

# KOMMENTARER TIL: "FAKTA OM ATOMKRAFT I DANMARK"



## Forord

Torsdag d. 20. oktober udkom et notat med titlen "Fakta om atomkraft i Danmark – Input til en faktabaseret diskussion af fordele og ulemper ved atomkraft som en del af den grønne omstilling i Danmark". En gruppe på 16 danske forskere fra fem universiteter er underskrivere på notatet.

Foreningen Atomkraft Ja Tak hilser notatet velkommen i debatten. Det er fantastisk, at vi nu debatterer atomkraft. Det er også glædeligt, at forskerne åbent har lagt op til at få inputs til at udarbejde en version 2.0 af notatet. Dem har vi i Foreningen Atomkraft Ja Tak masser af, hvilket vi vil gennemgå i dette skriv. Vi vurderer dog, at det er særligt relevant, at der i den næste version af notatet bliver inddraget de danske forskere, der ved mest om atomkraft, og som bemærkelsesværdigt nok ikke har været inddraget i denne version. Man bør også inddrage udenlandske eksperter fx fra Sverige, hvor atomkraften står over for en markant udbygning de kommende år.

Den danske forsker, Bent Lauritzen, der er sektionsleder for Strålingsfysik på DTU, har til mediet "Ingeniøren" udtalt sig yderst kritisk over for notatet. Hans reaktion er blandt andet:

*"Det virker som om, at de ikke har forstået teknologien. Jeg vil ikke vurdere, om man skal have atomkraft i Danmark, men man bør i det mindste undersøge det på et seriøst grundlag, og det mener jeg ikke, at det her er." [1]*

Det er vigtigt at pointere, at ingen af forskerne bag notatet er uddannet med speciale eller yderlige kompetenceprofil i implementeringen af atomkraft. Vi finder bl.a. Henrik Lund blandt forskerne, der er kendt for sin fortid i anti-atomkraftbevægelsen OOA, der arrangerede atommarcher i 70'erne og 80'erne. Henrik Lund er også en af de centrale figurer bag den energisystemsmodel, som benyttes i notatet. Henrik Lund har for et par år siden udtalt til DR:

*"For mig er atomkraft ikke en drøm. Det er et mareridt. Min drøm er vedvarende energi." [2].*

Mens forskerne ikke ser ud til at have uddannelsesmæssig kompetence indenfor atomkraftens implementering i energisystemer, er deres kompetenceområde til gengæld primært 100% vedvarende energisystemer, hvori atomkraft ikke indgår. Det er derfor vigtigt at have in mente, at forskerne bag rapporten ikke nødvendigvis har den tilstrækkelige ekspertise til at lave et fyldestgørende "Input til debatten om atomkraft".

I notatets forord skriver forskerne: *Det er imidlertid svært direkte at sammenligne sol, vind og atomkraft.* Denne formulering skaber en forventning om, at forskerne vil forsøge at lave det bedste sammenligningsgrundlag mellem energikilderne. Det viser sig dog ikke at være tilfældet.

I det første og primære afsnit i notatet med titlen "Omkostninger og byggetider for atomkraft i Danmark", sammenligner de nemlig tre udvalgte atomkraftværker med tre vindmølleparker og én solcellepark i Danmark. En sådan en-til-en sammenligning mellem pris og byggetid for hhv. sol/vind og atomkraft er ikke meningsfuld af mange årsager, som vi vil gennemgå.

I notatets andet afsnit "Energisystemer" forsøger forskerne så at tage højde for det manglende sammenligningsgrundlag i det første afsnit ved at inkorporere atomkraft i én udvalgt model fra IDA's klimasvar 2045. De input, som benyttes i dette afsnit, stammer dog fra første del af notatet.

Det nærværende indlæg er skrevet af Foreningen Atomkraft Ja Tak. Vi er en tværpolitisk græsrodsbevægelse, der ønsker at bidrage til en saglig og oplyst debat om atomkraft som en del af løsningen på samfundets energi- og klimaudfordring.

Selvom navnet kunne antyde andet, så ønsker foreningen en teknologineutral tilgang til energi- og klimaudfordringerne, og vi er således ikke imod udbygning af hverken vindmøller eller solceller. Vi synes dog ikke den generelle offentlige debat om atomkraft er udtryk for en teknologineutral tilgang til energikilden. Det skinner også igennem i notatet, der mangler så mange nuancer, at det reelt er udtryk for det modsatte end det input til en faktabaseret debat om atomkraft i Danmark, som forskerne giver udtryk for at ville bringe.

Ved opklarende spørgsmål eller andre henvendelser bedes kontakt rettes til Johan Christian Sollid, forperson for Foreningen Atomkraft Ja Tak.

[Johansollid@atomjatak.dk](mailto:Johansollid@atomjatak.dk)

## Indholdsfortegnelse

Hovedpointer	1
Indledning	2
1. Omkostninger og byggetider ved atomkraft i Danmark	3
1.1 Elproduktionsomkostninger	8
1.2 Byggetider	12
1.3 Støttebehov til investering i atomkraft og vedvarende energi	20
1.4 Atomkraft som spids- og reservelast	21
1.5 Små modulære reaktorer	23
2. Energisystemanalyser	24
3. Tilbageværende spørgsmål	27
3.1 Hvor i Danmark bør sådanne atomkraftanlæg placeres	27
3.2 Risikoplacering	27
3.3 Hvordan håndteres radioaktivt affald, og hvor skal det deponeres	28
4. kilder	30

## Hovedpointer

- Forskerne bag notatet udvælger tre af de dyreste og forsinkede atomkraftprojekter nogensinde, som værende repræsentativt for europæisk atomkraft. Forskerne undlader at forholde sig til, hvorfor projekterne blev så dyre og forsinkede.
- Udeblivelse af andre landes atomkraftværker (Japan eller Sydkorea) forklares ikke.
- Manglende stillingtagen til at prisen på både vind- og solenergi ifølge Det Internationale Energiagentur er steget de seneste par år, særligt på grund af de stigende råvarepriser, som har stor betydning for konstruktionsprisen i materialekrævende energikilder som vind- og solenergi.
- Forskerne mener, at vi ikke kan sammenligne med atomkraft i Kina grundet andre arbejdsforhold, men lader ikke til at forholde sig til, at 1/5 af alle solceller installeret i Danmark kan spores tilbage til slavearbejde i den kinesiske provins Xinjiang.
- Forskerne forholder sig ikke til, hvorvidt atomkraft kan levere fjernvarme i en dansk kontekst eller omkostningsreduktioner ved etablering ved allerede eksisterende kraftvarmeværker.
- En direkte sammenligning mellem styrbar (atomkraft) og ikke-styrbar (vind- og solenergi) energikilder er misvisende. Det Internationale Energi fraråder en sådan sammenligning, da ikke-styrbarenergi introducerer en række systemmæssige omkostninger, som ikke gør sig gældende i samme grad ved styrbarenergi.
- Misvisende sammenligning af byggetid. Forskerne sammenligner b.la. en lille landvindmøllepark med et stort atomkraftværk i England, som producerer 150 gange mere elektricitet om året end vindmølleparken. Her burde forskerne tage højde for kapacitetsfaktor og den installerede kapacitet ved værkerne.
- Planlægningstiden ved vindmølleparker i Danmark misrepræsenteres af forskerne ved ikke at medtage tidligere undersøgelser og høringer i deres estimater. Ved atomkraft er planlægningstiderne betydeligt mere retvisende.
- Forskernes systemanalyse baseres på kritisable antagelser for investeringsomkostningerne ved atomkraft. Ligeledes er de bagvedliggende antagelser ved IDA's klimasvar 2045 medtaget, som beror på meget ambitiøse antagelser for et fremtidigt energisystem.
- Forskerne berører tilbageværende spørgsmål angående sikkerhedsrisiko og affaldshåndtering. Her finder vi forskernes kritikpunkter utrolig unuanceret samt indeholdende manglende dokumentation.

## Indledning

Indledningsvist, er det vigtigt at få klargjort, at forskerne begår nogle betydelige fejl, der gør deres senere konklusion; at atomkraft er alt for dyrt og langsomt i en dansk kontekst, misvisende. Til sammenligningen mellem energikildernes pris og byggetid udvælger forskerne nemlig tre af de dyreste og mest forsinkede atomkraftværker i verdenshistorien: Olkiluoto 3 i Finland, Flamanville 3 i Frankrig og Hinkley Point C i Storbritannien, og definerer således disse som repræsentative for atomkraftteknologien. Forskerne undlader at forholde sig til, hvorfor projekterne blev så dyre og forsinkede. Årsagen er, at landene valgte et uafprøvet reaktordesign, der end ikke var færdigdesignet, da anlægsarbejdet blev påbegyndt. Langt de fleste atomkraftværker i verden, også de der er bygget i de sidste 20 år, er dog bygget til konkurrencedygtige priser og langt hurtigere end de tre udvalgte atomkraftværker.

Forskerne sammenligner de tre ovennævnte atomkraftværkers pris og byggetid en-til-en med prisen og byggetiden for de seneste to danske havvindmølleparker, en landvindmøllepark og en solcellepark, uden at tage hensyn til, at atomkraftværkerne og de vejrbaseerede energikilder leverer to vidt forskellige produkter i form af hhv. styrbar og fluktuerende energiproduktion. Da energikilderne leverer to forskellige produkter, er det ikke retvisende at sammenligne deres pris og byggetid en-til-en.

Notatet tegner et billede af, at atomkraft er alt for dyrt i en dansk kontekst. Man kan derfor undre sig over, at vores nabolande Sverige og Holland, som vi tit sammenligner os med, og som jo har adgang til præcis det samme datagrundlag, har planer om at udbygge atomkraft, i samspil med en udbygning af vind og sol.

## 1. Omkostninger og byggetider ved atomkraft i Danmark

Det bliver hurtigt gjort klart, at forskerne har til hensigt at sammenligne de tre eneste atomkraftværker bygget i Europa de sidste 15 år med udbygningen af havvind og solenergi. De 60 andre reaktorer, der er blevet bygget rundt omkring i verden i samme periode, udelader forskerne. Hvorfor sammenligner de ikke med reaktorer bygget i Sydkorea, Japan eller UAE? Det er ikke en selvfølge udelukkende at sammenligne med de værker, der er bygget i europæiske lande i de sidste to årtier.

Forskerne forsvarer dette valg med, at atomkraftværker i Kina og Indien ikke stilles over for de samme sikkerhedskrav som i Vesteuropa, men de undlader at påvise dokumentation for denne antagelse. Fakta er, at nogle af de kinesiske atomkraftværker er bygget af det franske firma EDF i et helt identisk reaktordesign. Hvordan forskerne kommer frem til det modsatte, fremgår ikke nogen steder. De henviser ganske vist til en kilde, men deri fremgår følgende:

*"While significant cultural, social, and political differences may exist between countries, **the fundamental basis for assessing the safety of nuclear reactors is fairly uniform among countries with established nuclear power programs.**" [3]*

Det er endvidere bemærkelsesværdigt, at forskerne i deres valg af de tre nævnte europæiske reaktorer kun adresserer fravalget af reaktorer i Kina og Indien. Der er de sidste 20 år også blevet bygget atomkraftværker i Japan og Sydkorea, der begge er ganske sammenlignelige med lande i Europa. Begge lande er velstående, højteknologiske og demokratiske lande, der anses som værende en del af Vesten. At disse lande ikke medtages, finder vi ingen yderligere forklaring på i det pågældende notat. Begge lande har i øvrigt for nyligt meldt ud, at de vil satse på atomkraft, som en markant del af deres grønne omstilling.

