

A.P. Møllers skibe på PtX

I sin "Sustainability Report 2020" anfører Rederiet A.P. Møller at rederiets kuldioxidudledning i 2020 var 34 millioner tons. Mærsk er dermed en meget stor udleder af CO₂. De mange skibe bruger primært olie som brændstof og udslippet udgør en stor del af Danmarks samlede drivhusgasbelastning. Heldigvis tæller A.P. Møller ikke med i det danske klimaregnskab, da det jo er udenrigshandel. Men selvfølgelig har rederiets ledelse ikke kunnet sidde al klimasnakken overhørig, og de har følt en stærk trang til at markere sig klimapolitisk korrekt. Det er så blevet til ideen om, at alle skibene skal konverteres til at sejle på Power-to-X, også kendt som elektrobrændsel, dvs. brændstof fremstillet ud fra brint, der er produceret med strøm fra vedvarende energikilder, nok primært vindmøller.

Konkret har A.P. Møller valgt at fokusere på ammoniak (NH₃) som den primære type elektrobrændsel. Ammoniak består af brint og kvælstof, sidstnævnte kan hentes direkte fra den atmosfæriske luft. Med ammoniak slipper man for at skulle skaffe kulstof, f.eks. i form af CO₂ opsuget fra luften eller fra skorstene. En tredje mulighed ville selvfølgelig have været at bruge biomasse som kulstofkilde, men den vil jo hurtigt være en mangelvare og gøre processen meget dyrere.

Det kan tilføjes, at MAN-B&W er langt i arbejdet med udvikling af en ammoniakdrevet dieselmotor. I beregningerne nedenfor er det forudsat, at ammoniak vil have samme effektivitet som diesel olie, således at der vil skulle bruges lige mange PJ i flåden uanset om drivmidlet er ammoniak eller fuel olie. Nok en lidt tvivlsom antagelse.

I denne artikel vil vi kigge nærmere på, hvad det ville indebære, hvis hele A.P. Møllers fuelolie forbrug skal omlægges til ammoniak. Dette skriver Mærsk ganske vist ikke i sin Sustainability Report for 2020, idet man her også nævner forskellige former for bio fuel, til trods for at alle ved- også Mærsk – at biofuel er en så begrænset ressource, at den ikke vil række langt. Vind + sol + biomasse udgjorde 5,7 % af Verdens energiforsyning i 2020.

Mærsk skriver i sin rapport:

“Ammonia (green ammonia) • Fully zero emissions fuel • Can be produced at scale from renewable electricity alone • Safety and toxicity challenges • Infrastructure challenges at ports • Future cost depends on cost of renewable electricity and cost/maturity of electrolyser technology.”

Det kan tilføjes, at elektrolyse af vand i dag er en ganske effektiv proces med et udbytte på ca. 88% af det teoretiske, så der kan ikke forventes store fremskridt. Når der generelt angives lavere værdier skyldes det, at man ved beregningen af den dannede brints energiindhold udelader fortætningsvarmen for det vand der dannes ved forbrænding af brint.

Tabel 1 nedenfor viser de generelle beregningsforudsætninger.

Beregningsforudsætninger		
Data Olie, brint og Ammoniak		
<i>Kuldioxid fra fuel olie</i>	<i>kg CO2/ton olie</i>	3160
<i>Olie brændværdi</i>	<i>GJ/ton</i>	40,7
	<i>MWh/ton</i>	11,3
<i>Ammoniak nedre brændværdi</i>	<i>GJ/ton</i>	18,5
	<i>kWh/kg</i>	5,14
<i>Elforbrug til brintfremstilling</i>	<i>kWh/kg H2</i>	45
<i>Elforbrug i alt til ammoniakfremstilling</i>	<i>kWh/kg NH3</i>	12,5
Ammoniakfremstilling		
Heraf elforbrug til brintproduktion		7,941
Heraf elforbrug til kvælstofproduktion	kWh/kg NH3	0,094
Heraf elforbrug i ammoniakfabrikken		4,46
Ammoniakudbytte i forhold til indsat Elektricitet	KWh/KWh el	0,41
	%	41,1%
Elproduktion havvind		
<i>Virkningsgrad havvind</i>		50%
<i>Bygge pris havvind per nominel GW</i>	<i>Mia DKK/nominel GW</i>	20,8
<i>Byggepris havvind per reel GW</i>	<i>Mia DKK/GW</i>	41,7
<i>Vedligehold havvind</i>	<i>DKK/MWh</i>	50,0
Australske solindstråling		
<i>Solindstråling</i>	<i>MJ/m²/dag</i>	24
	<i>MW/km²</i>	278
<i>Solcelle i Australien, måske</i>	%	25%
<i>Arealbehov</i>	<i>km²/GW</i>	14
Dollarkurs 25 juli 2021	DKK/US \$	6,3
Pris solceller, kinesiske oplysninger		
<i>Pris per nominel GW</i>	<i>Mia US \$/GW</i>	2,3
	<i>Mia DKK/GW</i>	14,5
<i>Solceller effektivitet Tyskland</i>	%	10%
<i>Pris per reel GW</i>	<i>Mia DKK/GW</i>	145
Pris fuelolie		
	<i>US \$/t</i>	550
<i>Fuelolie den 26.07.2021</i>	<i>DK/t</i>	3465
	<i>DKK/GJ</i>	85,1
	<i>DKK/MWh</i>	306
Finansiering vindmøller og solceller		
<i>Afskrivningsperiode</i>	år	30
<i>Rentefod</i>	% p.a.	3,00%

