Informe sobre los modelos reguladores aplicados en Dinamarca en relación con la electricidad

Ph.D Frede Hveplund,consultor

Contenidos

Nota Aclaratoria: 4
1.Introducción –los objetivos de la regulación del sistema. 5
2. Pequeña hisotria del sistema eléctrico danés 7
3. Breve descripción cuantitativa del sistema eléctrico danés..... 10
4. La regulación tácita del sector eléctrica 17
4.1. La regulación TÁCTICA del sector de suministro de electricidad danés..... 17
4.2. Las autoridades regulatorias nacionales 18
4.3. Regulación de los DSOs (Operadores del Sistema de Distribución). 19
4.4. El rol cambiante del DSO 22
4.5. Regulación del TSO, Energinet.dk. 22
4.6 Regulación y colisión del mercado de Nordpool con el desarrollo de energías renovables. 24
5. Regulación estratégica de sistemas eléctricos 25
5.1. ¿Qué es un sistema eléctrico?..... 25
5.1.1. El sistema de suministro de electricidad basado en combustibles fósiles..... 26
5.2. Regulación y la transición de combustibles fósiles almacenados a sistemas fluctuantes de energía renovable..... 34
5.2.1 Producción de electricidad y la transición de combustibles fósiles almacenados a fuentes fluctuantes de energía renovable..... 34
6. Conclusión sobre la regulación del sistema eléctrico danés. 39
7. Anexo..... 42
7.1 Regulación pública y propiedad del consumidor de las compañías de electricidad 42
Bibliografía..... 51

Tabla 1. La estructura analítica de un estudio de cambios estratégicos en la escena de la electricidad 38
Tabla 2.Conclusiones del Sistema Danés 40

Figura 1 Desarrollo del consumo de electricidad por los usuarios. 10
Figura 2. Producción de electricidad por tipo de productor..... 10
Figura 3. Uso de combustible y producción de electricidad 11
Figura 4. Desarrollo de la capacidad eléctrica..... 12
Figura 5. Participación del CHP en la producción de energía térmica y calefacción urbana 12
Figura 6. La descentalización de la estrucuta de producción de energía en Dinamarca desde 1985-2009 ... 13
Figura 7. El desarrollo de la producción de energía eólica 14
Figura 8. Precios de la electricidad de la UE en euros para pequeas empresas 15
Figura 9: Referencia sobre el nivel regulatorio táctico [7]..... 17
Figura 10. El rol cambianre del DSO..... 22

Figura 11. El sistema de suministro de electricidad directo e indirecto 26
Figura 12. La distribución de valor agregado en un sistema de suministro de electricidad a base de carbón27
Figura 13. La cadena de valor agregado de la futura energía renovable y los sistema de conservación 31
Figura 14. El cambio en el perfil de valor agregado conectado desde FFU a sistemas de energía REC 32
Figura 15. Sistema técnico de nergía y condiciones institucionales y económicas 36
Figura 16. Contexto de DSO 42
Figura 17.La combinación de regulación descendente de propiedad del consumidor / municipio de arriba hacia abajo y nacional. 44
Figura 18.Districtos de NRGI..... 47
Figura 19.SEAS-NVE 48
Figura 20.Districtos de SEAS..... 49

Nota Aclaratoria:

EL presente documento es la versión final de la investigación de los modelos regulatorios en Dinamarca, para el servicio de electricidad. Para una mejor comprensión y análisis de los modelos de Uruguay, Perú, Colombia y Dinamarca, se presentarán los respectivos informes de manera individualizada.

Además, este documento forma parte del entregable número 8, siendo parte de la actualización del insumo denominado “Compendio de Documentos de Investigación de Modelos de Regulación para los países de Uruguay, Perú, Colombia y Dinamarca.”

1.Introducción –los objetivos de la regulación del sistema.

En un análisis del modo reglamentario danés relativo a la electricidad, es importante describir los objetivos generales de la regulación del sistema eléctrico y las nuevas necesidades de regulación específicas vinculadas al actual período de transición de los sistemas de electricidad basados en energías fósiles a energías renovables. Hasta alrededor de 2000, la energía renovable era un complemento de un sistema de energía basado básicamente en combustibles fósiles. En el año 2000, la energía eólica produjo alrededor del 10% del consumo de electricidad y la energía renovable en torno al 8% del consumo de energía de Dinamarca.

Este cambio fue fundamental para la situación en el 2017 con energía renovable como un proveedor igual. La energía eólica produjo el 42% del consumo de electricidad danés, y en 400 horas el viento produjo más que el consumo total de electricidad danés. En 2014, alrededor del 28% del consumo total de energía de Dinamarca provino de fuentes de energía renovables.
Y con una política energética oficial danesa que apunta al 100% de energía renovable en la producción de electricidad en 2035 y al 100% de energía renovable en todo el sistema energético en 2050.

Las tecnologías fluctuantes de energía renovable han llegado a la etapa de ser un principal productor de electricidad en una cantidad creciente de horas cada año.

Y esto es importante, ya que expone la regulación del desarrollo de la energía renovable para nuevos desafíos fundamentales con respecto al desarrollo de nuevos tipos de infraestructuras de integración.

El objetivo de este trabajo es describir y analizar la regulación del sistema eléctrico en un período de transición a menudo “caótico; de los combustibles fósiles a la producción de energía renovable.

Y analizar en qué medida esta regulación ha permitido cumplir los objetivos de un sistema eléctrico como se resume a continuación.
Estos objetivos están enumerados y discutidos brevemente a continuación:

a. Suministro de seguridad.

Es importante que la electricidad se suministre con la calidad adecuada y sin interrupciones.

b. Precio y costo de competencia.

No es suficiente que el sistema de electricidad sea competitivo en cuanto a costos, sino que también debe ser competitivo en cuanto a los precios y dar como resultado bajos precios al consumidor antes de impuestos.

c. Eficiencia ambiental

No es suficiente que el sistema de electricidad sea competitivo en precio y costo. También debe ser eficiente al perseguir los objetivos ambientales de la sociedad con respecto, entre otros, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

d. Eficiencia de innovación

Para ser ambientalmente eficiente sin costos demasiado altos, el sistema de regulación debe promover el establecimiento de nuevos sistemas tecnológicos en todas las fases de la innovación.

e. Sistema eficiente

En una transición a la energía renovable, la creciente participación de las fuentes de energía fluctuantes requiere una regulación para el establecimiento de sistemas de energía inteligentes [1] que puedan integrar estas nuevas tecnologías.

f. Eficiencia democrática

Es importante establecer un sistema de electricidad gobernable donde el público tenga acceso completo a la información a los datos que se encuentran detrás de las decisiones de inversión tomadas por las compañías de energía y transmisión y distribución. Y donde una gran parte de la nueva infraestructura energética integral se desarrolla, es propiedad y está bajo el control de los consumidores y los municipios.

g. Eficiencia de generación de capacidad

En la transición actual al 100% de energía renovable (eólica y fotovoltaica con algún suplemento de biomasa) es importante establecer mecanismos que garanticen nuevas inversiones en capacidad a largo plazo.

h. Eficiencia de la conservación de electricidad

Este objetivo casi nunca se discute. Su contenido es que el sistema regulador debe asegurarse de que las tarifas no estén socavando la economía en la conservación de la electricidad.

En los siguientes capítulos describiremos la regulación del sistema eléctrico danés visto en relación con su capacidad para alcanzar los objetivos anteriores a-h.

2. Pequeña hisotria del sistema eléctrico danés

Históricamente, el sector eléctrico danés es el resultado de un desarrollo ascendente, donde los municipios de las ciudades y las cooperativas de consumo en las zonas rurales fabricaban sistemas de red eléctrica con pequeños generadores de energía propios. Más tarde, a partir de la década de 1930, se establecieron las conexiones de la red entre estos pequeños sistemas de distribución local, y más tarde se establecieron grandes centrales eléctricas de propiedad general basadas principalmente en petróleo. De modo que todo el sistema eléctrico danés, incluidas las centrales eléctricas, era propiedad de cooperativas de consumidores y municipalidades. Además, todo el sistema de electricidad estaba regulado por un régimen de beneficio del consumidor, lo que significa que no se podía transferir ninguna ganancia del sector de la electricidad a fines ajenos al sector. Los sistemas eléctricos propiedad del municipio no pueden transferir dinero del sistema eléctrico a otros fines municipales, como, por ejemplo, escuelas, hogares de ancianos, carreteras, etc. Los sistemas eléctricos de propiedad del consumidor no pueden destinar beneficios a otros fines que la reducción de los precios en el sistema eléctrico. La estructura de propiedad era que los consumidores y los municipios poseían su red de distribución local y, en conjunto, estas empresas de distribución eran propietarias de las líneas de transmisión de alta tensión y de las grandes centrales eléctricas. Los representantes en las empresas de distribución de propiedad del consumidor fueron elegidos por los consumidores en su área. Estos representantes luego eligieron a sus representantes en sus empresas de sistemas de transmisión de propiedad y sus compañías

eléctricas de propiedad común. El precio de este sistema se basó en los costos promedio y con una diferencia de precios relativamente baja entre el hogar y las grandes empresas. De hecho, en algunas empresas de distribución de propiedad del consumidor no hubo ninguna diferenciación. El sistema eléctrico estaba muy consolidado con una tasa de deuda casi nula, ya que el dinero para nuevas inversiones se acumulaba por adelantado. El sistema se basó principalmente en el petróleo hasta la década de 1970, donde se hizo una transición al carbón en pocos años como respuesta a la crisis del petróleo de 1973. En 1977, una nueva ley de electricidad permitió al gobierno ordenar tipos de combustibles para centrales eléctricas de más de 25 MW. Los planes de energía alternativa basados en ONG se hicieron en 1977 y 1983 en un diálogo con los planes oficiales de energía, y los planes de la compañía eléctrica y oficiales para la energía nuclear fueron abolidos después de un largo debate público en 1985. En paralelo con esto, un desarrollo e implementación del viento el poder se produjo sobre la base de actividades de ONG, artesanos y pequeñas empresas industriales. Al principio, con vacilación y cierta resistencia del sistema eléctrico y también de la administración central danesa. Las turbinas eólicas en estas fases iniciales eran propiedad de cooperativas locales, y alrededor de 1990 había entre 120,000 y 140,000 propietarios de acciones de turbinas eólicas. Alrededor de 1990, los cambios en la regulación permitieron la construcción de pequeñas plantas de cogeneración con una capacidad de 1220 MW conectadas a los muchos sistemas de calefacción urbana de las ciudades pequeñas.

En 1999 se implementó una reforma de la electricidad basada en la directiva de electricidad de la UE [2]. En esta directiva, la UE exigió la separación de los monopolios verticales y también brindó la oportunidad de pagar con sus ingresos la implementación de la energía verde. Como resultado de esta directiva, las centrales eléctricas danesas se vendieron a la empresa estatal sueca Vattenfall y al estado danés DONG. Además, a los consumidores ya no se les permitía poseer las compañías de transmisión, y estos se fusionaron en la Organización del Sistema de Transmisión Energinet.dk (https://energinet.dk/)

Energinet.dk fue nacionalizada y ahora es una organización económicamente independiente bajo la supervisión del Ministerio de Clima y Energía. El sistema eléctrico danés comenzó a vender electricidad en el mercado de Nordpool, y los precios se basaban cada vez más en los costos marginales a corto plazo de las unidades de energía que vendían a Nordpool. La energía renovable

estaba y sigue siendo subsidiada por medio del dinero pagado por los consumidores de electricidad en un modelo de Obligación de Servicio Público. Pero en 2017, el Parlamento danés decidió eliminar el modelo de financiación de PSO y financiar la energía verde a través del dinero de los impuestos.

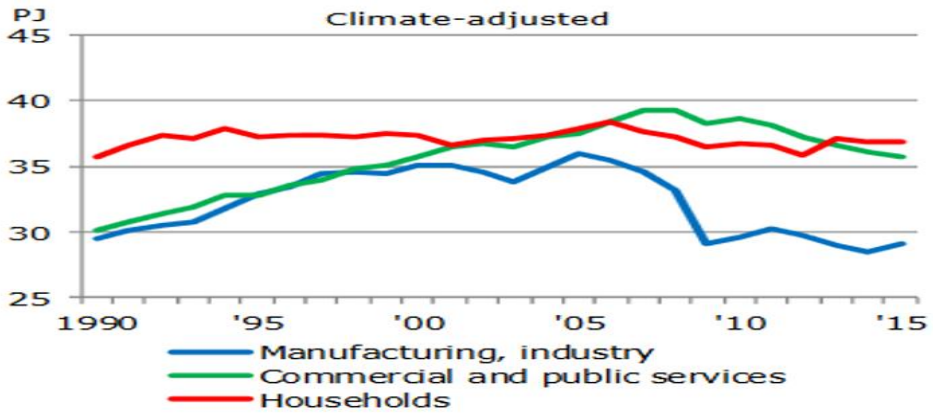
El estado actual es que estamos en una situación en la que la creciente proporción de fuentes de energía fluctuantes, especialmente la energía eólica, con sus muy bajos precios marginales a corto plazo está presionando el precio de la electricidad en el mercado de Nordpool hacia abajo, erosionando la economía de ambos parques eólicos. y plantas CHP grandes y pequeñas. Y es necesario establecer nuevas condiciones de mercado que puedan integrar grandes cantidades de fuentes de energía fluctuantes mediante un sistema de energía inteligente [1]. Pero la actual política impositiva y de mercado obstaculiza en cierto modo esta integración, que en la actualidad es una de las más importantes en el campo del discurso de la política energética. En ausencia de la integración local y regional de las fuentes de energía fluctuantes, TSO, Energinet.dk intenta resolver los desafíos de abastecimiento que se avecinan mediante la construcción de interconectores a países vecinos como los Países Bajos y el Reino Unido.

