

SIMPOSIO LAS/ANS 2019

DESARROLLO TECNOLÓGICO Y APLICACIÓN DE LOS SMRs

Organizado por la Latin American Section of the American Nuclear Society y la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear

Comisión Nacional de Energía Atómica, Salón e Actos “Dan Beninson”;

Av. Libertador 8250, CABA, Argentina; 1 al 4 de Julio del 2019

**Precedente para un Programa de SMRs:
El panorama internacional de la
energía nuclear en un sistema de
energía eléctrica limpia**

Abel Julio González

La razón de esta presentación

- La Argentina es el único país del mundo que esta construyendo un SR → SMR.
- Parece razonable analizar como se encuadra este proyecto en
el panorama internacional de la energía nuclear en un futuro sistema de energía eléctrica limpia



**International
Energy Agency**



Analicemos la opinión de la Agencia Internacional de Energía

- **La AIE trabaja para garantizar una energía confiable, asequible y limpia para sus países miembros y asociados.**
- **Su misión se enfoca en cuatro áreas :**
 - **seguridad energética,**
 - **desarrollo económico,**
 - **conciencia ambiental y**
 - **compromiso global.**

Marco de referencia

- La energía nuclear y la energía hidroeléctrica forman la columna vertebral de la generación de electricidad baja en carbono.
- **Proporcionan tres cuartas partes de la generación global baja en carbono.**
- En los últimos 50 años, el uso de la energía nuclear ha reducido las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en más de **60 gigatoneladas**, lo que equivale a casi dos años de emisiones relacionadas con la energía a nivel mundial.
- Sin embargo, en las economías avanzadas, la energía nuclear ha comenzado a **desvanecerse**, con el cierre de las plantas y con pocas inversiones nuevas, justo cuando el mundo requiere más electricidad con bajo contenido de carbono.

Nuclear Power in a Clean Energy System



May
2019

Energía nuclear en un sistema de energía limpia

- Este informe, se centra en el papel de la energía nuclear en las economías avanzadas y los factores que ponen a la energía nuclear en riesgo de un futuro desvanecimiento.
- Demuestra que sin acción, la energía nuclear en las economías avanzadas podría **disminuir en dos tercios para 2040**.
- Analiza las implicaciones de tal “caso de desvanecimiento nuclear” para los costos, las emisiones de CO₂ y la seguridad de la electricidad utilizando **dos escenarios de perspectivas energéticas mundiales:**
 - el *Escenario de Nuevas Políticas*, y
 - el *Escenario de Desarrollo Sostenible*.

Razón para los SMR

- El ***Escenario de Desarrollo Sostenible*** demuestra que lograr el ritmo de las reducciones de emisiones de CO₂ en línea con el ***Acuerdo de París*** ya es un gran desafío.
- Requiere un gran aumento de la eficiencia y la inversión en energías renovables, y también **de la energía nuclear**.
- **Este informe identifica los desafíos aún mayores de intentar seguir este camino con menos energía nuclear.**
- **Recomienda varias posibles acciones gubernamentales: garantizar que las plantas de energía nuclear seguras existentes puedan operar, respaldar nuevas construcciones nucleares y**

alentar el desarrollo de nuevas tecnologías: ¡SMR!

Contenido

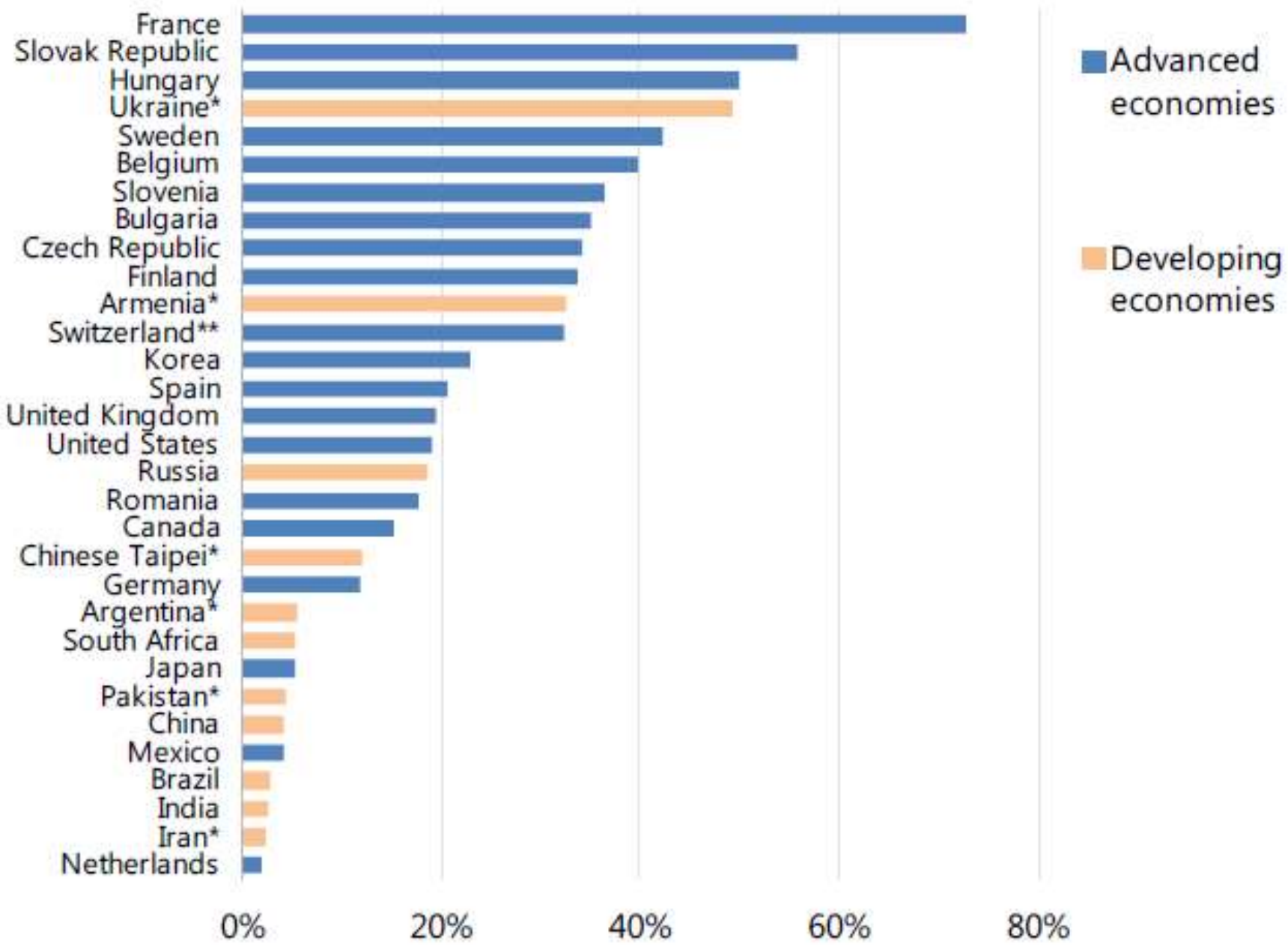
- 1. Panorama actual de la energía nuclear.**
- 2. La economía nuclear en países avanzados.**
- 3. Impactos de una menor inversión nuclear.**
- 4. Sustentabilidad con menos energía nuclear.**
- 5. Políticas de promoción de la inversión nuclear.**
- 6. Resumen.**
- 7. Epílogo: Recomendaciones.**

1.

