

# ENERGIEFFEKTIVITET OG KONKURRENCEEVNE

Erik Haller Pedersen, Peter Beck Nellesmann og Jakob Feveile Adolfsen, Økonomisk Afdeling

## INDLEDNING OG KONKLUSIONER

Hovedtemaet for artiklen er forholdet mellem dansk industris energieffektivitet<sup>1</sup> og dens internationale konkurrenceevne. Analysen viser, at danske virksomheder er blandt verdens mest energieffektive. Det gælder både i industrien, og når økonomien ses under ét. Det har krævet betydelige investeringer i ny teknologi.

Færdigvareprisen på et produkt afhænger bl.a. af prisen på den energi, der medgår i produktionen. Jo mere energieffektivt et land eller branche er i stand til at producere, jo mindre vil en ændring i energiprisen slå igennem på færdigvareprisen, simpelthen fordi energi udgør en mindre andel af de totale produktionsomkostninger (mængdeeffekt). Omvendt vil stigende energipriser i sig selv øge energiens andel af de samlede omkostninger, og dermed vil en yderligere stigning i energiprisen slå kraftigere igennem på færdigvareprisen, dvs. prisfølsomheden øges (priseffekt). Effekten på energifølsomheden af stigende energipriser har overtrumpet større energieffektivitet over de seneste 15 år, så prisfølsomheden er blevet øget ikke bare herhjemme, men i næsten alle lande. En undtagelse er USA, som har draget nytte af fund af skiffergas, hvilket har reduceret energipriserne markant i USA. Det øger den amerikanske velstand, men ikke konkurrenceev-

nen, da dollarkurser alt andet lige apprecierer som følge af fundet af skiffergas.

Høj energieffektivitet og dermed lav energiprisfølsomhed styrker den danske konkurrenceevne, hvis energipriserne stiger, da gennemslaget på færdigvarepriserne ved en given sammensætning af produktionen er mindre herhjemme end hos konkurrenterne. Over de seneste 10 år er olieprisen næsten firedoblet. Det har givet dansk industri en gevinst på lønkonkurrenceevnen på ca. 9 pct. svarende til en lønbesparelse på 27 kr. pr. time. Forløbet har været sammenfaldende med en stærk dansk højkonjunktur i årene 2005-08, og en del af den danske merlønstigning i forhold til udlandet over perioden skal ses i lyset af konkurrenceevnegevinsten.

Beregningerne underbygger imidlertid også, at konkurrenceevneeffekten er ved at aftage. Det skyldes, at udlandet langsomt er ved at indhente dansk industris høje energieffektivitet, fordi det er langt nemmere og billigere at investere i kendt teknologi, end det er at udvikle ny. Det bliver således stadig sværere at bevare et forspring.

Den beregnede konkurrenceevneeffekt er et øjebliksbillede givet graden af energieffektivitet. Men at nå hertil har krævet forudgående investeringer i energibesparende teknologi, som det i sig selv kan have presset virksomhedens konkurrenceevne at foretage. Det aspekt er der ikke taget hensyn til i analysen.

1 Fx målt som antallet af forbrugte energienheder pr. enhed produceret reelt bruttonationalprodukt.

## ENERGIEFFEKTIVITET GLOBALT

Verdens forbrug af energi er steget gennem historien. I de sidste par årtier er den største del af forøgelsen sket i mellemlandslande, herunder ikke mindst i vækstøkonomier som Kina og Indien. Disse økonomier står for ca. 90 pct. af stigningen i den globale energieftefterspørgsel, og der er ikke udsigt til, at det vil ændre sig markant i de kommende år<sup>2</sup>.

Forbruget af energi pr. person er meget ulige fordelt på tværs af lande. Det afspejler ikke bare en stor variation i levestandard, men også en betydelig forskel på den effektivitet, hvormed energi indgår i produktionen, jf. figur 1. Det overordnede billede er, at de avancerede økonomier producerer mere energieffektivt end vækstøkonomierne. Island skiller sig ud fra dette mønster ved at have en meget lidt energieffektiv produktion. Det skyldes gode muligheder for at anvende geotermisk energi og en stor fabrikation af aluminium, som er meget energikrævende. Det understøtter, at landespecifikke forhold kan gøre sig gældende, særligt i økonomier der er mindre diversificerede. Det højeste energiforbrug pr. produceret enhed findes inden for jern- og stålproduktion, petrokemisk industri og papir. Det forklarer, at Finland med sin store papirindustri er placeret over de andre skandinaviske lande.

Generelt er der øget internationalt fokus på at producere energieffektivt. Energiintensiteten i den kinesiske industri er fx gået fra fire gange verdensgennemsnittet i 1990 til lidt mere end to gange i dag. Paradokset er, at jo mere energi der spares i produktionen globalt, jo større er sandsynligheden for, at der vil komme et nedadrettet pres på energipriserne, som isoleret set vil gøre energiinvesteringer mindre rentable. Frem til i dag er det dog den underliggende økonomiske vækst og dermed den øgede efterspørgsel efter energi, som har domineret, med stigende energieftefterspørgsel til følge.