Al mismo tiempo, también hay una discusión en curso sobre los modelos de propiedad, especialmente de las plantas de energía eólica, y en la actualidad existe una tendencia a apoyar un modelo de propiedad que respalda a las grandes empresas al ofertar en los procedimientos de licitación actuales [3].

3. Breve descripción cuantitativa del sistema eléctrico danés

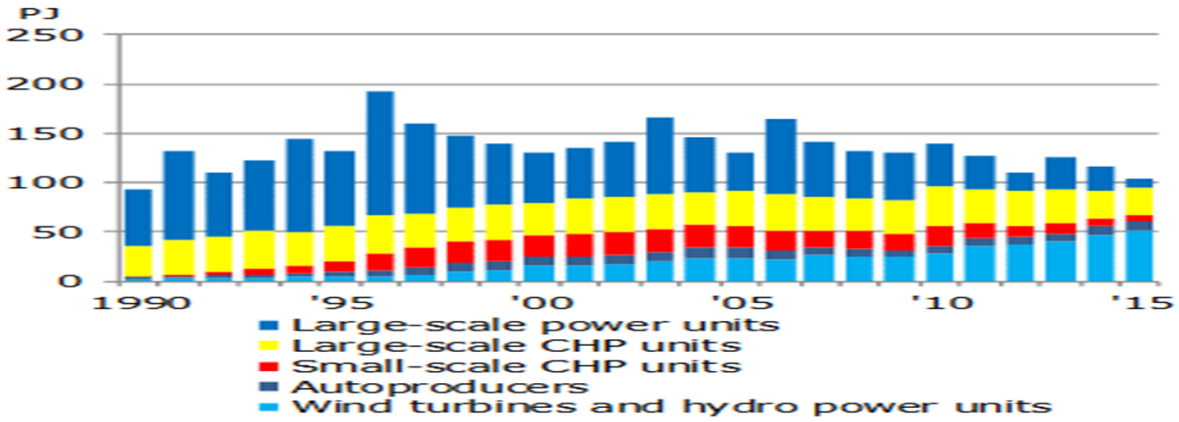
El consumo de electricidad danés solo ha crecido un 7,4% desde 1990 hasta 2016.

Figura 1 Desarrollo del consumo de electricidad por los usuarios.



Fuente:[4] https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energy_statistics_2015.pdf

Figura 2. Producción de electricidad por tipo de productor

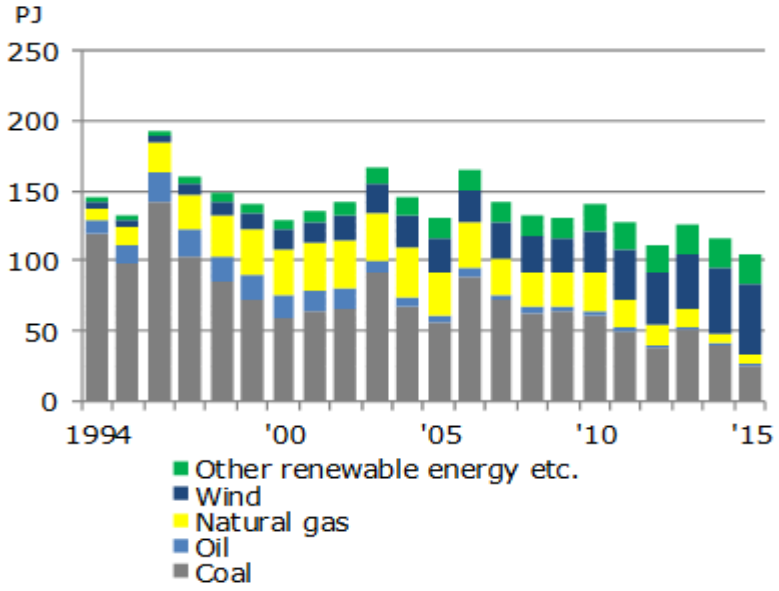


Fuentee: [4]Danish Energy Agency 2017.

Como se muestra en la figura 2, hubo una fuerte disminución en la producción de energía de las unidades de energía grandes y un aumento en la electricidad de la energía eólica. Las grandes

diferencias de un año a otro son el resultado de las diferencias en las exportaciones e importaciones de los países vecinos, especialmente Noruega y Suecia.

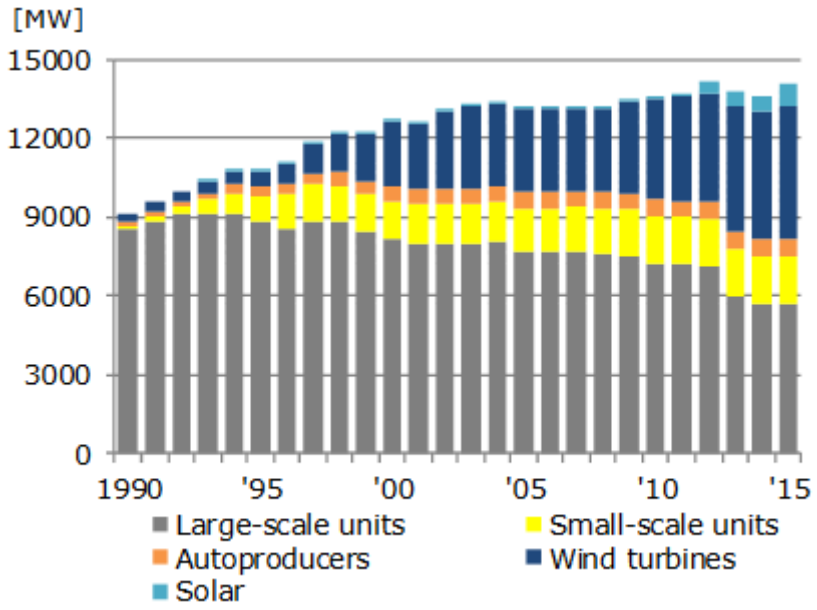
Figura 3. Uso de combustible y producción de electricidad



Fuente: [4]Danish Energy Agency 2017.

Figura 3 muestra un paso de reducción en el uso de combustibles fósiles (principalmente carbón) a producción de electricidad.

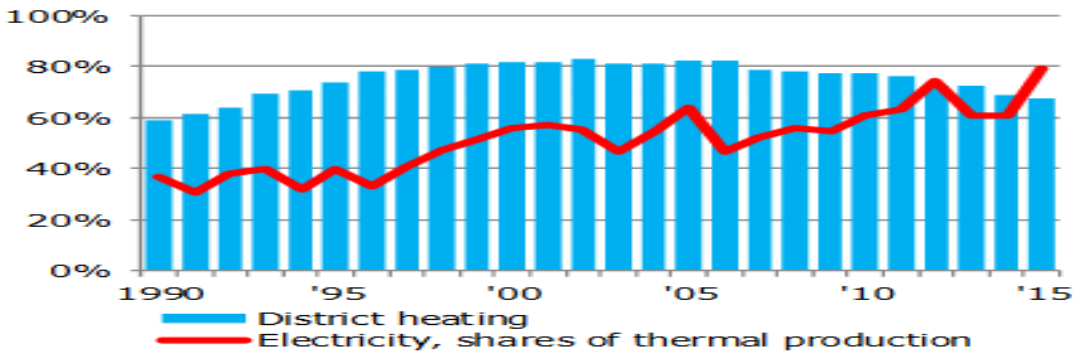
Figura 4. Desarrollo de la capacidad eléctrica



Fuente: [4]Danish Energy Agency 2017.

La figura 4 muestra una reducción bastante pronunciada en la capacidad de electricidad térmica. Esto, entre otros, significa que desde 2013 la capacidad de electricidad térmica no fue capaz de cubrir el consumo de electricidad en un período pico sin energía eólica. Esto trae la cuestión de la capacidad a la agenda y, a largo plazo, también la cuestión de la seguridad energética.

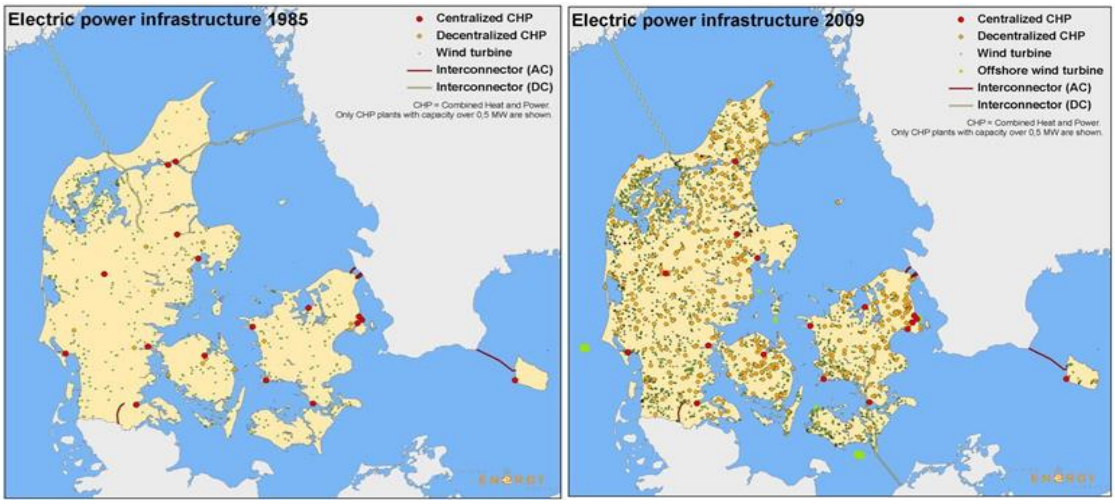
***Figura 5**. Participación del CHP en la producción de energía térmica y calefacción urbana*



Fuente: [4]Danish Energy Agency 2017.

La Figura 5 muestra los vínculos cercanos en el sistema eléctrico danés, entre la producción de electricidad y calor. Alrededor del 80% de la producción de electricidad térmica se produce en combinación con el calor para el sistema de calefacción urbana. Al mismo tiempo, la participación de la calefacción urbana (que es alrededor del 60% del mercado total de calefacción), producida en combinación con la electricidad, está disminuyendo. Esto, entre otros, se debe a una mayor participación de la calefacción basada en la biomasa, que nuevamente es causada por una política de impuestos, donde no hay impuestos sobre la biomasa para el calor.

***Figura 6**. La descentalización de la estrucuta de producción de energía en Dinamarca desde 1985-2009*

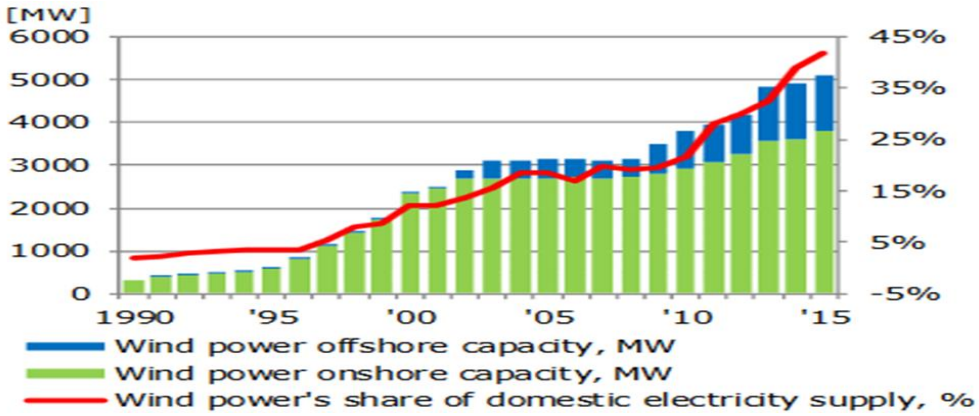


Fuente:[5]

La figura 6 muestra el cambio fundamental de la estructura de producción de energía danesa de 1985-2009. Durante este período, se establecieron alrededor de 400 plantas de cogeneración descentralizadas basadas en gas natural y biomasa. Este cambio constituye una infraestructura de integración potencial para las mayores proporciones de energía renovable fluctuante (energía eólica). Los pequeños sistemas de calefacción de distrito de cogeneración son muy flexibles y pueden recibir grandes cantidades de energía eólica excedente cuando sea necesario, y suministrar capacidad de potencia, cuando hay poco o nada de viento. Este desarrollo está bajo amenaza en 2019, donde se cancelará el pago de la capacidad a las pequeñas unidades de cogeneración, y la cogeneración en gran medida sustituida por la calefacción urbana basada en la biomasa. Por lo tanto, la biomasa sin impuesto sustituirá a la cogeneración, que podría

reemplazarse por un sistema de energía inteligente [6] que integre la energía eólica y el calor mediante bombas de calor, almacenamiento de agua caliente y calefacción urbana.

Figura 7. El desarrollo de la producción de energía eólica



Fuente: Danish Energy Agency 2016

La Figura 7 muestra el desarrollo de la producción de energía eólica. En 2015, la producción de energía eólica excede el consumo de electricidad en 400 horas. Y hay una "producción de electricidad forzada" incluso en más horas al año, cuando se agrega la producción mínima de reserva técnica en las plantas de energía de combustibles fósiles. En estas horas, la producción de electricidad danesa debe exportarse a cualquier precio. Como consecuencia de este aumento de la participación de la energía eólica, en combinación con una construcción específica del mercado de Nordpool con precios de corto plazo, el pago de la energía eólica bajó de alrededor de 5,5 centavos / kWh en 2006 a alrededor de 2,3 céntimos de € / kWh en 2015 / 2016 para aerogeneradores después su período de subsidio de alrededor de 7 años para la tierra y 12 años para la producción de electricidad en alta mar. Al mismo tiempo, la infraestructura necesaria para la integración del sistema de energía inteligente no se está implementando un tiempo.