### Prisudvikling

Modsat forskernes skepsis for fremtidige omkostninger til atomkraft, er de ganske ukritiske over, hvordan omkostninger til vind- og solenergi vil udvikle sig. De insinuerer, at fordi omkostninger til vind og sol er faldet de seneste årtier, så vil priserne nok fortsætte med at falde. Det ville selvfølgelig være godt, hvis det skete, men man skal være varsom med sådanne antagelser, og en del faktorer tyder på, at det er svært at presse priserne længere ned.

Prisen på både vind- og solenergi er ifølge Det Internationale Energiagentur tværtimod steget de seneste par år [4], særligt på grund af de stigende råvarepriser, som har stor betydning for konstruktionsprisen i materialekrævende energikilder som vind- og solenergi.

Der har været opråb fra vindbranchen [5] om, at profitterne er presset helt i bund [6], og at dele af forsyningskæden er truede på overlevelse [7]. Vestas og Siemens Gamesa har bare i år fyret hundredvis af medarbejdere, heriblandt i Danmark [8].

Det mest afgørende kritikpunkt vedrørende forskernes forventninger til prisen for vedvarende energi er dog, at de ikke forholder sig til, at en meget væsentlig årsag til de sidste to årtiers store prisfald, særligt for solceller [9], har været Kinas massive indtog i produktionen af de påkrævede råmaterialer og komponenter.

Kinesisk produktion foregår i mange tilfælde under dybt kritisable vilkår, som vi aldrig ville godtage i vesten, og som i stigende grad nu problematiseres politisk [10]. Kort sagt har den billige produktionspris for solceller været mulig på grund af brug af billig kinesisk kul til den energitunge solcelleproduktion, og ikke mindst ved brug af ultrabilligt tvangsarbejde fra det muslimske mindretal i Kina. Hele 45% af verdens produktion af solcellers hovedkomponent polysilicium produceres i disse arbejdslejre [11].

Ser vi på solcelleparker opsat herhjemme i Danmark, kunne TV2 og Danwatch i juli afsløre, at op mod 1/5 af alle danske solceller har komponenter, der kan spores tilbage til tvangsarbejde i Kina. Faktisk er solcelleparken Heartland, som er den solcellepark forskerne har udvalgt til at sammenligne pris med atomkraft, blevet bygget af solcellevirksomheden Better Energy. TV2 skriver følgende om solcelleparken Heartland:

*"Cellerne i parken er leveret af en kinesisk solcelleproducent Risen Energy, som har underleverandører i Xinjiang, der bruger de kinesiske arbejdsprogrammer. Solcellevirksomheden Better Energy har opført parken."* [12].

Vi finder det derfor yderst mærkværdigt, at forskerne skriver, at vi ikke kan sammenligne med atomkraftværker opført i Kina, fordi *"...de er baseret på andre krav til byggeri og sikkerhedskrav end de, der gælder i Vesteuropa"*. Men når det kommer til danske solcelleparker, så medtages lignende overvejelser ikke?

Hvis det politisk bliver besluttet at gøre noget ved ovenstående problematikker, så bliver det i hvert fald noget af en udfordring at leve op til forventningen om, at der fremover skal produceres endnu



billigere solceller. Solcellebranchen har da også forsøgt at presse EU til at begrænse en mulig hård lovgivning mod køb af varer, der er produceret af tvangsarbejde.

Den Europæiske brancheforening Solar Power Europe forholder sig meget skeptisk til, at en sådan politisk beslutning kan gennemføres. Følgende er et uddrag fra en artikel herom på Danwatch:

*"Som begrundelse fremhæver Solar Power Europa blandt andet, at importforbuddet ikke må pålægge virksomhederne for stor en administrationsbyrde samt, at "EU i øjeblikket er fuldstændig afhængig" af import fra Kina og Sydøstasien i bestræbelserne på at gennemføre den grønne omstilling" [13].*

Det er ikke kun nuancer vedrørende prisen på vedvarende energi, der mangler i notatet. Der mangler i særlig grad nuancer til prisen på atomkraft, som vi nu vil berøre. Forskerne medtager nemlig ikke muligheder for at forbedre atomkraftværkers økonomi.

### **Billigere reaktortyper end EPR**

For det første, nævnes det ikke, at der er mulighed for at vælge andre leverandører og reaktortyper end den fransk/tysk designede EPR-reaktor leveret af franske EDF. Det ville ellers være en særdeles relevant overvejelse, eftersom det ikke går forrygende med de tre første i Europa, og fordi der er billigere alternativer på det globale marked.

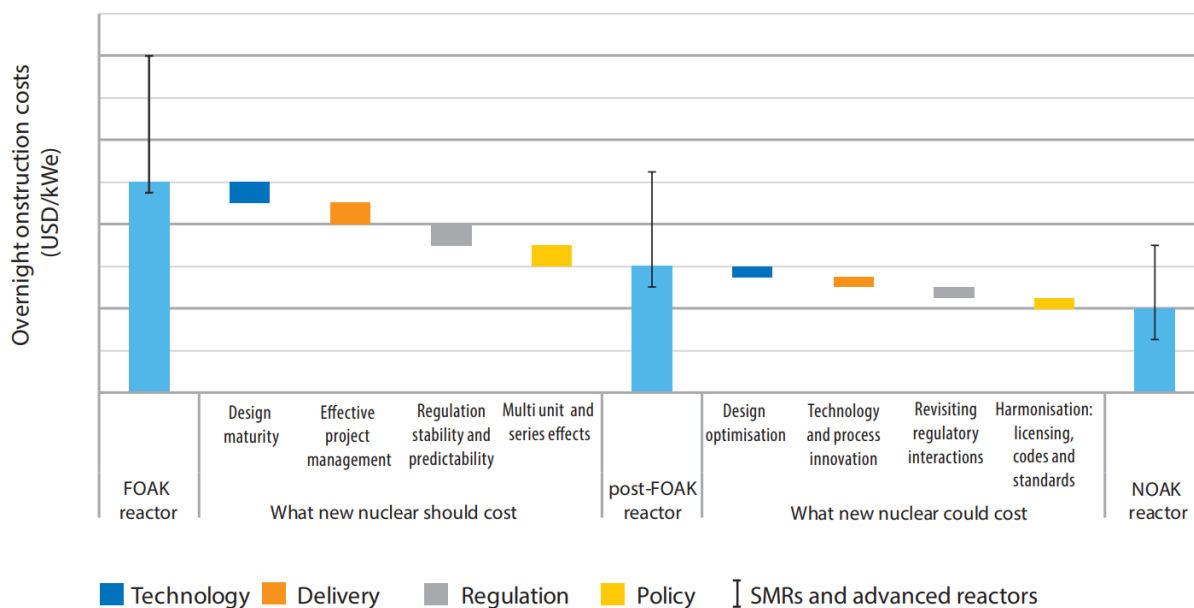
I Polen har regeringen netop indgået aftaler med to andre firmaer, hhv. den amerikanske virksomhed Westinghouse og den sydkoreanske virksomhed "Korea Hydro & Nuclear Power", om at disse firmaer skal bygge atomkraftværker i Polen [14]. Polen fik også tilbud fra franske EDF, som dog angiveligt ville være over et 50% så dyrt valg for polakkerne som den koreanske model [15].

Dette er kun vedrørende valg af et klassisk stort, konventionelt atomkraftværk. Vi vil senere behandle muligheden for at investere i såkaldte små modulære reaktorer.

### **First of a kind (FOAK)**

Det er kendt i litteraturen, at specialiseringsgevinster ved at bygge flere enheder af den samme reaktor-type er med til at presse prisen i bund. Den type reaktor, som er bygget i hhv. Finland, England og Frankrig kan betegnes som First of a kind (FOAK). Det Internationale Energiagentur (IEA) påpeger i deres seneste prisrapport, at der vil opstå betydelige gevinster ved at fortsætte med at bygge den samme reaktortype flere gange også kaldet Nth of a kind (NOAK) [16].

Figure 8.5: Nuclear cost and risk reduction drivers



Note: kWe = kilowatt electrical capacity.

Source: NEA (2020).

Illustreret i ovenstående figur ser vi, at der er otte skridt i processen fra en FOAK til en NOAK-reaktor. Største reduktioner ser vi ved de fire første skridt hhv. Design Maturity (1), Effective Project Management (2), Regulation Stability and Predictability (3) og Multi Unit and Series Effects (4). Disse fire skridt er den franske EPR-reaktor, som forskerne sammenligner med, ved at være igennem. Det betyder, at vi ved fremtidige projekter kan forvente reduktioner i prisen på reaktoren.

1. Designet af reaktoren er modnet
2. Projekthåndteringen er blevet gjort bedre,
3. Den lovmæssige regulering er blevet mere strømlinet
4. Der er nu bygget flere enheder.

Alle skridt gør at fremtidige reaktorer har øjensynlige prisreduktioner i sigte.

## Fjernvarme

Forskerne indregner ikke muligheden for at udnytte varmen på atomkraftværket til at forsyne danskerne med fjernvarme. Det er helt oplagt både at bruge atomkraftværket til strøm og fjernvarme i Danmark, idet  $\frac{2}{3}$  af vores varmebrug forsynes af fjernvarme.

Virkningsgraden på et atomkraftværk, det vil sige den del af den samlede mængde energi, der giver nytte og ikke går til spilde, er i notatet sat til 33%. Det er klassisk for de atomkraftværker, der udelukkende producerer elektricitet. Det skyldes, at i alle former for kraftværker, hvor et brændsel er benyttet til at opvarme vand til at drive dampmaskiner, finder der et energitab sted. Modsat ved afbrænding af kul, olie, biomasse og gas, så udleder det dog ikke hverken CO<sub>2</sub> eller partikelforurening at bruge atombrændsel til at lave damp.

I Danmark har vi tradition for at være mestre til at undgå et sådant energitab ved at lave samproduktion på vores kraftvarmeværker. Som navnet antyder, så producerer disse værker altså både elektricitet og fjernvarme. Herved opnår værkerne en betydeligt højere virkningsgrad end 33%.

Energistyrelsens rapport fra 2015 regner med en virkningsgrad på omkring 90% for danske kraftvarmeværker [17]. Det kunne tænkes, at atomkraftværker ligeledes kunne opnå virkningsgrad i samme størrelsesorden [18].

### **Erstatte eksisterende kul- og biomassekraftværker**

Endvidere forholder forskerne sig ikke til mulige besparelser ved at bygge atomkraft på eksisterende kul- eller biomassekraftværker. Eftersom store dele af et atomkraftværk er helt lig øvrige kraftvarmeværker, kan der herved spares adskillige komponenter. Det amerikanske energiministerium (DOE) vurderer, at 80% af de amerikanske kulkraftværker kan omstilles til atomkraftværker, og de vurderer at besparelsen ved at gøre dette er mellem 15 og 35% [19].

I Danmark har vi nogle gode håndfulde kraftvarmeværker, der allerede ligger tæt ved havet, hvor der ligeledes er transmissionsstationer, elkabler og fjernvarmerør. Disse grunde vil være oplagte at benytte til atomkraftværker, eller i hvert fald at undersøge muligheden herfor nærmere. Værkerne vil ikke have brug for store køletårne, da de ville bruge havvand som kølevand ligesom de eksisterende danske kraftværker.

