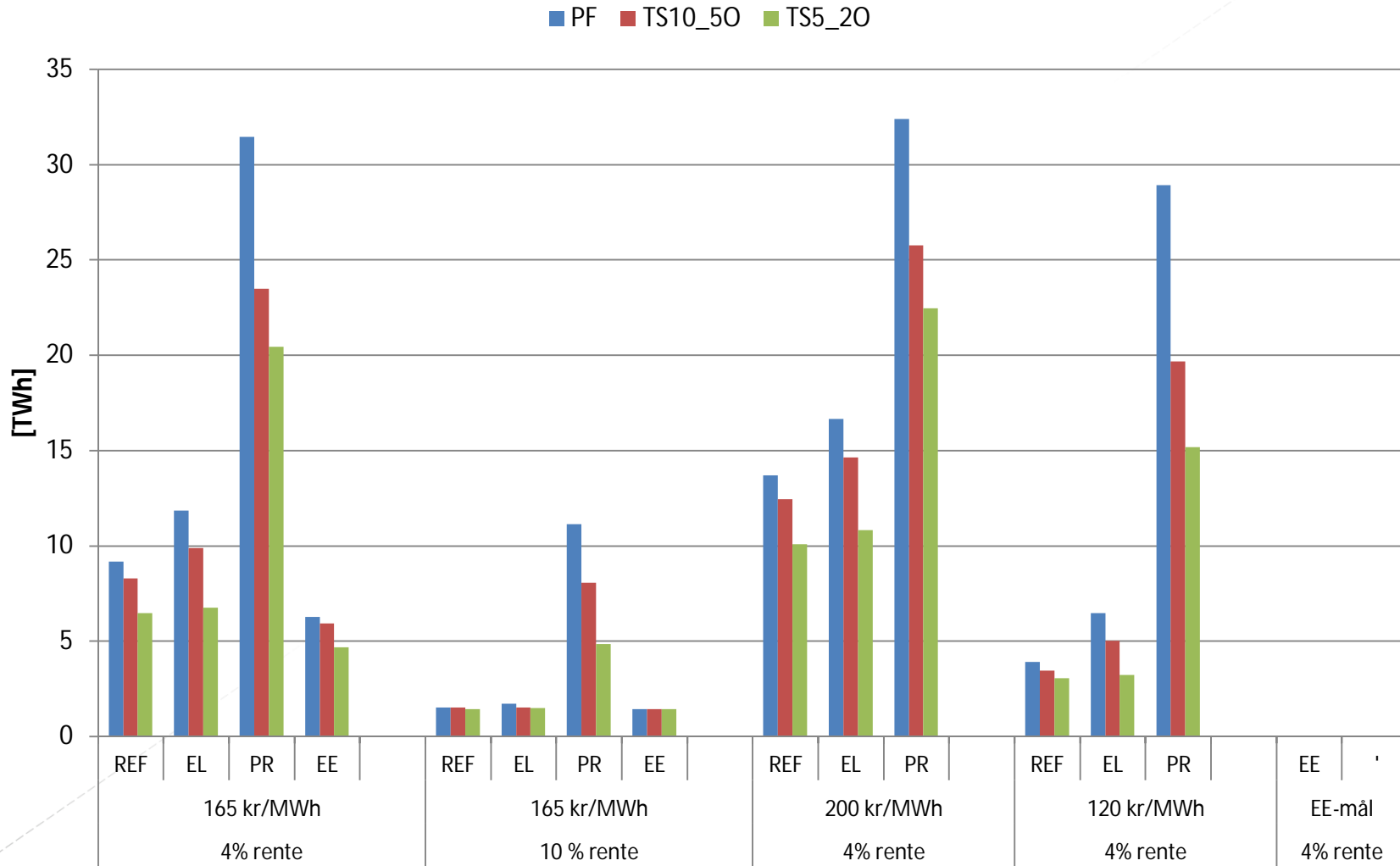
# Norsk vindkraftproduksjon i 2030



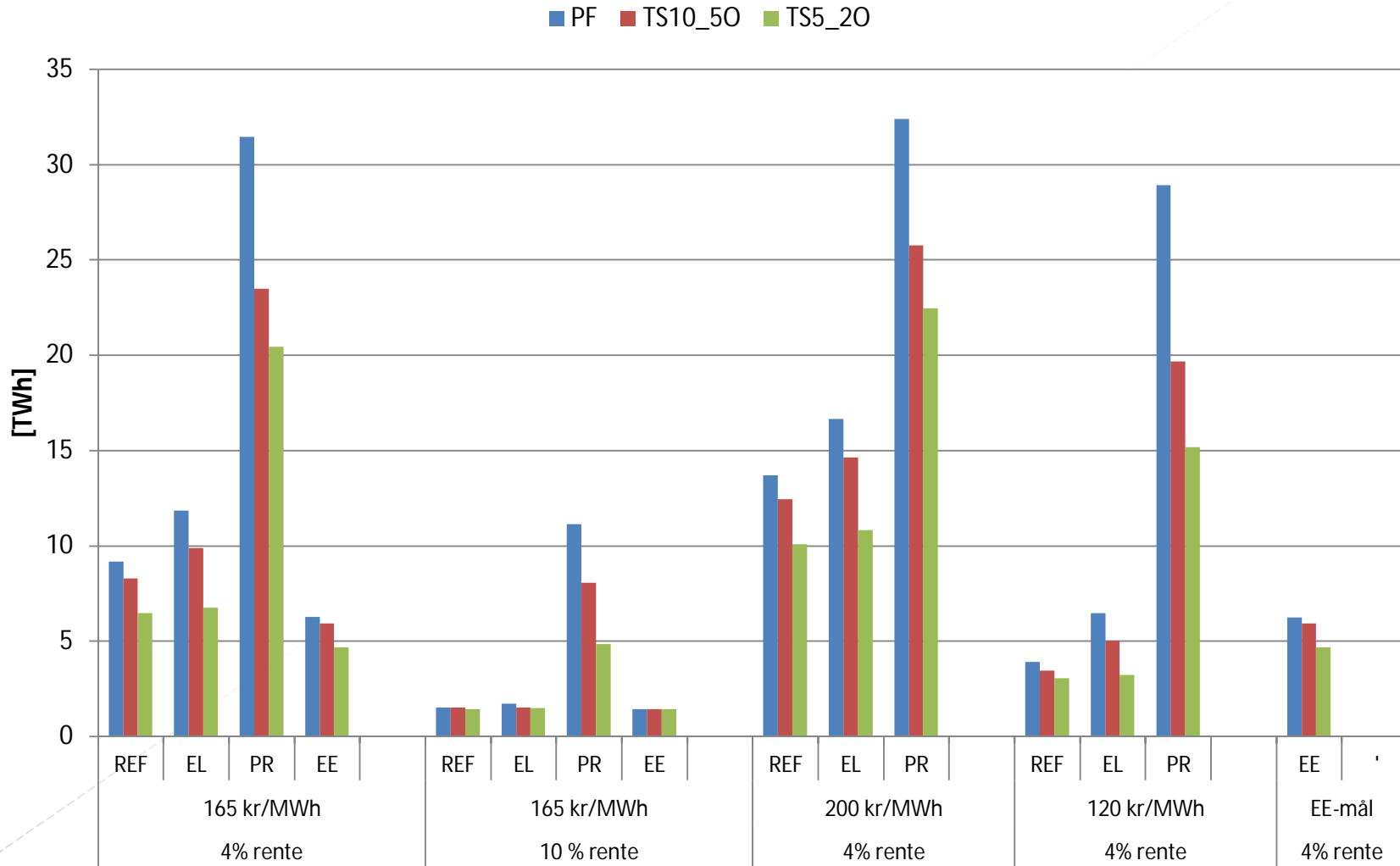
# Norsk vindkraftproduksjon i 2030



# Norsk vindkraftproduksjon i 2030



# Norsk vindkraftproduksjon i 2030

