

**ENERGINET**
Elsystemansvar

Energinet
Tonne Kjærsvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@Energinet.dk
CVR-nr. 39 31 49 59

Dato:
22. marts 2022

Forfatter:
MNU/LJK

WIND CURTAILMENT RETNINGSLINJER

Indholdsfortegnelse

1. Formål.....	2
2. Metode.....	2
3. Kriterier/vurdering.....	3
4. Data validering.....	3
5. Modregning.....	3
6. Udregningseksempel.....	4

1. Formål

Energinet skal sikre høj forsyningsikkerhed af elsystemet. Dette sker bl.a. ved hjælp af systemydelse til balancering. Energinet vil derfor med jævne mellemrum kontrollere, at de indkøbte systemydelser også er lig de faktiske leverancer af systemydelser, der er nødvendige for at opretholde en sikker og stabil drift. Dette er også med til at sikre lige behandling og lige konkurrence på systemydelsesmarkederne.

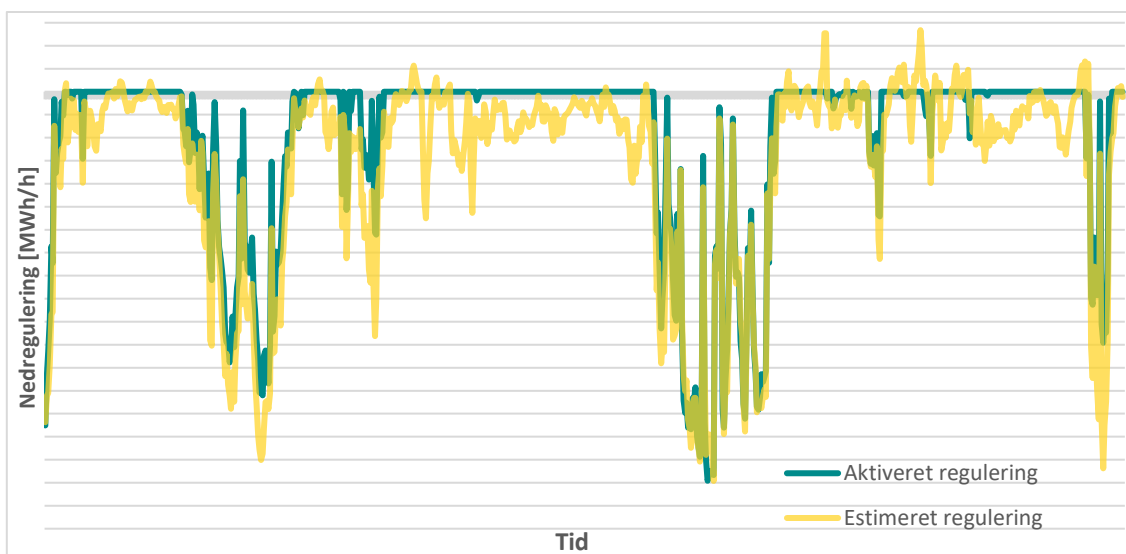
I takt med, at vedvarende energi bliver en større del af energisystemet, bliver behovet for regulerkraft ligeledes større. I den forbindelse er flere teknologier blevet godkendt til leverancer af systemydelser, men ikke alle teknologier kan evalueres på samme måde. Regulering af vindmøller og solceller er en af de mere usikre størrelser, i forhold til regulering på andre teknologier, da produktionsplanen (baseline) er en prognose og den faktiske systemydelsesleverance ikke kan findes med 100 % sikkerhed. Derfor er metoden for kontrol også anderledes end ved andre teknologier og tilsvarende behæftet med usikkerhed.

Energinet har udarbejdet en machine learning algoritme, der estimerer den mulige produktion på mølle- eller parkniveau ud fra vinddata. Estimeringen er baseret på historiske produktionsdata (afregningsdata), hvor perioder med nedregulering i budzonen og negative priser er sorteret fra. De beregnede værdier sammenholdes med de faktiske målinger af produktion for at kunne bestemme reguleringen. Den beregnede regulering sammenholdes med aktiveringer af nedregulering fra vindmøller per balanceansvarlig aktør og ud fra denne sammenligning vurderes det, om leveringerne lever op til kravene. Vurderes leveringerne dårligere end forventet, vil den balanceansvarlige aktør blive anmodet om at fremsende interne data, der bruges som validering for Energinets estimer. Er leveringerne også her utilstrækkelig i forhold til de af Energinet satte kriterier, vil en modregning blive iværksat.