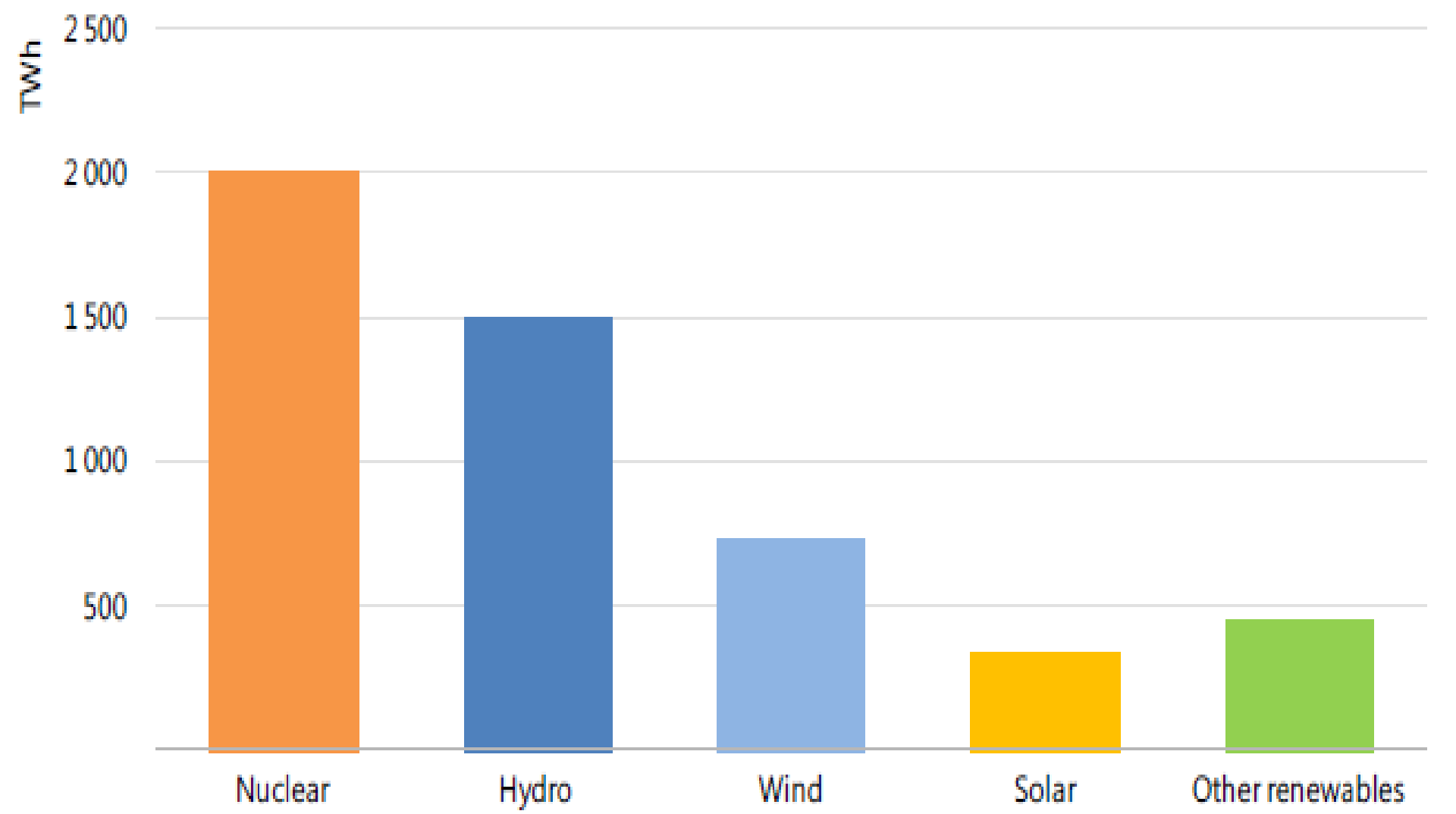
**Panorama actual de la
energía nuclear**

Papel de la energía nuclear en el suministro mundial de electricidad

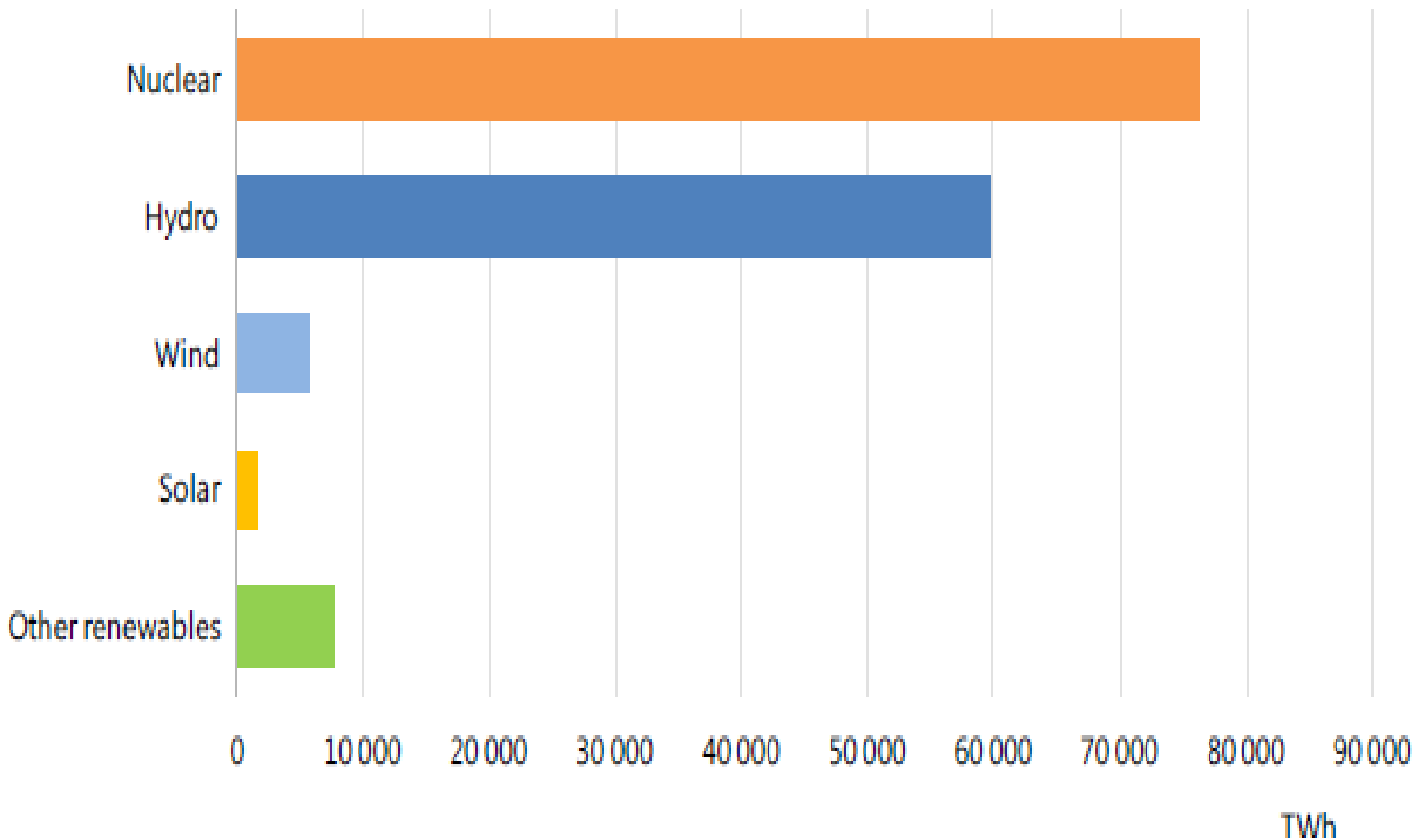
Participación de la energía nuclear en la generación eléctrica total por país, 2018



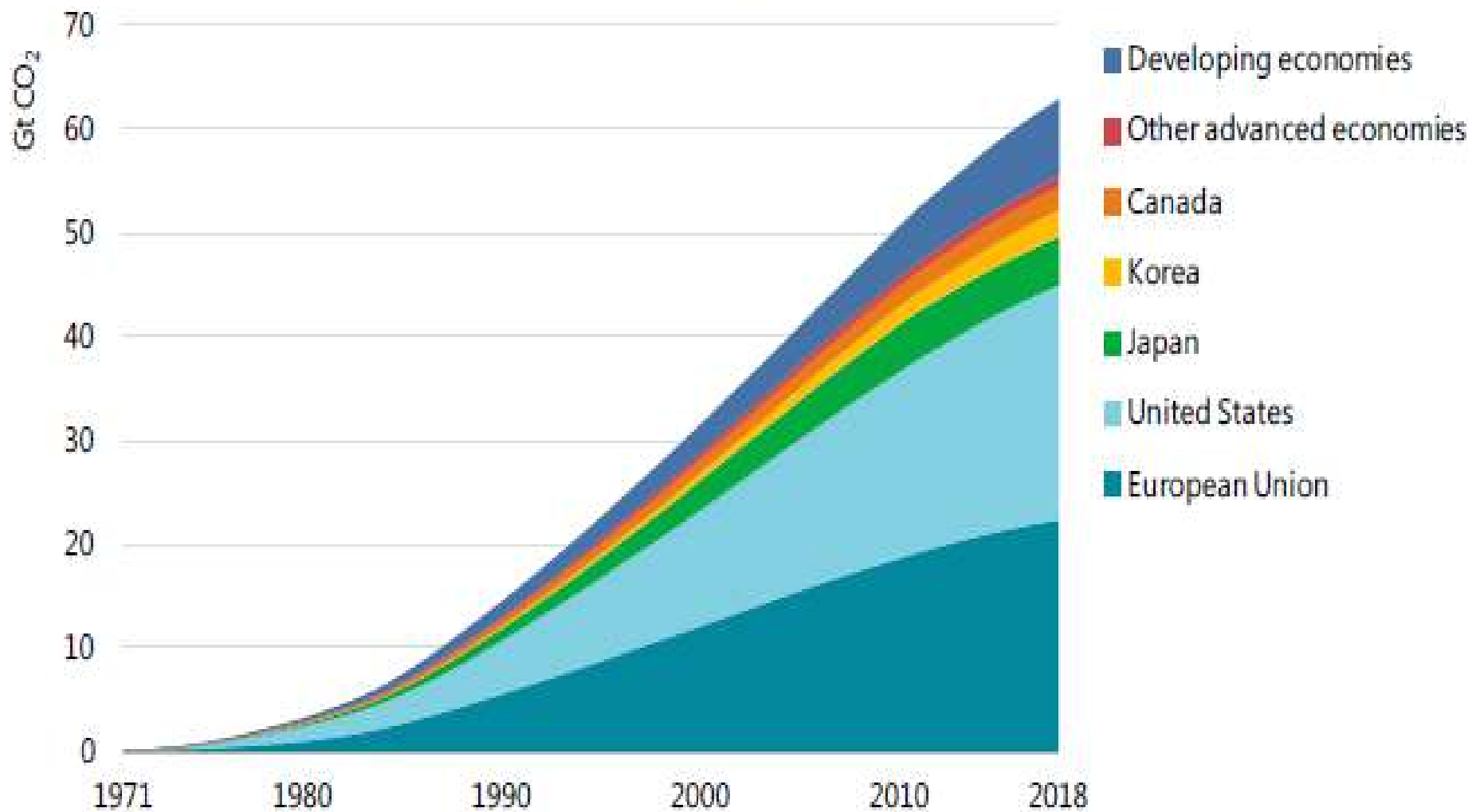
Generación de electricidad baja en carbono en economías avanzadas por fuente, 2014