Over tid har de fleste lande således haft en tendens mod at producere stadig mere energieffektivt. Forbedret energieffektivitet kan bidrage til at bremse emissioner og forurening, uden

at det går ud over den økonomiske vækst. De store forskelle mellem lande viser endvidere, at der er betydelige muligheder for at øge energieffektiviteten ved at sprede allerede kendte teknologier til flere lande og industrier. Det kræver dog store investeringer i nyt kapitalapparat og ændrede produktionsmetoder, så udviklingen går forholdsvis langsomt. Der kan også være politiske barrierer. Det tager tid for investeringer i miljøteknologi at tjene sig hjem. For de mest energieffektive lande kræver yderligere forbedringer ofte udvikling af ny teknologi, hvilket er en langsom og proces.

At danske virksomheder er blevet så energieffektive i en international sammenligning, har krævet betydelige investeringer i energibesparende teknologi. Investeringerne kan bl.a. være blevet foretaget, fordi der herhjemme har været fokus på problemstillingen i lang tid, og at der i højere grad end mange andre lande anvendes en lang række kvantitative instrumenter, fx udledningsbegrænsninger, lovkrav om tekniske standarder, overvågning mv. Energiavgifter for industrivirksomheder, som fx elafgifter, er derimod ikke specielt høje i Danmark i en international sammenligning, jf. figur 2.

## FÆRDIGVARERNES FØLSOMHED OVER FOR ÆNDRINGER I ENERGIPRISER

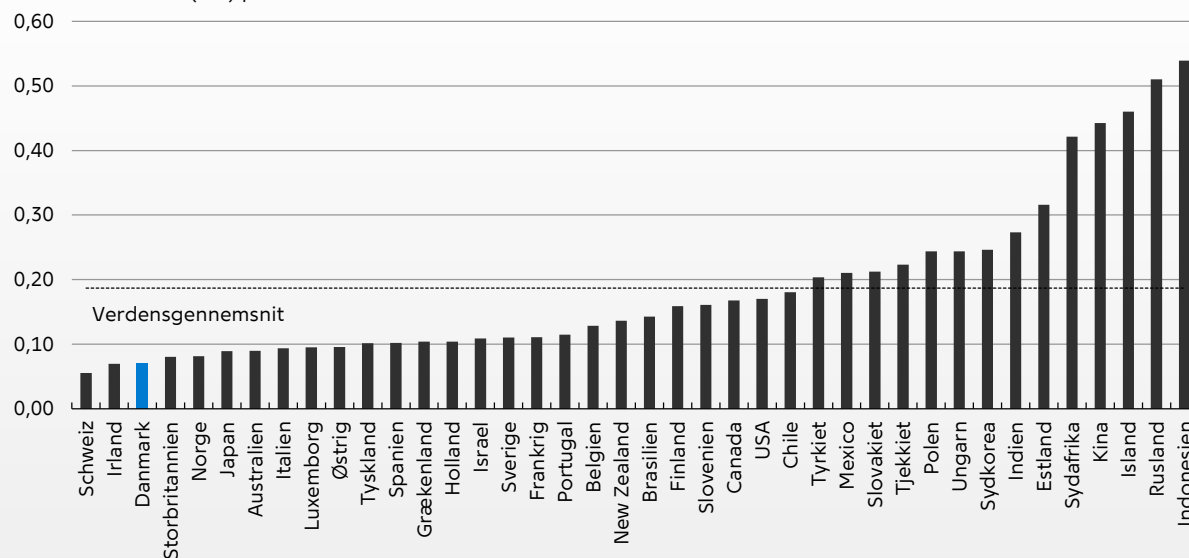
Jo mere følsom prisen på færdigvarer er over for ændringer i energipriserne, jo mere sårbar er produktionen og landet over for stigende energipriser. Umiddelbart vil man forvente, at jo mere energieffektivt et land eller branche er i stand til at producere, jo mindre vil en ændring i energiprisen slå igennem på færdigvareprisen, simpelthen fordi energi udgør en mindre andel af de totale produktionsomkostninger. Udgiftsandelen til energi, og dermed prisfølsomheden, afhænger dog også af niveauet for energipriserne, og her kan der være store nationale forskelle, selv om energi handles på et globalt marked. Det afspejler bl.a., at der er forskelle i priserne på energi fra forskellige kilder. Ud fra nationalregnskabsstatistik, i form