Hvis udviklingen fortsætter som nu, vil vi i fremtiden se en markant mængde nedregulering leveret af solceller. For at kontrollere disse leveringer, vil en tilsvarende metode blive taget i brug for på samme måde at sikre en høj forsyningsikkerhed og den lige behandling og konkurrence på systemydelsesmarkederne.

2. Metode

Data rekvireres som beskrevet ovenfor og sammenfattes til en månedlig oversigt per time for hver balanceansvarlig aktør. Da Energinets værdier bygger på historiske data og statistiske beregninger vil der helt naturligt være usikkerhed forbundet med resultaterne. Derfor laves hver opgørelse som et gennemsnit over en måned for at se tendenser frem for enkeltstående hændelser. Grafen herunder viser hvordan Energinets estimat fanger begivenhederne, men samtidig ikke er et præcisionsværktøj.



Figur 1: Månedsoversigt der viser de aktiverede reguleringer og Energinets estimerer for nedregulering.

I hver time med aktiveret regulering beregnes den absolutte procentvise afvigelse, *absolute percentage error*, fra den aktiverede mængde og den af Energinet estimerede regulering. I disse beregninger kigger vi udelukkende på størrelsen af aktiveringen og altså ikke om det er op- eller nedregulering. Dermed vil en negativ procentvis afvigelse altid være en overlevering og en positiv værdi være en underlevering.¹

I wind curtailment opgørelsen regnes udelukkende på underleveringer. Som det kan ses på grafen herover, er algoritmen mindre nøjagtig ved relativt små aktiveringer. Derfor har Energinet opsat nogle parametre for, hvornår aktiveringen medtælles i opgørelsen. Grænsen lyder, at alle absolutte aktiveringer, der er større end 10% af den absolut største aktivering i den pågældende måned eller er absolut større end 50 MWh/h, medregnes i opgørelsen.

Den månedlige afvigelse, *mean absolute percentage error*,² beregnes for hele måneden med de værdier som opfylder ovenstående krav. Derudover er der indsat en begrænsning, der siger, at den absolut procentvise afvigelse i en time højst kan være 100%. I nogle få tilfælde, hvor algoritmen vurderer, at der er blevet "opreguleret", kan beregningen give en værdi større end 100%, hvilket ikke er retvisende.

3. Kriterier/vurdering

For at opnå en ensartet og retfærdig vurdering af leveringer, er der opstillet to grænser, som kan medføre en kontrol af månedens leveringer. Hvis bare én af disse overskrides, vil kontrollen blive iværksat.

1. Såfremt den månedlige afvigelse, *MAPE*, er over 20%.
2. Hvis der er mere end tre perioder af fire konsekutive timer, hvor den absolutte procentvise afvigelse overstiger 20% og disse opfylder betingelsen om at være absolut større end 10% af den absolut største aktivering eller absolut større end 50 MWh/h.

4. Data validering

Da Energinets data er estimater, vil aktørens interne data blive brugt som kontrol. I tilfælde af, at et af de ovennævnte kriterier er opfyldt, vil aktøren skulle tilvejebringe følgende dataserier på timeniveau for hele den pågældende måned:

1. Aktiveringsmængder for alle aktørens videnheder, angivet i MWh/h.
2. Faktisk produktion for de samme enheder, angivet i MWh/h.
3. Estimeret mulig produktion for de samme enheder, angivet i MWh/h.

5. Modregning

Såfremt aktørens data på samme måde viser en tendens for underleverance, vil Energinet iværksætte en modregning for de manglende leveringer. I langt de fleste tilfælde vil aktøren have solgt nedregulering på flere enheder end én, men da det ikke kan specificeres hvilken enhed, der præcist underleverer, vil en vægtet gennemsnitspris for timen blive brugt til modregning. Den vægtede underleveringspris beregnes ud fra den samlede mængde nedregulering solgt i timen og priserne på hver enkelt bud. Modregningen vil blive beregnet hver time med underlevering, hvor ubalanceprisen for nedregulering er større end den vægtede gennemsnitspris. Modregningsbeløbet er produktet af den manglende energi og forskellen mellem den vægtede gennemsnitspris og ubalanceprisen for nedregulering.³

Med denne metode påføres der kun modregning for regulerkraft aktiveret som specialregulering, der er aktiveret til en pris lavere end marginalprisen for regulerkraft aktiveret til almindelig balancering. Ved manglende leverancer for almindelige aktiveringer håndterer ubalanceafregning, at den "forurenende" part hæfter for den medfølgende omkostning.

