Kort analyse

Følgende dokument er en kort analyse lavet på data trukket fra simulationen. Simulationen er med indstillingen at variabel energi bliver prioteret. Følgende indstillinger blev brugt

options.usePlannedDownTime = True

options.useUnplannedDownTime = True

options.energyIslandEast = True

options.energyIslandWest = True

options.useVariations = True

options.tyndpYear = 2030

options.prioritizeVariableProduction = True

options.prioritizeNuclear = False

options.useDSR = True

options.useReserve = True

For at sammenligne vores model med Energistyrelsens Sisyfos model har jeg udregnet afbrudsminutter baseret på vores model som er vist sammenlignet med Sisyfos i tabellen herunder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Antal afbrudsminutter grundet effektmangel | | |
|  | DK1 | DK2 |
| Sisyfos | 16 | 172 |
| Vores model | 165 | 547 |

Som det kan ses er antal afbrudsminutter ifølge vores model en del højere end Sisyfos. I resten af dette dokument vil jeg undersøge en 5 dages periode med lav energi produktion for at se hvordan vores model forholder sig til dette og finder EENS.

**1. Analyse af 5 dages periode**

**1.1 Samlede dansk energi produktion og forbrug**

Jeg ønsker at analysere perioder med lav energiproduktion i Danmark og dets nabolande. I Datanalyse-2035.ipynb køres en kodeblok som finder 10 perioder på 120 timer (5 dage) med lav vind- og solenergiproduktion i Danmark, Norge, Sverige og Tyskland. Denne kodeblok udskriver også den samlede energiproduktion i disse perioder. Baseret på Danmarks energiproduktion og den samlede energiproduktion vælger jeg den 5-dages periode med lavest samlet energiproduktion både i Danmark og generelt. Jeg vælger perioden fra time 6334 til time 6454, hvor den samlede energiproduktion er 5.395.780,73 MWh, og den samlede energiproduktion i Danmark er 414.010,34 MWh. Den samlede energiproduktion i Danmark vises per time i følgende figur:

Et billede, der indeholder tekst, linje/række, Kurve, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

For at få en idé om den underliggende situation, vil jeg først undersøge, hvilket energy surplus (nok nærmere underskud) Danmark befinder sig i i hver af disse timer og hvilken expected energy not served (EENS) per time som følge af dette. Først vil jeg plotte energi demand i disse timer.

Et billede, der indeholder tekst, linje/række, Font/skrifttype, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Det er tydeligt, at nogle af timerne med lavest produktion også er timer med højeste efterspørgsel. Dette fører utvivlsomt til betydelige energiunderskud i Danmark. (Især i timerne 6380-6400, hvor produktionen er meget lav og efterspørgslen er meget høj). Dette timebaserede underskud kan ses i den følgende figur.

Et billede, der indeholder tekst, linje/række, diagram, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Det kan ses, at der er en sammenhængende energiunderskud fra time 6340 til cirka time 6410, hvilket betyder, at der er en energimangel i 70 sammenhængende timer. Derefter er der en overskudsperiode i et par timer (5 timer), før der igen opstår underskud, som varer indtil slutningen af perioden, hvor der er to timer med overskud. I løbet af denne tidsperiode er der samlet set mest underskud, og det samlede underskud for hele perioden er -120.334,34MWh. Nu vil jeg undersøge, hvordan dette underskud påvirker expected energy not served (EENS). Først vil jeg plotte EENS for hver time.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Den samlede EENS i perioden er 1.545,62 MWh. I grafen kan det ses, at der ikke er effektmangel i hver enkelt time med underskud. Dette skyldes, at Danmark importerer energi fra andre lande, der har overskud i disse timer og derfor kan undvære energi, som de kan sende til Danmark. Dog er der stadig en vis effektmangel, især i perioden efter at Danmark har haft en lille overskudsperiode, hvor deres energiproduktion derefter falder igen. For at se på import og eksport til Danmark er det vigtigt at opdele Danmark i deres energizoner, DK1 og DK2, da de to zoner har forskellige forbindelser og forskelligt overskud. Derfor er importen og eksporten forskellige og påvirker effektmanglen i disse to zoner.

**1.2 Dansk energi produktion og forbrug fordelt på zoner**

I de næste grafer viser jeg produktion, efterspørgsel, surplus og EENS først for DK1 og derefter for DK2.

