



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

16 energiforskere fra fem universiteter

Lad os få mere fakta i atomkraftdebatten

Lund, Henrik; Thellufsen, Jakob Zinck; Mathiesen, Brian Vad; Madsen, Poul Thøis; Østergaard, Poul Alberg; Nielsen, Steffen; Sorknæs, Peter; Wenzel, Henrik; Münster, Marie; Rosendal, Mathias Berg; Madsen, Henrik; Østergaard, Jacob; Morthorst, Poul Erik; Sørensen, Peter Birch; Andresen, Gorm Bruun; Victoria, Marta

Published in:
Altinget.dk

Publication date:
2022

Document Version
Anden version

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Lund, H., Thellufsen, J. Z., Mathiesen, B. V., Madsen, P. T., Østergaard, P. A., Nielsen, S., Sorknæs, P., Wenzel, H., Münster, M., Rosendal, M. B., Madsen, H., Østergaard, J., Morthorst, P. E., Sørensen, P. B., Andresen, G. B., & Victoria, M. (2022). 16 energiforskere fra fem universiteter: Lad os få mere fakta i atomkraftdebatten. *Altinget.dk*. <https://www.alinget.dk/forsyning/artikel/16-energiforskere-fra-fem-universiteter-lad-os-faa-mere-fakta-i-atomkraftdebatten>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Svar til Altinget.

16 energiforskere fra 5 universiteter: Lad os få mere fakta i atomkraftdebatten

Kronikken er skrevet af 16 forskere

Henrik Lund, Jakob Zinck Thellufsen, Brian Vad Mathiesen, Poul Thøis Madsen, Poul Alberg Østergaard, Steffen Nielsen og Peter Sorknæs, Aalborg Universitet

Henrik Wenzel, Syddansk Universitet

Marie Münster, Mathias Berg Rosendal, Henrik Madsen, Jacob Østergaard og Poul Erik Morthorst, DTU

Peter Birch Sørensen, Københavns Universitet

Gorm Bruun Andresen og Marta Victoria, Aarhus Universitet

I en kronik i Altinget den 11. december 2022 kommenterer kernefysikerne Hans Otto Uldall Fynbo, Bent Lauritzen, Rasmus Toft-Petersen og ingeniør Paul-Frederik Bach vores udgivelse "Fakta om Atomkraft i Danmark". "Der er behov for en grundig vurdering af mulighederne for atomkraft i Danmark", skriver de.

Vi hilser kommentarerne og kritikken velkommen. Vores ærinde er at få mere fakta ind i atomkraftdebatten i Danmark. Det mener vi som energisystemforskere, der er behov for, og det er derfor, at vi har lavet vores publikation.