2 Jf. International Energy Agency, World Energy Outlook, 2013.

## Energiintensitet i produktionen i en række lande, 2011

Figur 1

Ton olieekvivalent (toe) pr. BNP i tusinde 2005-dollar



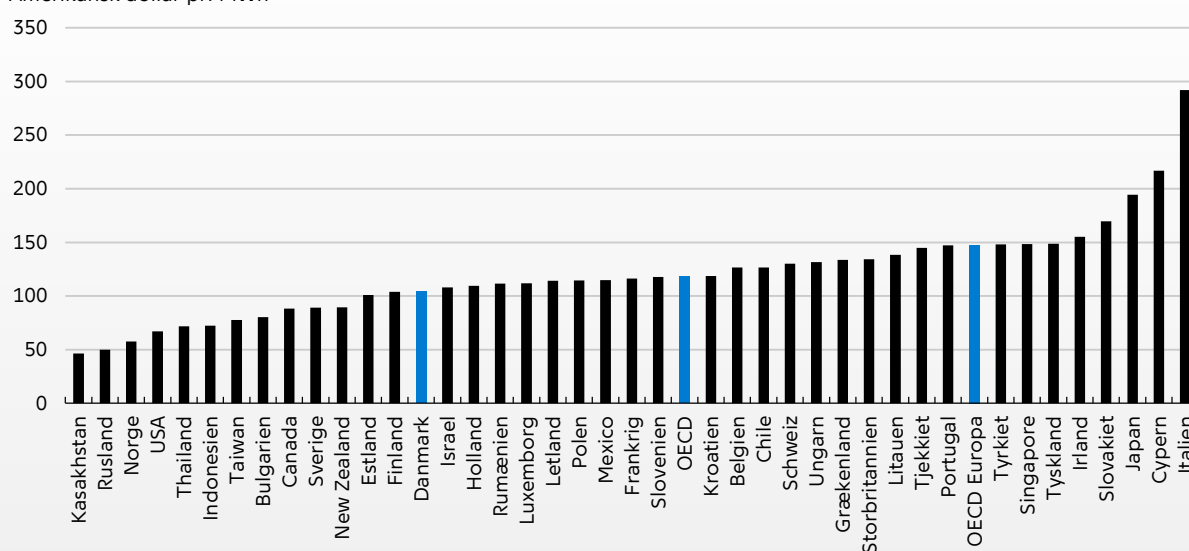
Anm.: Tallene viser energieffektiviteten i den samlede økonomi.

Kilde: OECD.

## Elpriser for virksomheder, 2012

Figur 2

Amerikansk dollar pr. MWh



Anm.: Priserne er den gennemsnitlige pris for virksomheder i industri- og fremstillingssektoren. I Danmark varierer elprisen fra virksomhed til virksomhed som følge af forskellige energiafgifter.

Kilde: International Energy Agency.

**Direkte og indirekte udgifter til primær energi i produktionen, sektoropdelt**

Tabel 1

Pct.	Andel af BVT i Danmark	Energiudgift i procent af produktionsværdi, dvs. energiprisfølsomhed					
		Danmark			Udland		
		2000	2005	2011	2000	2005	2011
Landbrug	1,6	4,8	7,7	12,5	5,9	7,7	8,6
Energi- og råstofudvinding	4,2	0,8	1,1	2,1	7,0	8,7	8,7
Industri i alt	12,8	2,6	3,4	5,5	5,2	6,3	6,9
Herunder:							
Fødevarer	1,8	3,7	4,9	8,5	5,2	6,5	7,3
Tekstil og læder	0,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Træ	0,2	2,7	3,5	5,9	5,6	7,2	8,1
Papir og grafisk	0,9	2,1	2,9	4,3	5,2	6,6	7,5
Mineralolie	0,2	6,9	9,9	11,1	6,0	7,8	8,0
Kemisk	1,6	3,1	3,4	6,0	8,8	11,0	12,5
Gummi og plast	0,5	3,0	3,9	5,7	6,3	8,2	9,4
Sten, ler og glas	0,4	4,8	5,8	10,8	7,8	9,5	10,6
Metal	1,2	2,7	3,3	5,6	6,8	8,3	8,9
Maskiner	1,7	2,0	2,6	4,8	4,3	5,2	5,6
Elektronik	2,0	1,8	2,5	3,8	3,9	4,6	5,0
Transportmiddel	1,4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
Møbler mv.	0,6	2,4	3,3	4,8	4,7	5,9	6,5
Energi- og vandforsyning	1,6	3,0	3,8	9,1	4,0	4,8	4,7
Bygge og anlæg	4,8	2,4	3,0	4,9	4,3	5,0	5,7
Transport	5,5	5,3	8,1	14,1	7,1	8,6	9,8
Serviceerhverv og offentlig sektor	69,5	1,5	1,8	2,7	2,5	2,8	3,0
Hele økonomien	100,0	1,9	2,3	3,5	3,3	3,8	4,0