Opsummerende, er der altså en lang række overvejelser vedrørende energikildernes priser, som forskerne ikke tager stilling til i deres notat. Det er herfra en anbefaling at nuancere analysen markant mere.

## 1.1 Elproduktionsomkostninger

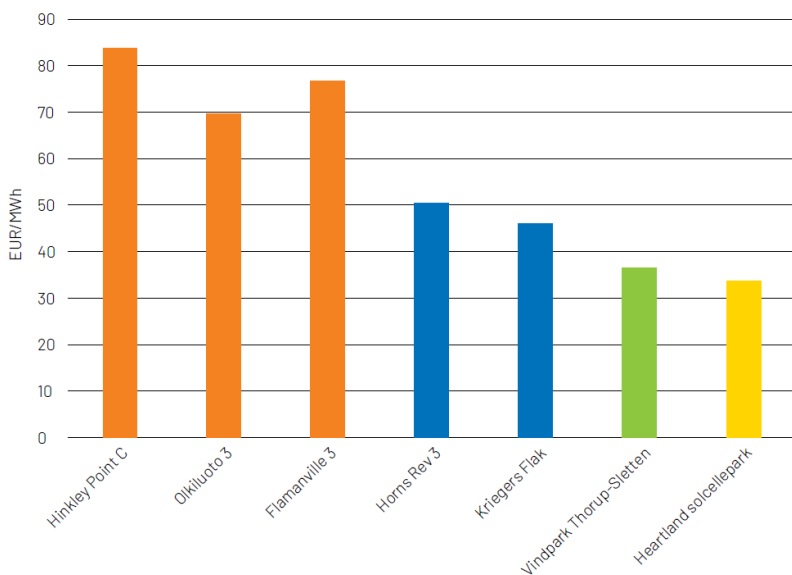
Forskerne konkluderer, at atomkraft er dobbelt så dyrt som havvind ved at sammenligne de seneste to havvindmølleparker i Danmark, én landvindmøllepark og én solcellepark hhv. Horns Rev 3, Kriegers Flak, Vindpark Thorup-Sletten og Heartland med tre af de dyreste atomkraftværker i verdenshistorien hhv. Olkiluoto 3, Hinkley Point C og Flamanville 3. Forskerne skriver følgende om prissammenligningen mellem atomkraft og de vejrafhængige energikilder:

Figur 1 viser også de muligheder, som vi ikke har i Danmark. Her kan vi se, at havvindmølleparker i Danmark stadig er ca. samme pris som atomkraft i Kina, ligesom landvindmølleparker eller solcelleparker er omkring samme pris som levetidsforlængelse – hvis det kræver en investering i værket. Baseret på de data, er der derfor intet, som tyder på at atomkraftinvesteringer i Danmark giver bedre økonomi end investeringer i vedvarende energi. Tværtimod viser sammenligningen, at atomkraft ca. er dobbelt så dyr som elektricitet fra vind og sol.

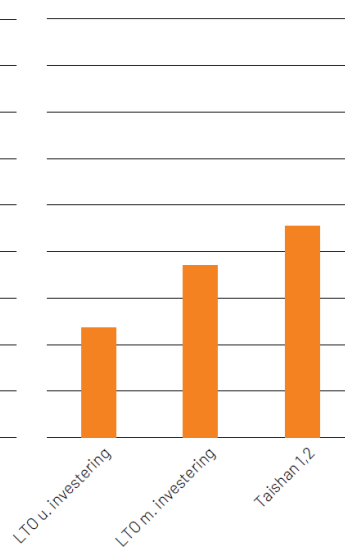
FIGUR 1

**Realiserede projekter.** Sammenligning af omkostningen ved at producere en MWh elektricitet for forskellige værker, også kendt som levelized cost of electricity (LCOE). **Orange** er atomkraftværker, **blå** er havvindmølleparker, **grøn** er landvindmølleparker og **gul** er solcelleparker. Teknologierne er opdelt i to kategorier, alt efter om det er muligheder vi har i Danmark på nuværende tidspunkt eller muligheder vi ikke har i Danmark. LTO er levetidsforlængelser af eksisterende atomkraftværker. Grundlaget for tallene findes i afsnit 4.

### Muligheder Danmark har



### Muligheder Danmark ikke har



Kilde: Zinck et al., 2022: Fakta om Atomkraft i Danmark

## Det Internationale Energiagentur (IEA)

Ydermere underbygger forskerne deres prisberegningerne i figur 1 med tal fra Det Internationale Energiagentur (IEA). De skriver, at tallene fra IEA viser samme mønster, som beregningerne i figur 1. I afsnit 4.3.3 skriver forskerne at tallene for Atomkraft i Europa 2050 er konstrueret ved at tage tal fra to forskellige IEA-rapporter. De specifikke omkostninger (kapitalomkostninger) kommer fra *World Energy Model: Techno-economic inputs. Report 2021*, og Drift og vedligehold stammer fra *Levelised cost of electricity calculator 2020*.

Ved kapitalomkostninger fastsætter de en omkostning på 4500 €/kW og for drift og vedligehold er den 14,26 €/MWh for atomkraft i Europa i 2050. Drift og vedligeholdsprisen stammer fra IEA's LCOE-Calculator. Det eneste projekt i denne oversigt, der har en driftsomkostning på 14,26 er Gen III projects (1650 MW) i Frankrig. Denne driftsomkostning er gældende for atomkraft i Frankrig i 2020 og siger intet om prisen ved drift og vedligehold ved atomkraftværker i Europa i 2050.

Dette leder os hen mod det generelle kritikpunkt, at det er underligt overhovedet at medtage tal fra 2050. Fremskrivninger på omkostningen ved forskellige energiteknologier 28 år ude i fremtiden er det rene gætteri. Især, når vi kigger tallene igennem for havvind, landvind og solenergi i det danske energikatalog, som forskerne benytter, ser vi store prisfald bare de næste 10 år. Det antages altså, at lignende prisfald, vi har set ved solenergi, land- og havvind de sidste mange år, vil fortsætte. Som nævnt tidligere, så viser Det Internationale Energiagentur, at priserne på råmaterialer brugt til produktionen af vejrafhængige energikilder stiger. Det vil højst sandsynligt resultere i mindre udpreget prisfald end hidtil forventet

## Usammenligneligt

Første indskydelse er, at det ikke giver mening at sammenligne prisen på atomkraft med vejraseret energi, da det er to forskellige produkter. Det Internationale Energiagentur (IEA) skriver i deres seneste prisrapport, at det ikke er retvisende at sammenligne prisen på styrbare energikilder (atomkraft) med prisen på vejrafhængige energikilder (vind- og solenergi) [20].

Det er altså ikke kun kritisabelt, at forskerne bruger en lille stikprøve til sammenligningen, men ligeledes, at de på baggrund af en en-til-en sammenligning mellem atomkraft og vejrafhængige energikilder konkluderer, at det ikke kan betale sig. Det er imod videnskabelig praksis og metode på

området. Derfor finder vi, at den første del af rapporten, hvor forskerne udelukkende sammenligner atomkraft en-til-en med vejrafhængig energi, er ret overflødig.

Det er misvisende at sammenligne pris på styrbar strøm fra atomkraft med fluktuerende strøm fra vind og sol, da produktionen fra vejrafhængige energikilder selvsagt følger vejret og derfor ikke nødvendigvis matcher samfundets efterspørgsel efter strøm. Derfor er værdien af den strøm, som bliver produceret af de vejrafhængige energikilder betydeligt mindre for energisystemet, end værdien af den pålidelige strøm fra atomkraft. Ustabiliteten i den vejrbaseerede strømproduktion kræver, at backup energikilder står klar i kulissen til at tage over.

Styrbare energikilder som fx atomkraft og vandkraft kræver selvfølgelig også en grad af back up, da der bl.a. er perioder, hvor atomkraftværket skal have nyt brændsel eller vedligeholdes. Den påkrævede mængde back up er dog i en helt anden skala end ved etablering af vind- og solenergi, fordi man ved sol- og vindenergi konstant skal have backup kapacitet til at stå klar.

Den hurtige ændring i produktion fra vejrafhængige energikilder skal balanceres, hvilket ikke kræves ved styrbar atomkraft. Modsat kan atomkraft bruges til at skabe denne balance, eftersom det er en styrbar energikilde.

Forskerne påstår, at atomkraft ikke er egnet til tilsvarende hurtig ramping som en gasturbine. Det er dog ikke helt rigtigt [21]. Det er rigtigt, at mange atomkraftværker ikke er designet til hurtig regulering, fordi det giver bedst økonomisk mening at køre værket for fuld knald, hvis et givet elnet muliggør dette. Atomkraftværker kan dog sagtens designes til at kunne regulere strømproduktionen hurtigt op og ned. Det kan Frankrigs og Tysklands reaktorer eksempelvis [22].

En atomreaktor kan således gå fra at generere 20% til 100% af dens kapacitet på under en halv time [23]. Når én atomreaktor gør dette, svarer det til på en halv time at "tænde" helt op for knap halvdelen af alle Danmarks havvindmøller.

Etablering af atomkraft kræver derfor langt mindre back up end etablering af vind- og solenergi, hvor man ganske vist kan slukke hurtigt for strømproduktionen, men hvor man ikke kan skrue mere op, end vejret tillader.

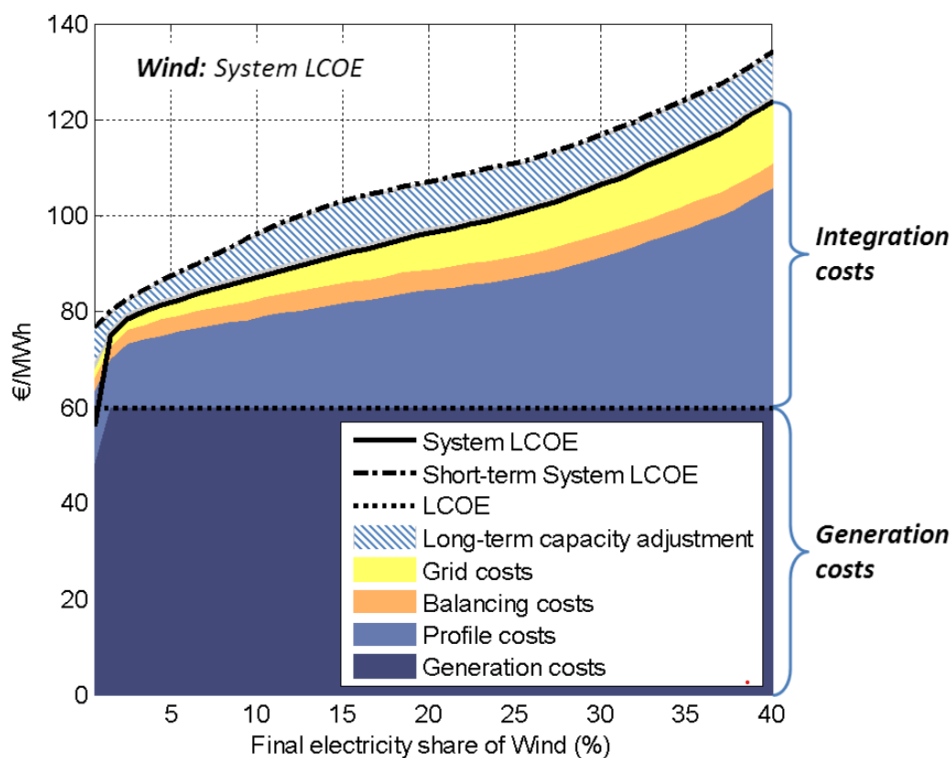
## Systemomkostninger

Behovet for backup er en negativ eksternalitet ved etablering af vind- og solenergi, som stiger, i takt med at den andel, som de vejrafhængige energikilder udgør i et energisystem, stiger. En fair økonomisk beregning kræver derfor, at disse negative eksternaliteter medregnes. De negative eksternaliteter kaldes også integrationsomkostninger eller systemomkostninger. Når systemomkostningerne medtages, kaldes beregningen for en System-LCoE (Levelized Cost of Electricity), frem for den klassiske LCoE, som forskerne bruger.