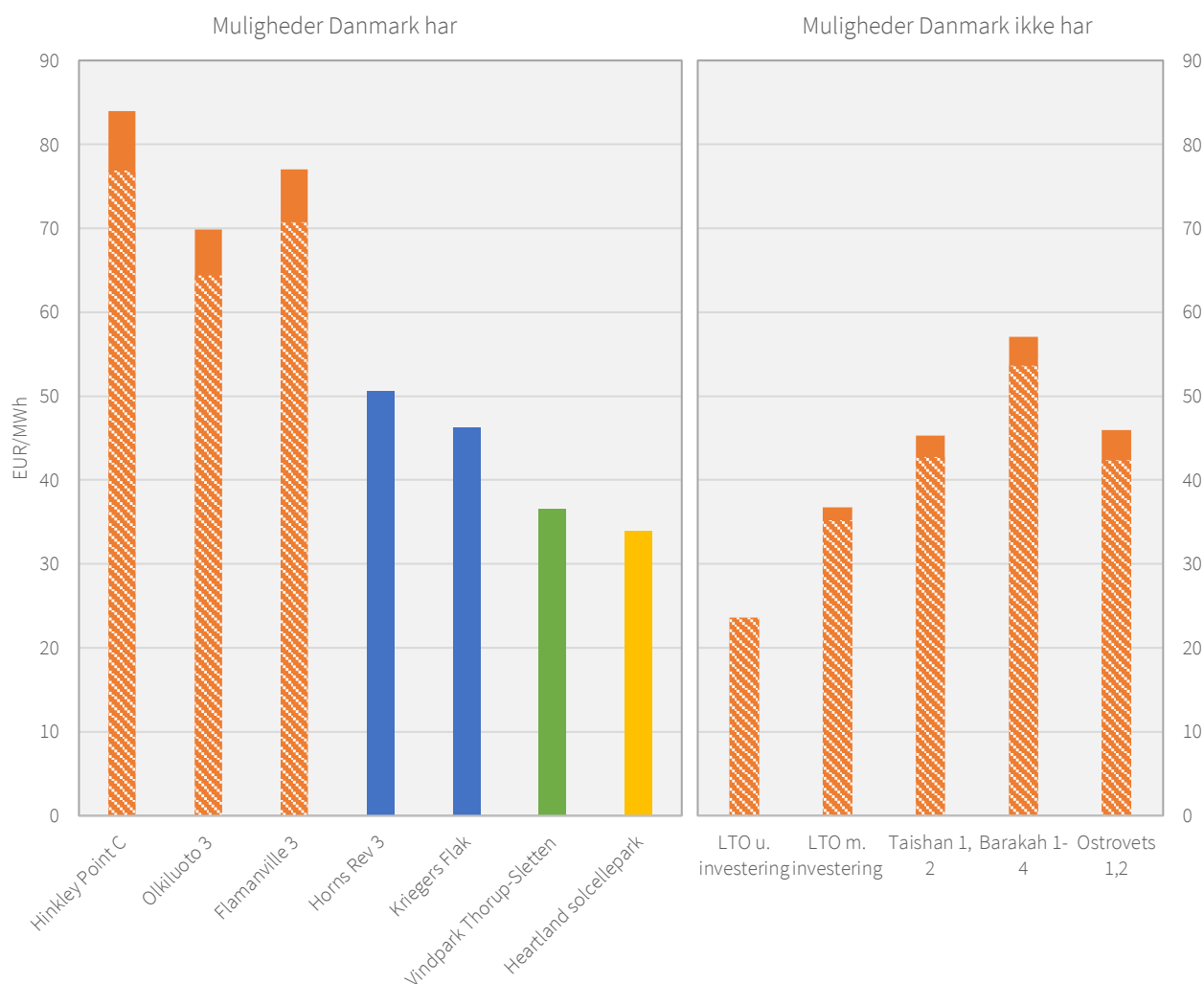
Vi har tre hovedpointer: 1) Atomkraft er for dyr i forhold til vind og sol; 2) det tager for lang tid at bygge et atomkraftværk til at nå vores klimamål, og 3) der er ikke brug for atomkraft for at sikre en stabil elforsyning. Det er muligt at balancere og opretholde en høj forsyningsikkerhed i et elsystem baseret 100 % på vedvarende energi. At erstatte nogle af vindmøllerne med atomkraft vil således blot gøre elforsyningen dyrere og forsinke den grønne omstilling.

Men vi vil altid gerne udfordres på vores udsagn og diskutere dem. Lad os derfor tage de primære indvendinger mod vores udsagn ét for ét.

Atomkraft i Danmark er dyrt

I vores publikation dokumenterer vi, hvordan elektricitet fra nye atomkraftværker opført i Vesteuropa koster ca. dobbelt så meget som elektricitet fra danske vindmølleparker og solcelleanlæg, selv når man forudsætter en levetid for atomkraftværkerne på 60 år. Baseret på det Internationale Energi Agenturs, IEA, forventninger til atomkraft i Vesteuropa og det danske Teknologikatalogs forventninger til sol og vind i Danmark, viser vi, hvordan den relative prisforskel må forventes at blive endnu større i fremtiden. Resultaterne af

sammenligningen for de nuværende priser er vist i figuren herunder. En tilsvarende figur for de fremtidige priser kan ses i [rapporten](#).