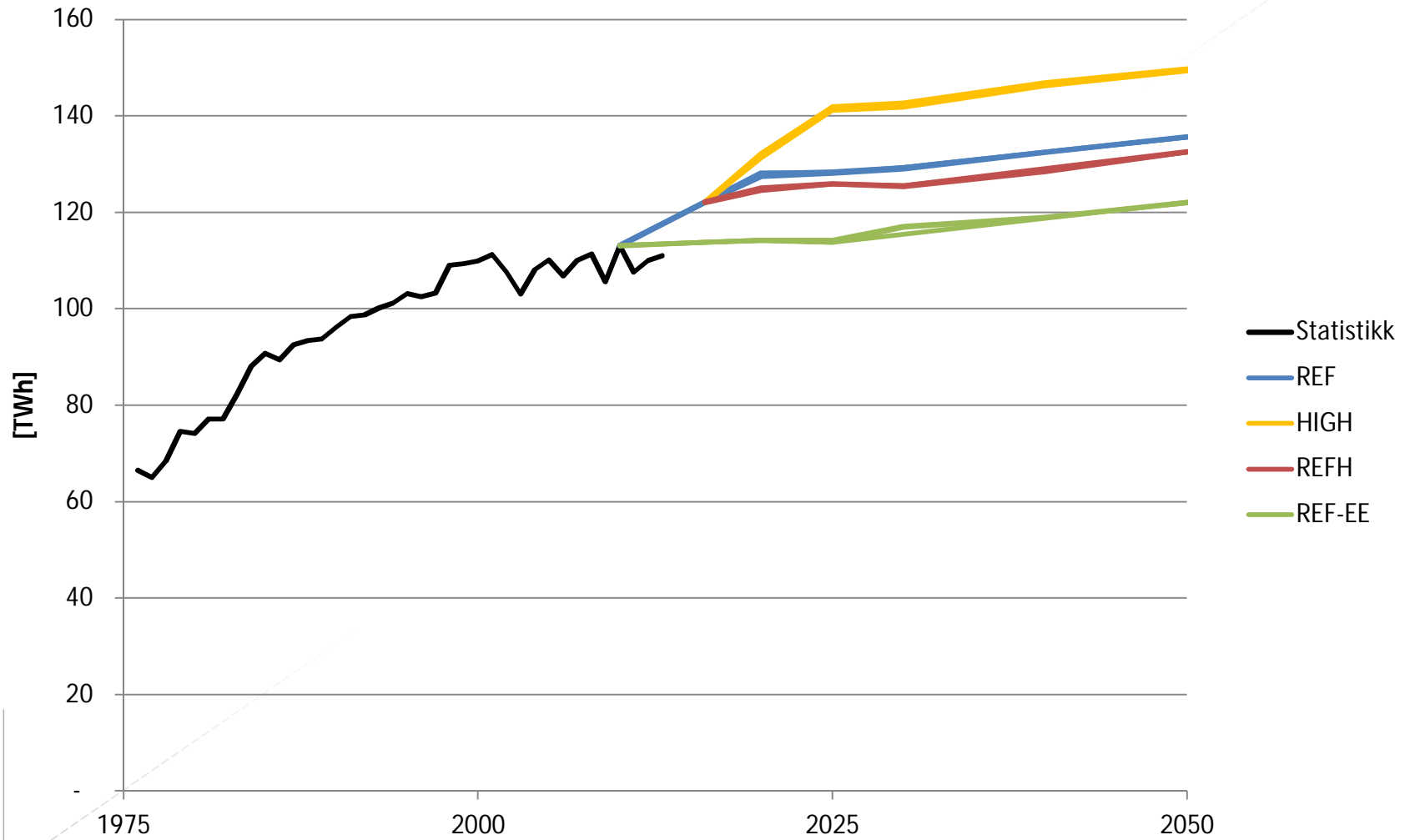


# Vannkraftproduksjon

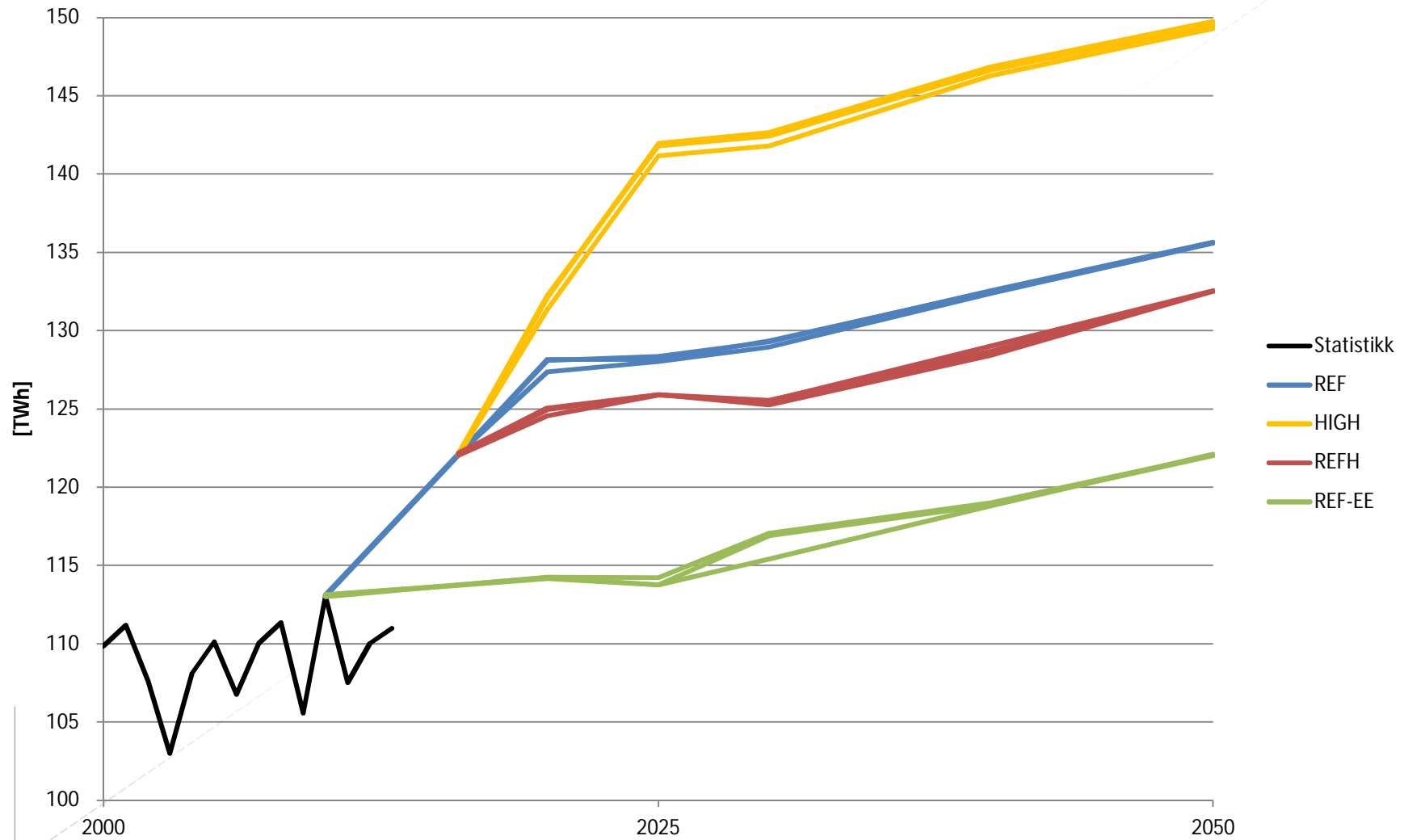
- Ny produksjon over 10 MW (inkl o/u)
  - All kapasitet bygges ut (ca 2030)
  - Ingen forskjell fra scenario til scenario
- Småkraft – Kostnadsklasse I:
  - All kapasitet bygges ut (ca 2040)
  - Ingen forskjell fra scenario til scenario
- Småkraft – Kostnadsklasse II
  - 4% diskonteringsrente: All kapasitet (ca 10 TWh) bygges ut (ca 2040)
  - 10% diskonteringsrente: Stor variasjon i utbygging, fra 0 til 10 TWh
    - Størst utbygging med økende energipriser
    - Minst utbygging med mulighet for energieffektivisering
    - Noe variasjon i utbygging som funksjon av ulikt fremsyn (timestep) (+/- 1.4 TWh)