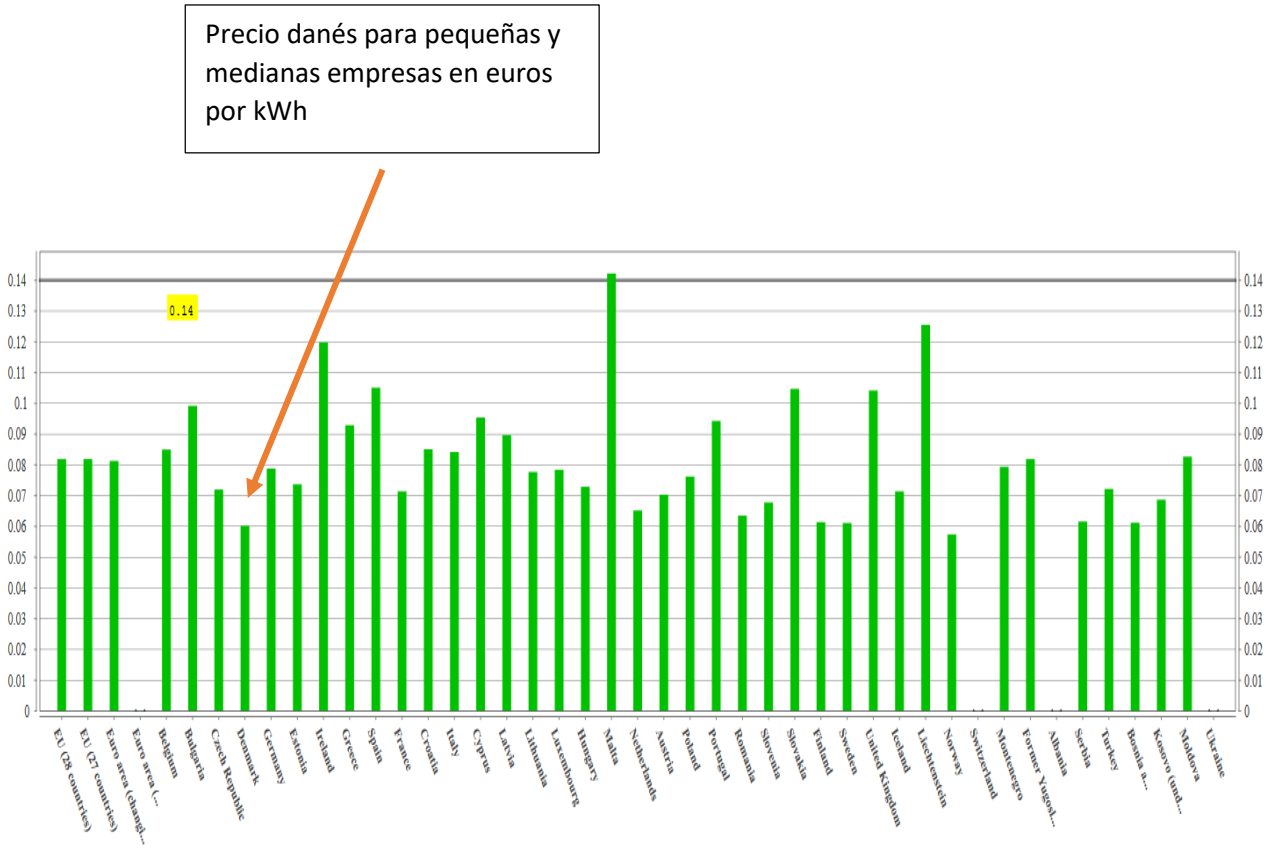


Figura 8. Precios de la electricidad de la UE en euros para pequeas empresas

Fuente:Eurostat.http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/mapToolClosed.do?tab=map&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00117&toolbox=types

http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&language=en&pcode=ten00117&toolbox=type

A pesar de los pagos por kWh a las nuevas tecnologías de transición, energía eólica, biomasa y energía solar, los precios de electricidad por kWh para pequeñas y medianas empresas es el segundo al cuarto más bajo en EU 28 y 25% más bajo que el precio promedio por kWh para la UE 28. Es difícil encontrar otras razones para esto que el hecho de que la propiedad municipal y del consumidor en una organización con fines de lucro (sin fines de lucro) mantenga la electricidad básica baja, ya que no se paga dinero a los propietarios externos. Entonces, en lugar de dar un

beneficio de los monopolios naturales a los propietarios externos, este "beneficio" se utiliza para pagar el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías ecológicas.

En conclusión, las figuras 2-8 ilustran:

- Una reducción drástica en la producción de energía de unidades de gran potencia que no son de CHP y que ahora se vuelven económicamente obsoletas.

- Una reducción (35.4%) en la producción de energía de grandes unidades CHP ubicadas en las grandes ciudades.

- Que el sistema eléctrico danés es muy eficiente en términos de precio a pesar de su pago a inversiones relativamente masivas en tecnologías de energía renovable (especialmente energía eólica, biomasa y pequeña CHP)

- Un fuerte aumento desde 1990-2005, y una reducción de 2009 a 2014, en la producción de energía a partir de unidades de cogeneración de pequeña escala. Esta reducción es el resultado de una combinación de precios del carbón muy bajos, precios bajos (5 € por tonelada de CO2) en el sistema de comercio de derechos de emisión de la UE (ETS) https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_ y grandes cantidades de la energía eólica que impulsa los precios de la electricidad en el mercado eléctrico escandinavo de Nordpool.

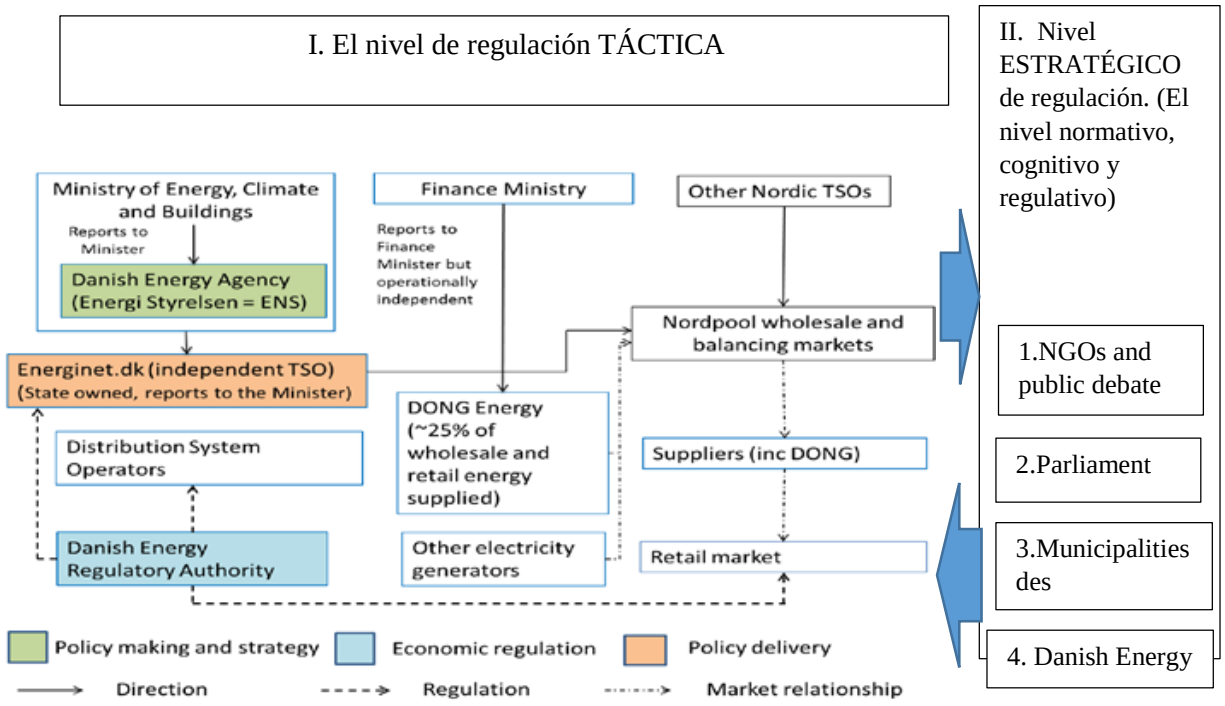
En consecuencia, se ha vuelto antieconómico que las CHP alimentadas con gas natural produzcan electricidad, lo que a su vez amenaza la economía de esta infraestructura de flexibilidad necesaria. Y el precio de mercado de la energía eólica también se ha encontrado con una reducción masiva que puede erosionar la economía de la energía eólica.

Al mismo tiempo que aumenta la participación de la energía eólica, se mejora la necesidad de una infraestructura flexible, pero al mismo tiempo la energía eólica provocó la disminución de los precios de la electricidad que amenaza la economía de la energía eólica y la supervivencia de esta infraestructura de flexibilidad. Al mismo tiempo, el uso de biomasa sin impuestos se está expandiendo en las plantas de energía inflexibles en las grandes ciudades, Copenhague y Aarhus.

En esta situación, un resultado muy problemático de la construcción actual del mercado es que los beneficios de flexibilidad de los pequeños CHP no están suficientemente internalizados en los precios de mercado y que la energía eólica a través de las fuerzas del mercado y la estructura impositiva tiende a matar su propia economía y la necesaria infraestructura de flexibilidad. Entonces, existe una necesidad apremiante de cambiar la regulación de la transición a sistemas de energía 100% renovables.

4. La regulación tácita del sector eléctrica

Figura 9:Referencia sobre el nivel regulatorio táctico [7]



Aquí dividimos el nivel regulativo en el nivel regulativo TÁCTICO y el nivel regulativo ESTRATÉGICO. El foco estará en el nivel táctico de regulación. Pero agregaremos algunas reflexiones sobre los vínculos con el nivel de regulación ESTRATÉGICA y discursiva a largo plazo.

4.1. La regulación TÁCTICA del sector de suministro de electricidad danés

La parte izquierda de la Figura 9 ilustra algunos de los actores importantes en la parte ejecutiva / TÁCTICA danesa del modelo regulatorio actual visto desde una perspectiva estatal. En este

modelo, no estamos enfatizando la influencia política ESTRATÉGICA de diferentes organizaciones de lobby sobre el desarrollo de la regulación estratégica a largo plazo. Esta podría ser una ONG de energía independiente, que en las décadas de 1980 y 1990 fueron los motores del desarrollo del desarrollo de la energía eólica danesa, en períodos en los que todos los actores que se muestran en la figura 9 se oponían a la energía eólica. O la constelación "correcta" de partidos políticos que hace una transición a la energía verde relativamente posible. Por ejemplo, un nuevo gobierno de viento derecho en 2002 detuvo la implementación adicional de energía renovable durante un período de 5 años, hasta que el primer ministro dio un giro de 180 grados para escenarios de energía 100% renovable. Entonces, la regulación en la figura 9 es el resultado de muchos procesos en los que se desarrolla la estrategia energética y sus políticas regulativas.

Primero veremos las autoridades reguladoras nacionales, la regulación de las Organizaciones del Sistema de Distribución (DSO), la Organización del Sistema de Transmisión (TSO) y la producción de energía y su interacción con los consumidores a través del mercado de Nordpool.

4.2. Las autoridades regulatorias nacionales

Las políticas energéticas a menudo terminan con acuerdos políticos bastante amplios con una gran mayoría de parlamentarios que acuerdan un paquete de políticas específico. Esto tiene como consecuencia que las políticas generalmente no cambian fundamentalmente, con la excepción del gobierno de derecha que llegó al poder en 2001, cuando cambiamos de gobierno. En la actualidad existe, al menos en la superficie, un acuerdo en el Parlamento sobre la necesidad de una política de energía verde. En las políticas prácticas, este acuerdo a menudo no es manifiesto, y existe una clara tendencia a que los gobiernos de derecha estén menos dispuestos a seguir una política energética verde sistemática.

El **Ministerio de Energía**, **Clima y Edificios** está desarrollando, mediante su **Agencia de Energía**, políticas e implementando las reformas de política decididas en el Parlamento. Tiene la "responsabilidad" de reducir las emisiones de CO2 y de garantizar el suministro.

Energinet.dk es el Operador del Sistema de Transmisión (TSO) y es el organismo ejecutor de la política y el cambio del sistema eléctrico y de la seguridad del sistema eléctrico. Y es copropietario del mercado mayorista de electricidad de Nordpool, que opera junto con los otros TSO nórdicos y bálticos.

La **Autoridad Reguladora de Energía Danesa** lleva a cabo la regulación de la economía de los DSO y el TSO.

El **Ministerio de Economía** tiene la influencia final sobre el presupuesto del TSO y también de una gran extensión del Ministerio de Energía, Clima y Edificios. A veces este problema, Regularmente esto es un que se da problema se da, ya que no tienen conocimiento de las tecnologías energéticas. Tienen más poder que conocimientos sobre políticas y el desarrollo de soluciones técnicas concretas.

Los **Operadores del Sistema de Distribución** tienen la responsabilidad del desarrollo y la administración del sistema de distribución, y en consecuencia tienen un conocimiento considerable con respecto a las tecnologías, los costos, las condiciones y los clientes en sus áreas.

4.3. Regulación de los DSOs (Operadores del Sistema de Distribución).

Las compañías de distribución están sometidas a la legislación de la ley danesa de suministro de electricidad, y el cumplimiento de sus obligaciones está controlado por la autoridad reguladora de la energía danesa.

Los DSO (Operadores de sistemas de distribución) son las compañías de distribución de electricidad que poseen y administran las redes de distribución monopólicas naturales. Además de estas, están las compañías de comercialización de electricidad que compran y venden electricidad.