Andelen af vejrafhængig energi i et system kaldes også for energikildens penetrationsrate. Forskning på området viser, at der er en klar sammenhæng mellem systemomkostninger og penetrationsrate for vind- og solenergi. Systemomkostningerne for vejrafhængige energikilder stiger i takt med, at andelen af energikilderne vokser i systemet.

I et peer-reviewed studie udgivet i 2013 beskrives begrebet System-LCoE for første gang [24]. Forskerne beskriver, at det netop er vigtigt at medtage systemomkostningerne, når man beregner prisen for vejrafhængige energikilder. Systemomkostningerne dækker over tre specifikke omkostninger hhv. profil-, balance- og elnetomkostninger. I figuren nedenfor ser vi, at der er et klart mønster mellem andelen af vindenergi i det samlede system (penetration) og systemomkostningerne.

Et konkret eksempel er den nyligt udmeldte ekstra udgift på 13,9 milliarder, som elforbrugerne i Danmark skal betale for nye transmissionsstationer og transmissionskabler mellem Bornholm og Sjælland i forbindelse med anlæggelse af en vindpark [25]. Dette vil betegnes som en elnetomkostning, som i figuren nedenfor bliver eksponentielt større, jo mere vind, der tilføjes energisystemet.



Kilde: Ueckerdt et al., 2013: System LCOE: What are the costs of variable renewables?

Ovenstående figur er fra et paper, der blev udgivet i 2013, hvorfor det er forventeligt, at de priser, de regner med, ikke er repræsentative for prisen på vindenergi i dag. Figuren bruges til at illustrere, hvor meget systemomkostningerne udgør af den samlede pris.

Det er svært at gennemskue, hvorvidt forskerne medtager alle de negative eksternaliteter i deres energisystemanalyse. Det er også svært at forvente, at alle faktorer medtages, da systemanalyser er meget kompliceret at lave. Vi har tidligere rettet kritik mod netop den systemanalyse, som forskerne benytter sig af. Vi kommer mere ind på denne kritik i afsnit 2.

## 1.2 Byggetider

Der bliver i notatets afsnit omhandlende byggetid slået fast, at for at nå Danmarks klimamål om 70% reduktion af drivhusgasser, skal vi satse på konkrete projekter, der kan færdiggøres relativt hurtigt. Der bliver altså sat en præmis op om, at vi kun skal satse på teknologier, der kan færdigbygges inden 2030. Det er klart, at vi ikke realistisk i Danmark vil have et færdigbygget atomkraftværk klar inden 2030, men det er ikke et holdbart argument for, at vi ikke bør satse på



det. Den kunstige ø, man vil opføre ude i Nordsøen og opførelse af en tilhørende stor vindpark, vil i så fald også være irrelevant, da første fase af parken først er klar til produktion i 2033, selvom Energinet offentligt fremlagde visionen herom tilbage i 2017 [26].

Inden vi forholder os til den sammenligning mellem byggetid på forskellige energikilder, som forskerne stiller op i notatet, så er det værd at nævne, at de baserer sammenligningen på tre atomkraftværker, der er blandt de mest forsinkede atomkraftværker nogensinde med byggetider på hhv. 12, 16 og 17 år.

Der er i dag omkring 430 atomreaktorer i drift i verden. Medianen i byggetiden for disse er 6 år, hvilket vil sige at 50% er bygget på 6 år eller hurtigere [27]. Barsebäcks to reaktorer blev fx begge bygget på lidt over 4 år. Men det var jo i 70'erne, hvor man kunne bygge atomkraft hurtigt, tænker du måske?

Ja det kunne man dengang her i Europa, men det kan man såmænd stadig rundt om i verden. Ser man på byggetiden i verden i de sidste 20 år, så er medianen 7 år [28], da der mange steder, fx i Japan, Sydkorea, UAE, Indien, Rusland, Kina mv. er bygget atomkraft relativt hurtigt. Kun at fremhæve de tre forsinkede atomkraftværker i Europa, som tilmed alle betegnes som first-of-a-kind reaktorer, er derfor mildt sagt at "cherry picke" i fakta.

Når man sammenligner byggetider for energiteknologier, er det vigtigt, at man kigger på, hvor meget de respektive energiteknologier producerer af energi. Det er svært at sammenligne byggetiden for energianlæg, der leverer vidt forskellige mængder af energi. Endvidere er det vigtigt at huske, at 1 MW sol- eller vind-kapacitet IKKE giver den samme mængde energi, som 1 MW atomkraft-kapacitet, fordi energikilderne har forskellige kapacitetsfaktorer. Vi vil i nedenstående afsnit demonstrere, hvordan byggetiden ser ud for energikilderne, når vi tager højde for størrelse og kapacitetsfaktor.

### **Reel sammenligning mellem energiteknologier**

Vi beskrev i afsnit 1.1, at Det Internationale Energiagentur (IEA) fraråder, at man sammenligner prisen på vejrafhængige energikilder med styrbare energikilder, hvorfor det også gør sig gældende vedrørende byggetiden.

Det gør forskerne ikke desto mindre i notatet. I figur 3 opstiller forskerne byggetiden på hhv. tre atomkraftværker, to havvindmølleparker, én landvindmøllepark og én solcellepark, hvor de viser, at

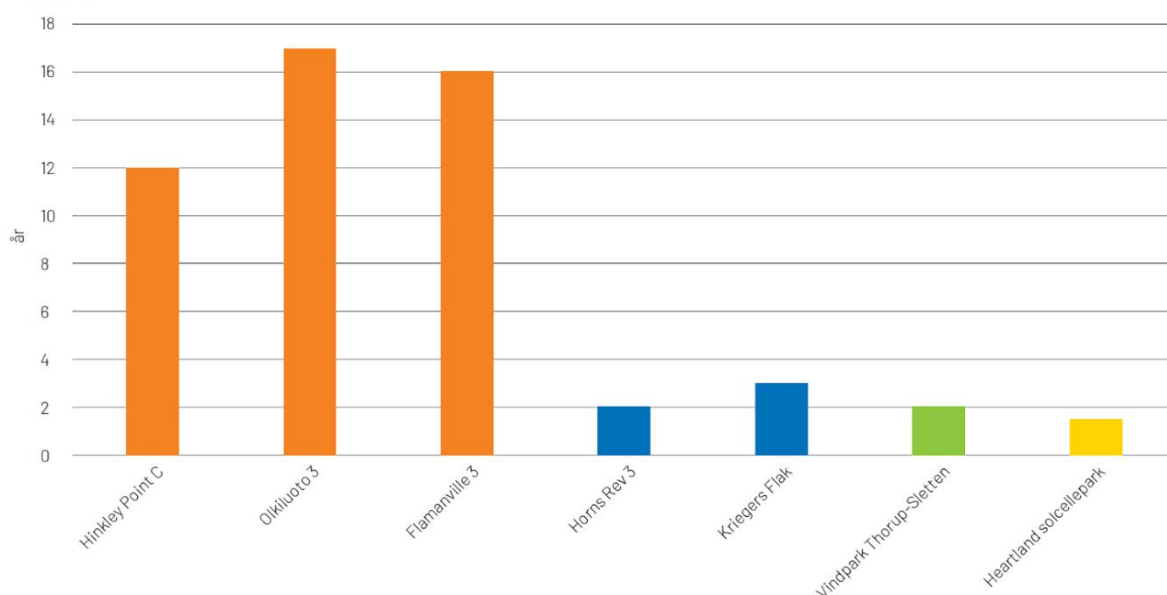
atomkraftværkerne tager markant længere tid. Forskerne tager dog ikke højde for størrelsesforskellen mellem kapaciteten i energianlæggene. De ser ligeledes bort fra, at der er forskel på hvor ofte de forskellige energikilder kan levere op til deres maksimale kapacitet.

De sammenligner fx en lille nordjysk vindmøllepark på 18 vindmøller med en installeret kapacitet på 77,4 MW med det store engelske atomkraftværk Hinkley Point C på 3200 MW. Det er som at sammenligne en lastbil med en cykel. Selvfølgelig tager det længere tid at bygge en lastbil end en cykel, men lastbilen kan transportere betydeligt mere end en cykel.

FIGUR 3

**Byggetider for forskellige teknologier.** Tallene er uden planlægnings- og beslutningsfase. **Orange** er atomkraftværker, **blå** er havvindmølleparker, **grøn** er landvindmølleparker 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.

### Byggetid



Problematikken opstår, når vi kigger på, hvad de forskellige værker producerer af energi. For de tre atomkraftværker er der tale om 3200 MW kapacitet for Hinkley Point C, 1600 MW for Olkiluoto 3 og 1600 MW for Flamanville 3. Alle tre værker forventes at have en kapacitetsfaktor på omkring 90%. Ved at tage højde for den årlige produktion fra de forskellige anlæg, kan vi udregne, hvor mange TWh, de forskellige energikilder tilføjer hvert år med formlen:

$$\text{MW} \times 24 \text{ timer} \times 365 \text{ dage} \times 90\% = \text{TWh/år}$$

Ved brug af ovenstående formel får vi 25 TWh/år for Hinkley Point C og 12 TWh/år for hhv. Olkiluoto 3 og Flamanville 3.

For Horns Rev 3 er der tale om en kapacitet på 407 MW, Kriegers Flak på 604 MW, landvindpark Thorup-Sletten på 77,4 MW, og Heartland solcellepark på 207 MW. Ved første øjekast kan vi konkludere, at der er tale om vidt forskellige størrelser på hhv. atomkraft og de energianlæg med vedvarende energi. Selvfølgelig er vindmølle- og solcelleparkerne hurtigere at bygge, når de er betydeligt mindre.

Dertil er det vigtigt at huske, at kapacitetsfaktoren for havvind, landvind og solceller ligeledes er betydeligt mindre end for atomkraft. For havvind regner Vattenfall med en kapacitetsfaktor på omkring 52% for Horns Rev 3 og Kriegers Flak. For Thorup-Sletten landvindmøllepark er kapacitetsfaktoren omkring 25%. I Energistyrelsens teknologikatalog står der dog, at kapacitetsfaktoren for landvind i Danmark i 2020 er 38%, men energinets egne produktionstal for Thorup-Sletten i 2021 viser en kapacitetsfaktor på 25% [29]. Det var ikke muligt at finde den specifikke kapacitetsfaktor for solcelleparken Heartland, hvorfor vi i stedet benytter os af energistyrelsens kapacitetsfaktor for solceller i Danmark på 14%.