¹ Se formel og eksempel i ligning 1 & 2.

² Se formel og eksempel i ligning 3.

³ Se formel og eksempel i ligning 4 & 6.

6. Udregningseksempel

Den absolutte procentvise afvigelse beregnes i hver time med aktiveret nedregulering og hvor aktiveringen er større end 10% af månedens største, eller over 50 MWh/h. Afgivelsen beregnes således:

$$\text{Absolute Percentage error} = \left| \frac{REG_{aktiveret} - REG_{estimeret}}{REG_{aktiveret}} \right| \quad (1)$$

Hvis der antages en aktør har solgt 100 MWh/h nedregulering, men kun leveret 75 MWh/h kan afvigelsen beregnes:

$$\text{procentvis afvigelse} = \frac{100MWh/h - 75MWh/h}{100MWh/h} = \frac{25MWh/h}{100MWh/h} = 0,25 \quad (2)$$

I denne time er der altså en procentvis afvigelse på 25% og en underlevering på 25 MWh/h.

Denne beregning laves som sagt i alle timer med utilstrækkelig levering og gennemsnittet over måneden findes efter formlen for *mean absolute percentage error*:

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \text{Absolut procentvis afvigelse}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{REG_{aktiveret,i} - REG_{estimeret,i}}{REG_{aktiveret,i}} \right| \quad (3)$$

Her er n antallet af timer med nedreguleringsaktiveringer der opfylder kravet om mindst at være større end 10% af største aktivering samme måned, eller absolut højere end 50 MWh/h.

I tilfælde af Energinet konstaterer en tendens for underlevering i en måned, ved f.eks. en MAPE større end 20%, vil aktør data blive gennemset. Hvis det også her bekræftes, vil en modregning for manglende leveringer blive iværksat. Herunder kan et eksempel på processen for en enkelt time ses.

Med udgangspunkt i samme time som i beregningseksemplet for procentvis afvigelse har aktøren altså underleveret 25 MWh/h.

Først beregnes den vægtede gennemsnitspris for timen. Som eksempel har aktøren her indgivet 4 nedreguleringsbud på vind som alle blev aktiveret:

Bud	Budmængde [MWh/h]	Pris [DKK/MWh/h]
Bud ₁	50	5
Bud ₂	20	0
Bud ₃	15	-10
Bud ₄	15	-20

$$\text{Vægtet gennemsnitspris} = P_v = \frac{\text{total betaling}}{\text{total mængde}} \quad (4)$$

$$P_v = \frac{50 * 5 + 20 * 0 + 15 * -10 + 15 * -20}{50 + 20 + 15 + 15} = \frac{-200 \text{ DKK}}{100 \text{ MWh/h}} = -2 \frac{\text{DKK}}{\text{MWh/h}} \quad (5)$$

Til sidst findes ubalanceprisen, P_u , i timen. Hvis denne er større end den vægtede gennemsnitspris, P_v , kan modregningsbeløbet beregnes. Hvis den er mindre, bliver modregningen i denne time 0.

Ubalanceprisen i timen findes som $P_u = 50 \frac{\text{DKK}}{\text{MWh/h}}$

Derfor kan modregningsbeløbet nu bestemmes som:

$$\text{Modregning} = \text{Underlevering} * (P_v - P_u) \quad (6)$$

$$\text{Modregning} = 25 \text{ MWh/h} * \left(-2 \frac{\text{DKK}}{\text{MWh/h}} - 50 \frac{\text{DKK}}{\text{MWh/h}} \right) \quad (7)$$

$$\text{Modregning} = -1300 \text{ DKK} \quad (8)$$

For denne time med en underlevering på 25 MWh/h og de angivne mængder og priser vil aktøren skulle tilbagebetale 1300 DKK. Denne udregning vil blive foretaget for alle timer i måneden med underlevering.