Anm.: BVT står for bruttoværditilvækst og er et mål for den samlede værdiskabelse i Danmark, her opdelt på brancher. De direkte og indirekte energiudgifter omfatter både indenlandsk produceret energi og importeret energi. Koefficienterne viser samtidig færdigvareprisernes følsomhed over for energiprisen. Energiudgifter i forhold til produktionsværdi er beregnet som kolonne 6 i tabel 7.E.1 i publikationen Danmarks Statistik (2009) Danish Input-Output Tables and Analyses 2009, med udgangspunkt i World Input-Output Database (WIOD) fra OECD. Der er korrigeret for energisektorens input af energi til energiproduktion ved at udelade energiinput fra én energisektor til den samme energisektor. Udland omfatter de 27 lande i det effektive kronekursindeks, ekskl. Norge, Schweiz, Island, Hongkong og New Zealand, og er sammenvæjet med vægtene herfra, jf. tabel 2.

Kilde: World Input-Output Database og egne beregninger.

af input-output-tabeller, kan prisfølsomheden beregnes på såvel lande- som sektorniveau<sup>3</sup>, se appendiks for detaljer. Beregningerne sker i basispriser, dvs. ekskl. direkte produktionsafgifter, så nationale forskelle i afgiftspolitikken spiller ikke direkte ind, men nok indirekte.

Beregningerne viser, at energiudgifterne i 2011 udgjorde 5,5 pct. af produktionsværdien i industrien herhjemme mod 6,9 pct. hos vore konkurrenter, jf. tabel 1. Det vil sige, at færdigvarepriserne stiger med 5,5 pct. i Danmark og 6,9 pct. i udlandet, når energipriserne fordobles. Der er i disse tal taget højde for ikke bare det direkte energiforbrug, men også det indirekte i form af, at der til produktionen er medgået halvfabrikata, der i sig selv har krævet energi at frembringe. Der er også taget hensyn til energiindholdet i importen. Det betyder, at hvis energitilgængelighed flyttes fra Danmark til fx Kina og dernæst importeres i form af halvfabrikata, så belastes det danske energiregnskab. Det sker derimod ikke, hvis importen har form af en færdigvare. Hvis energiintensiv produktion flytter til mindre energieffektive lande, uden at efterspørgslen efter færdigvaren falder, vil den globale energieffektivitet således falde, selv om den isoleret set stiger i Danmark.

Dansk industri producerer mere energieffektivt i næsten alle betydende industrisektorer, selv om billedet er blevet lidt mindre tydeligt i de seneste tal fra 2011. Den høje danske energieffektivitet i industrien skyldes således ikke blot, at virksomheder inden for særligt energitunge brancher er flyttet ud af landet. Dog betyder erhvervsstrukturen også noget for resultatet. Modne økonomier som den danske har typisk en større servicesektor, hvor energiintensiteten er lav. En standardberegning viser, at hvis udlandet havde en erhvervsstruktur som den danske, ville det ikke ændre væsentligt i de beregnede koefficienter for hele økonomien, så længe der sammenvejes med kronekursvægtene. Ser vi isoleret på et land som fx Kina, falder landets samlede energiintensitet dog betragte-

ligt, når den danske erhvervsstruktur anvendes som vægt.

Blandt vore konkurrenter har Kina og de østeuropæiske lande nogle af de højeste følsomheder over for energiprisen, mens Irland har den mindste, jf. tabel 2. Også USA og Storbritannien ligger lavt. De er begge avancerede økonomier, hvor servicesektoren, der har lav energiintensitet, spiller en stor rolle. USA ligger dog også lavt, når man alene fokuserer på industrien, og har i modsætning til de fleste andre lande formået at forbedre sin energieffektivitet over de seneste år. Det kan hænge sammen med, at energipriserne generelt er lavere, bl.a. i kraft af den stadig større produktion af skiffergas, jf. nedenfor. Der er således to forhold, der gør sig gældende, dels erhvervsstrukturen, dels energiprisernes niveau.

Energipriserne har været stigende historisk, både nominelt og realt, og stigningen har ofte været større end på andre typer af input. Energiens andel af de samlede udgifter til input er dermed øget, selv om der er sket forbedringer i energieffektiviteten. Samtidig er energipriserne konjunkturfølsomme. Begge dele afspejler sig i de beregnede følsomheder, der siden midten af 1990'erne er steget både herhjemme og i udlandet, såvel i industrien som i den samlede økonomi, jf. figur 3, venstre.

Grundlæggende er den danske produktion, herunder industriproduktionen, mindre energiprisfølsom end udlandets, men forskellen er indsnævret de seneste 15 år, bl.a. fordi USA, Kina og Storbritannien, som vejer tungt i beregningen af den effektive kronekurs, har formået at reducere energiprisfølsomheden. En væsentlig årsag er en "indhentnings-effekt", hvor energieffektiv teknologi spredes globalt. Det er langt billigere at anvende allerede kendt teknologi, end det er at udvikle ny. Især i de seneste par år, hvor Danmark har haft svært ved at komme fri af lavkonjunkturen, er energiandelen i dansk produktion øget. Noget kan skyldes, at investeringerne herhjemme, herunder i energiteknologi, har ligget lavt siden finanskrisen, men hovedårsagen er, at energipriserne er steget siden 2010. Den underliggende energieffektivitet forbedres således stadig herhjemme, jf. figur 3, højre.