Et billede, der indeholder tekst, linje/række, Font/skrifttype, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, linje/række, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, linje/række, skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, diagram, linje/række, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Ud fra disse grafer kan man observere, at det samlede underskud i Danmark i høj grad følger underskuddet i DK1. Når man sammenligner grafen for EENS for hele Danmark med grafen for DK1, er de næsten identiske, hvilket yderligere viser, at det især er DK1, der er årsagen til effektmanglen i Danmark. Forklaringen på det større underskud i DK1 i forhold til DK2 skyldes, at selvom DK1 har en højere produktion, er deres efterspørgsel også relativt større. På grund af DK1's betydelige underskud vil de i større grad importere energi fra andre kilder og eksportere mindre i forhold til DK2. I de næste fire grafer viser jeg de samme nøgletal for DK2.

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, linje/række, skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, skærmbillede, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, linje/række, Kurve, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, linje/række

Automatisk genereret beskrivelse

Her ses det at grafen for surplus faktisk i det meste af perioden er over 0 altså at der faktisk er overskud i det meste af perioden, dette ses også i det samlede overskud i DK2 over de 120 timer som er 65.482,53MWh. At der generelt set er overskud og kun i nogle få timer er underskud gør at der kun optræder EENS i en time i DK2, resten af underskudstimerne er der nok energi import i DK2 til at gå i nul.

* 1. **Dansk energi produktion per energikilde**

For at se nærmere på energi produktionen har jeg plottet energi produktionen for DK1 og DK2 delt op i hvilken slags produktion.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, diagram, Farverigt

Automatisk genereret beskrivelse

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Farverigt, diagram

Automatisk genereret beskrivelse

Wind og Solar er samlede vind fa hav og land energi og sol energi. Disse to energi produktioner er timebaseret og produktiviteten af kilderne er baseret på historisk data fra 1985 de andre kilder er fast kapaciteter. De indgår altså ikke som produktion per time men i stedet hvor meget de maksimalt kan producere per time.

Det ses at Både DK1 og DK2 er meget afhængige af vind og sol energi og det er i de timer hvor der er lav vind og sol som natte timerne i denne 5 dages periode at der er meget lav energi produktion heldigvis er efterspørgslen også mindre der. Derudover er de også ret afhængige (især DK2) af CKV\_EX som er kraftvarmeværk Det ses at i de timer med højest EENS (6425-6430) er der nærmest intet vindenergi og der er heller intet solenergi timerne svarer til kl. 17-22 på den 267 dag i året altså en vinter dag hvor solen går tidligt ned. I denne tidsperiode er der stadig ok stor efterspørgsel som altså leder til et stort underskud som ikke kan udrettes af energi import som leder til EENS

**1.2 Dansk energi import og eksport**

For at undersøge hvordan det kan være at i andre tidsperioder med højt underskud at der ikke er EENS men er der i nogle perioder er EENS skyldes energi import og eksport så derfor er det også nødvendigt at få en forståelse for disse. Det undersøger jeg i de næste grafer

Et billede, der indeholder tekst, Kurve, diagram, skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelseEt billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

Det er tydeligt, at det store underskud i DK1 i forhold til DK2 også medfører øget import af energi til DK1. I de første par timer observeres der en lille overskudsproduktion i DK1. Samtidig importeres der en betydelig mængde energi, og der eksporteres også en del. Dette tyder på, at DK1 videresender energien til andre noder. I timerne op til time 6400 har DK1 et markant underskud, men alligevel ses der ingen EENS, hvilket skyldes importen af energi. Det kan bemærkes, at det især er NOs og DELU som bidrager til at hjælpe DK1 med at undgå at have EENS. Samtidig observeres der EENS i DK1 i timerne lige før 6380, hvilket antyder, at de tilknyttede lande ikke producerer tilstrækkeligt med overskud til at sende til DK1. Derfor vil det også være interessant at se på energiproduktionen i DELU og NOs senere.

DK2 importerer langt mindre energi sammenlignet med DK1, da DK2 har betydeligt større overskud af energi. DK2's vigtigste handelspartnere med hensyn til energi er DELU og SE4, og samtidig eksporterer DK2 også en betydelig mængde energi til DK1.

I de følgende tabeller præsenteres de samlede summerede import- og eksportværdier for perioden.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| DK1 Import og Eksport (MWh) | | |
|  | Import | Eksport |
| DKEI | 32.482,9 | 0,0 |
| DK2 | 10.015,7 | 1.522,2 |
| NOs | 43.898,1 | 8.779,2 |
| SE3 | 31.242,3 | 11.609,5 |
| DELU | 83.972,2 | 6.297,2 |
| NL | 9.265,8 | 616,0 |
| GB | 24.476,8 | 6.131,5 |
| Total | 235.353,7 | 34.955,5 |
| Total Surplus | -185.816,9 | |
| Total EENS | 1.537,9 | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| DK2 Import og Eksport (MWh) | | |
|  | Import | Eksport |
| DK1 | 1.522,2 | 10.015,7 |
| DKBO | 6.745,3 | 0,0 |
| SE4 | 5.607,0 | 11.250,9 |
| DELU | 3.405,7 | 1.261,2 |
| DKKF | 2.275,2 | 0,0 |
| Total | 19.555,4 | 22.527,8 |
| Total Surplus | 65.482,5 | |
| Total EENS | 7,7 | |

Konklusionerne er de samme. DK1 importerer betydeligt mere energi end DK2, og faktisk eksporterer DK2 samlet set mere energi end det, de importerer. Der er også en markant import af energi til DK1 fra NOs og DELU. Derfor vil jeg nu præsentere en graf for NOs' produktion samt deres import og eksport, efterfulgt af det samme for DELU.