Generación acumulada de electricidad baja en carbono en economías avanzadas por fuente, 1971-2018

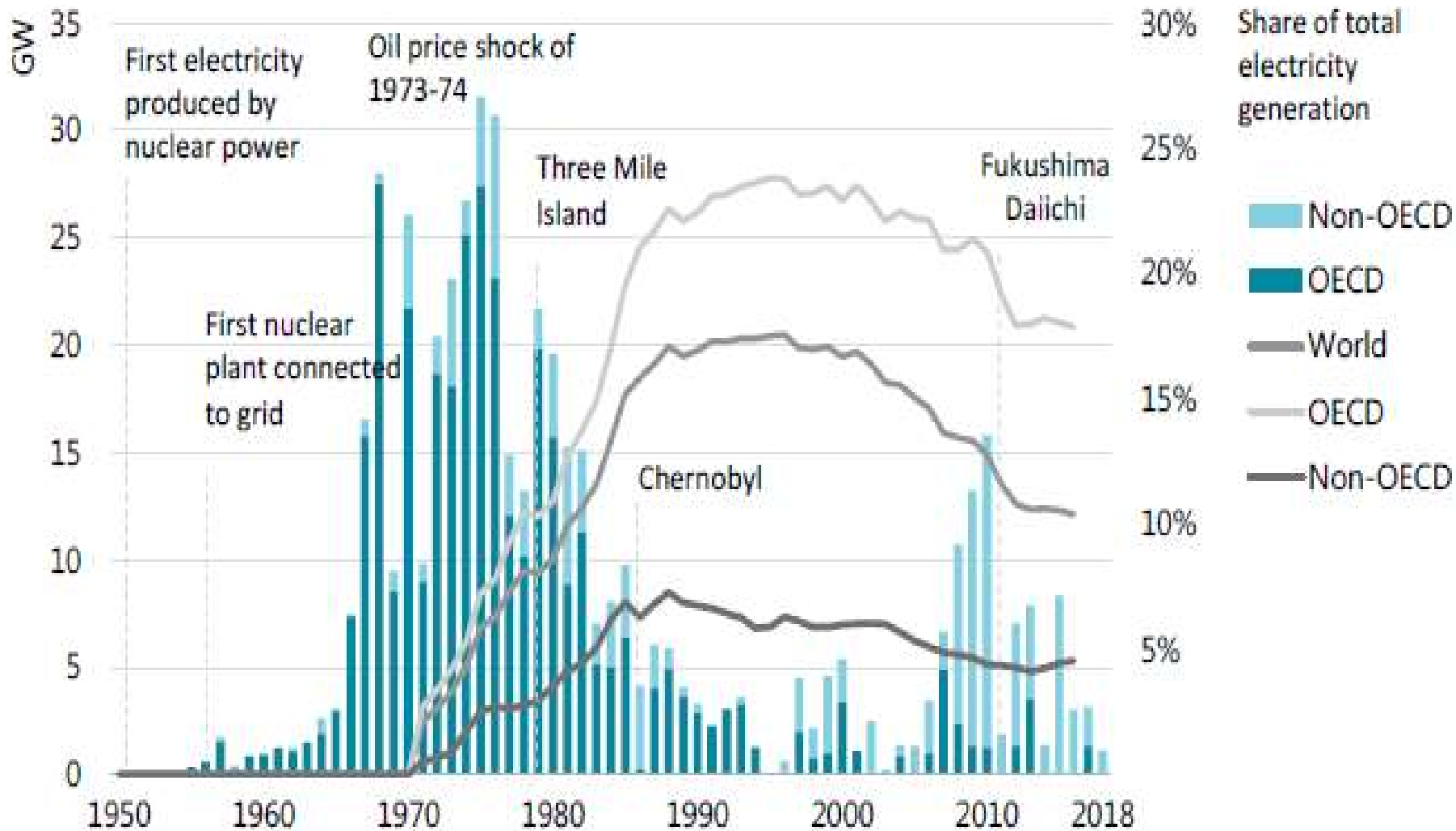


Emisiones acumuladas de CO2 evitadas por la energía nuclear hasta la fecha

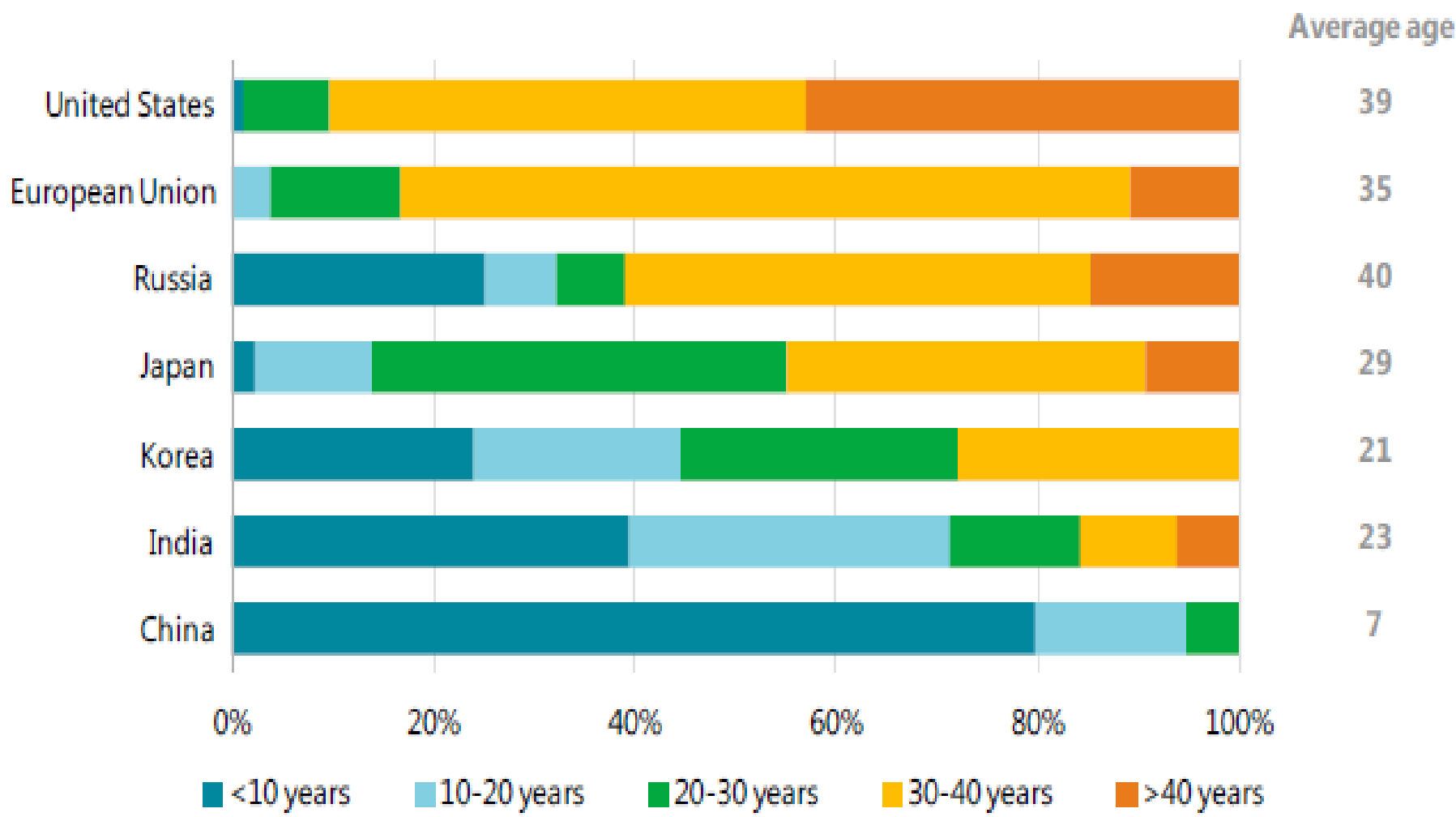


Los reactores nucleares en las economías avanzadas están envejeciendo

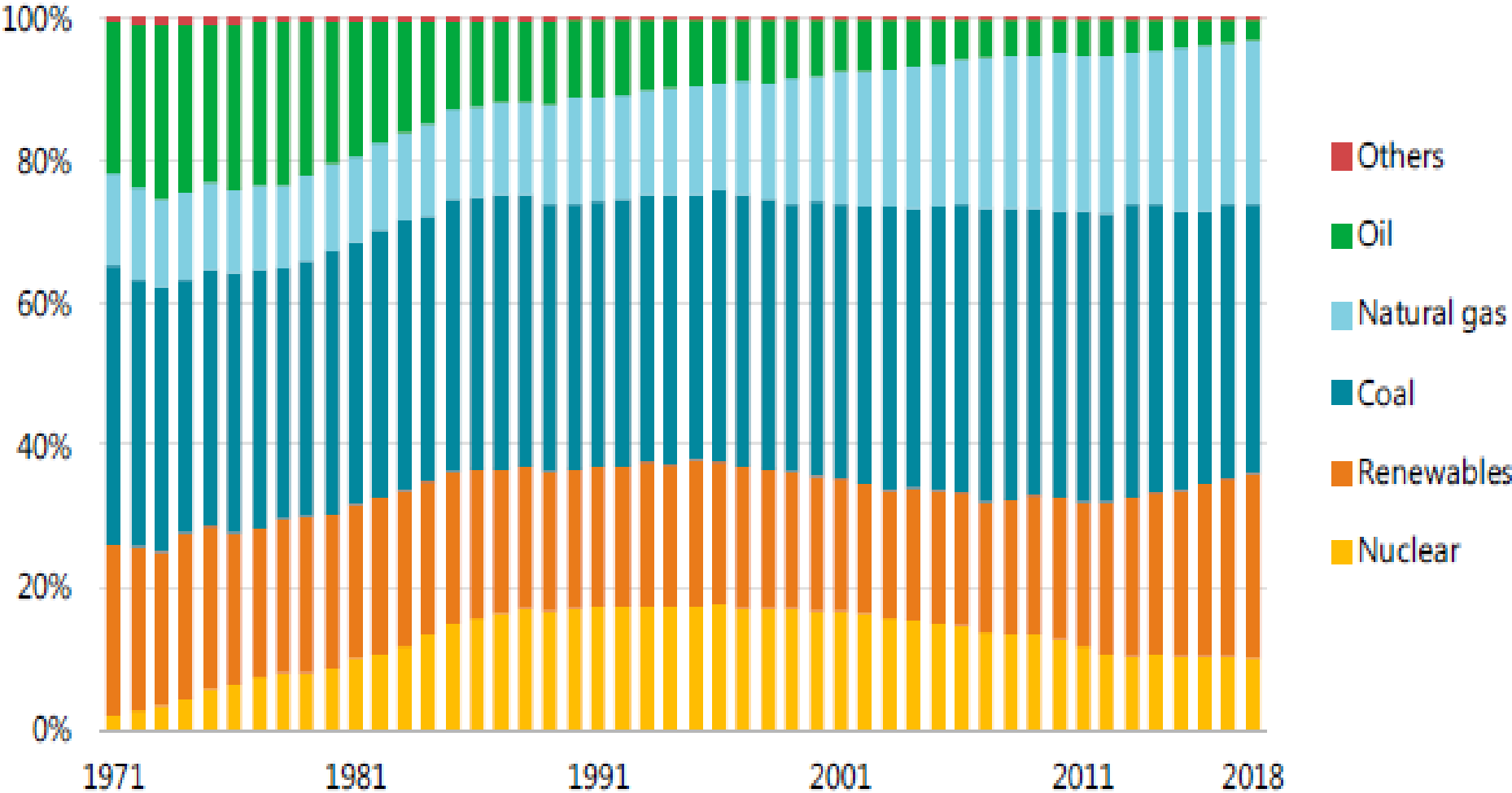
Inicio de la construcción de reactores y participación de la energía nuclear en la generación eléctrica total.



Perfil de edad de la capacidad de energía nuclear en países/regiones seleccionados



Participación de las fuentes de energía en la generación eléctrica global.