Tabel 1

Noter tabel 1:

1. Der er usikkerhed omkring tallet 12,5 kWh/kg ammoniak som angiver det totale elforbrug til fremstilling af ammoniak.
2. Der er ikke megen usikkerhed omkring prisen for havvindmøller. Prisen per installeret MW er i overensstemmelse med Equinors projektangivelser for 2,4 MW nominelt på Doggerbanke fra november 2020. Det foreligger dog ikke oplyst, hvor meget projektet omfatter. Hvis forbindelseskablerne ikke er regnet med vil man skulle lægge omkring 10 milliarder kroner oveni. Man må generelt med beklagelse konstatere, at vindmølleindustrien mildt sagt ikke strør omkring sig med regnskabsresultater og ordentlige projektpriiser. *Danskerne er et tålmodigt folk, der bare finder sig i at skulle betale.*
3. Det er usikkert hvilken virkningsgrad fremtidens havvindmøller vil have. Men 50% af den angivne kapacitet stemmer godt overens med resultaterne for Danmarks seneste havvindmøllerpark, Hornsrev 3, indviet i slutningen af 2018. I de første 5 måneder af 2020 var kapacitetsudnyttelsen 57%, tilsvarende tal for 2021 var 50% - en difference på 15% - og for hele 2020 var kapacitetsudnyttelsen 51%.
4. De australske tal for solindstråling er mest taget med for kuriositetens skyld. De kunne jo let anvendes til at overbevise verden om, at vi bare skal bygge solceller i ørkenområder. Verdens energiforbrug er omtrent 20 TW. Så ubefæstede sjæle kunne foreslå, at vi bare udlægger 280.000 km² solceller og så er alle problemer løst.
5. Hvis de nedenfor anførte kinesiske tal for prisen er korrekt vil den nødvendige investering løbe op i ca. $20 \cdot 1000 \cdot 145 = 2900$ billioner kroner svarende til ca. 350.000 kr for hvert menneske på jorden, hvortil ville komme alle de nødvendige følgeinvesteringer.
6. Iflg. tabel 2 er solceller så dyre, at vi ikke beskæftiger os videre med dem.

Energiforbrug og regnskaber			
<i>Olieforbrug</i>	<i>Mio t/år</i>	<i>10,4</i>	<i>1</i>
Beregnet energiforbrug olie eller ammoniak	PJ/år	423	41
Beregnet kuldioxidudledning fra fuel olie	Mio t år	32,9	3,2
Beregnet effektforbrug motorbrændstof	GW	13,4	1,3
Elforbrug til ammoniakfremstilling	GW	32,6	3,1
Investering grøn elproduktion			
Nødvendig investering havvindmøller	Mia DKK	1357	130
Nødvendig investering solceller	Mia DKK	4718	454
Regnskabstal			
Vindmøller forrentning og afskrivning	Mia DKK/år	69,2	6,7
Vedligehold	Mia DKK/år	13,6	1,3
Sum	Mia DKK/år	82,9	8,0
Udgift fuel olie	Mia dkk/år	36,0	3,47
Differens Grøn el - olie	Mia DKK/år	46,8	4,5
Regnskabstal Mærsk 2020			
Omsætning	Mia DKK	244,2	
Overskud	Mia DKK	20,3	