Omkostninger til at producere elektricitet, inklusive anlægsomkostninger, drift og vedligehold og brændsel (*levelized cost of electricity, LCOE*). Orange søjler er atomkraftværker, blå søjler er havvindmølleparker, grønne søjler er landvindmølleparker, og gul er solcelleparker. For atomkraft illustrerer hele søjlen omkostningen ved en kapacitetsfaktor på 0,75, og skraveringen viser omkostningen ved en kapacitetsfaktor på 0,85. Den venstre side af figuren illustrerer nybyggede atomkraftværker i Vesteuropa og danske vedvarende energiprojekter. Den højre side af figuren viser levetidsforlængelse af eksisterende værker (LTO) og værker bygget uden for Vesteuropa (Kina, De Forenede Arabiske Emirater og Hviderusland), hvorfor det er sværere at sammenligne omkostningerne med danske forudsætninger. Kilde: Fakta om Atomkraft. Nye data for [Barakah](#) og [Ostrovets](#).

Figuren er baseret på en tilsvarende figur i "Fakta om atomkraft". Blot har vi med skraveret vist, hvad resultatet er, hvis man regner med en kapacitetsfaktor på 85 % i stedet for 75 %. Og vi har tilføjet et russisk og et koreansk atomkraftværk under opførelse i hhv. Hviderusland og De Forenede Arabiske Emirater.

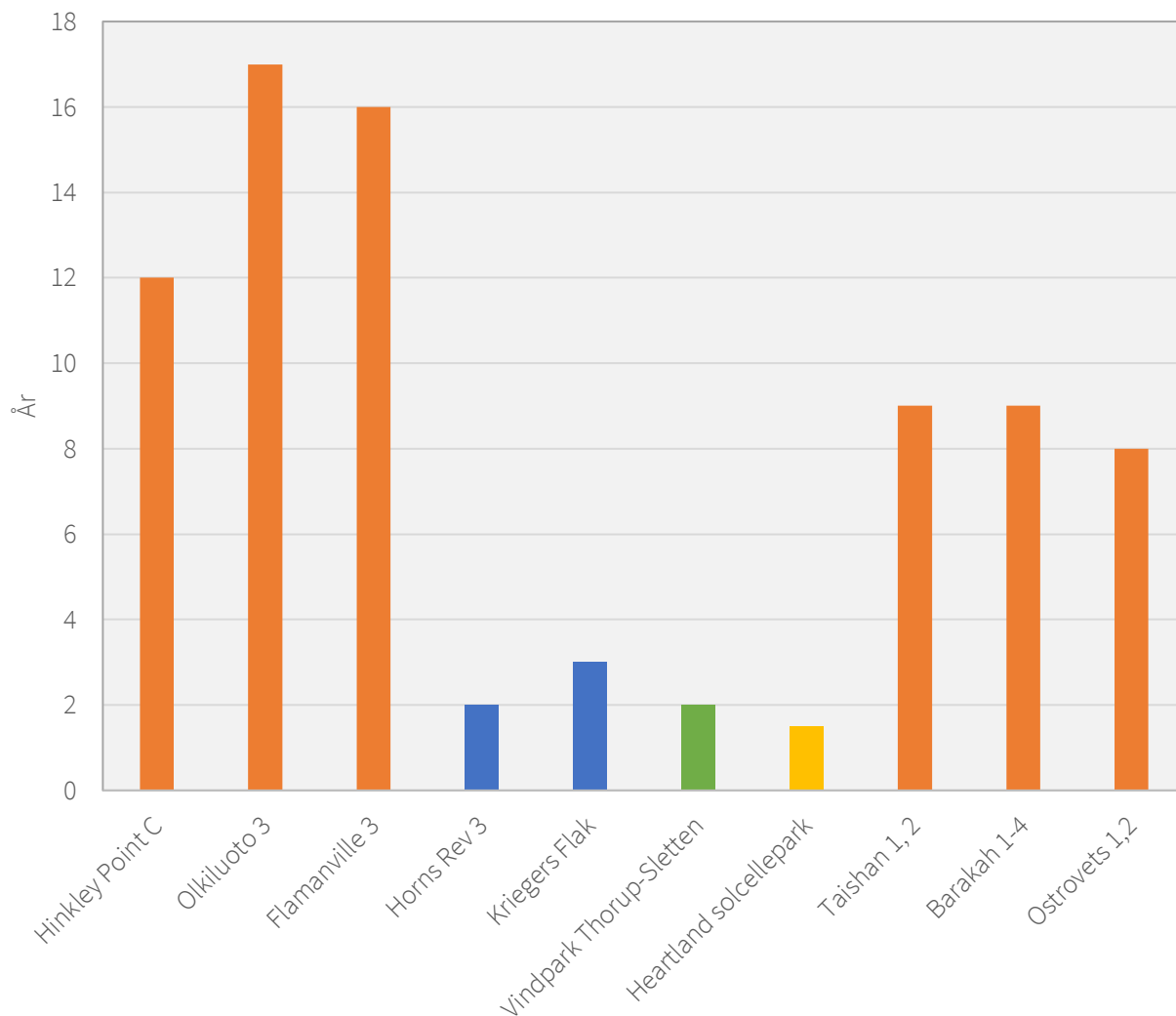
Kernekraftsingeniørerne mener i deres kritik, at vi "har valgt de værste tænkelige parametre for atomkraft". Men det er ikke rigtigt. Alle vores forudsætninger er baseret på IEA, og det er ikke specielt ufordelagtigt for atomkraften. F.eks. er prisen på atomkraft i Europa de seneste årtier steget. Alligevel forudsætter vi og IEA, at prisen falder i fremtiden. Vi og IEA forudsætter også, at et atomkraftværk kan køre i 60 år med en udnyttelse i *alle* årene på 75 % (se vores publikation). Det er meget højt sat. Og det selvom vi ikke har kendskab til nogen atomkraftværker, der har præsteret et så højt gennemsnit over 60 år.