3 Jf. Pedersen, Erik Haller og Johanne Dinesen Riishøj (2009), Energieffektivitet og konkurrenceevne, Danmarks Nationalbank, *Kvartalsoversigt*, 2. kvartal 2009.

**Direkte og indirekte udgifter til primær energi i produktionen, landeopdelt**

Tabel 2

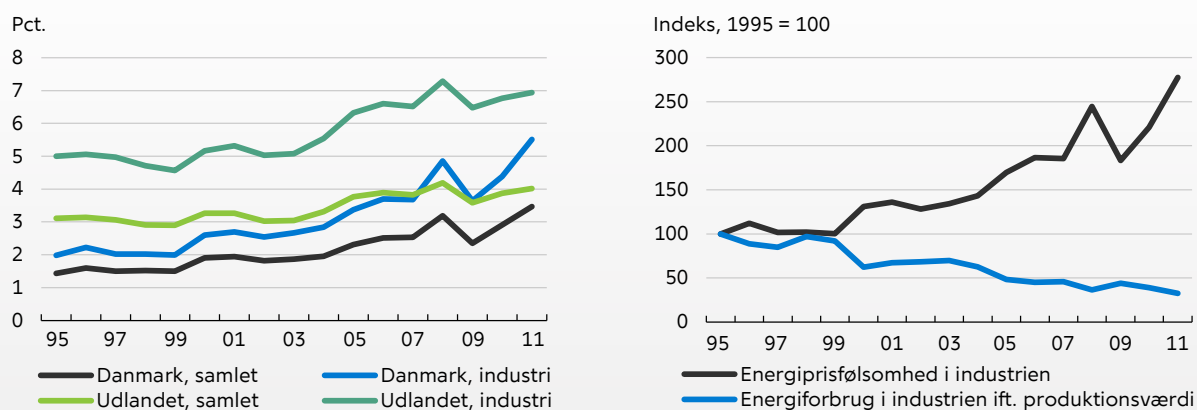
Pct.	Vægt i effektiv kronkurs 2011	Energiudgift i procent af produktionsværdi, dvs. energiprisfølsomhed					
		Hele økonomien			Industrien		
		2000	2005	2011	2000	2005	2011
Tyskland	21,2	2,3	2,7	3,2	4,2	5,2	5,8
Sverige	10,2	2,7	3,2	3,4	3,2	4,1	4,6
USA	9,8	3,2	3,3	2,8	5,3	5,7	4,4
Kina	8,2	8,9	12,1	10,0	11,8	17,3	15,2
Storbritannien	7,3	2,0	2,4	2,1	3,6	5,2	4,9
Frankrig	5,8	2,4	2,5	3,0	4,3	5,0	7,0
Holland	5,5	2,6	3,1	4,2	4,3	5,6	7,5
Italien	5,1	3,1	3,4	4,0	5,9	6,7	8,2
Belgien	4,4	3,9	4,4	5,2	7,2	8,0	10,3
Japan	4,1	4,2	4,7	5,5	6,8	8,0	10,5
Spanien	2,8	4,3	4,7	5,3	7,0	8,4	10,8
Polen	2,8	6,8	6,9	7,9	8,2	8,6	10,1
Finland	2,4	4,1	5,2	6,2	4,5	5,7	7,5
Sydkorea	1,9	7,3	8,1	11,5	10,9	13,0	17,9
Østrig	1,7	3,1	3,6	4,5	3,9	5,2	6,6
Tjekkiet	1,6	7,1	6,7	6,1	8,8	9,0	8,6
Irland	1,4	2,2	2,7	2,8	2,4	3,4	3,2
Ungarn	1,1	6,9	6,7	8,0	10,4	9,8	11,7
Canada	1,0	3,2	3,5	3,4	4,9	5,9	5,5
Portugal	0,6	3,7	4,7	4,5	4,8	6,8	6,7
Australien	0,7	3,3	3,3	3,1	5,1	5,1	4,9
Grækenland	0,4	3,9	4,3	3,7	6,9	8,8	8,7
Udland samlet	100,0	3,3	3,8	4,0	5,2	6,3	6,9
Danmark		1,9	2,3	3,5	2,6	3,4	5,5

Anm.: I vægtberegningen er der taget udgangspunkt i vægtene til den nominelle effektive kronkurs. Der er dog af datamæssige grunde set bort fra Norge, Schweiz, Island, Hongkong og New Zealand. Vægtene er renormeret for at korrigere herfor.