Tabel 2

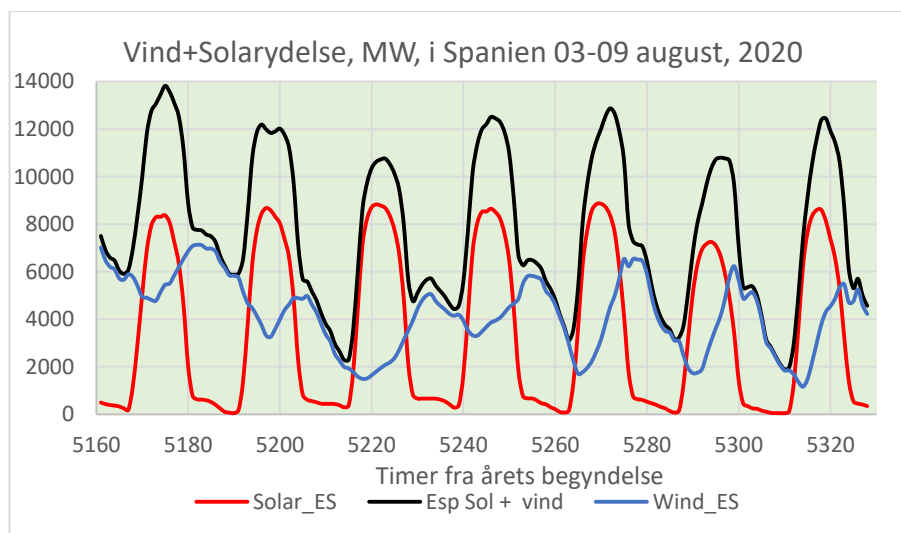
Noter tabel 2:

- Mærsk opgiver i sin Sustainability Report 2020 et fuelolieforbrug på 10,4 millioner ton. Beregningerne angiver, hvor meget elektricitet, der skulle produceres for at fremstille en ammoniakmængde med det samme energiindhold. Tallet er monstrøse 32,6 GW svarende til en nominel møllekapacitet på 65,2 GW, hvilket svarer til 10 gange den nuværende danske vindmøllekapacitet.
- Alene investeringen i vindmøller er beregnet til **1357 milliarder kroner**, hvortil vil komme kabler, elektrolyseanlæg, lagre til brint og kvælstof, så en ammoniakfabrik kan holdes kørende også når vinden – selv på havet – ikke sjældent ikke blæser, en eller flere ammoniakfabrikker, ammoniaklagre etc. etc.
- Forrentning, afskrivning og vedligehold af møllerne er beregnet til 82,9 milliarder kroner per år. Olieudgiften til dagens priser er beregnet til 36 milliarder kroner. Differensen skal sammenholdes med Mærskes overskud på 20 milliarder kroner i 2020. Og som nævnt indgår kun en meget ufuldstændig del af udgifterne til den grønne omstilling i regnestykket.
- Det bør måske også lige nævnes, at så vidt vi ved, findes der ikke noget sted i Verden en ammoniakfabrik, der kører som vinden blæser, ikke en gang et forsøgsanlæg.

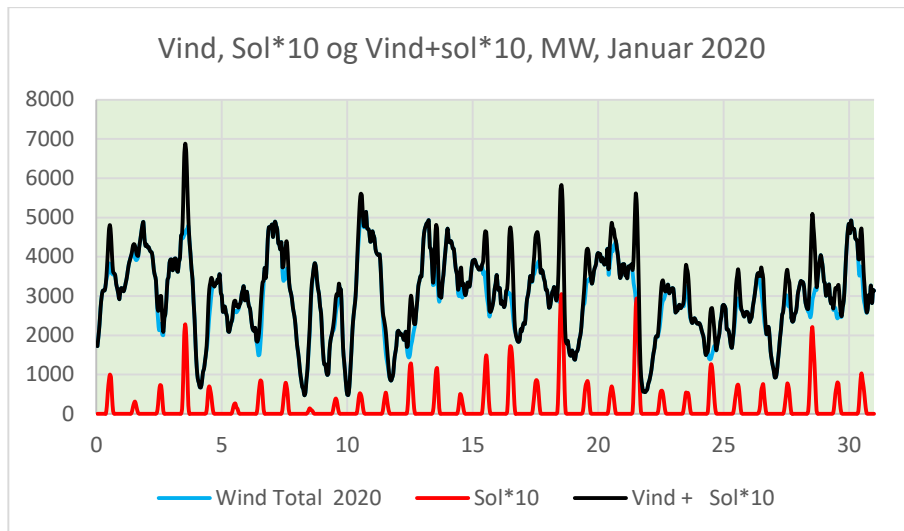
Merudgift til grøn el, afhængig af rentefod og ammoniakproduktionens elforbrug, for hver million tons olie der erstattes med ammoniak. Milliarder kroner.							
		Rentefod % p.a.					
		2,0%	2,4%	2,8%	3,2%	3,6%	4,0%
<i>kWh/kg ammoniak</i>	12,0	3,39	3,70	4,02	4,35	4,69	5,04
	13,0	3,96	4,29	4,64	5,00	5,37	5,74
	14,0	4,53	4,89	5,27	5,65	6,05	6,45
	15,0	5,10	5,49	5,89	6,30	6,73	7,16
	16,0	5,67	6,09	6,51	6,95	7,41	7,87
	17,0	6,24	6,68	7,14	7,61	8,09	8,58
	18,0	6,81	7,28	7,76	8,26	8,77	9,29
	19,0	7,38	7,88	8,38	8,91	9,44	9,99
	20,0	7,95	8,47	9,01	9,56	10,12	10,70