Aquí trataremos principalmente con la legislación vinculada a los DSO.

El número de DSO se ha reducido de 189 en 1999 a alrededor de 62 en 2017. De estos 11 son propiedad del municipio, principalmente en las grandes ciudades, y 50 son propiedad del consumidor. Una gran compañía, Radius Net está organizada como una sociedad anónima con una participación estatal del 50.1%. Hasta ahora, existe una especie de mayoría de propiedad pública en todos los DSO daneses. Una empresa de distribución administra la red de distribución de electricidad de 10 kV a 60 kV. The activities and economic performance of the Danish DSO are controlled by the Danish Energy Authority regulation entity, fig.9.

Los deberes de los DSO están de acuerdo con la ley de suministro de electricidad § 22: (a) mantener la calidad técnica adecuada en la red, (b) medir la cantidad de electricidad transportada en su red, (c) apoyar la producción de electricidad favorable al medio ambiente , (d) mapee y publique los datos de consumo de electricidad en su área de suministro, (e) documente y asegúrese de que se cumplan los objetivos de conservación de energía (f) consejo personal técnico sobre medidas de seguridad eléctrica (g) sea abierto con respecto a donde se compra la electricidad (h) optimizar las inversiones en sistemas de grillas versus inversiones en conservación de electricidad y producción descentralizada de electricidad.

Los DSOs están obligados a realizar las tareas anteriores en colaboración con el TSO (Operador del sistema de transmisión). Y, además, junto con el TSO, elabora pronósticos de consumo anual de electricidad, etc.

En cuanto a la regulación de los precios, las compañías distribuidoras están, en cierta medida, reguladas por un mecanismo de ganancias para el consumidor, lo que significa que cualquier ganancia debida a las mejoras de eficiencia se devuelve al consumidor como precios más bajos. Esto significa que no es posible que una municipalidad posea DSO para generar un beneficio que se utilice para otros fines distintos a la electricidad, como por ejemplo escuelas, hogares de ancianos, carreteras, etc. Como principio principal, cualquier ganancia debe canalizarse de regreso. a los consumidores de electricidad como precios más bajos.

Después de la reforma de la electricidad de 1999, esta reglamentación ha sido modificada en cierta medida por medio de 3 mecanismos regulativos descendentes;

a. Regulación del marco de ingresos, donde el marco de ingresos se define con un punto de partida en los costos e ingresos que tuvieron las empresas de distribución en 2004,

b. Teniendo en cuenta el rendimiento permitido de las inversiones en activos de la compañía, y

c. Desde 2007, la evaluación comparativa se basa en el nivel de costo estimado de la empresa.

Estos mecanismos de control de costos, a, b, c y arancel son efectuados por la entidad de regulación de la Autoridad Danesa de Energía, fig. 9.

Es posible expresar cierto escepticismo hacia esta regulación burocrática de precios y costos de arriba hacia abajo.

Primero, porque hay muchos diferentes locales entre diferentes DSO, haciendo difícil tener una regulación general de arriba hacia abajo.

Segundo, porque hay conocimiento asimétrico entre el regulador central, que puede ser un economista sin conocimiento concreto sobre los costos y el rendimiento de las tecnologías usadas y necesarias en un DSO concreto, y los economistas e ingenieros en este DSO conocen cualquier detalle relacionado con la economía de su DSO.

Tercero porque un modelo de propiedad del consumidor y del municipio tiene una fuerte tendencia a buscar precios bajos por sí mismo. Entonces, la regulación de la economía de arriba hacia abajo no es necesaria en un modelo de propiedad no lucrativa de los consumidores. Tristemente suficiente esta práctica de los modelos de propiedad del consumidor para administrar compañías monopólicas naturales no parece haberse descrito en los libros de texto económicos detrás de las reformas de control de precios. En un modelo de propiedad sin fines de lucro de consumidores y municipios, los consumidores obtienen los beneficios a través de precios más bajos, lo que también significa que existe una fuerte motivación de **innovación y reducción de costos** en estas compañías. La llamada construcción sin fines de lucro es, de hecho, un modelo de beneficio del consumidor que, esencialmente, no necesita ninguna regulación descendente sistemática.

Si hay una disponibilidad fácil con respecto a los costos y tarifas de la electricidad en los diferentes DSO, existe una competencia entre estos DSO's diferentes basados en el monopolio natural. Simplemente no es una competencia de precios de electricidad directa, sino una competencia de liderazgo. Si un DSO es más caro que otros, los propietarios (consumidores) lo discutirán con su director, y si él / ella no tiene buenas explicaciones, los consumidores optarán por un nuevo y mejor director. El incentivo de propiedad del consumidor / municipio es la razón básica detrás de la modestia de los costos y los precios en los DSO y no en los mencionados a, b, c, mencionados incentivos burocráticos de arriba hacia abajo.

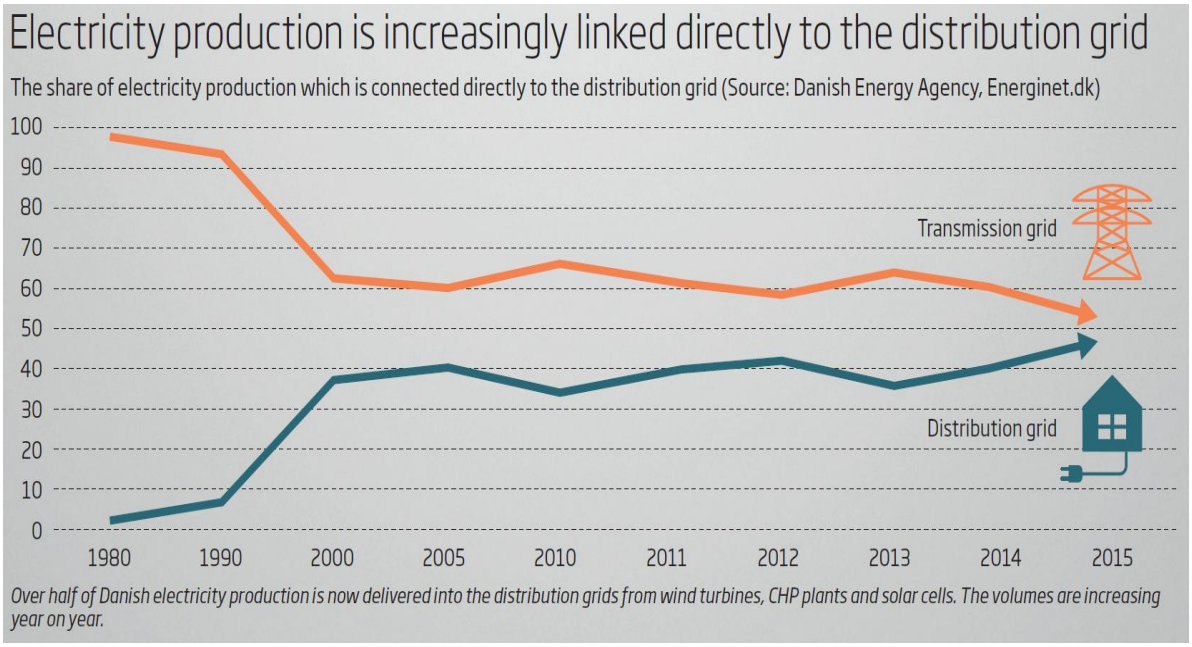
Los DSO tienen una obligación anual de conservación de energía de 1 TWh, o equivalente a alrededor del 3% de su consumo anual. Pueden lograr esto comprando la conservación de energía

en el mercado, por lo que no es una obligación guardar electricidad dentro de su propia área de suministro o incluso dentro de la electricidad. Los costos de la compra de energía se cobran a los consumidores de electricidad en su área.

4.4. El rol cambiante del DSO

El rol del DSO ha cambiado desde 1980, como se muestra en la figura 10. Debido para la producción de energía eólica y los muchos CHP locales, una porción creciente de la electricidad se vende a la red de distribución y se compra directamente desde esta red sin usar la red de transmisión. Este es un nuevo rol del DSO. Un desarrollo que puede aplicarse con el establecimiento de Smart Energy Systems [1]

***Figura 10**. El rol cambianre del DSO*



Fuente: Danish Energy Agency 2016

4.5. Regulación del TSO, Energinet.dk.

El TSO danés (Operador del sistema de transmisión) es propiedad del estado desde 2005, donde el antiguo TSO se fusionó en una sola empresa, Energinet.dk. Gestiona el sistema de transmisión de energía de alta tensión y el sistema de transmisión de gas.

El TSO, Energinet.dk está trabajando bajo el gobierno del Ministerio de Energía, Clima y Edificios y está destinado por ley a permanecer bajo propiedad pública.

El propósito del TSO, Energinet.dk, es (a) asegurar una política de inversión eficiente y la administración de sus activos de manera que proporcione el mismo acceso a todos los usuarios del sistema de la red. (b) manejar el fomento de la energía renovable de tal manera que estas tecnologías se integren en todo el sistema energético de la manera más eficiente económicamente posible.

Energinet.dk está permitida a construir nuevos sistemas de transmisión con el objetivo de la seguridad del suministro, el establecimiento de mercados competitivos que funcionen bien y la integración de la energía renovable. Los planes de inversión deben ser aprobados por el Ministerio de Energía, Clima y Edificios.

La economía de Energinet.dk está separada de la economía del estado y Energinet.dk actúa bajo un régimen sin fines de lucro. Esto significa que cualquier beneficio de un año se transfiere a los consumidores los próximos años o se utiliza para la consolidación de la empresa.

Un problema principal relacionado con la legislación y los procedimientos actuales de Energinet.dk es que principalmente puede reaccionar creando nuevas líneas de transmisión. Si se necesitan nuevas soluciones para la integración de grandes cantidades de fuentes de energía renovables fluctuantes, parecen estar fuera del alcance de Energinet.dk. Estas nuevas soluciones podrían estar relacionadas con el desarrollo de sistemas de energía inteligente, donde el calor y la energía están integrados. Energinet.dk puede invertir en nuevas líneas de transmisión, pero no en bombas de calor y sistemas de almacenamiento de calor que pueden desempeñar un papel importante en el sistema de energía inteligente para la integración de fuentes de energía renovables fluctuantes en el mercado de calor. Otro problema es que no existe una comunicación suficientemente abierta entre Energinet.dk, el proceso de generación de políticas públicas y la administración central en el Ministerio de impuestos y el Ministerio de finanzas. El resultado de esto es que los regímenes fiscales contraproducentes con altos impuestos sobre la energía eólica para el calor y cero impuestos sobre la biomasa para el calor dificultan la integración de la energía eólica con el mercado de calor y fomentan el desarrollo de grandes centrales eléctricas no flexibles basadas en combustibles de biomasa.

4.6 Regulación y colisión del mercado de Nordpool con el desarrollo de energías renovables.

Energinet.dk, copropietario del mercado mayorista de Nordpool y que rige las transacciones que son el resultado de la negociación en el mercado de Nordpool.

El "mercado Day ahead" de Nordpool incluye más del 70% del comercio en el mercado, y funciona de la siguiente manera:

a. A las 10.00 del día anterior al uso de la electricidad, el TSO les informa a los compradores y vendedores sobre su capacidad en su sistema de grillas.
b. Antes de las 12:00, los productores son informes sobre ventas y compras.
c. Antes de las 13.00, Nordpool iguala las compras y ventas de acuerdo con las capacidades y limitaciones del sistema de grillas. Y los precios son calculados. Las compañías responsables de los saldos en la grilla reportan sus planes al TSO.
d. Todos los intercambios se realizan al mismo precio de electricidad en el noroeste de Europa.

La colisión entre la construcción del mercado de Nordpool y la energía renovable

El mecanismo de precios se basa en los costos marginales a corto plazo de los productores. Y la venta con el mayor costo marginal a corto plazo establece el precio.

Esto claramente puede dar precios muy altos en períodos con poca capacidad, y precios muy bajos con capacidad excedente. Y en una transición hacia la energía renovable, como la eólica y la fotovoltaica con costos marginales cercanos a cero, es bastante obvio que el precio caerá a niveles muy bajos. Este también ha sido el caso de los períodos con altas participaciones en la energía eólica, y ofrecen una serie de problemas relacionados con el mecanismo de mercado marginal de fijación de precios de Nordpool.

Estos precios bajos y también oscilantes pueden obstaculizar la inversión en nuevas tecnologías de energía verde y también, en cierta medida, en actividades de conservación de electricidad.

Desde el punto de vista de la regulación, estos problemas de la colusión entre la construcción del mercado de Nordpool y la mayor participación de las tecnologías de energía renovable con costos marginales a corto plazo casi nulos aún no se han resuelto.

Hasta el momento, el establecimiento de una nueva capacidad de energía eólica se ha financiado mediante:

a. Un subsidio de precio además del precio de mercado de Nordpool. Este subsidio de precios se ha incrementado por kWh al mismo tiempo que los precios decrecientes del mercado de energía eólica en Nordpool.
b. Un precio fijo que produce un sistema de licitación / licitación, en el que el adjudicatario normalmente obtendrá un precio fijo por un período de 12 años, después de lo cual la planta de energía eólica debe depender del precio del mercado. Esto puede dar algunos problemas después de 12 años, ya que los costos de mantenimiento pueden superar el precio en el mercado de Nordpool.

5. Regulación estratégica de sistemas eléctricos

Cuando se trata de cuestiones de regulación y de transición a largo plazo, es necesario profundizar en la discusión de la regulación analizando también algunas preguntas básicas que influyen en el desarrollo del sistema eléctrico en lo que aquí hemos denominado el nivel estratégico. Ver la parte derecha de la figura 9.

5.1. ¿Qué es un sistema eléctrico?