# Elforbruk

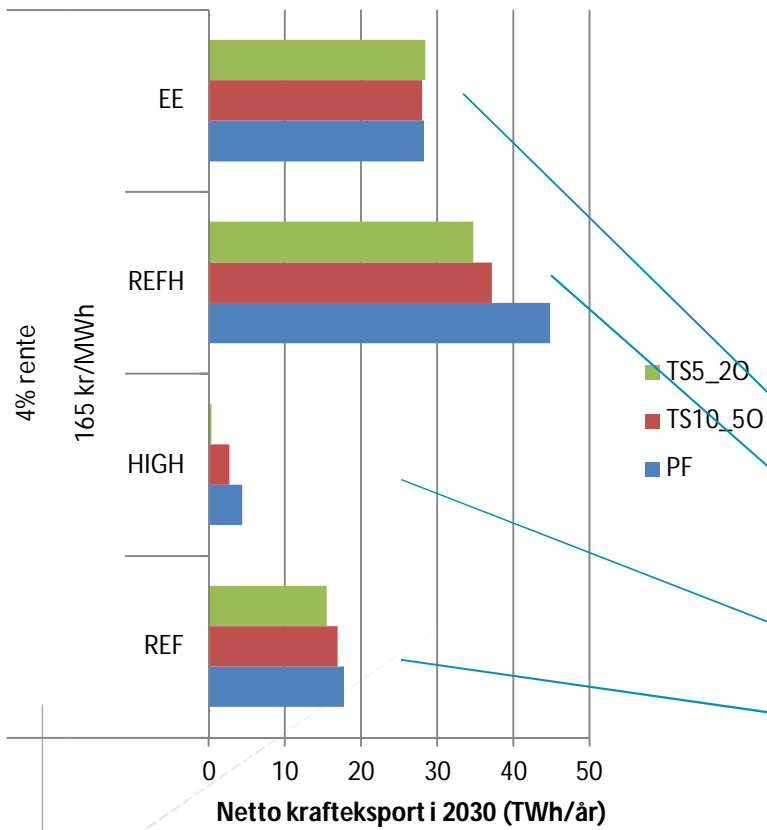


# Elforbruk

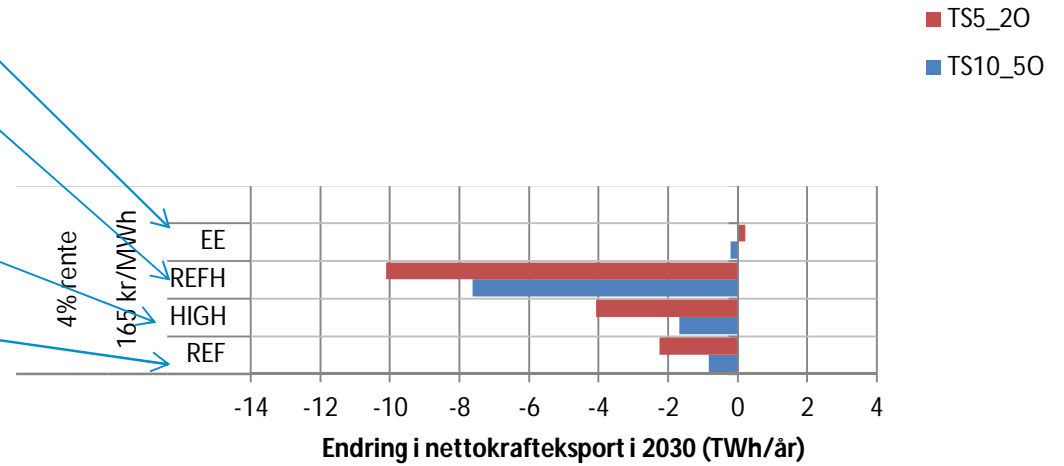


# Krafteksport

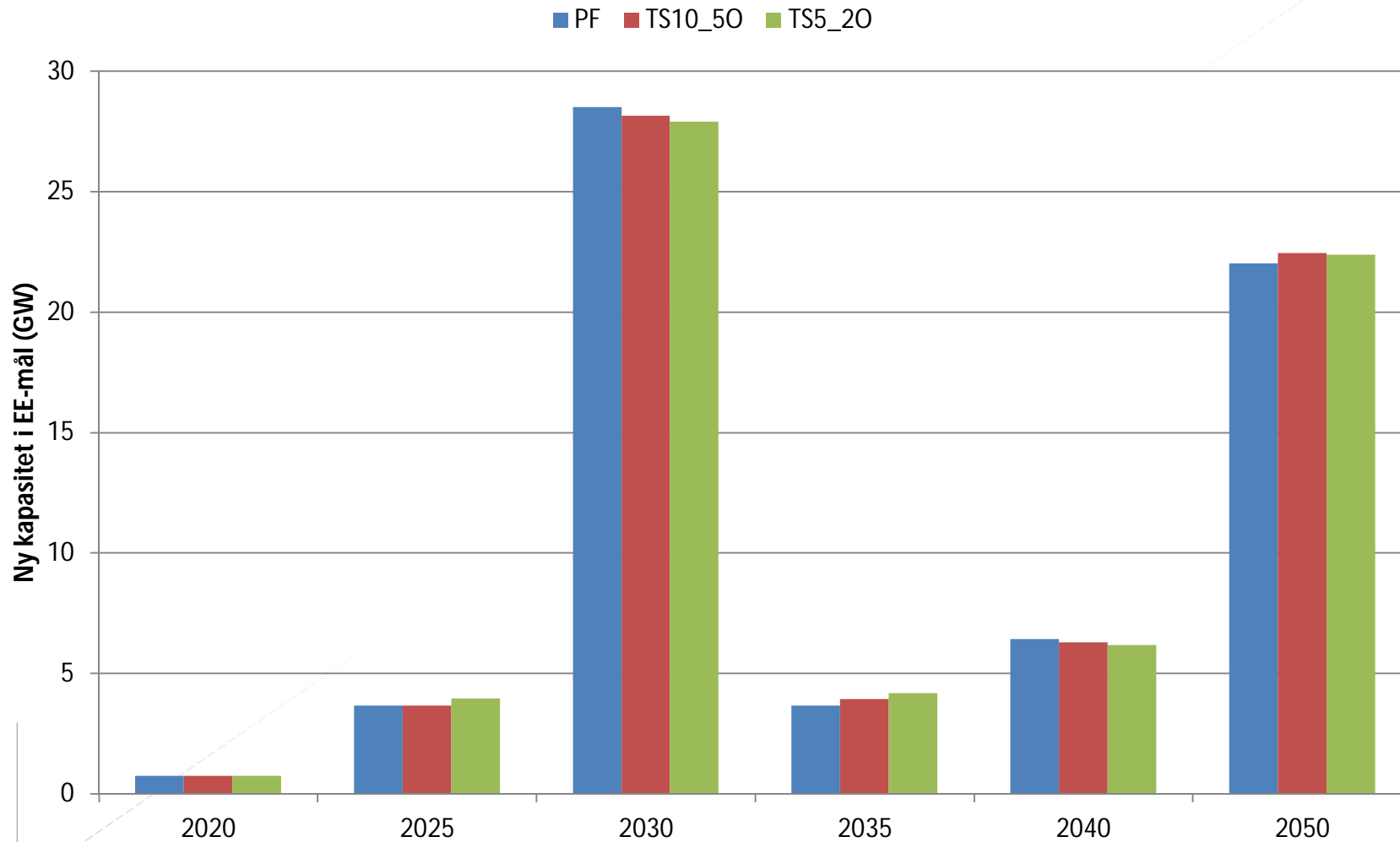
Netto krafteksport i 2030



Endring i nettokrafteksport i 2030 ved bruk av timestep

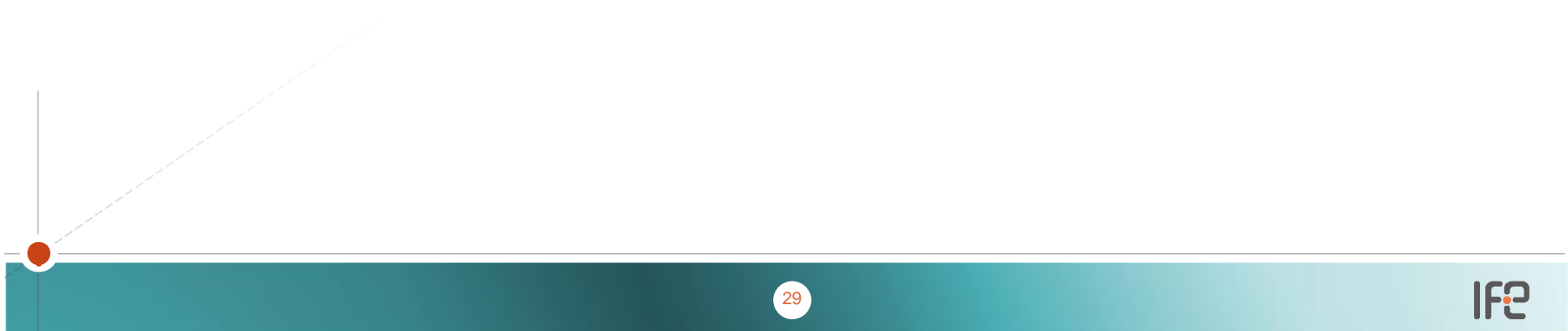


# Mål om 27% energieffektivisering i 2030





# Konklusjon



# Konklusjon

- Modellresultatene viser at begrenset fremsyn har større effekt på «produksjonssiden» enn på «sluttbrukersiden»
  - Typiske trekk ved «produksjonssiden»:
    - Større investeringer
    - Lang, teknologisk levetid
    - Eksempler på teknologier: Vindkraft, vannkraft og eksportforbindelser
  - Typiske trekk ved «sluttbrukersiden»:
    - Konstant etterspørsel -> Med muligheter for teknologibytte (og energibærer)
- Ved økende diskonteringsrente
  - Effektene av begrenset fremsyn blir betydelig mindre
    - Unntak for de mest «ekstreme» scenariene
- Betydelig reduksjon i analysetid
  - Over 80% for visse scenarier
- Energieffektiviserings-restriksjonen ga ikke så stort utslag som forventet
  - Hadde forventet større forskjell mellom resultatene for hhv perfekt og begrenset fremsyn

# Takk for oppmerksomheten!



Arne Lind, PhD  
Senior research scientist

Institute for Energy Technology  
2027 Kjeller, Norway

e-mail: [arne.lind@ife.no](mailto:arne.lind@ife.no)