

Federico Zenith

Hydrogen i Finnmark

HAEOLOS-prosjektet & C.

SINTEF Matematikk & Kybernetikk

27. september 2019, Ålesund

H₂A  L U S



Innhold

HAEOLUS

Hydrogen og kraftnett

Forbrukere

Mobile

Stasjonære

H₂ A  L U S



Innhold

HAEOLUS

Hydrogen og kraftnett

Forbrukere

Mobile

Stasjonære

HAEOLUS-prosjektet

- Raggovidda-vindparken
 - 45 MW utbygd av 200 MW-konsesjon
 - Naboen Hamnafjell: 50 MW / 120 MW
 - Flaskehals til kraftnettet er 95 MW
 - Totale ressurser i Varangerhalvøya 2000 MW



HAEOLUS-prosjektet

- Raggovidda-vindparken
 - 45 MW utbygd av 200 MW-konsesjon
 - Naboen Hamnafjell: 50 MW / 120 MW
 - Flaskehals til kraftnettet er 95 MW
 - Totale ressurser i Varangerhalvøya 2000 MW
- Kapasitetsfaktor 50 %
- Lokalforbruk maks. 60 MW
- Ingen lokal kraftkrevende industri
- Prosjektpartner og nett- og parkoperatør:



HAEOLUS-anlegget

- EU-prosjekt, budsjett 7.6 M€
- Elektrolysør ved Berlevåg havn
- Kapasitet: 2,5 MW eller 1 t/d
- Produksjonsstart forventet 1. halvdel 2020
- Ny 10 km-kraftlinje fra Raggovidda
- Virtuelt «innenfor gjerdet»
- Tilgjengelig via vei eller sjø
- Prosjektpartner og elektrolysørleverandør:

HYDROGENICS
SHIFT POWER | ENERGIZE YOUR WORLD

H₂ A E L U S



Utsikt over Berlevåg,
anleggsområde i rødt

Berlevåg-elektrolysøren

- Raggovidda (kapasitetsfaktor 50 %):
 - i dag 45 MW (9 t/d)
 - konsesjon 200 MW (40 t/d)
 - Varanger-potensiale 2 GW (400 t/d)
- Med 1 kg hydrogen kjører en bil 100 km
- 35,3 milliarder km kjøres i Norge (2017)
- Varangervinden kan forsyne over 40 % av norske personbiler
- Produksjonstrykk: 30 bar
- «Oppgraderinger» ikke støttet i prosjektet
- Boosterkompressor til 500–900 bar?
- Flytendegjøringsanlegg urealistisk
 - altfor liten skala (enda)
- Plassert i Berlevåg havn
 - Fylkesvei 890
 - Containerskip

Verksted i Vadsø

<https://www.ffk.no/nyheter/hydrogen-i-vinden.602054.aspx>

- Innkalt av Finnmark Fylkeskommune
- Politisk engasjement helt fra Oslo
- Presenterte mulighetene for lokale bedrifter
- Fulgt opp av mer fokusert 2. verksted
- Pilot-E-søknad for H₂-logistikk



Innhold

HAEOLUS

Hydrogen og kraftnett

Forbrukere

Mobile

Stasjonære

H₂ A  L U S



Hydrogen og kraftnett

- IEA HIA task 24, «Wind Energy & Hydrogen Integration» identifiserte 3 roller:
 - Energilagring og gjenelektrifisering
 - Øydrift
 - Drivstoffproduksjon
- IEA HIA task 38, «Power-to-H₂ and H₂-to-X»
 - H₂ downstream uses
 - Grid services



Utsira, eksperimentell øydrift med 50 kW FC og 215 kg hydrogenlager

Fleksibilitet i kraftproduksjon

Grunnlast (stiv, konstant):

- Kull
- Kjernekraft

Fleksibel:

- Gassturbiner
- Vannkraft

Nye fornybare kilder:

- Tidevannkraft (etter tabell)
- Solkraft (\approx forutsigbar)
- Vindkraft (nesten tilfeldig)

Fleksibilitet i kraftproduksjon

Grunnlast (stiv, konstant):

- Kull
- Kjernekraft

Fleksibel:


- Gassturbiner
- Vannkraft

Nye fornybare kilder:

- Tidevannkraft (etter tabell)
- Solkraft (\approx forutsigbar)
- Vindkraft (nesten tilfeldig)

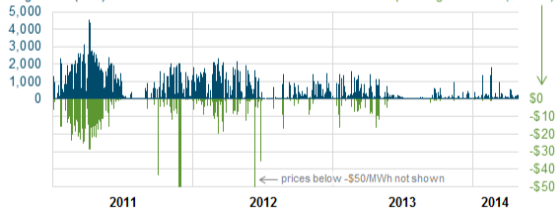
Mer vindkraft:

- \Rightarrow Mindre forutsigbart produksjon
- \Rightarrow Negative priser

Texas (ERCOT) wind curtailments vs. negative West Hub real-time electricity prices
January 2011 - April 2014 

Estimated hourly curtailments
megawatts (MW)

Negative hourly West Hub prices
dollars per megawatthour (\$/MWh)



Fleksibilitet i kraftproduksjon

Grunnlast (stiv, konstant):

- Kull
- Kjernekraft

Fleksibel:


- Gassturbiner
- Vannkraft

Nye fornybare kilder:

- Tidevannkraft (etter tabell)
- Solkraft (\approx forutsigbar)
- Vindkraft (nesten tilfeldig)

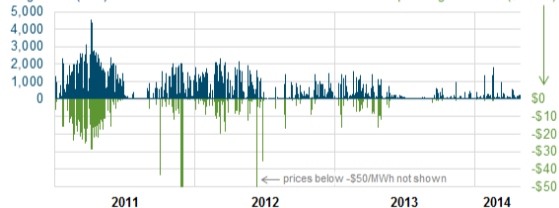
Mer vindkraft:

- \Rightarrow Mindre forutsigbart produksjon
- \Rightarrow Negative priser

Texas (ERCOT) wind curtailments vs. negative West Hub real-time electricity prices
January 2011 - April 2014 

Estimated hourly curtailments
megawatts (MW)

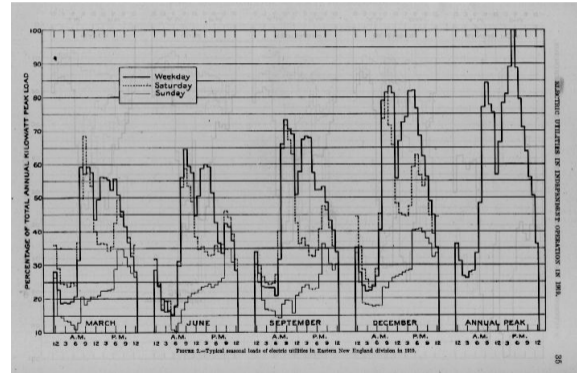
Negative hourly West Hub prices
dollars per megawatthour (\$/MWh)



... Hva med etterspørselsiden?

Kraftforbruksprofiler

- Ikke-styrbart ytre pådrag
- Produksjon og import skal matche det
- Periodisitet pga:
 - Helger
 - Kraftkrevende industri
 - Matlaging
- Profilen skyldes karakteristikker som:
 - El- eller gassoppvarming
 - Om det er industri i området
 - Klima

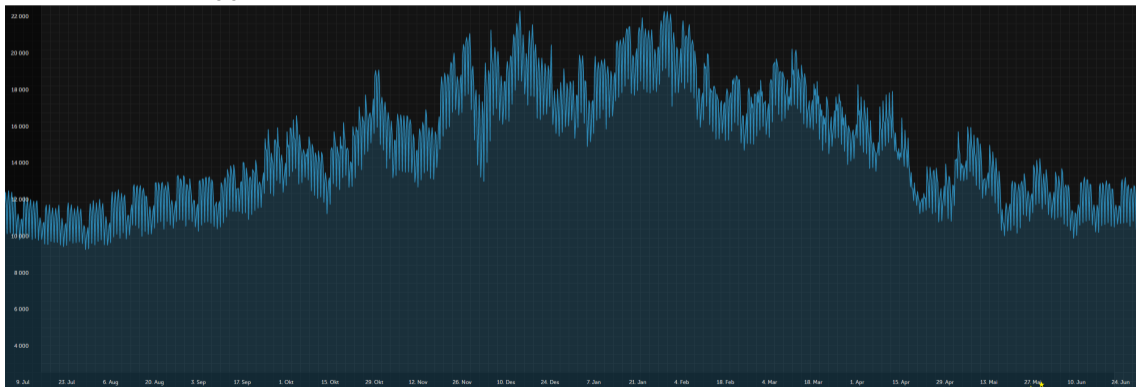


Lasteprofiler for New England, 1919.