Alligevel kritiseres vi for, at vi ikke har valgt en udnyttelse på 85 %. Kernekraftsingeniørerne henviser til, at de kan finde dette tal hos IEA. Men går man ind og nærlæser IEA's rapporter, anbefaler IEA faktisk [70-80 % for Vesteuropa](#). De 85 % procent gælder for andre steder i verden. I virkeligheden behøver dette tal dog ikke at skille os ad. I Figuren ovenfor illustrerer, hvad det betyder, hvis vi regner med 85 % i stedet for 75 %. Som man kan se, ændrer det kun marginalt på resultatet. Atomkraft i Vesteuropa er stadig markant dyrere end vind og sol i Danmark.

Atomkraft har lange byggetider

Ikke nok med, at atomkraft er dyrt. I Vesteuropa har de nyeste værker også væsentligt længere byggetider end sol og vind i Danmark. Den næste figur viser en sammenligning af konkrete byggetider. Sammenligningen medregner ikke planlægnings- og beslutningsfasen, som historisk set har været længere for atomkraft end for sol og vind (se nærmere redegørelse i vores publikation).

Byggetid



Byggetider for forskellige teknologier. Fra byggestart til værkerne starter fuld produktion. Orange er atomkraftværker, blå er havvindmølleparker, grøn er landvindmølle og, gul er solcelleparker. Hinkley Point C forventes færdiggjort i 2028 på nuværende tidspunkt og Flamanville 3 forventes færdiggjort i 2023. Byggetider er beregnet baseret herpå.