Kilde: World Input-Output Database og egne beregninger.

**Energiprisfølsomhed (venstre) og energiforbrug i forhold til produktionsværdi i dansk industri (højre)**

Figur 3



Anm.: Venstre: Energiprisfølsomhed bestemmes som udgiften til den energi, der er medgået til produktionen, i forhold til produktionsværdien. Begge dele målt i basispriser, dvs. ekskl. direkte produktionsskatter.  
Kilde: World Input-Output Database, Danmarks Statistik og egne beregninger.

## ENERGIEFFEKTIVITET OG KONKURRENCEEVNE

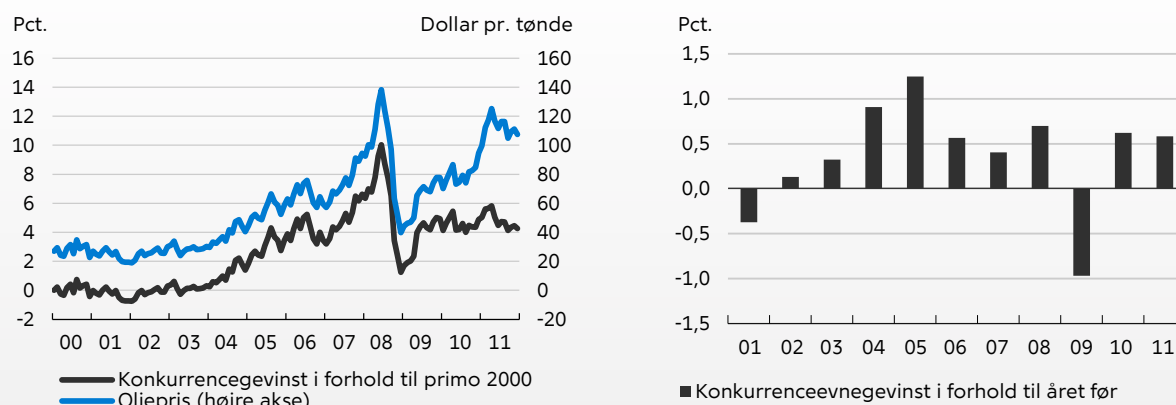
En højere pris på energi slår mindre igennem på færdigvareprisen herhjemme end hos vore konkurrenter som følge af den høje danske energieffektivitet i produktionen. Det betyder, at den danske konkurrenceevne forbedres ved stigene energipriser. Energiindholdet i industriproduktionen var i 2011 5,5 pct. Det vil sige, at virksomhedens omkostninger til input øges med 5,5 pct., hvis energipriserne stiger med 100 pct. Det får færdigvarepriserne til at

stige tilsvarende, når der ses bort fra mængdeeffekter. For vore udenlandske konkurrenter er det tilsvarende tal 6,9 pct. Det betyder, at udenlandske varer stiger med 1,4 pct. (6,9 – 5,5) mere end de danske, når energipriserne fordobles.

Konkurrenceevneeffekten er potentielt mærkbar, jf. figur 4, venstre og højre. Beregnet på ovenstående måde, har der været en forbedring på 4,3 pct. frem til 2011, hvor olieprisen næsten er firedoblet, mens udlandet samtidig har halet ind på den danske energieffektivitet. Løn og profit udgør 48 pct.

**Konkurrenceevne og oliepris (venstre) og årlig konkurrenceevnegevinst (højre)**

Figur 4



Anm.: "Konkurrenceevnegevinst i forhold til primo 2000" er beregnet ved at multiplicere stigningen i siden januar 2000 med årets forskel i energiprisfølsomheder mellem Danmark og udlandet. I "Konkurrenceevnegevinst i forhold til året før" er det olieprisstigningen over det seneste år multipliceret med forskellen i energiprisfølsomheden.  
Kilde: Reuters EcoWin for oliepris og egne beregninger.

af producentprisen i økonomien, mens resten er input af råvarer, halvfabrikata, import og producentskatter. Med timeomkostninger i industrien på 300 kr. kan timelønsbesparelsen for uændret profittkvote udregnes til 27 kr. pr. time ( $0,043 \cdot 300 / 0,48$ ) svarende til en gevinst på 9 pct. på lønkonkurrenceevnen.

Konkurrenceevneeffekten af energiprisstigninger er mindsket de senere år. Det skyldes, at forskellen i energiintensitet mellem Danmark og udlandet er blevet mindre.