Cuando se debaten modelos regulatorios relacionados con la electricidad, vale la pena analizar qué queremos decir con un sistema eléctrico y cómo se cambia este sistema en una transición de los combustibles fósiles a la energía renovable y la conservación de la energía.

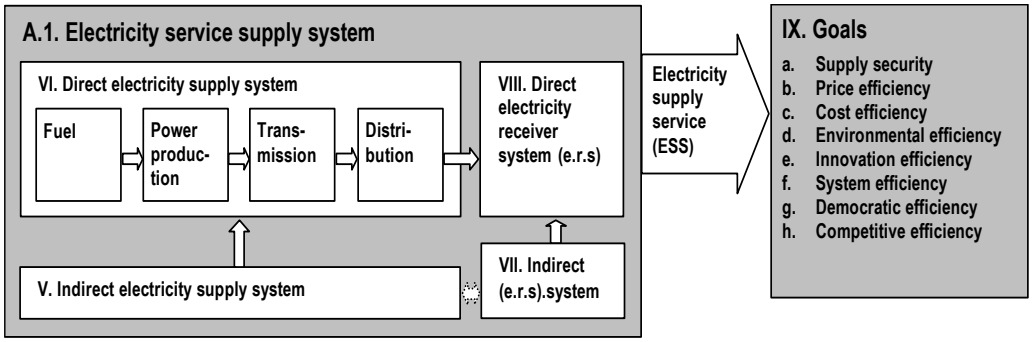
Los sistemas de suministro de electricidad no pueden entenderse como "puntos" idénticos,

reaccionando de la misma manera ante medidas regulatorias específicas. Los sistemas de suministro de electricidad (ESS) son diferentes de un país a otro y de un período a otro y, por lo tanto, también reaccionan de manera diferente a medidas regulatorias específicas. Por lo tanto, es importante describir las diferencias entre ESS, y nos resulta especialmente útil analizar esta diferencia como una función de las diferentes estructuras de costo y valor agregado tanto en el viejo sistema de combustibles fósiles, los sistemas en transición a la energía renovable y la fase con energía 100% renovable.

5.1.1. El sistema de suministro de electricidad basado en combustibles fósiles

En la figura 11 tratamos un sistema de suministro de servicios de electricidad, lo que significa un sistema que al incluir los recuadros VIII y VII suministra los servicios tales como refrigeración, calefacción, movimientos, etc., y no solo electricidad.

Figura 11. *El sistema de suministro de electricidad directo e indirecto*



Fuente:[8]

Desde el punto de vista de la regulación, es importante dividir el sistema de suministro de electricidad en sistemas indirectos y directos de suministro de electricidad. El sistema indirecto de suministro de electricidad consiste en inversión de capital (V y VII)

El sistema de suministro eléctrico directo (VI) incluye las actividades después de haber comprado las centrales eléctricas y las líneas de transmisión y distribución. Además, es muy importante evaluar este sistema contra un conjunto de objetivos (Recuadro IX).

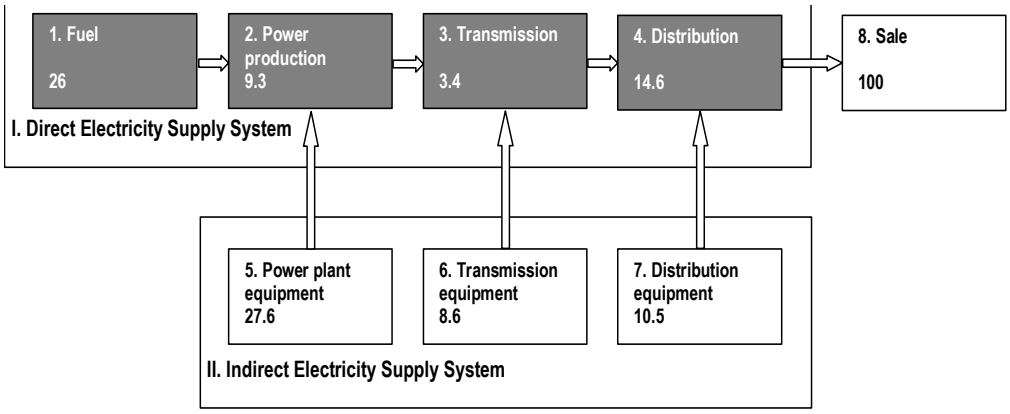
También consideramos importante vigilar los vínculos con el sistema receptor de electricidad (VII y VII), pero este no será el tema central en esta publicación.

En la figura 12, nos estamos moviendo hacia un análisis del sistema de suministro de electricidad, que solo produce electricidad (Figura 11, Recuadro V y VI).

La cadena de valor agregado de un sistema de suministro de electricidad basado en combustibles fósiles.

La pregunta es: ¿cuáles son las características generales de valor agregado de los actuales sistemas de suministro de electricidad basados en combustibles fósiles y uranio, que actualmente controlan entre el 80 y el 90 por ciento del mercado mundial de electricidad? Responder a esta pregunta es crucial, ya que este sistema, en gran medida, será reemplazado por energía renovable y sistemas de conservación de energía en los próximos 20 a 40 años. La figura 12 ilustra el flujo de valor agregado en un sistema típico de combustible fósil a base de carbón, como lo fue en Dinamarca a fines de los noventa y aún en cierta medida está en Dinamarca. Las cifras se basan en grandes centrales eléctricas de carbón con un factor de carga de 5.000 horas.

***Figura 12**. La distribución de valor agregado en un sistema de suministro de electricidad a base de carbón*



Fuente:[8]

En este sistema de suministro de electricidad de combustibles fósiles, la electricidad se entrega al consumidor por 100 unidades de valor (100 DKK, por ejemplo). En cuanto a la caja I, el sistema de suministro eléctrico directo, se puede observar que, de 100 DKK, se pagan 53,3 DKK al sistema de

suministro eléctrico directo en su conjunto, con 26 DKK desembolsados por carbón, 9,3 DKK pagados a los empleados en las centrales eléctricas, 3.4 recompensadas a los empleados del sistema de transmisión y 14.6 a los empleados del sistema de distribución. Por lo tanto, de 100 DKK, se paga un total de 27.3 DKK a los empleados daneses del sistema eléctrico directo

En cuanto a la casilla II, el sistema de suministro eléctrico indirecto, se desembolsan un total de 46,7 DKK en el sistema de suministro eléctrico indirecto. De esta cantidad, se pagan 27,6 DKK a los productores de equipos de la planta de energía, 8,6 DKK a los productores de equipos de transmisión y 10,5 DKK a los productores de sistemas de redes de distribución. La Figura 2 trata de un sistema que, en gran medida, será reemplazado por sistemas de conservación de energía y energía renovable en los próximos 20-40 años.

En el caso danés, la energía eólica ya en 2017 produjo electricidad equivalente al 42% del consumo de electricidad danés.

Conclusiones sobre regulación y liberalización y el sistema de suministro de electricidad basado en combustibles fósiles.

a. ***El sistema de suministro eléctrico indirecto ya está liberalizado, pero naturalmente puede regularse de otras maneras.***

   El sistema eléctrico indirecto representa el costo fijo, comprado a los productores de equipos que ya están privatizados y que ya están sometidos a la competencia interna. Por lo tanto, la liberalización del sistema eléctrico danés no abarca esta participación del 50% del valor agregado.

b. ***La resistencia contra la regulación en una función del tamaño y tipo del sistema regular.***

La forma concreta de regular un sistema de suministro de electricidad depende de su estructura organizativa, y por lo tanto, entre otros, de la parte del valor agregado organizado bajo el mismo "paraguas de propiedad". En el sistema eléctrico danés, los mismos dueños; consumidores y municipios, poseían la producción, transmisión y distribución de energía (figura 12, recuadro, 2,3 y 4) del "Sistema de Suministro Directo de Electricidad", o el 27,3% del valor agregado hasta 2004,

donde se vendieron las centrales eléctricas a las dos compañías eléctricas estatales Vattenfall (Suecia) y DONG (Dinamarca).

En cuanto al tamaño: El sistema danés tiene una pequeña participación de valor agregado en comparación con un sistema de suministro de electricidad mucho más integrado verticalmente en Alemania, donde las compañías eléctricas también poseen compañías de extracción de combustible y tienen estrechos vínculos de propiedad entre la electricidad directa y la indirecta. sistema de suministros. Esto da como resultado la electricidad alemana con una participación de valor agregado de entre 50% y 75%. Con este alto grado de integración vertical, los reguladores deben cumplir con una fuerte resistencia contra el cierre de sus campos de lignito. En Dinamarca, los reguladores han estado lidiando con un sistema de suministro de electricidad relativamente pequeño que crea menos resistencia para regular.

En cuanto al tipo: El sistema de suministro de electricidad danés fue, hasta 2004, sometido a un régimen sin fines de lucro y la propiedad del municipio y el consumidor, y con una tarifa de electricidad relacionada con el costo. Entonces, incluso si las compañías perdieran mercados o participaciones en el mercado, aún obtendrían una cobertura completa de los costos. Y como era un consumidor, y no una compañía accionaria, nadie perdió el valor de las acciones cuando se implementaron las políticas para la introducción de alrededor de 400 nuevas plantas pequeñas de cogeneración a comienzos de los años noventa. Las grandes centrales eléctricas perdieron el 30% de su cuota de mercado en unos pocos años, pero la economía de las grandes compañías eléctricas no se vio amenazada. Se oponían a la introducción de estas nuevas unidades de CHP, pero no luchaban por su vida económica. Lo contrario era el caso en el sistema alemán, donde la pérdida de cuotas de mercado daría lugar a una pérdida de valor para los accionistas y amenazaría la vida económica de las empresas.

Así que la combinación de ser un sistema de suministro de energía con una parte relativamente pequeña del valor agregado y ser una organización sin fines de lucro propiedad del consumidor / municipio hizo posible que el sistema político estableciera una regulación que introdujera las nuevas tecnologías ecológicas.

c. *Los beneficios de la liberalización de un sistema sin fines de lucro propiedad del consumidor / municipio son insignificantes, si los hay.*

La liberalización generalmente está vinculada a la producción, transmisión y distribución de energía, o, en el caso de la planta de carbón en Dinamarca, alrededor del 27% del valor agregado aumenta los precios de la electricidad. La participación en el valor agregado del monopolio natural dentro de la transmisión y la distribución era propiedad de municipios y consumidores y la administraban en una construcción sin fines de lucro, que no fue "privatizada". En consecuencia, las reformas de liberalización se limitaron a la producción de energía, que incluye el 9,3% de los precios de la electricidad en la organización danesa sin fines de lucro del sistema de suministro de electricidad. Por lo tanto, las ganancias potenciales de lo que se denominó liberalización del sistema danés fueron muy pequeñas, y las "liberalizaciones" no dieron lugar a ninguna reducción de los precios de la electricidad danesa. Los costos marginales a corto plazo de un Sistema de suministros de electricidad dependen del grado integración vertical.

El sistema danés de suministro de electricidad basado en combustibles fósiles tenía una proporción relativamente pequeña del valor agregado (27,3%), ya que no incluye la extracción de combustible y la construcción de equipos. Esto fue diferente, por ejemplo, del sistema alemán, donde una proporción muy grande de los costos del combustible también puede considerarse como costos fijos. Esto cambia la orientación de la estructura de costos, ya que hasta el 70% de los costos en la extracción de combustible y la producción de energía se convierten en costos fijos. Esto también cambia el comportamiento de las compañías eléctricas, de modo que tienen costos de producción muy bajos a corto plazo y, por lo tanto, también tienden a ser capaces, a corto plazo, de vender electricidad a precios muy bajos a los grandes consumidores.

La transición a un sistema de suministro de electricidad de energía renovable. La política energética oficial danesa, entre otras, incluye los siguientes objetivos:

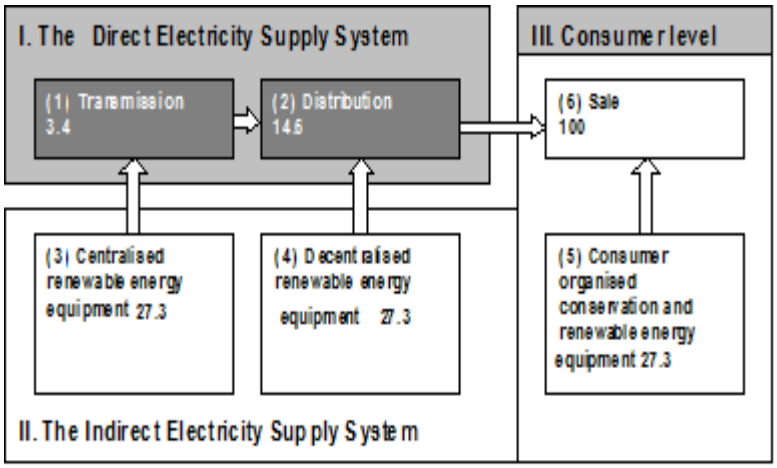
- 100% sistema de energía basado en energías renovables en 2050

- La energía eólica como porcentaje del consumo de electricidad debería aumentar del 40% al 50% actual en el 2020.
- CO2 reducción en un 40% de 1990 a 2020.
- No hay combustibles fósiles para calefacción y electricidad después de 2035.

Regulación y el cambio en el valor agregado debido a la introducción de sistemas de energía renovable.

El actual sistema eléctrico danés incluye la producción de energía eólica, así como un cierto desarrollo de la producción de electricidad basada en biomasa y residuos. Los próximos desarrollos probablemente también incluirán el uso extensivo de la producción de electricidad basada en energía fotovoltaica y de olas. Además, existe un acuerdo político para aumentar la capacidad de energía eólica a alrededor del 50% de energía eólica en 2020. La mayor utilización de energía eólica requerirá la introducción de instalaciones de regulación que sincronizarán la producción de energía eólica con las necesidades de consumo de los consumidores. Pero, ¿cuáles son las características típicas de valor agregado de estas "nuevas" tecnologías de combustibles fósiles y no uranio? La figura 2 intenta responder a esta pregunta.