Med hensyn til både omkostninger og byggetider bliver vi kritiseret for, at vi har "håndplukket" tre atomkraftværker i Europa "med de højeste omkostninger og længste byggetider". Også det er et uberettiget kritikpunkt, idet der kun er opført de samme 3 atomkraftværker i Vesteuropa i de seneste 20 år. Vi har altså ikke håndplukket, for der er ikke andre at vælge. Vi har alle nyere vesteuropæiske værker med.

Kernekemikerne mener, at vi burde regne på nogle værker andre steder i verden, som er væsentligt billigere end i Vesteuropa. Det gør vi også. I vores publikation har vi f.eks. et værk med fra Kina. Og i figurene har vi nu yderligere tilføjet ét værk fra Hviderusland og ét fra de Forenede Arabiske Emirater. Og som det fremgår, er vi helt enige i, at man andre steder i verden kan bygge atomkraft billigere end i Vesteuropa. Omvendt kunne vi også pege på, at i USA er anlægsprisen endnu højere end i Vesteuropa.

Men når kernefysikerne tilsyneladende mener, at man kan overføre anlægsomkostninger og byggetider fra kinesiske, sydkoreanske og arabiske atomkraftværker direkte til danske forhold, så er vi uenige. Det kan man ikke. Dette skyldes bl.a., at et atomkraftværk ville skulle opføres med danske løn- og arbejdsvilkår. Lønomkostningerne er en betydelig del af investeringerne i A-kraft. Dertil kommer, at vi i Danmark har mere omfattende demokratiske processer med høringsperioder. Spørgsmålet om lokalisering vil fx ikke gå stille af eller blive afklaret hurtigt.

Et konkret eksempel på, hvor store disse forskelle er mellem Europa og de tre andre nævnte lande, kan man få et indtryk af ved at sammenligne de tre Vesteuropæiske værker Hinkley Point C, Olkiluoto 3 og Flamanville 3 med de kinesiske Taishan 1 og 2 i figuren ovenfor. I begge tilfælde er der tale om et atomkraftværk, der er baseret på fransk teknologi (EPR). Den relevante omkostning for Danmark er, hvad atomkraft koster i Vesteuropa, og ikke i Kina og de Forenede Arabiske Emirater.

I øvrigt har de kinesiske værker indtil videre kørt med benyttelsestider på hhv. [66 %](#) og [81 %](#). Altså ikke de 85 % kernefysikerne, mener, at vi burde regne med.

Der er ikke brug for atomkraft i Danmark

I vores publikation regner vi på en grøn omstilling hhv. med og uden atomkraft. Konklusionen er klar: Det er muligt at balancere og oprette en høj forsyningssikkerhed i et elsystem baseret 100 % på vedvarende energi. Der er ikke behov for atomkraft for at sikre stabilitet i elforsyningen. Det vil kun gøre den dyrere og samtidig forsinke den grønne omstilling. Tidligere har vi været afhængige af fleksible el-produktionsanlæg, men i fremtiden vil en stor del af fleksibiliteten komme fra lagre, fleksibelt forbrug og transmission.

Kernefysikerne kritiserer også vores scenario for, at der indgår en elektrificering af varme- og transportsektoren og kalder det "hypotetisk" og "radikalt anderledes". Kernefysikerne mener, at der er brug for at sammenligne med "egentlige" alternativer. Men det synspunkt er i højere grad en kritik af selve den grønne omstilling, end det er en kritik af vores scenario. Alle scenarier for den grønne omstilling, inklusive scenarier med atomkraft, forudsætter en øget elektrificering og dermed et væsentligt højere elforbrug i fremtiden. Det skyldes behovet for dels at få de fossile brændsler ud af varmemeforbruget, industrien og transporten, dels at holde forbruget af biomasse nede på et bæredygtigt niveau. Og det har ikke noget at gøre med, om elektriciteten produceres af vind, sol eller atomkraft. Elektrificeringen af andre sektorer giver som sidegevinst mulighed for at lagre energi som varme eller grønne brændsler og derved opnå et fleksibelt elforbrug, hvilket muliggør en effektiv integration af de variable vedvarende energikilder.