Tabel 3

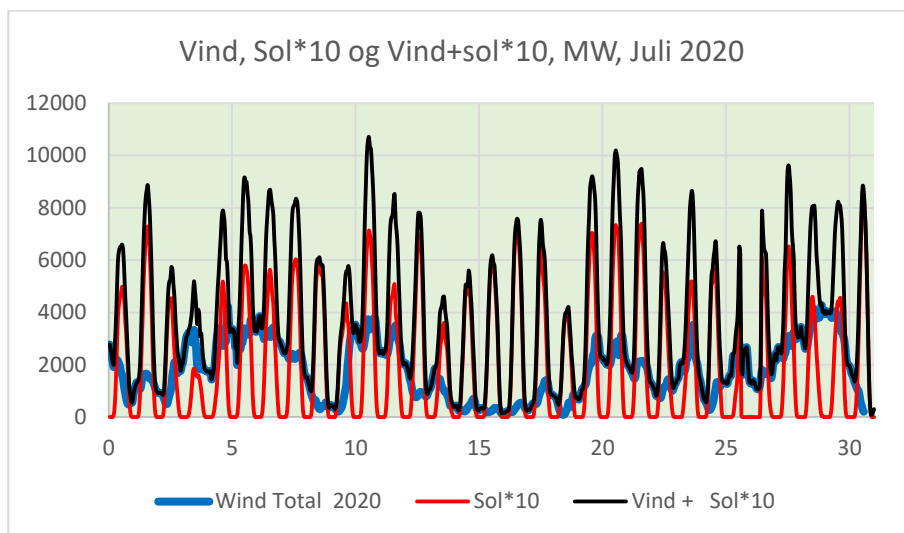
11. Tabel 3 viser ekstraudgiften i Milliarder kroner alene til vindmøllerne i forhold til købet af 1 million ton olie. Rentefoden er sat til at variere mellem 2% og 4% p.a. og elforbruget til at fremstille et kg ammoniak til mellem 12 og 16 kWh. For Mærskes olieforbrug på ca. 10 millioner tons/år ville ekstraudgiften bare til den nødvendige elektricitet være et sted mellem 50 og 70 milliarder kroner. **Noget mere end prisen for et atomkraftværk, der kunne levere omtrent 10% af Danmarks energiforbrug. (Energiforbrug ikke kun elforbrug.)**



Figur 1



Figur 2



Figur 3

12. Figur 1 viser ydelserne fra vind og sol i Spanien fra den 03-09. august 2020.
 Figur 2 viser de danske vind+sol ydelser fra januar 2020, hvis man multiplicerede solcellekapaciteten med 10.
 Og figur 3 viser de tilsvarende danske ydelseskurver for juli 2020. Det bemærkes at solenergien er omtrent fraværende i januar og vinden i juli. **Så der opnås ikke nogen udglætning af strømforsyningen ved at satse på både vind og sol.**
13. Undertegnede har mange års erfaring med kemisk produktion i store og komplicerede anlæg. Jeg kan ikke forestille mig en kvalificeret kemiingeniør, der ville byde ind på jobbet som produktionschef i en virksomhed, hvis energiforsyning lignede kurverne i figur 1-3.

Konklusion

Ovenstående beregninger repræsenterer naturligvis kun et indledende overslag, og kun et overslag over det nødvendige elforbrug. Der skal investeres i meget mere end elproduktion før man er i mål. Mærsk har utvivlsomt udført tilsvarende beregninger, så man må vide, at egne indtægter på ingen måde vil række til at finansiere en omlægning til ammoniakdrift.

Det ville klæde Mærsk og andre åbent at vedgå, at den grønne omstilling kun vil være mulig, hvis skatteyderne lader sig flå til sidste hvid og øre. Og at denne i øvrigt er meningsløs, med mindre hele Verden følger trop. Og muligvis selv da.

Dog kan man trøste sig med, at ingen endnu har demonstreret, at man kan producere noget som helst på basis af en strømforsyning varierende som vist i fig. 1-3, og derfor håbe, at det hele forbliver et luftkastel.

Søren Kjærsgård

Datum den 27.07.2021