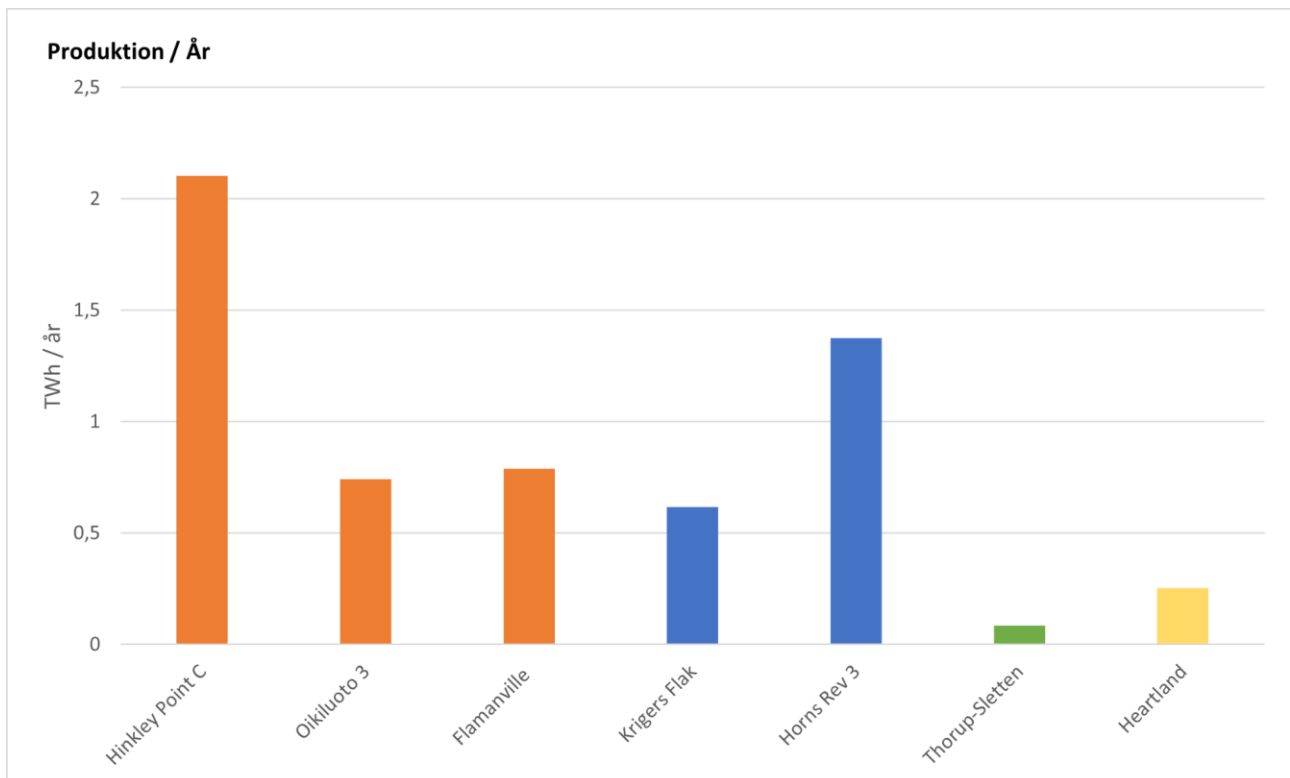
Med samme formel giver det 2,7 TWh/år for Horns rev 3, 1,8 TWh/år for Kriegers Flak, 0,17 TWh/år for Thorup-Slette og 0,254 TWh/år for Heartland.

Sammenlignes atomkraftværket Hinkley Point C på 25 TWh med havvindmølleparken Horns Rev 3 på 2,7 TWh skal der altså bygges  $(25/2,7) = 9$  gange Horns Rev 3 for at få den samme mængde energiproduktion på et år, som Hinkley Point C. Desuden er det vigtigt at huske, at energien fra Hinkley Point C er styrbar, mens energien fra Horns Rev 3 kommer i klumper på uforudsigelige tidspunkter.

Forneden ser vi en oversigt over de forskellige anlæg og deres respektive kapacitet, kapacitetsfaktor, byggetid, årlig produktion og produktion ift. byggetid.

KOMMENTARER TIL "FAKTA OM ATOMKRAFT I DANMARK"

Anlæg	Installeret kapacitet	Kapacitets-faktor	Byggetid	Årlig produktion	Produktion / år
<i>Hinkley Point C</i>	3200 MW	90%	12 år	25,23 TWh	2,10 TWh
<i>Olkiluoto 3</i>	1600 MW	90%	17 år	12,61 TWh	0,74 TWh
<i>Flamanville</i>	1600 MW	90%	16 år	12,61 TWh	0,79 TWh
<i>Krigers Flak</i>	407 MW	52%	3 år	1,85 TWh	0,62 TWh
<i>Horns Rev 3</i>	604 MW	52%	2 år	2,75 TWh	1,38 TWh
<i>Thorup-Sletten</i>	77,4 MW	25%	2 år	0,17 TWh	0,09 TWh
<i>Heartland</i>	207 MW	14%	1 år	0,25 TWh	0,25 TWh



Der er altså et klart billede af, at når vi alene kigger på byggetiden uden at tage højde for kapacitet og kapacitetsfaktor, så ser det ud til, at atomkraftværkerne tager alt for mange år at bygge, og de vejrafhængige energikilder kan bygges med et snuptag. Det er dog kun den halve sandhed, eftersom anlægsstørrelserne for de vejrafhængige energikilder er betydeligt mindre, og deres kapacitetsfaktor også er betydeligt lavere.

At forskerne bag notatet ikke forholder sig til dette, er yderst problematisk, da det er yderst unuanceret at fremstille data, som de gør i deres figur 3.

### Planlægningstid

Forskerne påpeger i notatet at planlægningstiden har stor betydning, og kan være svær at opgøre eller forudsige. I forlængelse fremlægger forskerne, at planlægningstiden for Olkiluoto 3 var 5 år og 8 år for Hinkley Point C. I forlængelse af dette fremlægger de planlægningstiderne for Horns Rev 3 og Krigers Flak til at være mellem 3-6 år eftersom de begge var en del af en politisk aftale i 2012.

Planlægningstiderne for hhv. Horns Rev 3 og Krigers Flak lader sig dog være betydeligt misvisende. Forskerne har ret i, at Krigers Flak var en del af folketingets energiaftale i 2012, men det er kun en halv sandhed.

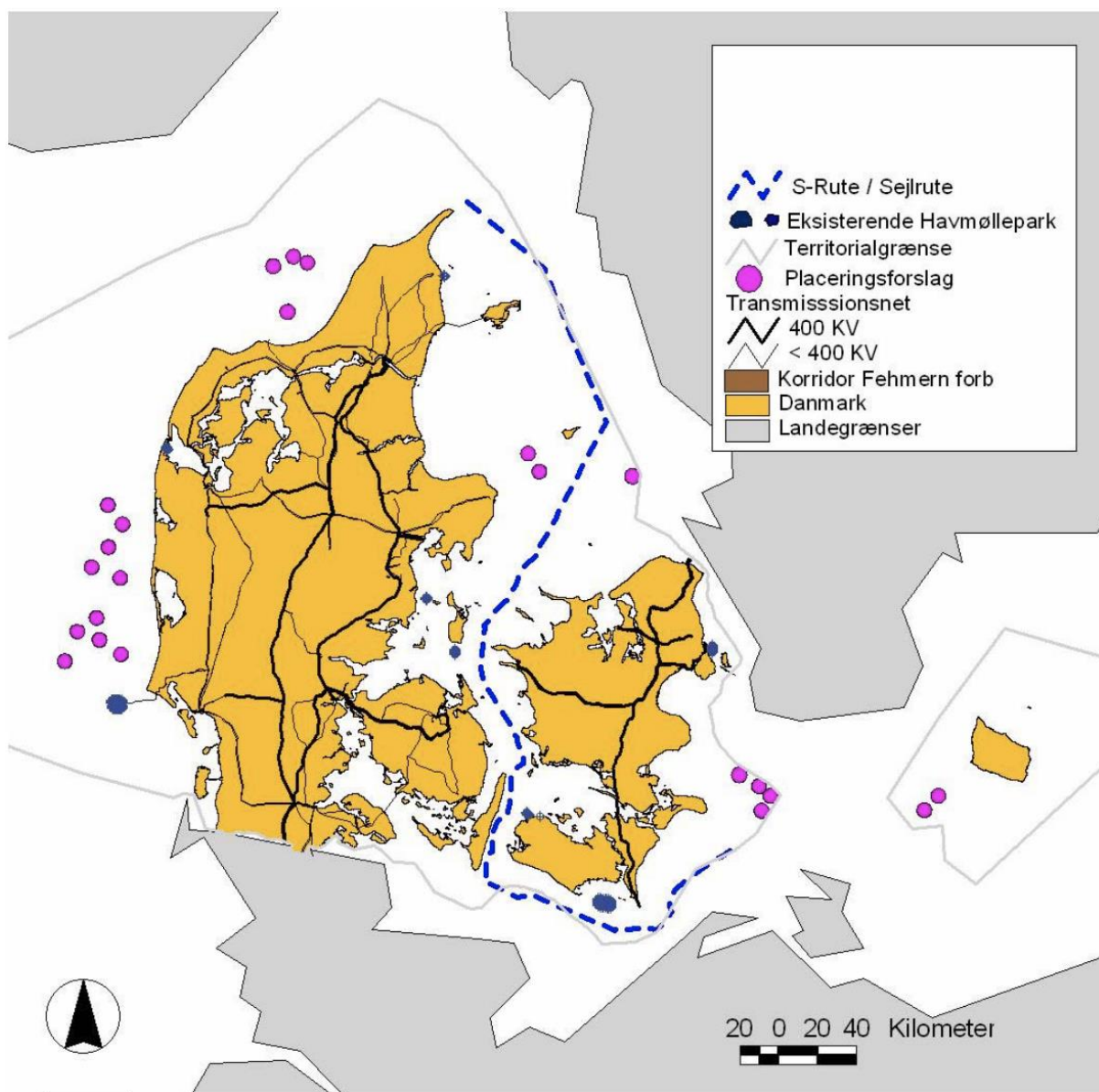
Faktisk skal vi endnu længere tilbage for at finde oprindelsen til Krigers Flak. I 1996 udkom den daværende regerings plan for en bæredygtig energiudvikling ved navn *energiplan21*. Her blev Danmarks fremtidige energisystem planlagt, og det blev bestemt at udvikle *Havmøllehandlingsplanen*, som udkom i 1997. Heri blev det besluttet at udbygge dansk havvind med 4000 MW frem mod 2030 [30].

I en artikel i Ingeniøren fra 2003 fremgår det, at Krigers Flak sammen med 10 andre lokationer allerede blev udpeget i Havmøllehandlingsplanen fra 1997, og at en screening fra 2003 indsnævrede området til fire lokationer, hvoraf Krigers Flak var en af dem [31]. Det er herefter det fremgår i en rapport af energistyrelsen, at der er foretaget screening af området ved Krigers Flak til VVM-godkendelse og etablering af en havmøllepark [32].

I 2005 nedsættes Havmølleudvalget af energistyrelsen, energinet, søfartsstyrelsen, naturstyrelsen og DTU Risø. I en rapport af energistyrelsen fra 2008, Havmøllehandlingsplan, anbefales det også at gå videre med projektet Krigers Flak. De vurderer, at det ikke vil kunne blive færdigt inden 2012, men en del arbejde er allerede foretaget i forbindelse med planlægning af parken [33].