Norsk forbruksprofil

Juli 2018–juni 2019

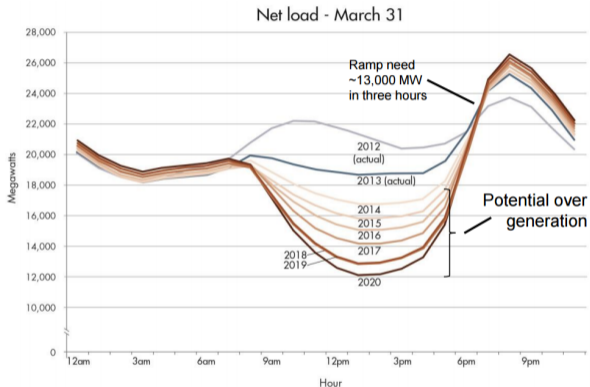
- Små ukentlige svingninger (elektrisk oppvarming)
- Stor vintertopp (kald vinter 2018–2019)



Samspill mellom forbruk og fornybare ressurser

The California Duck Curve

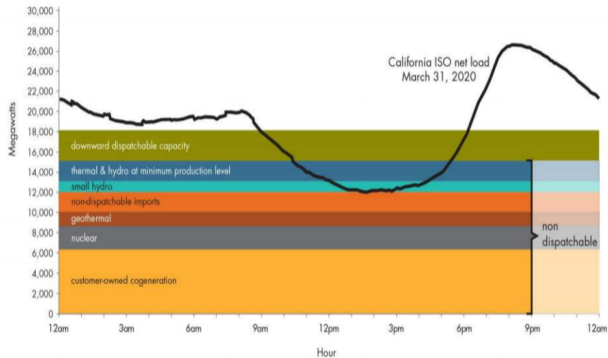
- Økende solkraft
- Daglig fall i etterspørsel



Samspill mellom forbruk og fornybare ressurser

The California Duck Curve

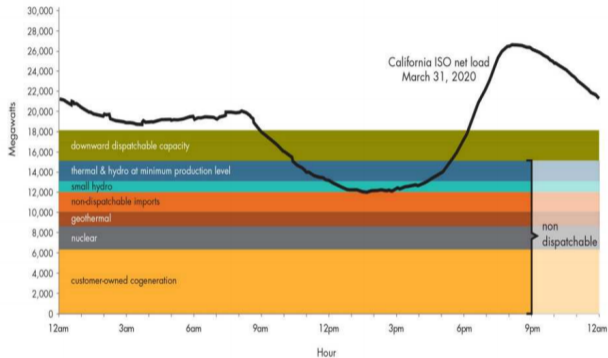
- Økende solkraft
- Daglig fall i etterspørsel
- Nedstengingsrisiko



Samspill mellom forbruk og fornybare ressurser

The California Duck Curve

- Økende solkraft
- Daglig fall i etterspørsel
- Nedstengingsrisiko



Kraftproduksjon blir mindre fleksibel: hva med fleksibel *etterspørsel*?

Fleksibilitet i kraftforbruk

Hydrogen and Batteries

- Batterier

- Lagre overflødig energi
- Kompensér for vind
- Glatt ut kraftproduksjonen
- Høy virkningsgrad
- ⇒ Gjenelektrifisering

- Hydrogen

- Lagre overflødig energi
- Regulér produksjonen
- Selg hydrogen
- Høy lagringskapasitet
- ⇒ Storskala



Hornsdale Power Reserve
129 MWh, 100 MW, 56 M€

Nettjenester

- Balanseringsmarkedene
 - Hold frekvens innenfor 49,9–50,1 Hz
- Primære reserver (FCR)
 - Automatisk
 - Få sekunder til oppstart
- Sekundære reserver (FRR-A)
 - Automatisk
 - 30 sekunder til oppstart
- Tertiære reserver (FRR-M)
 - Manuelt
 - Opptil 15 minutter til oppstart

Priser i noen europeiske land (juni-juli 2019)

- FCR
 - Nord-Norge: 6–38 €/MW/h
 - Tyskland: 8 €/MW/h
 - Frankrike: 4 €/MW/h
- FRR-A
 - Nord-Norge: 0–10 €/MW/h
 - Tyskland: 1–7 €/MW/h
 - Frankrike: 20 €/MW/h
- transparency.entsoe.eu

Nettstabilisering ved produksjonsregulering

- Electrolysører er store forbrukere med rask dynamikk (ms)
- Hydrogenproduksjon er ikke tidskritisk
- Gjenelektrifisering er (oftest) ikke lønnsom
- Money-makers:
 - Hydrogensalg
 - » Hydrogen er en energibærer til mobile anvendelser
 - » Over 25 % av verdens energi går til transport
 - Utkoblbar tariff
 - Nettjenester i alle skalaer
 - Kompensasjon av reaktiv effekt

Innhold

HAEOLUS

Hydrogen og kraftnett

Forbrukere

Mobile

Stasjonære

H₂ A  L U S



Fiskebåter

- Selfa Arctic (batterisjarken *Karoline*)
 - Diesel til framdrift
 - Batteri ved fiskefelt
- Ervik Kystfiske: studie for H₂-fiskebåt
 - Skogsøy Båt, GOT Norway, SINTEF
 - Hydrogen til fremdrift, ingen diesel
 - Basert i Berlevåg
 - Minst 2 andre fiskere meldte interesse
 - Potensiale for tusenvis av båter langs Norgeskysten



Hurtigbåter

- Brødrene Aa har lenge uttrykt interesse
- Kirkenes–Vadsø som teststrekning
- Potensiale for 2 tonn i uken
- Pågående utredning hos Finnmark Fylkeskommune
- Hurtigbåter bruker mer energi enn fly per passasjer-km!