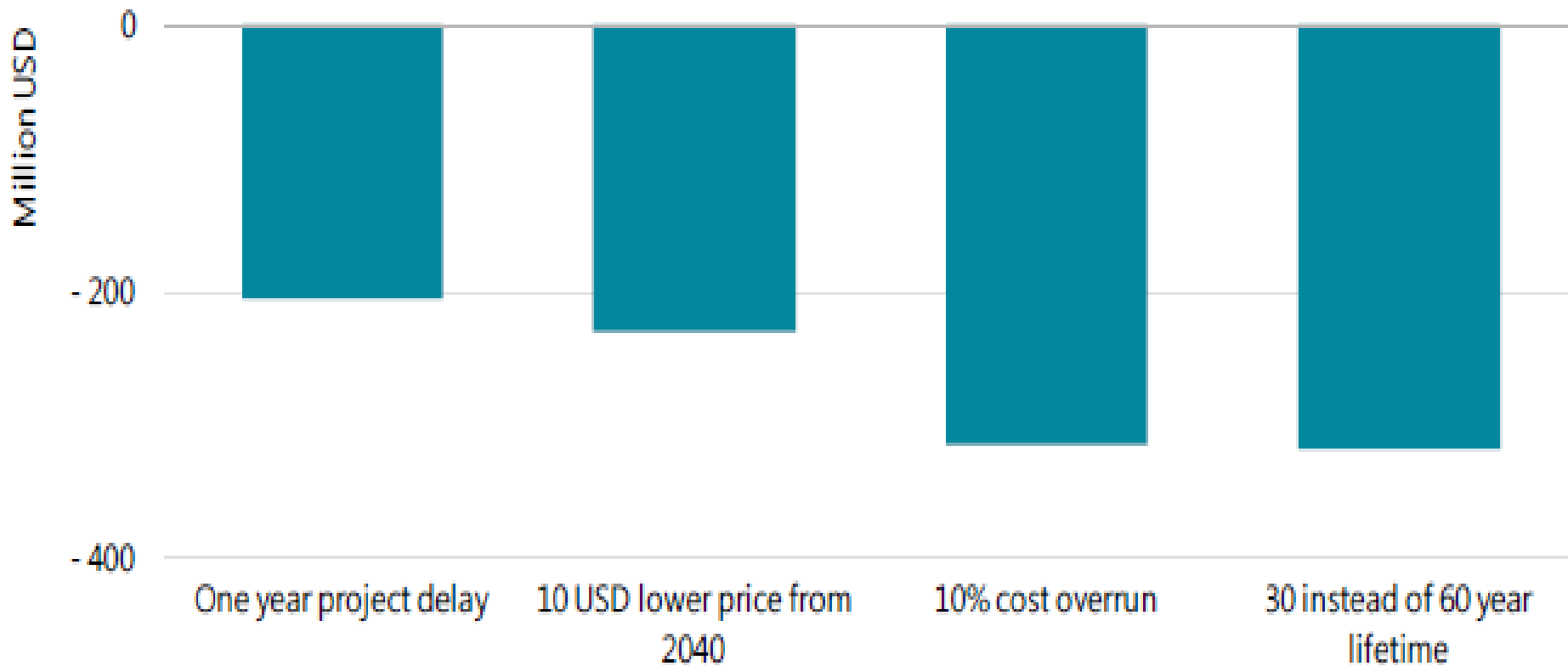


**La energía nuclear ayuda a
reforzar la seguridad
energética**

Perspectivas de plantas existentes en economías avanzadas

- El destino de los reactores que envejecen depende de decisiones políticas
- Las presiones del mercado pueden llevar a retiros anticipados
- Existen barreras a la inversión en nuevas centrales nucleares
- Las enormes necesidades de capital y los horizontes a largo plazo aumentan los riesgos de nuevos proyectos

Impacto de varios riesgos en el valor actual neto de un proyecto de energía nuclear de 1 GW con ingresos garantizados hasta 2040