Det er altså i vores optik ikke korrekt, at Krigers Flak kun havde en planlægningstid på 6 år (2012-2018). Der kan argumenteres for, at planlægningen af parken allerede fandt sted i 1997, hvilket er en planlægningstid på 21 år (1997-2018). Den samlede konstruktionstid af Krigers Flak kan derfor antages at være op mod 24 år (1997-2021).

Det er en generel tendens, at havvindmølleparker i Danmark har betydeligt længere planlægningstider end dem, som beskrives i notatet. Nedenstående kort findes i rapporten *Fremtidens Havmølleplaceringer - 2025* fra 2007, og heri ses mange af de områder, vi arbejder på at etablere havmøller ved hen mod 2030 [34].



I Energiaftalen fra 2012, som bl.a. indeholdte Kriegers Flak og Horns Rev III, blev det også vedtaget, at der skulle anlægges 500 MW kystnære havmøller. Dette blev senere indsnævret til en 350 MW havmøllepark, Vesterhav Syd og Nord, og skulle oprindeligt være færdig i 2020, men grundet forsinkelser er målet nu, at den står klar ultimo 2023, 11 år efter vedtagelsen [35].

Det samme gør sig gældende for to af de tre havmølleparker, som blev vedtaget i Energiaftalen 2018, der skal placeres ved Hesselø og Bornholm. Ved Hesselø viste forundersøgelserne, at den valgte lokation var uegnet til opførsel af møllerne, og nye undersøgelser er nu i gang til bestemmelse af et sted at placere dem. Dette har forsinket projektet og det nye mål er nu, at parken står færdig senest inden udgangen af 2029, hvilket er 2 år senere end den oprindelige plan, og er næsten 12 år efter aftalen blev indgået [36].

Også Energiø Bornholm, som er en videreudvikling af den vindmøllepark, der, sammen med Thor og Hesselø, blev besluttet i 2018, er projekteret til at stå færdig i 2030, hvilket er 12 år efter den blev vedtaget [37]. Området til placeringen af møllerne er også at finde i Energistyrelsens rapport *Fremtidens havmølleplaceringer - 2025* fra 2007, så det er et projekt der har været undervejs længe (Kan ses i kortet ovenfor).

Disse vindmølleprojekter, blandt andre, som udgør en væsentlig del af den danske udbygning af havvindmøller, ligger altså udenfor notatets ydre grænser for etablering af vind og sol, med en planlægningstid på 6 år, og opførelsestid på 3 år. At fremstille en planlægningstid for vindmølleprojekter på 1-6 år er da ganske misvisende, da mange af de større projekter i nyere tid har vist sig at tage væsentlig længere tid.

For atomkraftværket Olkiluoto 3 antager forskerne en planlægningstid på cirka 5 år. Ansøgning til værket blev indsendt i 2000 og senere godkendt af den finske regering i 2005. Vi har søgt efter dokumentation for, at planlægningstiden skulle være længere, men vi kan ikke finde noget belæg for, at planlægningen af Olkiluoto 3 skulle have foregået før 2000.

Ligeledes for Hinkley Point C finder vi ikke belæg for, at forskernes antagelser om en planlægningstid fra 2008 til 2016 skulle være forkert.

Overordnet set hæfter vi os ved, at planlægningstiderne ved de danske vindmølleprojekter tangerer til at være yderst misvisende. For atomkraften fastsætter forskerne en planlægningstid på 5-8 år, hvilket vi ikke anfægter. For vind og sol antages denne til at være 1-6 år, men qua vores ovenstående fremvisning, viser det sig, at en række vindmølleprojekter i Danmark har været undervejs i næsten to årtier.

De ovenstående planlægnings- og konstruktionstider for både vindmølleparker og for atomkraftværker er selvfølgelig ikke nødvendigvis gældende fremover. Vi ser positivt på, at der fra politisk side tales om at nedsætte de tidskrævende og bureaukratiske processer for at planlægge og godkende både vindmøller og atomkraftværker.

### 1.3 Støttebehov til investering i atomkraft og vedvarende energi

Forskerne sammenligner behovet for statsstøtte mellem de ovennævnte vindmølleprojekter; Horns Rev 3 og Krigers Flak, samt den nyligt besluttede vindpark "Thor", der ikke modtager statsstøtte, med statsstøtten til verdens dyreste atomkraftværk Hinkley Point C. De insinuerer herved, at støtten til disse projekter vil være repræsentative for fremtidige projekter.

For det første er det en meningsløs sammenligning. Samfundet får større værdi ved at understøtte en styrbar energikilde, der bedre understøtter forsyningsikkerhed, og som belaster vores klodes ressourcer og areal mindre, jævnfør FNs seneste livscyklusrapport om energikilder [38]. Derfor giver 100 kr. statsstøtte til atomkraft højere værdi for samfundet end 100 kr. statsstøtte til vind.

For det andet, så misser forskerne igen den pointe, at jo mere fluktuerende energi, der er i et energisystem, jo højere vil marginalomkostningen være for at tilføre mere fluktuerende energi. Derfor vil behovet for statsstøtte alt andet lige stige for at tilføre mere vind og sol fremover.

Man kan altså ikke, som forskerne gør, antage, at fordi vi i dag ikke giver enkelte vindprojekter statsstøtte, så vil det også være tilfældet fremover. Eller antage, at fordi et first-of-a-kind atomkraftværk i England var dyrt at støtte, så vil det også være tilfældet fremover.

I England har man lært af lektionen og fundet en smartere investeringsmodel for at give investorerne sikkerhed i forbindelse med opførelse af det næste atomkraftværk, Sizewell C. Modellen vil sænke investeringsrenten og herved prisen markant, idet investeringsrenten er den klart største omkostning forbundet med at bygge et atomkraftværk - faktisk udgjorde låneomkostninger hele  $\frac{2}{3}$  af prisen for Hinkley Point C [39]. Den nye finansieringsmodel forventer briterne vil give elforbrugerne, og altså ikke investorerne, samlede besparelser på 30 milliarder engelsk pund set over hele værkets levetid [40].



## 1.4 Atomkraft som spids- og reservelast

Forskerne retter kritik mod, hvorvidt atomkraft kan fungere som spids- og reservelast. Vi har tidligere i notatet beskrevet, at det ikke er sandt, at atomkraft ikke kan regulere sin elproduktion hurtigt op og ned, omend det dog giver mest økonomisk mening for selve atomkraftværket at køre så ofte som muligt.

I forskernes undersøgelse af, hvad prisen er for at have atomkraft som backup, antages det, at atomkraftværket KUN skal stå som backup til vind og sol og altså ikke have nogen selvstændig produktion til elnettet. Der regnes således ikke på, om der er en samfundsøkonomisk gevinst ved at give atomkraftværkerne en vis fast mængde energiproduktion, dvs. også i perioder, hvor vinden blæser og solen skinner, som en slags økonomisk kompensation fra vindmøllerne og solcellerne for, at atomkraftværkerne til gengæld kan levere i perioder uden vind og sol.

Der regnes heller ikke på et scenarie, hvor atomkraftværkerne bruges til hhv. fjernvarmeproduktion og power-to-x produktion i de tilfælde, hvor vindmøller og solceller selv kan dække strømbehovet. Som alle andre industrianlæg vil et power-to-x-anlæg gerne udnytte sine kapitalomkostninger ved at producere så meget som muligt. Det kan tænkes, at atomkraftværket bedre kan bidrage hertil gennem værkets kontinuerlige produktion. Atomkraftværket skal så selvfølgelig kobles på elnettet, når der ikke er vind og solenergi nok.

Der regnes heller ikke på værdien i, at Danmark kan forbedre sin forsyningssikkerhed frem for at være fuldt afhængige af vores nabolande. I Norge er der spirende politisk diskussion, om man i kritiske perioder bør lukke for elforsyningen til resten af Europa, fordi det europæiske elmarked også driver priserne højt op i Norge, selvom de selv kan producere billig el med vandkraft. Det håber vi selvfølgelig ikke sker, men det illustrerer, at det altid er forbundet med risici at forlade sin forsyningssikkerhed på andre lande.

I det scenarie, som forskerne regner på, antages det, at et atomkraftværk kun skal driftes 1000 timer om året, hvilket svarer til en kapacitetsfaktor på 11,4%. Det betyder, at ifølge forskernes beregninger, så kræver Danmark kun at blive dækket 11,4% af tiden af stabile energikilder, mens alt andet kan klares med vind, sol, PtX og import fra udlandet. Det er i vores øjne en særdeles optimistisk antagelse, som ikke bliver yderligere dokumenteret af forskerne. De henviser i stedet til IDA's klimasvar 2045, som Foreningen Atomkraft Ja Tak allerede har lavet en kritik af i et interview

med Ingeniøren [41]. Vi mener bestemt ikke, at man kan bruge IDAs klimasvar som en bibel inden for energisystem-modeller.

### Grøn biogas?

I forskernes scenarie angående reserve- og spidslast sammenlignes atomkraften med biogas, som forskerne kalder "grøn gas". Hvorvidt biogas kan kaldes "grønt" er i det hele taget til stor diskussion. Biogas laves i vid udstrækning af affaldsprodukter fra animalsk produktion. Den animalske produktion bliver af eksperter anfægtet af diverse miljø- og klimamæssige grunde, som noget samfundet skal have mindre af i fremtiden. Energiudnyttelse er også nederst i ressource-pyramiden, som definerer værdien ved at udnytte biologiske affaldsressourcer [42]. Når man afsætter ressourcerne til biogas-energiproduktion, så betyder det derfor ofte, at produktioner af andre goder, der kunne have anvendt samme affaldsressourcer, må bruge en øget mængde jomfruelige ressourcer, ofte med en relativt større CO<sub>2</sub> udledning til følge samlet set.

Endvidere er der problemet med lækager af den potente drivhusgas metan fra biogasanlæg. En nylig rapport til Energistyrelsen viste, at 69 ud af landets 144 biogasanlæg havde et gennemsnitligt metantab på 2,5 %. Hele 38 procent af biogasanlæggene er over den lækagegrænse på 6%, som ifølge forskere fra Aarhus Universitet indikerer, at et biogasanlæg har en negativ klimaeffekt set over en 20-årig periode [43].

Der bør derfor sættes spørgsmålstegn ved, om vi som samfund skal gøre vores energiforsyning afhængig af biogas, der afhænger af affaldsprodukter, som samfundet får mindre af i fremtiden, og hvor energiudnyttelse er den dårligst mulige udnyttelse af ressourcerne.

Pointen er ikke, at vi slet ikke skal have biogas, der selvfølgelig er markant at foretrække over naturgas. Pointen er, at det er en ulige sammenligning fra et rent klima- og miljøperspektiv at sammenligne biogas med atomkraft. Atomkraft er ifølge den seneste FN-rapport den energikilde med den mindste CO<sub>2</sub>-udledning og samtidig den energikilde, der kræver færrest råmaterialer og plads fra naturen set over energikilders livscyklus [44].

## 1.5 Små modulære reaktorer

Små modulære reaktorer omfatter adskillige reaktortyper, som er under udvikling i mange lande. Alene her i Danmark har vi to firmaer i feltet; Seaborg Technologies og Copenhagen Atomics. Forskerne når bemærkelsesværdigt hurtigt frem til den konklusion, at små modulære reaktorer ikke er en relevant mulighed for Danmark.