Når resultatet af energisystemanalyser kommer frem til, at atomkraft gør den grønne omstilling dyr og langsom, så skyldes det, at atomkraft er dyr og har lange byggetider. Ikke hvilket scenario, atomkraft indgår i.

Vi vil derfor gerne vide, hvad det er for et "egentligt alternativ", som kernefysikerne henviser til, der gør atomkraften til et billigere alternativ end vedvarende energi? Hvis det findes, vil vi gerne have det med i vores næste udgave af 'Fakta om atomkraft'.

Nye projekter understøtter vores konklusioner

Siden vi har udgivet vores publikation om fakta i atomkraftdebatten, så er to nye anlægsprojekter blevet offentliggjort. Begge disse projekter understøtter vores fakta om økonomi og byggetider.

Det ene projekt er CIP og Ørsted's [annoncering](#) af, at de sammen vil opføre 5,2 GW offshore vindkraft i Danmark. Det andet er Polens projekt om at opføre et [3,7 GW atomkraftværk](#). Begge projekter vil kunne producere ca. 2,8 millioner kWh pr år, når de står færdige. Anlægsprisen på atomkraftværket er på nuværende tidspunkt estimeret til 156 mia. kr., mens vindmøllerne (hvis de anlægges til samme pris som [vindmølleparken Thor](#)) vil koste ca. 80 mia. kr. Vindmøllerne vil kunne starte produktionen i 2027, mens atomkraftværket først kan forventes at producere fra 2033.

Fremtiden tyder på større prisforskelle på vedvarende energi og a-kraft

Historisk er vedvarende energi som solceller og vindmøller faldet markant i pris. Tidsskriftet Nature udgav sidste år [en videnskabelig artikel](#), som samlede op på forventningerne til, hvordan prisen på vindkraft vil være de kommende år. Konklusionen er, at frem mod 2050 vil priserne falde med mellem 37 % og 49 %.

Hvad angår [forskningen i nye og mindre reaktortyper](#), så hilser vi det velkommen. Men vi kender ikke prisestimer på fuldskala og opskaleret produktion af den slags reaktorer. Ifølge en [opdatering fra november](#) i år fra Institute for Energy Economics and Financial Analyses skulle 12 små modulære anlæg bestilt i Utah have kostet 55 \$/MWh. Men nu estimeres de ifølge samme kilde til at koste 90-100\$/MWh, inklusive et tilskud på 30 \$/MWh. Disse anlæg forventes at være færdige i 2030. Med andre ord ved vi ikke, hvad prisen på disse anlæg er, og ej heller muligheden for en hurtig opskalering. Det er derfor ikke en teknologi, vi kan satse på nu.

Lad os få flere fakta

Der er stadig mange udfordringer, der må løses, førend et energisystem baseret 100 % på vedvarende energi kan realiseres: Spænding- og frekvensregulering af elnettet skal leveres af nye typer af enheder i systemet; materialeforbruget bliver stort, hvilket kræver et øget fokus på genbrug; vores biomasseforbrug skal holdes på et bæredygtigt niveau mm. Disse aspekter er i fokus, når vi som energisystemforskere, beskæftiger os med, hvornår vi i Danmark bedst kan gennemføre den grønne omstilling.

"Bløde fakta" om risici ved geopolitiske konflikter, samt om social bæredygtighed er også vigtige for debatten, hvorfor analyser fra andre videnskabelige discipliner også vil være relevant.

I vores publikation "Fakta om Atomkraft" inviterer vi til, at man henvender sig med eventuelle data og antagelser, som vi kan inddrage i en opdateret version af publikationen. Dermed kan vi få en grundig vurdering af mulighederne for atomkraft i Danmark. Vores bidrag til debatten er ikke et partsindlæg, men en ambition om at bidrage til en mere faktabaseret debat. Derfor vil vi også gerne invitere kernefysikerne og andre til at bidrage med flere faktabaserede indlæg.