Figura 13. *La cadena de valor agregado de la futura energía renovable y los sistema de conservación*

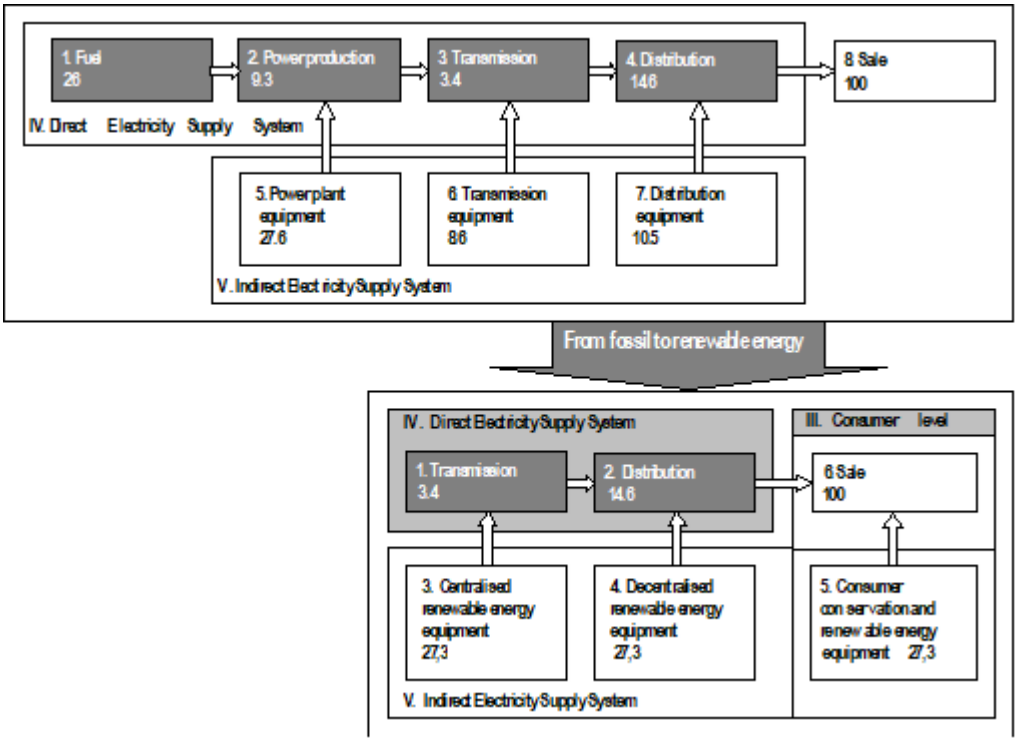


El supuesto es que el sistema de energía renovable puede producir energía al mismo precio mientras usa la misma red de transmisión y distribución que el sistema de combustible fósil. Esto

se podrá lograr si se cuenta con la infraestructura necesaria para regular el sistema de energía renovable fluctuante. Otra suposición en este ejemplo es que las tecnologías de energía renovable se distribuyen de tal manera que un tercio del sistema de suministro eléctrico indirecto se vinculará al nivel de transmisión central, un tercio al nivel de distribución descentralizada y un tercio al nivel del hogar.

Las características del cambio de valor agregado de los sistemas de energía FFU a REC se pueden describir combinando la Figura 11 con la Figura 13.
Figura 14 ilustra las consecuencias de establecer tal transición

Figura 14. *El cambio en el perfil de valor agregado conectado desde FFU a sistemas de energía REC*



.

En el sistema tradicional basado en combustibles fósiles, una venta de 100 DKK a nivel del consumidor dividirá el costo del valor agregado entre los diferentes niveles de integración vertical, como se muestra en la figura superior.

La figura inferior muestra la distribución de valor agregado en un sistema de conservación de energía y energía renovable.
La Figura 3 ilustra que la cadena de valor agregado de las tecnologías REC difiere claramente de la cadena de valor agregado en un sistema basado en FFU dentro de las siguientes áreas:

a. En la cadena de valor agregado basada en energías renovables, el valor agregado de los recursos de combustibles fósiles ha desaparecido y ha sido reemplazado por la inversión en equipo de capital de energía renovable que es producido por organizaciones fuera del sistema de suministro eléctrico directo. Y, por lo tanto, fuera del paraguas de propiedad de las grandes compañías de energía antiguas.
b. En este sistema de "autómatas" de electricidad, las funciones de mantenimiento, al menos a nivel descentralizado y consumidor, serán realizadas por los fabricantes de aerogeneradores, células solares, plantas de energía undimotriz, sistemas de producción de hidrógeno, el sistema de carga de la batería de electricidad, etc. La necesidad de una organización de producción de energía específica se reducirá considerablemente o desaparecerá por completo ya que el trabajo diario en la planta de energía ha sido reemplazado por autómatas que requieren mantenimiento de los fabricantes fuera del sistema de suministro de electricidad.

Por lo tanto, la combinación de los puntos (a) y (b) puede reducir el sistema de suministro eléctrico directo hasta que solo consista en la organización de la transmisión y la organización de la red de distribución. Como el sistema de transmisión en Dinamarca es propiedad de la organización estatal Energinet.dk, casi no se les asignará ningún valor agregado a las organizaciones de producción de energía, DONG y Vattenfall.

En consecuencia, una característica principal del cambio tecnológico, como se ilustra en la figura 14, será el aumento de la participación del valor agregado del sistema indirecto de suministro de electricidad y la reducción de la participación del sistema de suministro directo de electricidad. En la figura 14, el sistema eléctrico indirecto vinculado a la producción, transmisión y distribución de energía aumenta del 46.7 por ciento del valor agregado total en el sistema de combustibles fósiles

al 81 por ciento del valor agregado en un sistema basado en autómatas de energía renovable. Esto se debe principalmente al hecho de que la importación de combustible se reemplaza por la inversión en equipos de energía renovable y mantenimiento.

Desde el punto de vista de la regulación, esto significa que las antiguas compañías de suministro de electricidad se encuentran en una lucha difícil por la supervivencia. En primer lugar, lucharían por la propiedad del 100% del sistema de energía renovable. Pero incluso si tienen éxito en esta batalla, perderán valor agregado debido a la disminución de la participación de valor agregado del sistema de suministro eléctrico directo causado por autómatas de energía renovable producidos fuera de su paraguas de propiedad.

5.2. Regulación y la transición de combustibles fósiles almacenados a sistemas fluctuantes de energía renovable.

La regulación en curso del sistema eléctrico debe verse en relación con la transición en curso de los sistemas basados en combustibles fósiles a los basados en energías renovables.

5.2.1 Producción de electricidad y la transición de combustibles fósiles almacenados a fuentes fluctuantes de energía renovable.

Los objetivos oficiales de la política energética danesa de energía 100% renovable en 2050 y ningún combustible fósil para calefacción y electricidad después de 2035 representan un cambio tecnológico radical de las tecnologías de combustibles fósiles ALMACENADOS que se pueden usar cuando queremos, para FLUTIR las fuentes de energía renovables que tienen que ser cosechado cuando tenemos viento, sol u olas. En las primeras fases de este desarrollo desde 1973 hasta alrededor del año 2000, las tecnologías de energía renovable representaron solo una pequeña porción del suministro total de energía que se basó principalmente en combustibles fósiles almacenados como carbón, petróleo y gas natural. Desde 2000 y especialmente después de 2010, el sistema de energía consiste en una gran cantidad de energía renovable, especialmente energía eólica, y nos acercamos a una situación en la que la energía renovable se convierte en la fuente de energía dominante con combustibles fósiles como solo un combustible suplementario. En consecuencia, una parte cada vez mayor del suministro de energía fluctuará con períodos con

mucho viento y sol y mucha energía y períodos con menos o sin energía eólica y solar y, por lo tanto, sin suficiente electricidad. Estas fluctuaciones requieren nuevos tipos de infraestructuras de integración que es cada vez más importante incluir en un análisis y descripción del desarrollo futuro de los sistemas de energía.

En la fase actual, dos tipos principales de paradigmas de infraestructura de integración compiten en el mercado [9].

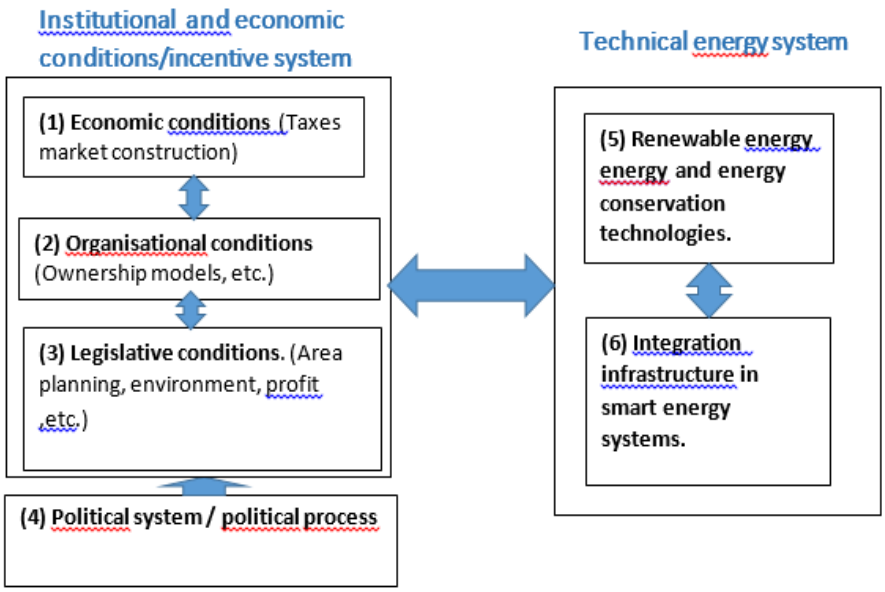
- Un **paradigma de infraestructura de transmisión** donde las líneas de transmisión se construyen tanto para exportar energía y energía de Dinamarca como para importar electricidad cuando hay muy poco viento y sol en Dinamarca. Este paradigma es el paradigma dominante de la transmisión en Dinamarca y en Europa, y es favorecido por las Organizaciones del Sistema de Transmisión (TSO). Esto, entre otros, es afectado por la legislación de TSO que sostiene que el TSO danés, Energinet.dk, puede invertir solo en líneas de transmisión y no en las infraestructuras de energía inteligentes locales y regionales.
- El **paradigma de infraestructura del sistema de energía inteligente**, donde el calor, la electricidad, el transporte y la biomasa para la producción de electrógenos [10] están integrados en todos los sectores para manejar grandes cantidades de energía renovable fluctuante en el sistema energético (Lund y Mathiesen, 2016; Mathiesen BV et al., 2015; IDAs energy vision 2050; Lund, H, ed., 2011; Hvelplund, F, 2014; Connello, D et al 2015; Ridjan, I et al, 2016).
El desarrollo de una infraestructura de integración energética inteligente se analiza en Dinamarca, también dentro del TSO danés, Energinet.dk, pero debido a un conjunto de condiciones institucionales no suficientemente implementadas.

Uno de los objetivos de la política energética danesa es implementar las mejores soluciones socioeconómicas. Por lo tanto, es importante diseñar sistemas de incentivos que fomenten un equilibrio socioeconómico optimizado entre la inversión en sistemas de transmisión y en sistemas de energía inteligente. En Dinamarca, no existen incentivos para crear este equilibrio, y las inversiones en los sistemas de transmisión se favorecen sistemáticamente. Esto se ve reforzado

por los subsidios de la UE a las líneas de transmisión, pero hasta ahora no por las infraestructuras inteligentes de integración del sistema de energía.

En este capítulo nos enfocaremos en la infraestructura de integración de energía inteligente y la vincularemos al cambio de energía almacenada a energía fluctuante. Este enfoque se persigue estructurando la presentación como está ilustrado en la figura 15.

Figura 15. *Sistema técnico de nergía y condiciones institucionales y económicas*



Las áreas de regulación son las condiciones institucionales y económicas que dividimos en;

Económico (1),

Organizacional (2),

Áreas temáticas legislativas (3) que están fuertemente influenciadas por

Proceso político (4) a nivel municipal, nacional, de la UE e internacional.

En los sistemas de energía técnica, la transición de sistemas de combustibles fósiles almacenados a sistemas fluctuantes de energía renovable hace que sea importante tanto observar el desarrollo de tecnologías únicas (5) como la infraestructura de integración necesaria para manejar las fuentes de energía fluctuantes (6). Y ambas áreas están sujetas a regulación.

Al tratar con una gama bastante amplia de incentivos y también desincentivos (recuadro 1, 2, 3, en la figura 15), enfatizamos que es necesario aplicar un enfoque holístico al describir las condiciones que respaldan u obstaculizan un desarrollo tecnológico concreto; y que están sujetos a la regulación necesaria para 4 en transición a sistemas de energía 100% renovables. Estas condiciones son consecuencia de políticas concretas a nivel municipal, nacional y de la UE (recuadro 4, fig. 15).

Debido a la transición actual de un sistema con combustibles fósiles y contribuciones menores de energía renovable a un sistema con energía renovable con contribuciones menores de combustibles almacenados, se vuelve cada vez más importante establecer políticas para la implementación de infraestructuras para la integración de grandes cantidades de recursos renovables fluctuantes. energía. Describiremos y analizaremos el desarrollo de la energía renovable y la conservación de energía en las siguientes tres fases:

Fase 1: Energía renovable y conservación de la energía como un suplemento en un sistema de energía basado principalmente en combustibles fósiles (1975-2002) con enfoque en el período de 1990 [11] [11] [10] [8] [7] [6] [5].