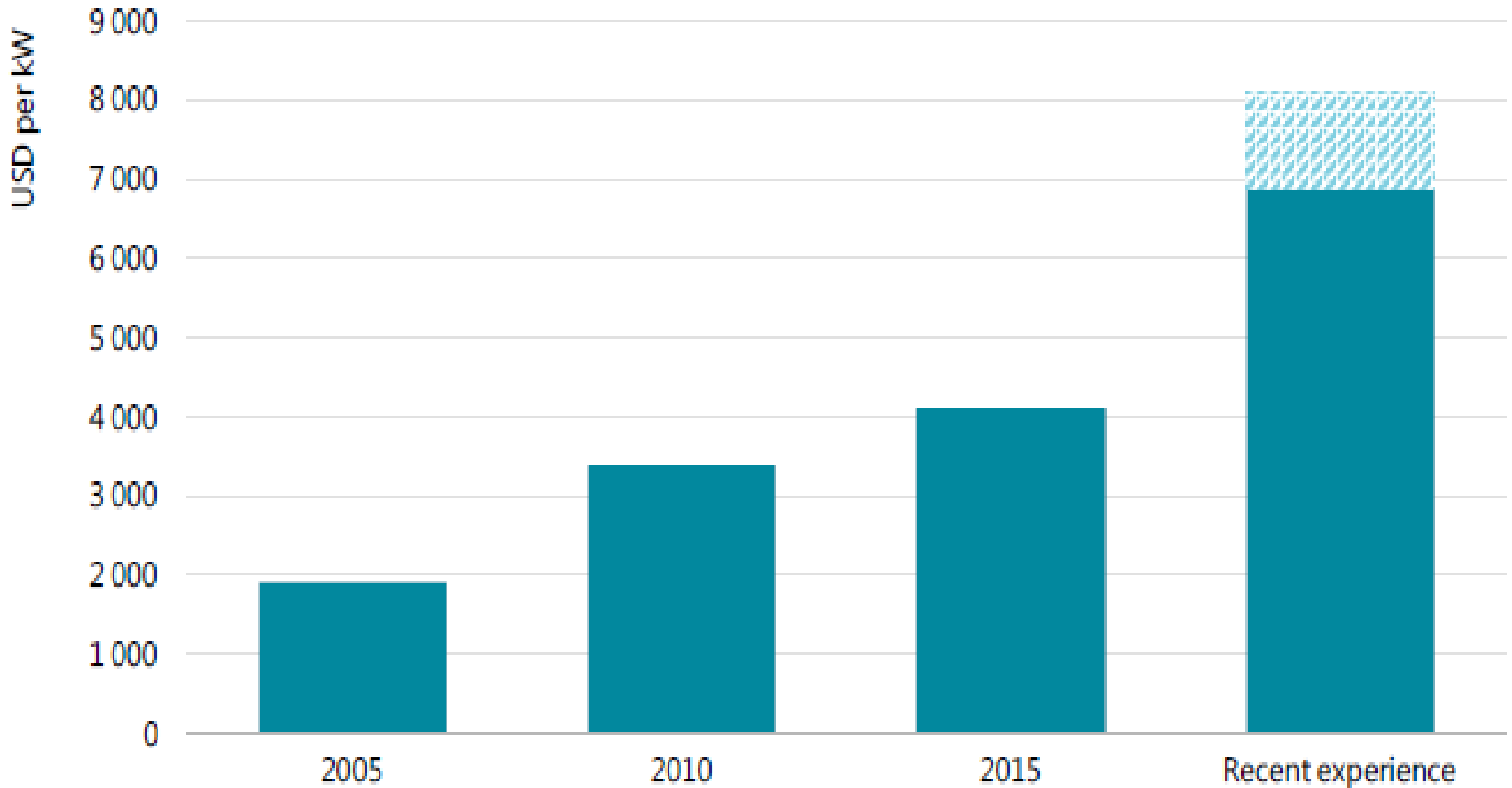


Nota: Todas las sensibilidades se comparan con un proyecto nuclear supone un costo de inversión de USD 4,5 mil millones por GW, un tiempo de construcción de seis años, una vida útil de 60 años y un costo de capital del 7%.

Perspectivas de plantas existentes en economías avanzadas

- **Perturbaciones y riesgos políticos están creciendo.**
- **Los problemas de construcción, los retrasos en los proyectos y el exceso de costos están asustando a los inversores**

Costo proyectado de la energía nuclear y experiencia reciente en los Estados Unidos y Europa Occidental

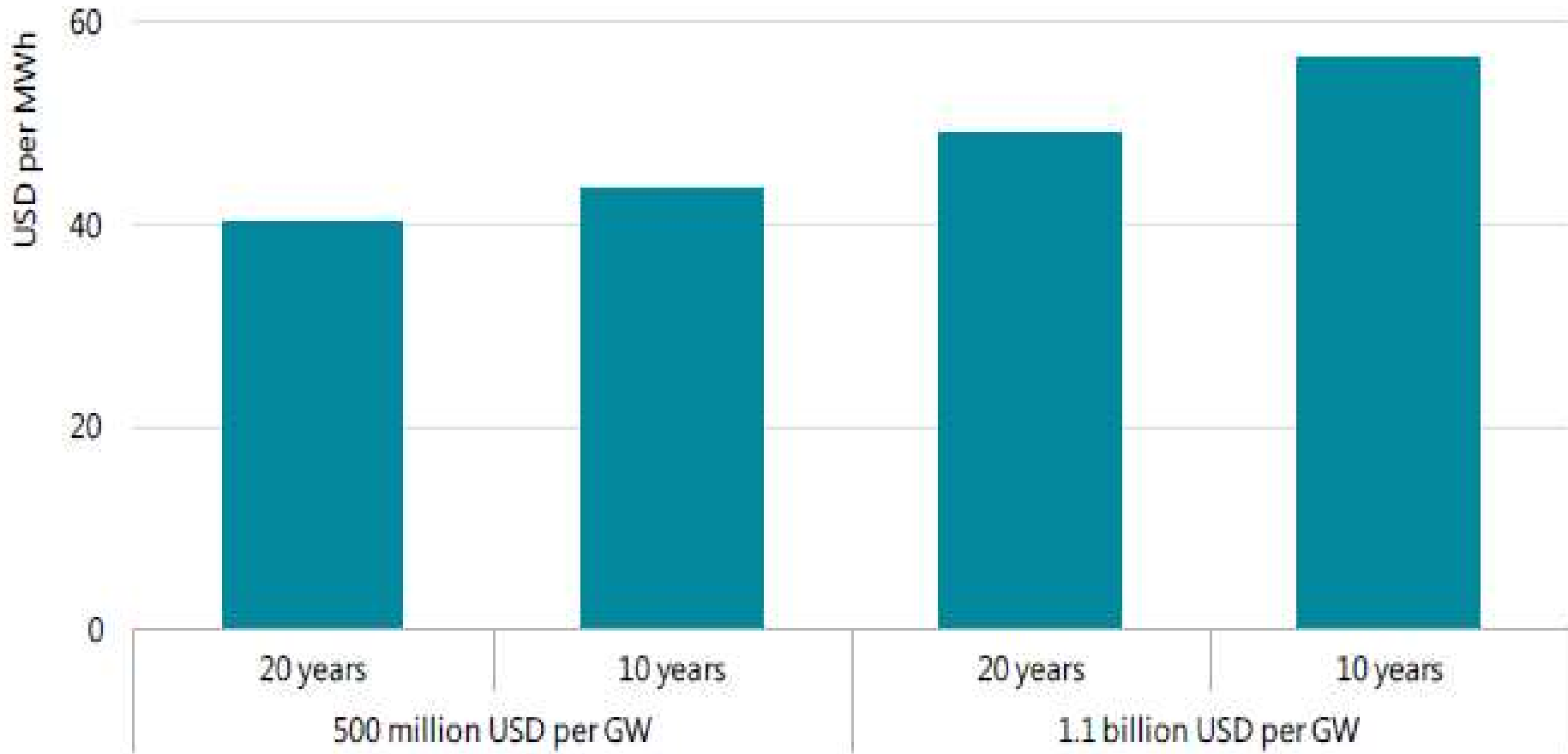


2.

**La economía de la energía
nuclear en los países
avanzados**

**Las extensiones de vida son una
fuente de electricidad de costo
competitivo**

Costo indicativo nivelado de la electricidad (LCOE) para extensiones de vida nuclear