**1.4 NOs produktion og import/eksport**

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, linje/række, Kurve

Automatisk genereret beskrivelse

I graferne ses det, at NOs' energiproduktion næsten ikke afhænger af de tidsvariende produktioner fra Winds og Solar. Dette skyldes selvfølgelig også, at tidsperioden falder sammen med en periode med lav vind- og solproduktion i Danmark og nabolandene. Størstedelen af NOs' produktion kommer fra HydroRes, som er Norges hydroelektriske reservoirer. Det skal bemærkes, at værdierne i grafen repræsenterer kapaciteten og ikke den faktiske produktion på 20 GWh i hver time. Dog er der i modellen mulighed for, at NOs kan producere 20 GWh i hver time. Dette resulterer i, at NOs altid har et meget stort overskud og derfor aldrig oplever nogen form for EENS. NOs kan også eksportere en betydelig mængde energi, og hvis de importerer, er det fordi modellen priotere variabel energi eller for at videresende energien. I den følgende graf kan man se deres import og eksport af energi.Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Kurve, diagram

Automatisk genereret beskrivelse

I de første par timer har NOs faktisk et energi import uden at eksportere det videre. Dette skyldes, at det anvendte datasæt er baseret på simulationer, hvor variabel energiproduktion er prioriteret. Modellen vælger derfor at prioritere vind- og solenergi frem for energi fra hydroelektriske reservoirer, hvilket også kan ses ved energiimporten fra DK1 og DELU i de første timer som falder sammen med en periode med relativt høj vindenergiproduktion i disse to netværk.

**1.5 DELU produktion og import/eksport**

DELU er også et af de lande som DK1 importere meget energi fra og derfor er det spændende at se på deres energi produktion.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Kurve, diagram

Automatisk genereret beskrivelse

Denne energiproduktion er mere realistisk og afhænger især af den variable energiproduktion. I de første par timer er der en markant høj vindenergiproduktion, hvilket er det samme mønster, vi ser i DK1 og DK2 i samme tidsperiode. Derfor kan DELU også eksportere energi til NOs i disse timer. Derudover udgør en betydelig del af DELU's energiproduktion kilden GasUdland. Det er tydeligt at se, at DELU producerer meget mere energi end DK1, DK2 og NOs, men det skyldes også, at DELU er et meget større geografisk område med et højere energiforbrug.

Som nævnt tidligere oplever DK1 EENS i timerne lige før 6380 og omkring 6430. Hvis vi ser på DELU's energiproduktion, er det præcis i disse timer, at DELU har den laveste produktion.

For at se DELU's import og eksport præsenteres der en graf.

Et billede, der indeholder tekst, Kurve, linje/række, skærmbillede

Automatisk genereret beskrivelse

I de første par timer kan vi se, at DELU eksporterer en betydelig mængde energi, især når vindproduktionen er høj. Men udover eksporten importerer DELU faktisk mere energi, end de eksporterer. Dette skyldes, at DELU fungerer som et centralt knudepunkt for energioverførsel i Europa. For eksempel kan AT sende energi til DELU, som derefter bliver sendt videre til DK1. I disse timer importerer DELU en stor mængde energi fra FR og ATsamtidig med at de eksporterer til DK1. Så den energi, som Danmark importerer i disse timer, kommer effektivt fra FR og AT via DELU.

**1.6 Europa Energi netværk**

For at få et overblik over, hvordan hele Europas energinetværk er forbundet, kan man se følgende figur på den næste side. Da der er mange detaljer, kan det være svært at se i en Word-fil, men det er nemmere at undersøge den i Kort\_analyse.ipynb-filen, hvor man har mulighed for at zoome ind og få en bedre visuel oversigt.

Et billede, der indeholder kort, atlas, tekst

Automatisk genereret beskrivelse

**2. Ti timer med højest EENS**

I følgende tabel er de to zoner i Danmarks forbrug, samlede produktion netto import samt EENS opgjort i de ti timer hvor det samlede EENS er højest

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, hvid, sort-hvid

Automatisk genereret beskrivelse