Fase 2: energía renovable como proveedor principal en un sistema cuando los sistemas de combustibles fósiles se convierten en sistemas de respaldo (2002-2016).

Fase 3: preparación para el 100% de energía renovable en 2050.

No vamos a entrar en detalles con este reglamento en este documento, pero podemos discutirlo en la reunión de mayo.

Metodológicamente, una discusión de las medidas reguladoras debería dirigirse hacia una categorización en las dimensiones normativa, cognitiva y regulativa [12]:

La *normativa* trata de los objetivos e intenciones que tenemos. (¿Qué es lo que queremos que suceda?)

La cognitiva trata de cómo entendemos e interpretamos nuestras posibilidades. (¿Cómo pensamos, cuando buscamos soluciones?)

Regulativo trata medidas de regulación pública. (¿Cómo actuamos?)

Es útil hacer esta categorización, ya que a menudo sucede en el proceso de transición de energía renovable, que existen objetivos normativos que no están acompañados por los procesos de cognición necesarios y los actos regulativos. Al hacer la categorización anterior, podemos ver cuándo y dónde en el proceso esta falta de armonía entre el proceso normativo, cognitivo y regulativo aparece en una etapa temprana de la transición.

Tabla 1*. La estructura analítica de un estudio de cambios estratégicos en la escena de la electricidad*

	From fig. 1	From fig.1	Phase 1 RE supplement (1975-2002)	Phase 2 RE as major player (2002-2016)	Phase 3 Towards 100% RE (prognosis-2020-2050)
Normativo (¿Qué queremos?) **Cognitivo** (¿Cómo pensamos?) **Regulación** (¿Cómo regulamos?)	Sistema técnico	1) Tecnología Single RE			
		2)Integración de la infraestructura			
	Condiciones institucionales	3) Tecnología Single RE			
		4)Integración de la infraestrucutra			

En general, nuestro análisis [5] muestra que la fase en la que se introducen tecnologías únicas es "relativamente simple", pero que es mucho más complicado cambiar el sistema eléctrico de forma que pueda integrar una gran cantidad de energía fluctuante. No es tan difícil mostrar soluciones técnicas para los sistemas de energía inteligente, y también es posible indicar medidas institucionales normativas eficientes. Pero es mucho más difícil establecer una coordinación

políticamente compatible de las diferentes técnicas necesarias en un sistema de energía inteligente. Si está interesado, podemos discutir esto en nuestra reunión de mayo.

6. Conclusión sobre la regulación del sistema eléctrico danés.

La regulación del sistema eléctrico danés ha tenido mucho éxito hasta el momento, al juzgarlo en contra de los objetivos del sistema eléctrico. Pero se está acercando a un punto de inflexión en el que varios de los objetivos están amenazados. El problema proviene de:

(a) Una falta de regulación eficiente para el establecimiento de un sistema integrador de energía inteligente para manejar las grandes y crecientes proporciones del sistema de energía renovable fluctuante.

(b) Una colisión entre la envergadura participativa de las tecnologías de energía renovable con costos marginales cercanas a cero y la construcción de precios de costo marginal a corto plazo del mercado de Nordpool.

(c) Una falta de regulación para la propiedad local y regional de los sistemas de energía renovable. Y, en consecuencia, una falta de innovación debido a la participación pública en proyectos de energía.

(d) Una regulación de conservación de energía ineficiente y burocrática.

(e) Falta de regulación para una discusión sistemática de soluciones estratégicamente buenas a largo plazo.

(f) Impuestos energéticos que respaldan el uso de biomasa escasa y dificultan el uso de abundante energía eólica para el calor. Si estos obstáculos (a-f) son tratados por medio de una regulación mejorada, es razonable creer que los objetivos del 100% de energía renovable en 2050 se pueden realizar.

La conclusión se puede resumir en la tabla a continuación:

Tabla 2.Conclusiones del Sistema Danés

Objetivos	Cumplimiento	Regulación
a.Seguridad de suministro	Hasta ahora, alto nivel de seguridad de suministro. Seguridad futura cuestionable debido a la construcción del mercado	Responsibilidad de DSO,TSO y Nordpool
b.Precio y costo eficiente	Muy eficiente de precios. Entre los precios más bajos de la electricidad en EU28 25% por debajo del promedio	Propiedad del consumidor y del municipio de monopolios naturales. Legislación de ganancias del consumidor. Disminuya el límite de los beneficios de la regulación y el benchmarking.
c.Eficiencia Ambiental	Los resultados hasta ahora han sido exitosos. Pero la capacidad de integrar grandes cantidades de energía eólica aún no está establecida.	Legislación que promueve las tecnologías verdes. Subsidios pagados por consumidores de electricidad. Regulación de la conservación
d.Inovación eficiente	Relativamente exitoso. Gran parte de la energía eólica (43%), algunas partes de la energía basada en la biomasa. Dudo si esto es un éxito.	Presión política sobre DSO y TSO. Además de la propiedad del consumidor y del municipio que fomenta la innovación. Dinámica de ganancias del consumidor.
e.Sistema eficiente	El sistema hasta ahora funciona, pero aquí hay nubes oscuras en el horizonte, ya que los sistemas integradores de energía inteligente no se están implementando suficientemente	Obligación del TSO de hacer que el sistema funcione. Sin obligación de hacer que los sistemas de energía inteligentes funcionen.
f.Eficiencia democrática	Reducción de la participación democrática. Aerogeneradores cada vez más propiedad de propietarios distantes. Problemas con la aceptación y participación en proyectos de energía eólica.	Un poco de apertura de la información. Pero mucho menos que antes de la reforma eléctrica de 1999. Falta de información pública sobre las inversiones netas de transmisión. Potenciales reducidos para el consumidor y la propiedad local de turbinas eólicas

g. Eficiencia de generación de capacidad	Grandes problemas con el cierre de la capacidad que podrían usarse en períodos con poco viento. Desafío de inversión de capacidad futura no resuelto.	El TSO es responsable y "resuelve" el problema construyendo nuevas líneas de transmisión.
h. Eficiencia de la conservación de electricidad	No tuvo éxito, ya que es demasiado burocrático y demasiado difícil de controlar si una inversión de conservación es aditiva / extra.	Obligación de conservación a nivel de DSO.

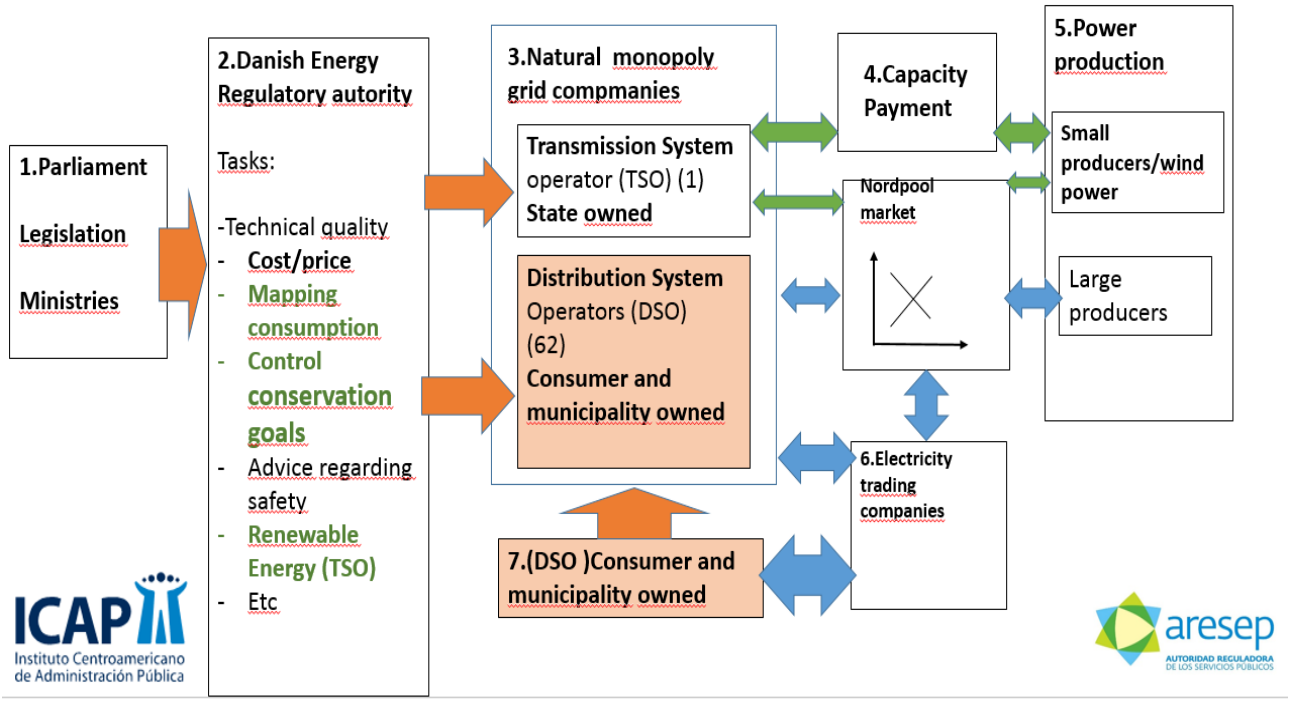
7. Anexo

7.1 Regulación pública y propiedad del consumidor de las compañías de electricidad

7.1.1 Contexto de los Operadores del Sistema de Distribución

La Figura 16 ilustra el contexto de los DSO mostrados como los cuadros amarillos a continuación. Situado entre una legislación pública, un sistema de transmisión (TSO), empresas de comercialización de electricidad, el mercado de energía de Nordpool y los productores de energía.

Figura 16. Contexto de DSO



Aquí trataremos principalmente con la propiedad y la regulación de los DSO, como se ilustra en la figura 17.

7.1.2 La combinación de una regulación nacional de arriba hacia abajo y de propiedad del consumidor indujo una regulación de precios ascendente

El número de Operadores de Sistemas de Distribución (DSO) en el sector eléctrico se ha reducido de 189 en 1999 a alrededor de 62 en 2017. De estos 11 son propiedad del municipio, principalmente en las ciudades grandes, y 50 son propiedad del consumidor. Una gran compañía, Radius Net está organizada como una sociedad anónima con una participación estatal del 50.1%. Por lo tanto, hasta ahora existe la propiedad del consumidor, el municipio o el estado en todos los DSO daneses. Una empresa de distribución gestiona la red de distribución de electricidad de 10 kV a 60 kV.

El DSO está sometido a una doble regulación en relación con el precio-costo y el desempeño ambiental. Esto se ilustra en la figura 17 a continuación. La doble regulación consiste en:

A. La regulación del costo y el precio, etc., por parte de las autoridades nacionales,

B. La regulación de costo y precio de abajo hacia arriba, etc., por medio de la gobernanza de la propiedad del consumidor o la municipalidad / estado. Esta doble regulación se ilustra con las flechas de lectura en la figura 17.

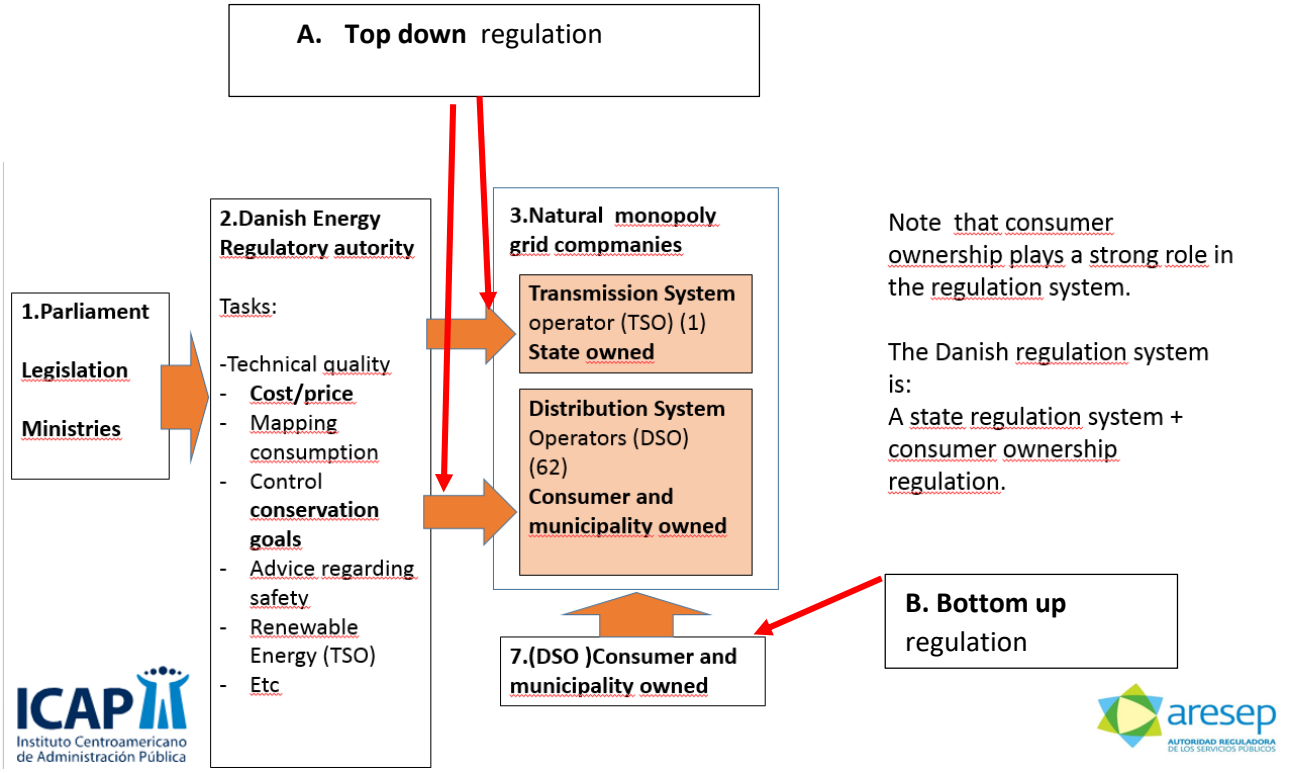


Figura 17.La combinación de regulación descendente de propiedad del consumidor / municipio de arriba hacia abajo y nacional.