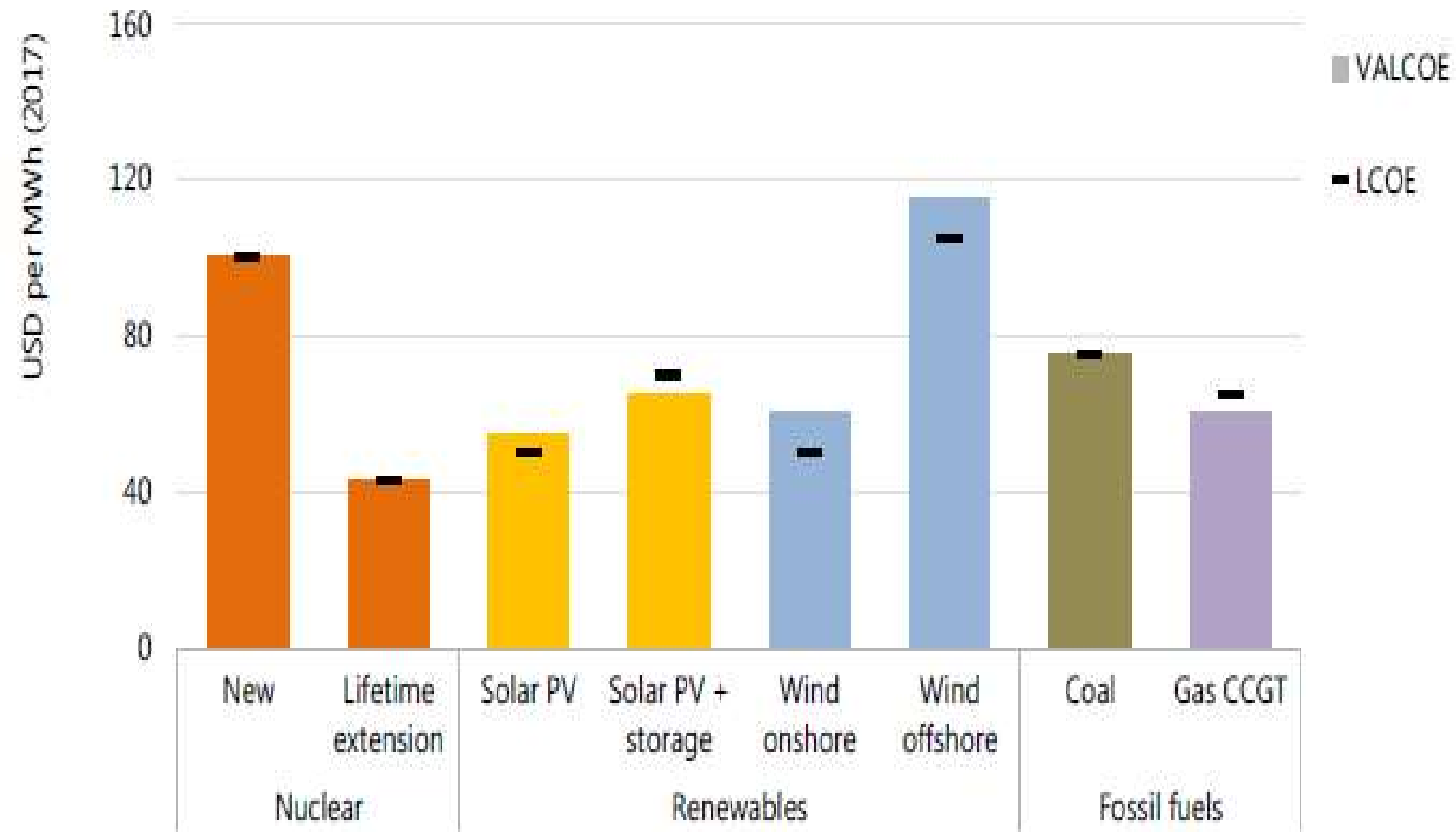


El LCOE es el costo promedio total para construir y operar una planta de energía durante su vida útil dividido por la producción total de energía de la planta durante el mismo período.

El LCOE se basa en un costo promedio ponderado del capital (WACC) del 8%, un factor de capacidad anual del 85%, un período de renovación de dos años y USD 170 por kW de costos anuales de O&M.

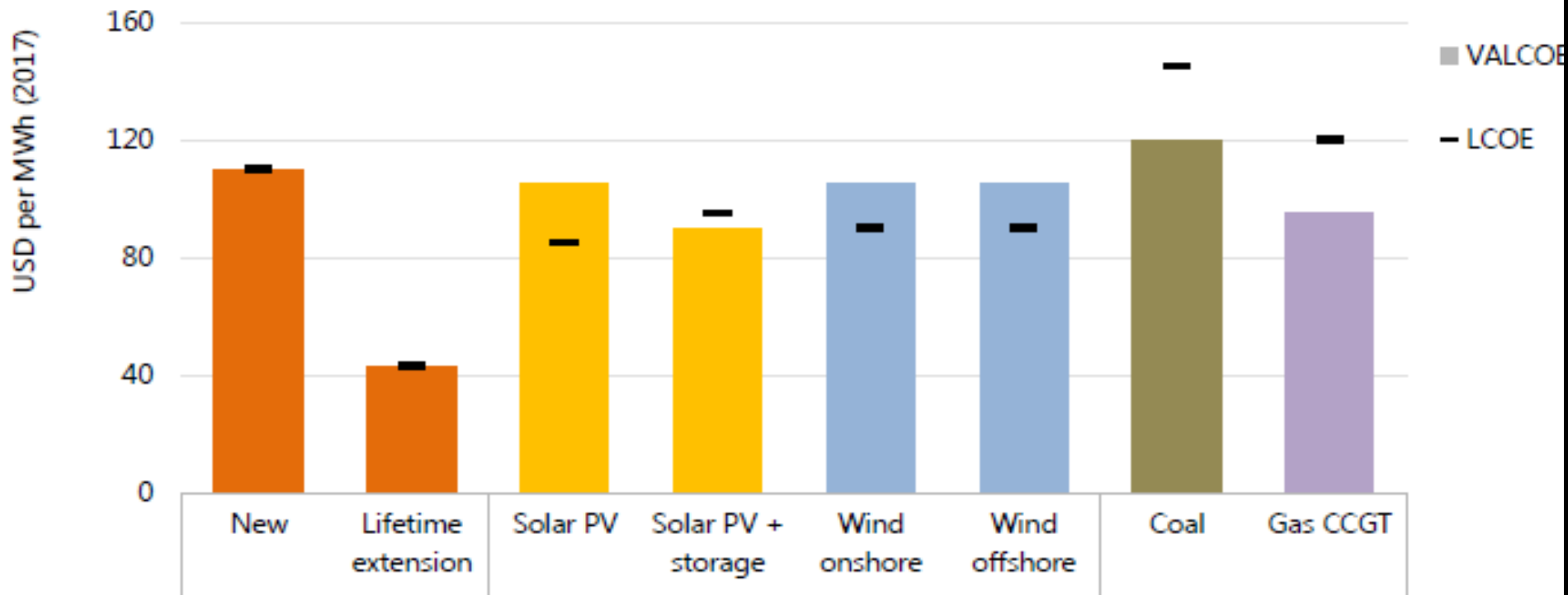
LCOE proyectado y LCOE ajustado por valor por tecnología, 2040

a) United States



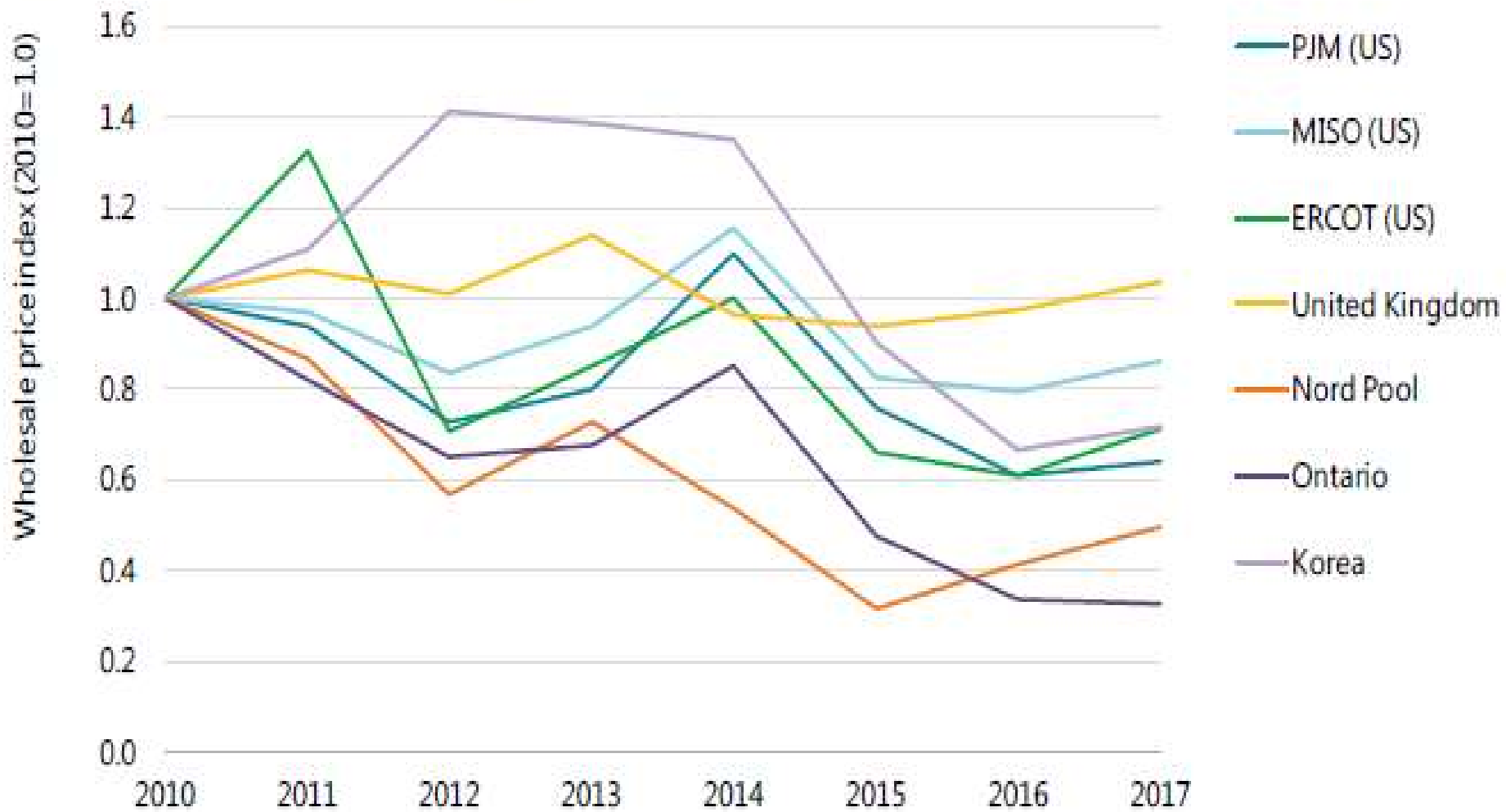
LCOE proyectado y LCOE ajustado por valor por tecnología, 2040