Forskerne antager dog, at alle typer små modulære reaktorer hører under én paraply i forhold til modenhed, pris og hastighed, hvilket er yderst kritisabelt. For at være et relevant input burde man både undersøge mulighederne for de konventionelle letvandsreaktorer i mindre skala fra firmaer som fx Rolls Royce, NuScale og GE Hitachi, samt mulighederne for den såkaldte 4. generation atomkraft, hvor blandt andre smeltet salt reaktorer hører under. Begge typer er maksimalt 300 MW-reaktorer (klassiske reaktorer er over 1000 MW) og hører derfor under samlebetegnelsen "små modulære reaktorer", men der er væsentlig forskel på, hvor markedsmodne de er.

4. generation atomkraft er i rivende udvikling, og der er enorme perspektiver, men der er stadig en del usikkerhed omkring, hvor hurtigt de kan få designgodkendelser med videre. De øvrige typer små modulære reaktorer kan i mange tilfælde allerede bestilles i dag, som de fx netop har gjort i Canada, hvor de forventer, at reaktorerne kan være driftsklar i 2030 [45]. Denne type atomkraft er blandt andet det, som svenskerne nu vil iværksætte planer for at udbygge i de kommende år.

Forskerne henviser til ét studie i forhold til, at prisen for de små modulære reaktorer ikke er konkurrencedygtig og godtager uden nuancer den konklusion. Her er konklusionen fra et andet studie:

*"These comparisons illustrate that design simplification, reduced componentry, modularity, and other features of the SMR design result in significant savings in overall base costs."* [46].

Sidst, men ikke mindst, så citerer forskerne en personlig udtalelse fra Seaborg-direktøren Troels Schönfeldt, som konklusion for, at atomkraft ikke giver mening i Danmark. Det er ikke holdbart, og ærligt talt lidt pinligt, at forskerne bruger anekdotiske udsagn som bevisførelse. Udtalelsen fra Troels Schönfeldt er i øvrigt kritiseret i en artikel i Altinget skrevet af en dansk seniorforsker i materialefysik [47].

## 2. Energisystemanalyser

I indledningen skriver forskerne, at energisystemanalysen er baseret på IDA's klimasvar 2045. Dette klimasvar har vi tidligere kritiseret i en artikeldebat med Brian vad Mathiesen, hvor vi pointerede, at klimasvaret bl.a. antager;

1. at Danmarks energiforbrug frem mod 2030 falder med hele 30%, selvom vores energiforbrug i dag kun er marginalt faldet sammenlignet med for 30 år siden
2. at Danmark i 2045 stadig brænder træ og halm af til at få energi svarende til 26,7 TWh
3. at Danmark kan importere tilstrækkelig strøm fra nabolandene.
  - *Det antages, at vi altid kan importere, så meget kablerne kan trække – der modelleres ikke tilgængelighed af fast kapacitet i udlandet. Dermed kan man heller ikke sige noget om prisen på importstrømmen. I et europæisk elnet i krise, som er presset på marginal energi, er priserne på importeret back up skyhøj.*

Vi mener derfor ikke, at den model, som forskerne benytter i deres energisystemanalyse, er tilstrækkelig, eftersom antagelserne bag er yderst kritisable.

Det er dertil vigtigt at få et bedre overblik over, hvorvidt alle negative eksternaliteter ved vejrafhængige energikilder medtages i energisystemanalysen. Fx er det ikke klart, hvorvidt energisystemmodellen medtager udbygningen af elnettet i tilstrækkeligt omfang til tilslutning af havvind. I IDA's klimasvar 2045 skriver forskerne følgende:

*"Energinet og netselskaberne bør udarbejde en nettilslutningstarif for landvind og solceller, der afspejler de marginalomkostninger, udbygninger af elnettet kræver. Disse kan være høje i områder med lavt elforbrug og i forvejen høje andele af vedvarende energi, men lave eller helt væk i områder med gode elnet og højt elforbrug" [48].*

Ovenstående formulering giver et klart billede af, at det er uvist, hvorvidt alle eksternaliteterne til elnettet medregnes i energisystemmodellen. Vi beskrev i afsnit 1.1 at systemomkostninger vokser eksponentielt i elnet, hvor andelen af vejrafhængige energikilder øges markant. Vi er derfor bekymret for, at systemanalysen, som forskerne benytter sig af, ikke har haft dette for øje

Forskerne skriver på side 17 i notatet, hvilke forudsætninger, der ligger bag inkluderingen af atomkraft i deres energisystemmodel. For det første fastsætter de kapitalomkostningerne på atomkraft til at være 6180 €/MW. Dette gør de ved at tage gennemsnittet af

kapitalomkostningerne fra deres egne beregninger og IEA's fremskrivninger i 2050. Det virker underligt, eftersom, at de bruger driftsomkostninger fra 2020 fra IEA, men ikke kapitalomkostningerne fra IEA i 2020. Disse ligger betydeligt mindre end det gennemsnit de konstruerer. For Frankrig ligger de iflg. LCoE-calculatoren på cirka 4000 €/MW [49].

Vi finder yderligere, at det samme biomasseforbrug forekommer i beregninger. Det vil altså sige, at forskerne kun laver sammenligner på, hvad prisen er, når atomkraften erstatter hhv. havvind, landvind og solenergi, men ikke, hvis den skulle erstatte biomasse. Som beskrevet ovenfor, så bliver der stadig brændt træ og halm af i 2045 i IDA's klimasvar svarende til 26,7 TWh.

Yderligere sammenligner forskerne 1000 MW atomkraft med hhv. 1475 MW havvind eller 2043 MW landvind. Det er lidt svært at finde ud af, hvilken kapacitetsfaktor, de regner med her. Det er antageligvis en på kapacitetsfaktor på cirka 75% for atomkraft, 50% for havvind og 35% for landvind. Vi savner lidt, at det var bedre formuleret, hvilken kapacitetsfaktor, de bruger her. I afsnit 4.3.1 finder vi deres oversigt over driftstimer, hvor landvind i 2020 sættes til cirka 38%, havvind til 50%. Disse tal stemmer dog ikke helt overens, når vi ser på, hvor meget landvind, havvind og solceller, der skal til at erstatte atomkraften. Dette skyldes muligvis indregningen af PtX-kapacitet mm, men der mangler en mere udførlig beskrivelse.

Mange steder i verden driftes atomkraft med +90% kapacitetsfaktor. Det kan ikke udelukkes, at det er urealistisk at få så høj kapacitetsfaktor i en dansk kontekst, men det kræver udførlige, gennemarbejdede begrundelser. Det er også spøjst, at kapacitetsfaktoren for den vindmøllepark, forskerne har valgt at fremhæve i afsnit 1, Thorup Sletten, har en kapacitetsfaktor på 25 %, men her antages altså i omegnen af 35% kapacitetsfaktor for dansk landvind.

Forskerne burde dog ikke kun sammenligne atomkraft med vind og sol, men i stedet med biomasse, kul, olie og gas. Dette kommenterer forskerne ikke på. De nævner, at der i IDAs klimasvar 2045 er installeret 5 GW landvind, 14 GW havvind og 10 GW solceller i Danmark. De mangler dog at nævne de store mængder biomasse, der stadig bruges i Danmark til den tid ifølge klimasvaret.

I energisystemmodellen bruges 35,6 TWh pr. år til den tid på fjernvarme, hvor en stor del kommer fra biomasse. Hvorfor ikke se på muligheden for at atomkraft kan erstatte dette? De antager, som tidligere berørt, at atomkraften kun skal bruges til at producere strøm, og dermed kun opnår en virkningsgrad på 33%, idet meget af varmen går til spilde.

Hvor stor virkningsgrad atomkraft vil kunne opnå i et dansk energisystem er svært at forudsige helt præcist. Det vil afhænge af, hvor meget af den termiske kapacitet fra værkerne, som bliver brugt til fjernvarme, og hvor meget, der bliver brugt til elproduktion.

En stor atomreaktor, som fx en EPR, har en termisk kapacitet på 4500 MW. Reaktoren regnes med at have en virkningsgrad på 33% grundet det store varmespild til at generere strømmen. Hvis halvdelen af den termiske energi 2250 MW gik til fjernvarme, ville vi med de resterende 2250 MW termisk energi kunne producere 743 MW elektrisk energi. Sammenlagt vil værket i så fald producere 2993 MW energi, hvilket vil give en virkningsgrad på 66,5%.

Det giver altså en dobbelt så stor virkningsgrad ved at benytte halvdelen af den termiske energi til fjernvarme. Med fleksibel drift ville produktionen fra værket kunne reguleres efter det svingende varmeforbrug over året, så fjernvarmeproduktionen fra værket er højere i vintermånederne og lavere i sommermånederne. Ved overskudsproduktion af elektricitet kan der produceres syntetiske brændsler eller brint ved hjælp af elektrolyse.

Der er altså en række mangler og kritikpunkter i forskernes energisystemsanalyse, som vi håber de vil tage med i overvejelserne ved udarbejdelsen af en version 2.0 af deres notat.

### 3. Tilbageværende spørgsmål

#### 3.1 Hvor i Danmark bør sådanne atomkraftanlæg placeres

Forskerne stiller et hypotetisk, men relevant spørgsmål, som naturligvis ikke kan besvares direkte. Til udpegning af egnede lokationer i Danmark til atomkraftværker bør man nedsætte en kommission. Det vil dog, som tidligere berørt, være oplagt at undersøge mulighederne for at benytte infrastrukturen og beliggenheden for de mange kraftvarmeværker, vi har i landet.

#### 3.2 Risikoplacering

Forskerne skriver, at vi skal tage højde for, at et uheld kan ske, som vil koste utrolige summer penge. Her henleder de opmærksomheden på Fukushima-ulykken, hvor en tsunami ramte Japans østkyst og ødelagde et atomkraftværk. De sammenligner omkostninger ved denne ulykke med en potentiel ulykke i Danmark, hvilket er meget kritisabelt, da vi ikke er i risiko for en tsunami i Danmark.

Ulykken blev forårsaget af verdens 4. største jordskælv og en 13-15 meter høj flodbølge, som ødelagde tre BWR-reaktorer fra 60'erne, som ikke kan sammenlignes med den generation af reaktorer, vi bygger i dag [50].

Der gives ingen nuancer, og det ligger derfor mellem linjerne, at en hypotetisk EPR-reaktor i Danmark skulle kunne havarere på samme måde.

EU Kommissionens forskningscenter Joint Research Center skriver i et afsnit om energikilders sikkerhed, at tredjegerationsatomkraft er den sikreste måde af alle at lave strøm på:

*"These latest technology developments are reflected in the very low fatality rate for the Gen III EPR-design. The fatality rates characterizing state-of-the art Gen III NPPs are the lowest of all the electricity generation technologies" [51].*

Forskerne henviser i notatet til den dyre oprydning i Fukushima-præfekturet efter uheldet, hvis det nu skulle gå galt. De undlader dog helt at forholde sig, at evakueringen af de tusindvis af mennesker, set i bagklogskabens lys, ikke var sundhedsmæssigt forsvarlig.

Ifølge FNs strålingseksperter (UNSCEAR), så har strålingsudslippet ikke medført nogle syge eller døde, og de forventer ikke, at det vil være tilfældet fremover [52].

Nyeste forskning viser, at der ikke var nogle som skulle have været evakueret i Japan, idet selve evakueringen var forbundet med klart større sundhedsmæssige omkostninger for særligt ældre og sårbare, end størrelsen af strålingsudslippet [53].