Brødrene Aas H₂-hurtigbåtkonsept

Kystrute

- Kystruten stopper jo i Berlevåg
 - Hydrogenfyllestasjon
- Havila vil ha tydelig miljøprofil
- 4 nye skip fra 2021
- Nye skip skal være “klare” for hydrogen
- Det blir ikke brenselceller med det første



Biler

- 1 t/d er nok til 3000 biler, urealistisk men...
- God fyrstårneffekt (“verdens nordligste H₂-stasjon”)
- Interessenter: kommuner, Varanger Kraft, private (?)
- Hyundai Nexo kan kjøre overalt i Øst-Finnmark fra Berlevåg t/r
- Pilot-E-søknad innlevert for hydrogenstasjoner i Berlevåg og Vadsø



Busser

- Liten og spredt befolkning
- Mest fleksibuss-tilbud
- Fylkeskommune er i prinsipp interessert
- ... men ingen H₂-minibuss på markedet
- Hydrogenbuss i vanlig størrelse er kommersielle
- Snelandia kjører flere ruter med drosjer
- Benytte Nexo/Mirai på disse?



Tunge kjøretøy

- Spesielt bedre egnet for hydrogen enn batteri
- Stort energibehov, krav til rask fylling, forutsigbar kjøreplan
- Lastebiler (Scania & ASKO)
- Renovasjonsbiler (Baetsen)
- Anleggsmaskiner (NASTA)
- Ikke kommersielt tilgjengelig enda



Snøscootere

- Utmerket fyrtårnpotensiale
- VTT i Finland er interessert, har erfaring
- Aurora Powertrains har bygget batteri-snøscootere
- Interesse fra Nordkapp Kommune og Longyearbyen Lokalstyre



Hydrogenfly

- Avinor er interessert i elfly
- Batterier er og blir uaktuelle for kommersielle fly
- Avinor, Widerøe uttalte interesse i H₂-fly
- Melkeruta Tromsø-Kirkenes er en god kandidat
- Ingen erstatning for dagens Dash 8 etter 2030
- Kontakt med USAs ZeroAvia og Enova



Energiforsyning til Svalbard

- 2100 innbyggere i Longyearbyen
- Gammel kullkraftverk
- Målsetning om å fjerne kull
- Multiconsult anbefalte LNG som billigst
- Nullutslipp støttes av mange partier, organisasjoner, selskaper (Statkraft, NEL)
- Hydrogenimport, NH_3 som energibærer?
- Gradvis introduksjon av hydrogen i energisystemet
- Svalbard vil også ha H_2 -snøscooter og -turistskip!



Havbruk

- Erstatning av dieselgeneratorer
- Landstrøm begrenser utplassering
- Fremdrift av fôrflåten
- Mulighet for 100 % fornybar laks
- Storforbrukere av oksygen, biprodukt fra elektrolyse (8 kg per kg H₂)



Industri

- Stålproduksjon med hydrogen istedenfor kull
 - Hybrit-prosjekt i Sverige
 - H2Future i Østerrike
- Gruvedrift og malmprosessering
 - Sydvaranger Gruve?
- Ammoniakkproduksjon
 - Foreslått av Statkraft for energiforsyning til Svalbard, kan selges som kjemikalie

Konklusjon

Oppsummering

- Hydrogenproduksjon startes neste år med betydelig kapasitet
- Gode muligheter for samspill mellom hydrogenproduksjon og kraftnettet
- Hydrogenproduksjon innfører fleksibilitet på etterspørselsiden
- Hydrogen bør helst benyttes som drivstoff snarere enn gjenelektrifiseres
- Mange anvendelser er identifisert
- Pilot-E-søknad om hydrogenlogistikk i Varanger er innlevert

Konklusjon

Oppsummering

- Hydrogenproduksjon startes neste år med betydelig kapasitet
- Gode muligheter for samspill mellom hydrogenproduksjon og kraftnettet
- Hydrogenproduksjon innfører fleksibilitet på etterspørselsiden
- Hydrogen bør helst benyttes som drivstoff snarere enn gjenelektrifiseres
- Mange anvendelser er identifisert
- Pilot-E-søknad om hydrogenlogistikk i Varanger er innlevert

Takk for oppmerksomheten!

H₂ A E L U S

Hydrogen-Aeolic Energy with Optimised eLectrolysers Upstream of Substation

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement № 779469.

Any contents herein reflect solely the authors' view.

The FCH 2 JU and the European Commission are not responsible for any use that may be made of the information herein contained.