b) European Union



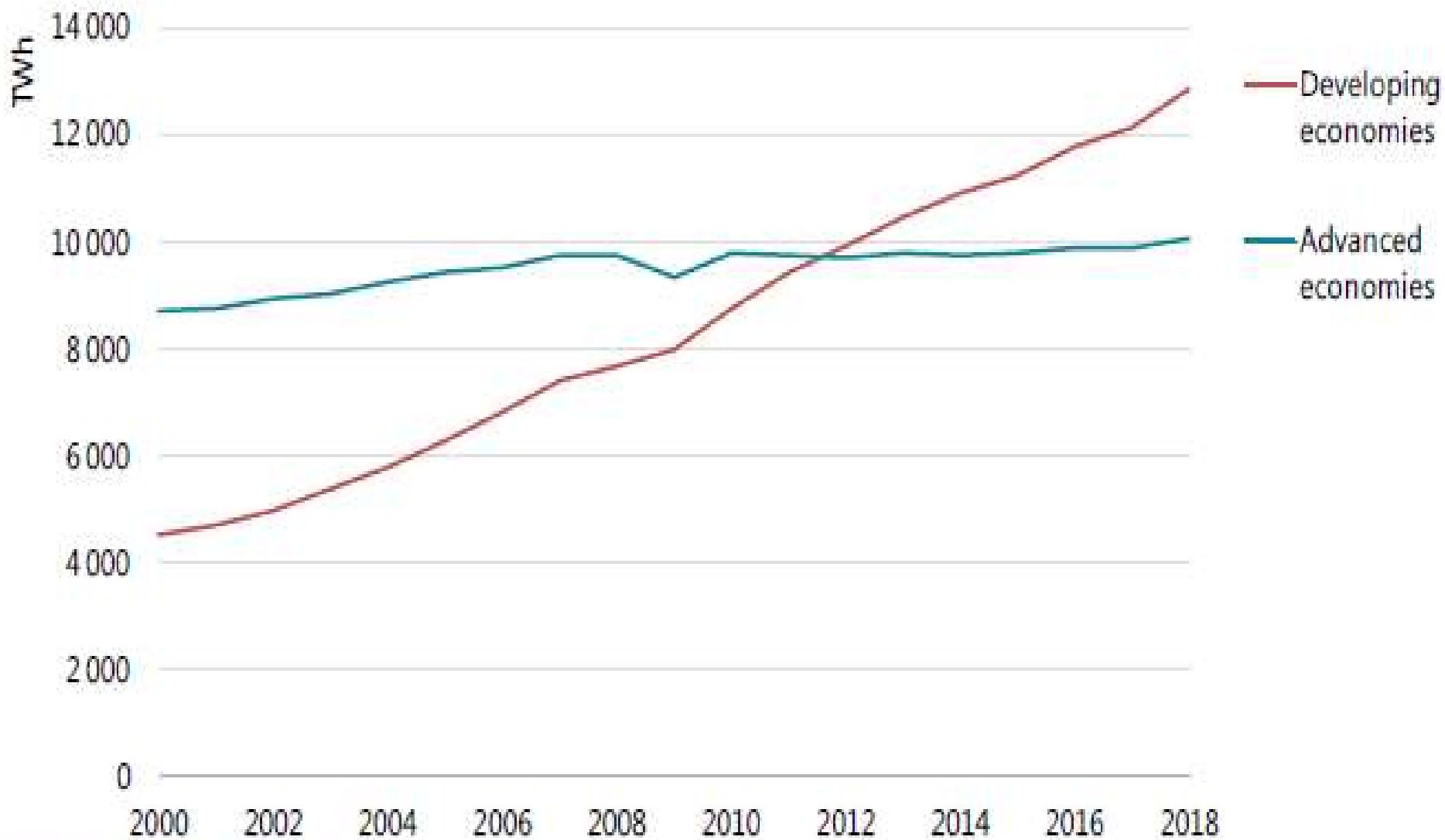
Factores que afectan los ingresos mayoristas de energía de las centrales nucleares

Precios al por mayor de electricidad en mercados de economía avanzada



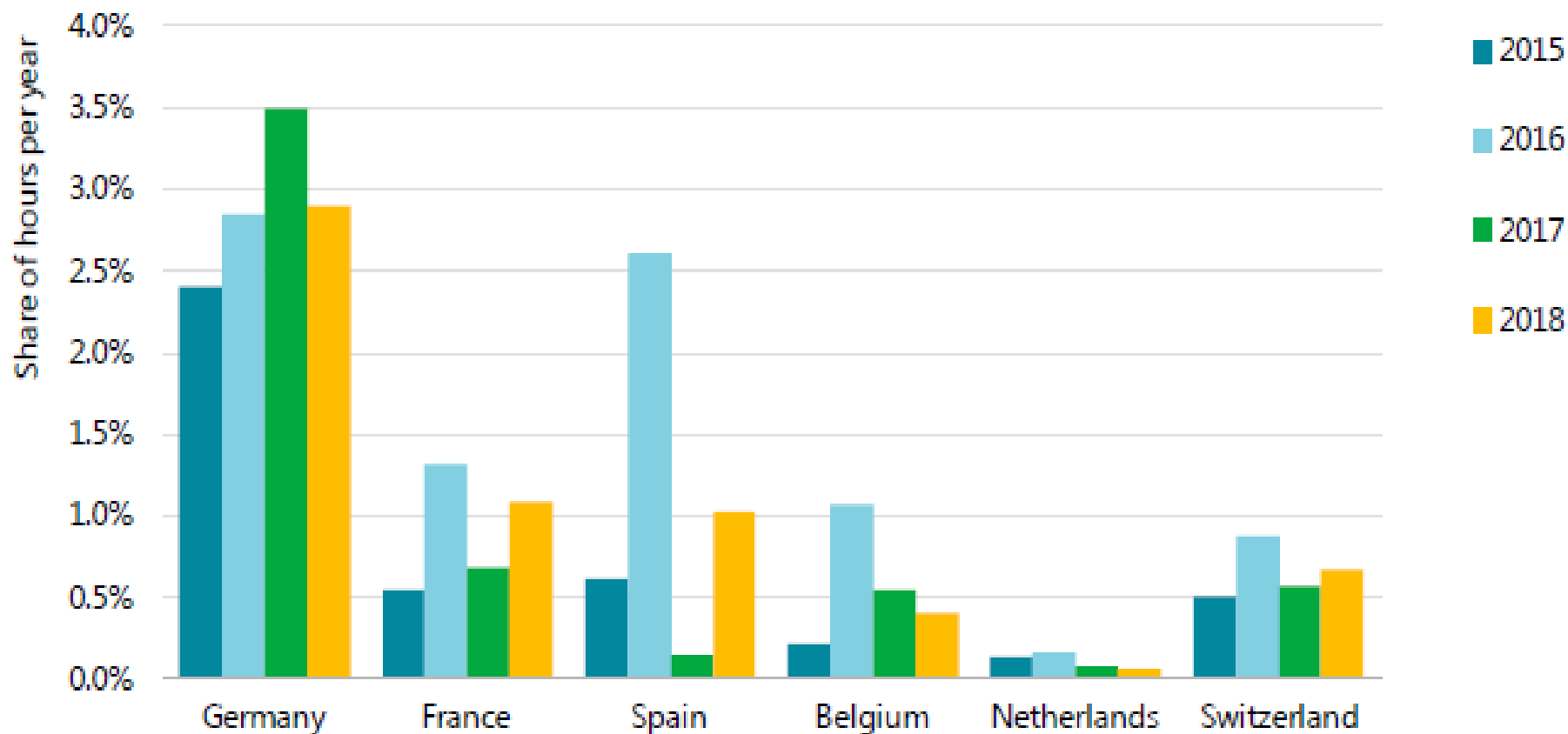
**La demanda de electricidad se
está desacelerando en las
economías desarrolladas**

Consumo de electricidad en economías avanzadas y en desarrollo



El rápido crecimiento de las energías renovables está reduciendo el mercado y deprimiendo los precios mayoristas