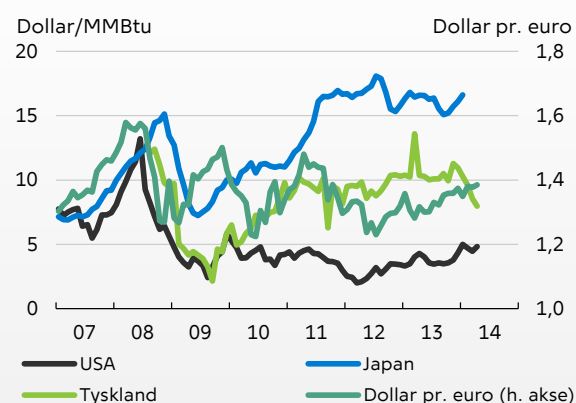
Danmarks eksport af energiteknologi er vokset og udgjorde i 2013 lidt over 60 mia. kr., heraf halvdelen i grøn energiteknologi som fx vedvarende energianlæg<sup>4</sup>. Danmark er det EU-land, hvor eksportvæksten har været kraftigst gennem de sidste 10 år. Dansk industri har således været i stand til at drage nytte af den stigende internationale efterspørgsel på området. Det hører dog med til billedet, at staten har subsidieret området kraftigt.

Inden for de senere år er USA i stor stil begyndt at udnytte en ny energikilde, nemlig skifergas. Dette udbudschock har medført, at gaspriserne i USA er markant lavere end i EU og Japan, jf. figur 5. En af grundene til, at priserne ikke har udlignet sig, er, at der i USA er ganske snærende restriktioner på eksport af energi.

Den ny energiresurse betyder umiddelbart, at velstanden i USA stiger, mens det isoleret set vil forværre landets konkurrenceevne. Der er fare for, at den nye resurse blot giver øget forbrug af billig energi i stedet for at omsætte sig i investeringer, som man mere varigt kan få udbytte af. Der vil være en tendens til, at dollarkursen apprecierer, ikke bare nominelt men også realt, i takt med at købekraften i økonomien øges som følge af skifergassen. Det medfører et strammere arbejdsmarked og dermed højere lønstigninger. En sådan real appreciering vil hæmme andre konkurrenceudsatte erhverv. Det fænomen kaldes også "hollandsk syge" og kendes fra mange resurseøkonomier, bl.a. Norge. Det hører dog med til billedet, at

**Gaspriser og dollarens kurs over for euro**

Figur 5



Anm.: MMBtu er et energimål. Venstre akse viser således gasprisen i dollar pr. energienhed. Priserne er angivet som spotprisen i slutningen af hver måned. Der er benyttet følgende indeks: USA: Henry Hub, Japan: LNG Japan Corp og Tyskland: NCG Hub. Kilde: Bloomberg.

USA's økonomi er for stor og diversificeret til at kunne betegnes som en resurseøkonomi. Hertil kommer, at dollaren er verdens reservevaluta, hvis kurs hovedsagelig bestemmes af bevægelser på kapitalbalancen og i mindre grad på handelsbalancen. Der kan således være meget "slør" i forholdet mellem energipris og dollarkurs, som kan skjule, at dollaren alt andet lige apprecierer som følge af skifergassen.

Også herhjemme har olieudvinding påvirket økonomien. Olieproduktionen tog for alvor fart i 1990'erne og har bidraget til de store overskud på betalingsbalancen og dermed akkumulering af en udlandsformue. Afkastet af udlandsformuen har bidraget til, at købekraften er vokset i økonomien og medført, at den danske lønstigningstakt i en periode oversteg udlandets med tab af lønkonkurrenceevne til følge.

Energiintensiteten i økonomien har også betydning for, hvor meget en stigning i energiprisen slår igennem på forbrugerpriserne. I Danmark var det direkte og indirekte energiindhold i det private forbrug 5,61 pct. i 2007, der er det seneste offentliggjorte tal<sup>5</sup>. Der regnes i løbende priser inkl. skatter og afgifter. En tredobling af energiprisen svarende til en stigning på 200

4 Jf. Energistyrelsen, [www.ens.dk](http://www.ens.dk).

5 Jf. Danmarks Statistik (2009), Danish Input-Output Tables and Analyses 2009, s. 126.

pct. vil dermed alt andet lige betyde, at priserne på det private forbrug målt ved forbrugsdeflatoren øges godt 10 pct. (2\*5,61). Der er gjort en række antagelser for at komme frem til koefficienten på 5,61, bl.a. at der anvendes samme teknologi i Danmark og udlandet og dermed i importen, dvs. energiandelen i produktionen af en vare er den samme i alle lande.

## APPENDIKS

### EN INPUT-OUTPUT-PRISMODEL

En input-output-tabel viser branchernes input til produktionen i alle økonomiens brancher, samt hvordan inputtene benyttes til endelig produktion. Ud fra en sådan tabel kan en prismodel opstilles, som viser det direkte og indirekte energiforbrug i branchernes produktion. Modellen tager højde for energiforbrug i fremstillingen af halvfabrikata, som igennem værdikæden bliver til endelig produktion.