A. La Regulación hacia la baja

La regulación se realiza a través de la inspección de energía, que implementa las leyes de energía en el gas natural, el calor y la electricidad. Como organización, es independiente del Ministerio de Energía. Gobierna los siguientes deberes legislativos impuestos a los Operadores del Sistema de Distribuciones (DSO).

De acuerdo con la ley de suministro de electricidad § 22:

(a) para mantener la calidad técnica correcta en la red,

(b) para medir la cantidad de electricidad transportada en su red,

(c) apoyar la producción de electricidad favorable al medio ambiente,

(d) mapear y publicar los datos de consumo de electricidad en su área de suministro,

(e) documentar y asegurarse de que se cumplan los objetivos de conservación de energía

(f) asesoramiento técnico personal sobre medidas de seguridad eléctrica

(g) estar abierto con respecto a donde se compra la electricidad

(h) optimizar las inversiones en sistemas de grillas versus inversiones en conservación de electricidad y producción descentralizada de electricidad

Los DSO están obligados a realizar las tareas anteriores en colaboración con el TSO (Operador del sistema de transmisión). Y, además, junto con el TSO, elabora pronósticos de consumo anual de electricidad, etc.

La regulación de precio y costo de arriba hacia abajo se constituye como una regulación de cuadro de ingresos que consta de 1-4 a continuación.

1. Un límite de precio basado en los costos de 2004 por kWh
2. Este límite está regulado por el índice de inflación cada año
3. Y regulado hacia abajo para aumentar aún más la productividad.
4. Evaluación comparativa económica

Los puntos 1-4 juntos constituyen el techo de precio que el DSO puede cobrar a sus clientes.

B. La regulación ascendente de la propiedad del consumidor y el municipio

En cuanto a la regulación de los precios, las empresas de distribución también se autorregulan mediante un mecanismo de beneficio del consumidor. Esto significa que existe un incentivo para que las ganancias debidas a las mejoras de eficiencia se devuelvan al consumidor como precios más bajos. Esto también significa que por ley no es posible que un municipio posea DSO para generar un beneficio que se utiliza para otros fines distintos a la electricidad, como por ejemplo escuelas, hogares de ancianos, carreteras, etc. El incentivo en la regulación de la propiedad del consumidor por lo tanto simplemente se puede resumir como un modelo de beneficio del consumidor, donde cualquier reducción de costos se transfiere a los consumidores como precios más bajos.

De esta forma, el modelo de propiedad del consumidor es diferente del modelo de propiedad "extranjero" (a menudo denominado privatizado), donde la ganancia se transfiere a los propietarios extranjeros. Por lo tanto, un modelo de propiedad del consumidor / beneficio del

consumidor tiene un incentivo mucho más fuerte para mantener los precios bajos que un modelo de propiedad "extranjera" (a menudo denominado privatizado).

5. En consecuencia, la presión a la baja sobre los precios de un modelo de propiedad del consumidor con fines de lucro es, en la práctica, mucho mayor que la regla de marco de ingresos inducida por el estado 1-4. El resultado de esto es que los costos en las empresas de propiedad del consumidor son en su mayoría inferiores al costo permitido por el estado en la regulación de los cuadros de ingresos 1-4 anterior.

7.1.3 Innovación verde y la propiedad del consumidor de los Operadores de Distribución del Sistema

Como las empresas de propiedad de los consumidores en su mayoría tienen costos que son más bajos que la regulación del marco de ingresos inducidos de arriba hacia abajo, hay un intervalo entre sus costos y lo que se les permite cobrar a los consumidores. El dinero de esta diferencia se usa a menudo para proyectos locales, muchos de los cuales son proyectos verdes como proyectos de energía eólica, proyectos de ciudades verdes, etc. Esta "ganancia del consumidor" para proyectos locales y verdes aumenta la motivación del consumidor para participar en los procesos democráticos de los DSO de propiedad del consumidor.

7.1.4 Algunos ejemplos de DSO de propiedad del consumidor

A. NRGI

NRGI es un DSO de propiedad del consumidor con 210,000 consumidores y 1,100 empleados.
Tiene 100 representantes de consumidores que cada 4 años son elegidos en cada uno de sus distritos. Estos 100 representantes eligen un consejo de 11 personas que permanecen sentadas durante 4 años y luego son reelegidas o no después de estos 4 años. La junta actúa como junta en cualquier compañía y desarrolla una estrategia y designa directores, etc.
La elección es electrónica o por publicación normal, y el número de votantes generalmente será de entre 15% y 20%, dependiendo de la intensidad de la actividad política en un distrito específico. El porcentaje de votantes ha aumentado considerablemente desde que se estableció la posibilidad de votación electrónica. ¿Entre un 15% y un 20% es un porcentaje alto o bajo? Al discutir esto, vale la pena considerar que el consumo de electricidad solo comprende alrededor del 2-4% del presupuesto

después de impuestos de los hogares normales. Y ese podría llamar a los votantes por una especie de votantes guardianes, que están "ladrando" si algo va mal en la empresa, y en esa situación se requiere una mayor proporción de participación en las próximas elecciones.

NRGI tiene una página web muy extensa https://www.nrgi-valg.dk/, donde los consumidores pueden ver los candidatos para las elecciones y sus CV y políticas, y los resultados de las últimas elecciones. Si se hace clic en las fotos debajo de cada candidato, es posible ver en 5-10 líneas, el CV y la política del candidato https://nrgi-valg.dk/kandidater/. Los distritos se encuentran en la parte oriental de Jutlandia y se muestran en la figura 18. Estos distritos son los "viejos" DSO más pequeños, y NRGI es una fusión de estos distritos, donde hay una elección de representantes en cada distrito, y la elección en los distritos hace es posible tratar problemas y posibilidades locales específicos.

Figura 18.Districtos de NRGI

Las políticas de NRGI se pueden ver en el nuevo enlace: https://nrgiinfo.dk/nrgiinfo/for-andelshavere/nyhedsbrev/. Aquí es posible ver información sobre áreas comerciales, proyectos y políticas verdes, informes anuales, etc.

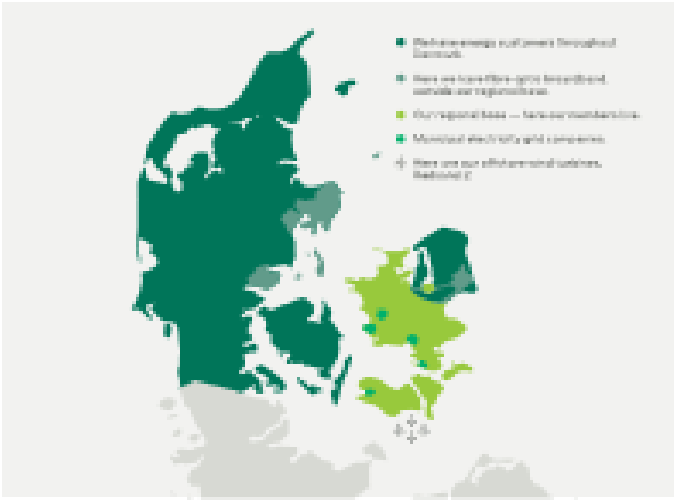
En general, el concepto de una página de inicio y elecciones electrónicas y anuncios políticos concretos de los candidatos ha revitalizado la democracia en NRGI.

Al mismo tiempo, NRGI está, como se mencionó anteriormente, integrado en una regulación de arriba hacia abajo con regulación del marco de ingresos y también regulación con respecto a la apertura de la información

B. SEAS

SEAS / NVE tiene 390,000 consumidores / propietarios y cubre el área verde clara de Dinamarca, como se muestra en la figura 3. Las actividades de SEAS-NVE abarcan, entre otros, el gobierno del sistema de red eléctrica, socio en energía eólica marina, inversiones en banda ancha y establecimiento de infraestructura para autos eléctricos.

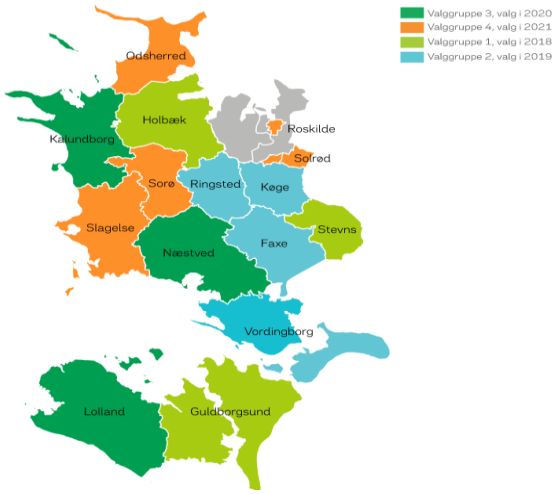
Figura 19.SEAS-NVE



124 representantes son elegidos por 4 años en los distritos que se muestran en la figura 20. Además, los municipios tienen 16 representantes. Estos 140 representantes eligen una junta con

16 miembros que actúa como una junta directiva normal y hace una estrategia y elige directores, etc.Pueden verse en: https://www.seas-nve.dk/koncernen/koncernen/andelsselskabet/repraesentanter, pero no lo hacen en la misma medida en que NRGI habla sobre su política para la compañía.

Figura 20.Districtos de SEAS



7.1.5 La competitividad de los precios del sistema eléctrico danés

A pesar de los considerables pagos de los consumidores a la inversión en tecnologías verdes en el sistema eléctrico danés. La participación de la energía eólica ha aumentado de alrededor del 3% en 1995 al 43% en 2016, los precios de la electricidad daneses están un 25% por debajo del promedio en la Unión Europea.

7.1.6 Conclusiones

1. El sistema regulador danés DSO consiste en una doble regulación: una regulación nacional de arriba hacia abajo en combinación con una regulación de propiedad del consumidor / municipio de abajo hacia arriba.

2. La regulación de abajo hacia arriba de la ganancia del consumidor / propiedad del consumidor generalmente mantiene el precio de la electricidad por debajo de la regulación del marco de ingresos descendente. Esto da un beneficio posible a los DSO para proyectos locales y proyectos verdes interesantes. Lo cual nuevamente hace que sea interesante ser miembro del comité de representantes.

3. Este sistema regulador doble ha sido capaz de mantener los precios bajos al mismo tiempo que ha gastado cantidades considerables de dinero en actividades de innovación verde pagadas por el consumidor.

4. En los DSO hay tendencias hacia una revitalización del modelo de propiedad del consumidor. Esta revitalización es causada por un sistema emergente de votación electrónica, una página de inicio informativa, la comunicación entre los consumidores y las personas que desean ser elegidos como representantes, un boletín informativo, un conjunto de actividades en curso, etc.

5. La centralización en curso en DSO más grandes ha abierto la puerta para nuevas actividades. Y al mismo tiempo, el elemento democrático local parece haber sobrevivido manteniendo los distritos como unidades electorales. Esto ha resultado en una situación donde los representantes de todos los distritos son elegidos. Entonces, las ganancias de la centralización se han cosechado sin perder los beneficios del compromiso local.

6. Por último, pero no menos importante: el fortalecimiento anterior de los DSO de propiedad de los consumidores puede representar un comienzo en una organización que también puede desarrollar e integrar una mayor proporción de tecnologías energéticas fluctuantes (como la energía eólica, solar, etc.), en un sistema integrado de energía inteligente.

Bibliografía

[1] Lund H, Hvelplund F, Østergaard P, Möller B, Mathiesen BV, Connolly D, et al. Renewable Energy Systems. Elsevier; 2014. doi:10.1016/B978-0-12-410423-5.00006-7.

[2] Union E. Directive 2009/72/tc of the European Parliament and the Council. 2009.

[3] Jensen LK, Sperling K. Who should own the nearshore wind turbines? : A case study of the Wind & Welfare project. Aalborg: Department of development and planning, Aalborg University; 2016.

[4] Danish Energy Agency. Energy Statistics. Copenhagen: Danish Energy Agency; 2017.

[5] Hvelplund,F; Sperling K. From stored fossil fuels to fluctuating renewable energy-The Danish case, Clayes & Castells Publishing; 2018, p. 33.

[6] Lund H, Mathiesen BV, Connolly D, Østergaard PA. Renewable Energy Systems - A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modelling of 100 % Renewable Solutions. Chem Eng Trans 2014;39:1–6. doi:10.3303/CET1439001.

[7] Matthew L. The Danish system of electricity policy-making and regulationNo Title 2015:28.

[8] Hvelplund F. Electricity reforms,Democracy and Technological Change. Department of Development and Planning,Aalborg University; 2001.

[9] Blarke MB, Jenkins BM. SuperGrid or SmartGrid: Competing strategies for large-scale integration of intermittent renewables? Energy Policy 2013;58:381–90. doi:10.1016/j.enpol.2013.03.039.

[10] Ridjan I, Mathiesen B, Connolly D, Duic N. Terminology used for renewable liquid and gaseous fuels based on the conversion of electricity: A review 2016;112:3709–20. doi:10.1016/j.jclepro.2015.05.117.

[11] Lund H, Hvelplund F. The economic crisis and sustainable development: The design of job creation strategies by use of concrete institutional economics. Energy 2012;43:192–200.

[12] R.W. S. Institutionas and Organizations. first. London: Sage Publications Ltd.; 1995.