Befolkningen fik nemlig en ganske minimal strålingsdosis, faktisk så lav, at dosis for over 99% af de evakuerede svarede til under halvdelen af den dosis, man får ved en almindelig CT-scanning af rygraden på hospitalet [54].

Når vi taler om stråling, handler risikoen for sundhedsskade ikke om, hvorvidt man udsættes for det, men om dosis. Heldigvis for det, for der findes stråling overalt i vores verden, så det er godt, at menneskekroppen har udviklet sig til at kunne håndtere lave mængder stråling [55],

Mange steder i verden er der langt højere naturlig baggrundsstråling end i Fukushima. Hvis Europa havde samme evakueringsgrænse i forhold til mængden af accepteret stråling, så skulle store dele af Europa evakueres [56].

Disse fakta undlader forskerne helt at forholde sig til. Fukushima er et eksempel på politisk mishandling under en krise. Det sker på tværs af en masse samfundsmæssige udfordringer. Tag fx. den nuværende coronahåndtering i Kina, hvor politisk bestemte krav har påført Kina enorme udgifter relativ til håndteringen i vesten.

### **3.3 Hvordan håndteres radioaktivt affald, og hvor skal det deponeres**

Forskerne foregiver også, at vi ikke ved, hvordan vi skal håndtere, og hvor vi skal deponere atomaffaldet, dvs. det brugte brændsel. Forskerne burde ellers have kendskab til, at den danske myndighed GEUS så sent som i januar 2022 udgav en rapport, hvori de skriver, at store områder i den danske undergrund forventes at være godt egnet til at deponere affaldet 500 meter nede i undergrunden isoleret fra biosfæren, hvilket dog kræver yderligere detaljerede undersøgelser.

GEUS' rapport stemmer overens med IAEA retningslinjer for deponeringslagre for højradoaktivt affald. Selvom Danmark ikke har højradoaktivt affald længere, men kun lav- og mellemradioaktivt, vil lokalisationerne udpeget i GEUS' rapport altså også være egnet til deponi af brugt atombrændsel, dvs. det højradoaktive affald [57].

Vi kan tage ved lære af Finlands eller Sveriges slutdepotprojekter. Finlands er helt færdigbygget og tages i brug om et par år. Omkostninger for den finske deponering er 0,01 krone, altså 1 øre, per



kWh (de første 30 år). Omkostninger for affaldsdeponi er altså peanuts i et atomkraftværks økonomi. Intet forhindrer Danmark i at lave et lignende slutdepot.

Det skal her nævnes, at der i Finland har været kamp mellem kommuner om at få ansvaret for dette slutdeponi, fordi det skaber arbejdspladser og velstand til kommunen [58]. Det finske slutdepot Onkalo er i dag en turistattraktion.

Forskerne burde også vide, at affaldet har været håndteret sikkert og effektivt i alle lande med atomkraft. Således har ingen mennesker nogensinde taget skade eller mistet livet af affald fra civil atomkraft [59]. Det "affald", vi i flere årtier er blevet skolet i at frygte, har aldrig gjort nogen fortræd.

Heller ingen miljøskader, jævnfør den førnævnte rapport fra EU's fælles forskningscenter JRC. Forskerne problematiserer altså noget, der fra et teknisk synspunkt er løst. Skulle vi ikke bekymre os mere om at få løst verdens reelle klima- og miljøudfordringer frem for at fokusere på skræmmescenarier?

Spørgsmålet burde snarere være, om det i det hele taget giver mening at slutdeponere affaldet. En væsentlig årsag til, at verdens atomindustri ikke har skyndt sig med at slutdeponere affaldet, er, at det brugte brændsel stadig indeholder 95% af energien fra det oprindelige brændsel. Således kan atomaffaldet potentielt blive særdeles værdifuldt. Mange typer nye reaktorer, der hører under fjerdegenerations-atomkraft, vil kunne udnytte næsten alt energien i atomaffald til energiproduktion og således gøre lagre til slutdeponi mindre nødvendige.

Selvom alt USAs opbevarede atomaffald kun fylder tilsvarende én fodboldbane i ti meters højde [60], så kan dette atomaffald forsyne USA i 2500 år ved brug af fjerdegenerations-atomkraft, med samme mængde elektricitet som atomkraft genererer i USA i dag.

Frankrig genanvender faktisk allerede i dag deres atomaffald, og de får således 17% af deres strøm fra atomaffald. De genanvender gennem såkaldt reprocessering af det brugte brændsel, som dog er en væsentligt dyrere måde at få brændsel på end blot at købe nyt uran, hvorfor de færreste lande bruger denne genanvendelse i dag [61].

## 4. kilder

- [1]. [Ingeniøren, 2022](#) Forsker angriber notat om a-kraft i Danmark: 7 løse påstande og faktuelle fejl
- [2]. [DR, 2020](#): Kort før første spadestik: Sådan stoppede Einar og Henrik atomkraft i Danmark
- [3]. [Massachusetts Institute of Technology \(MIT\), 2018](#): The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World – An Interdisciplinary MIT Study
- [4]. [Internationale Energy Agency \(IEA\), 2021](#): What is the impact of increasing commodity and energy prices on solar PV, wind and biofuels?
- [5]. [Recharge, Global news and intelligence for the Energy Transition, 2022](#): 'Offshore wind is fundamentally sick... no one's making money': ex-Orsted technology chief
- [6]. [Wood Machenzie, 2022](#): Wind industry faces a perfect storm of profit pressures
- [7]. [Financial Post, 2022](#): Wind power's colossal market failure' threatens climate fight
- [8]. [TV2, 2022](#): Vindmøllegigant fyrer 800 i Danmark
- [9]. [Scientific American, 2016](#): Why China is Dominating the Solar Industry
- [10]. [TV2, 2022](#): Se her om dine solpaneler har forbindelse til tvangsarbejde
- [11]. [Energyconnects, 2021](#): Why It's So Hard for the Solar Industry to Quit Xinjiang
- [12] [TV2, 2022](#): Solceller i Danmark kan være lavet med tvangsarbejde i Kina
- [13]. [Danwatch, 2022](#): EU vil forbyde import af varer produceret med tvangsarbejde
- [14]. [World Nuclear News, 2022](#): Poland's Westinghouse choice 'deepens strategic relationship' with USA
- [15]. [DW, 2022](#): US, South Korean firms to run Polish nuclear plants
- [16]. [International Energy Agency, 2020](#): Projected Cost of Generating Electricity 2020 (Kapitel 8.3 - Side 151-154)
- [17]. [Energistyrelsen, 2015](#): Baggrundsrapport E: El og fjernvarme
- [18] [Powermag, 2022](#): District Heating Supply from Nuclear Power Plants: Technical and Economic Aspects
- [19]. [Department of Energy, 2022](#): DOE Report Finds Hundreds of Retiring Coal Plant Sites Could Convert to Nuclear

- [20]. [International Energy Agency, 2020](#): Projected Cost of Generating Electricity 2020 (side 18)
- [21]. [Powermag, 2019](#): Flexible Operation of Nuclear Power Plants Ramps Up
- [22]. [Korhonen, 2015](#): Graphic of the Week: Can nuclear plants load-follow?
- [23]. [National Renewable Energy Laboratory \(NREC\), 2020](#): Flexible Nuclear Energy for Clean Energy Systems
- [24]. [Ueckerdt et al., 2013](#): System LCOE: What are the costs of variable renewables?
- [25]. [Finans, 2022](#): Danmarks første energiø: Dan Jørgensen blåstempler kæmpe regning til trængte elkunder
- [26]. [Energywatch, 2019](#): Nyt projekt skal sikre kunstig energiø
- [27]. [Energy Matters, 2016](#): How long does it take to build a nuclear power plant?
- [28]. [World Nuclear Association, 2022](#): World Nuclear Performance Report, 2022
- [29]. [Energistyrelsen, 2022](#): Stamdataregister for vindkraftanlæg
- [30]. [Energistyrelsen, 1996](#): Energi 21 – Regeringens energihandlingsplan 1996
- [31]. [Ingeniøren, 2003](#): Fire mulige steder til nye havmølleparker
- [32]. [Energistyrelsen, 2004](#): Sammenfatning af høringsvar indkommet i forbindelse med Energistyrelsens screening af havområder ved Rødsand og Gedser i forbindelse med udbud af havvindmøller
- [33]. [Energistyrelsen, 2008](#): Havmøllehandlingsplan 2008 – Opfølgning på kortlægningsrapporten "Fremtidens havmølleplaceringer – 2025"
- [34]. [Energistyrelsen, 2007](#): Fremtidens havmølleplacering – 2025
- [35]. [Energistyrelsen, 2012](#): Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti) og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020
- [36]. [Energinet, 2022](#): Hesselø havvindmøllepark
- [37]. [Finansministeriet, 2020](#): Klimaaftale for energi og industri mv. 2020

- [38]. [UNECE, 2022](#): Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources
- [39]. [Medium, 2019](#): The Hinkley Point C case: is nuclear energy expensive?
- [40]. [Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2021](#): New finance model to cut cost of new nuclear power stations
- [41]. [Ingeniøren, 2021](#): Debat: Skal vi have atomkraft i Danmark?
- [42]. [Teknologisk Institut, 2018](#): De danske muligheder for omstilling til en bioøkonomi – hvilken omstilling taler vi om?
- [43]. [Ingeniøren, 2021](#): Klimarådet om biogas-støtte: Det er helt oplagt at stille modkrav
- [44]. [UNECE, 2022](#): Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources
- [45]. [Powermag, 2022](#): Canada Bank Group Pledges Millions Toward Nuclear Power Project
- [46]. [Black et al., 2019](#): Economic viability of light water small modular nuclear reactors: General methodology and vendor data
- [47]. [Altinget, 2022: Fysiker](#): Selvfølgelig er det relevant at diskutere atomkraft i Danmark
- [48]. [Lund et al., 2021](#): IDA's Klimasvar 2045: Sådan bliver vi klimaneutrale (side 57)
- [49]. [International Energy Agency \(IEA\), 2020](#): Projected Costs of Generating Electricity 2020 (side 49)
- [50]. [World Nuclear Association, 2022](#): Fukushima: Background on Reactors
- [51]. [Joint Research Center \(JRC\), 2021](#): Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation')
- [52]. [United Nations Information Service, 2021](#): A decade after the Fukushima accident: Radiation-linked increases in cancer rates not expected to be seen
- [53]. [Waddington et al., 2017](#): J-value assessment of relocation measures following the nuclear power plant accidents at Chernobyl and Fukushima Daiichi
- [54]. [Ishikawa et al., 2015](#): The Fukushima Health Management Survey: estimation of external doses to residents in Fukushima Prefecture

- [55]. [Siegel et al., 2017](#): Subjecting Radiologic Imaging to the Linear No-Threshold Hypothesis: A Non Sequitur of Non-Trivial Proportion
- [56]. [World Nuclear Association, 2020](#): Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)
- [57]. [De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland \(GEUS\), 2022](#): Danmarks undergrund evalueret til deponerings af radioaktivt affald
- [58]. [DW, 2022](#): Finns embrace nuclear waste
- [59]. [What is nuclear, 2022](#): What is nuclear waste?
- [60]. [Department of Energy, 2022](#): 5 Fast Facts about Spent Nuclear Fuel
- [61]. [World Nuclear Association, 2022](#): Nuclear Power in France