I praksis benyttes matrixregning i en model med udgangspunkt i metoden udviklet af Wassily Leontief<sup>6</sup>. I World Input-Output Database er produktionssektoren opdelt i 35 brancher, og input-output-tabellen er derfor en kvadratisk (35x35)-matrix,  $Z$ , med  $z_{k,j}$  som sektor  $k$ 's input til sektor  $j$ :

$$Z = \begin{pmatrix} z_{1,1} & \cdots & z_{1,35} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{35,1} & \cdots & z_{35,35} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Værdien af den endelige produktion i branche  $j$ ,  $x_j$ , skabes på baggrund af halvfabrikata fra øvrige brancher, herunder af energi,  $v_j$ , som udgøres af input fra mineralolie og elektricitet, som er branche 8 og 17 i input-output-tabellen. I beregningerne tages der højde for den energi, der er gået til at producere halvfabrikata. Det opskrives på matrixform, hvor endelig produktion og værditilførsel for alle brancher er samlet i vektorer<sup>7</sup>:

$$x_j = \sum_{k=1}^{35} z_{k,j} + v_j \Rightarrow x' = i'Z + v' \quad (2)$$

I relation (2) er  $x'$  en vektor bestående af endeligt output i hver branche, og  $v'$  er en vektor med brugen af energiinput i hver branche. Nu indføres den kvadratiske (35x35)-matrix,  $A$ , hvor elementerne,  $a_{k,j}$ , angiver branche  $k$ 's input til branche  $j$  som andel af branche  $j$ 's endelige produktion. Da input til produktionen er en andel af den endelige produktion i hver branche, findes derfor relationen,  $Z = A\hat{x}$ , hvor  $\hat{x}$  er en diagonalmatrix<sup>8</sup> med branchernes endelige produktion i hoveddiagonalen, og  $v'_c$  er en vektor med andele af energiinput i produktionen for hver branche, således at følgende relation opnås:

$$x' = i'Ax + v' \Leftrightarrow x'\hat{x}^{-1} = i'A\hat{x}\hat{x}^{-1} + v'\hat{x}^{-1} \Leftrightarrow \quad (3)$$

$$i' = i'A + v'_c \quad (4)$$

Der skal foretages et teknisk greb for ikke at medregne energisektorernes input til produktionen to gange. I artiklen har vi valgt at antage, at energisektorerne ikke leverer energi til egen produktion. Hermed tages der højde for lande- og årsspecifikke forskelle, hvilket er hovedfokus i artiklen, men der er sandsynlighed for, at en mindre energiandel optræder flere steder, samt at de enkelte energisektorer ikke tildeles det retmæssige energiforbrug af egen produktion.

I relation (4) angiver højre side inputomkostninger pr. enhed af endelig produktion. Det antages, at priserne som udgangspunkt kan normeres, så priserne på den endelige produktion er identiske med de samlede omkostninger ved produktion i de enkelte brancher. Det vil sige, at forholdet mellem færdigvarepriser og inputomkostninger er 1, hvilket benyttes til at danne en vektor med prisindeks for brancherne, så  $p' = i'$ . Dermed opnås et prisindeks, som viser, hvor meget priserne på den endelige

6 Blair, Peter D. og Ronald E. Miller (2009), *Input-Output Analysis - Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.

7  $i'$  er en vektor indeholdende tallet 1 på hvert koordinat.

8 Med dimensionerne (35x35).

produktion i hver branche stiger, når energipriserne og/eller -mængderne stiger:

$$p' = p'A + v'_c \Leftrightarrow p' = v'_c(I - A)^{-1} \quad (5)$$

Tabel 1 og 2 i artiklen viser energifølsomheden i de forskellige brancher i Danmark og udlandet. Således betyder energifølsomheden på 5,5 og 6,9 i industrien i henholdsvis Danmark og udlandet i 2011, at de danske færdigvarepriser på industriprodukter stiger 1,4 pct. mindre<sup>9</sup> i Danmark end i udlandet, når energipriserne, som i artiklen er approksimeret ved olieprisen, stiger. Det betragtes som en konkurrenceevnegevinst.

Brancherne udgøres i flere tilfælde af flere underbrancher. For at få samlede mål for hovedbrancherne ud fra en definition, som er i overensstemmelse med Danmarks Statistiks opdeling, er hovedbranchernes energifølsomhed et geometrisk gennemsnit af underbranchernes energifølsomhed, hvor underbranchernes andele af bruttoværditilvæksten i hovedbranchen er benyttet som vægte.

Ligeledes er energifølsomheden i udlandet beregnet som et geometrisk gennemsnit af de 27 lande, som indgår i kronekursindekset, hvor de renormerede kronekursvægte<sup>10</sup> er benyttet som vægte. Vægtningen er foretaget for at opnå det bedst sammenlignelige mål for de danske konkurrenceevnegevinster.

---

9 6,9 minus 5,5.

10 Norge, Schweiz, Island, Hongkong og New Zealand er udeladt af datamæssige årsager.