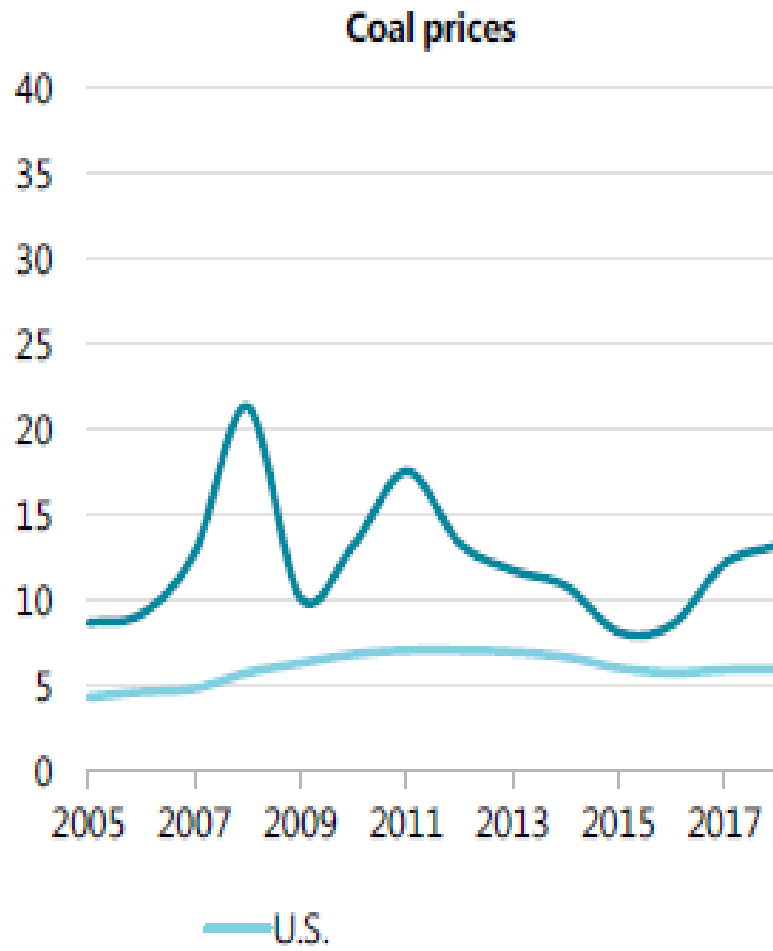
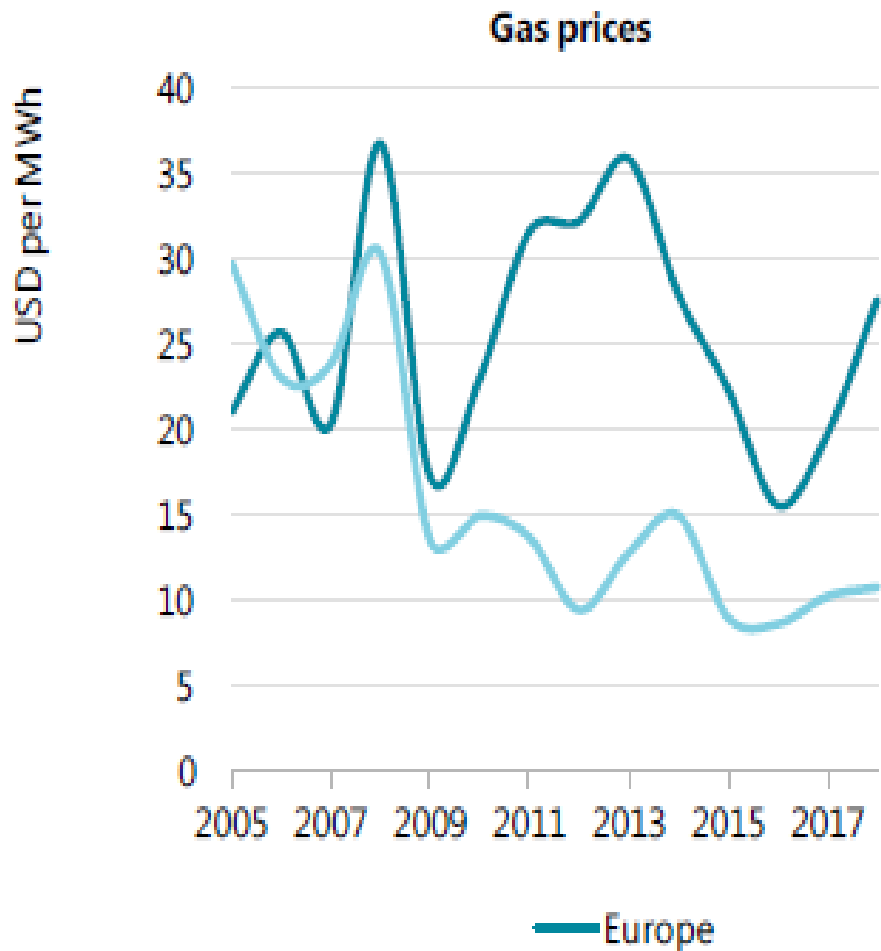
Proporción de horas en cada año cuando los precios al por mayor son más bajos que el costo variable estimado de la energía nuclear en países seleccionados



(El costo variable promedio de la generación de energía nuclear se estima en 8 EUR/ MWh)

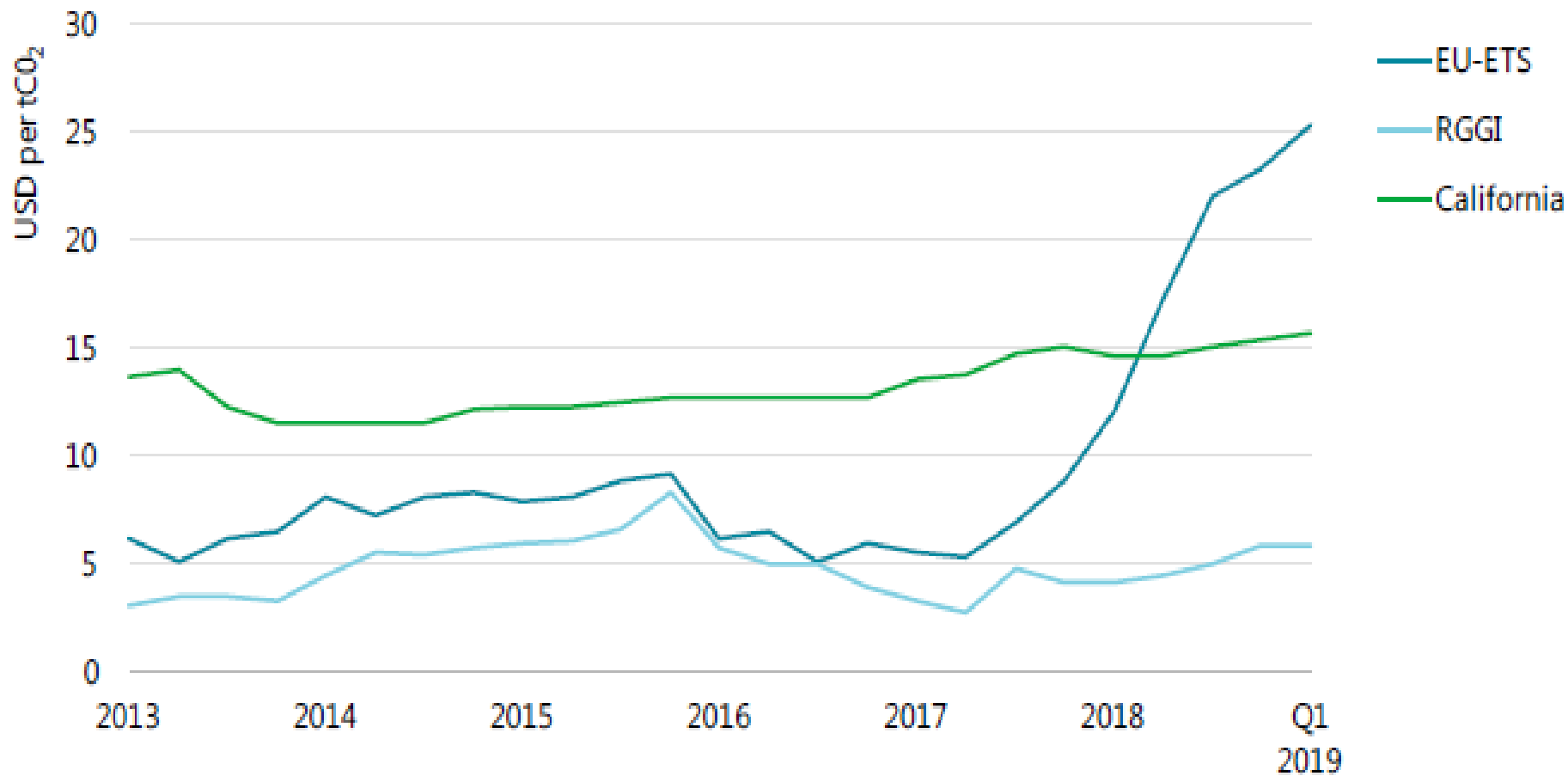
**Los bajos precios del gas natural
están reduciendo los precios
mayoristas de la electricidad en
América del Norte**

Precios medios del gas natural y del carbón en Europa y EEUU



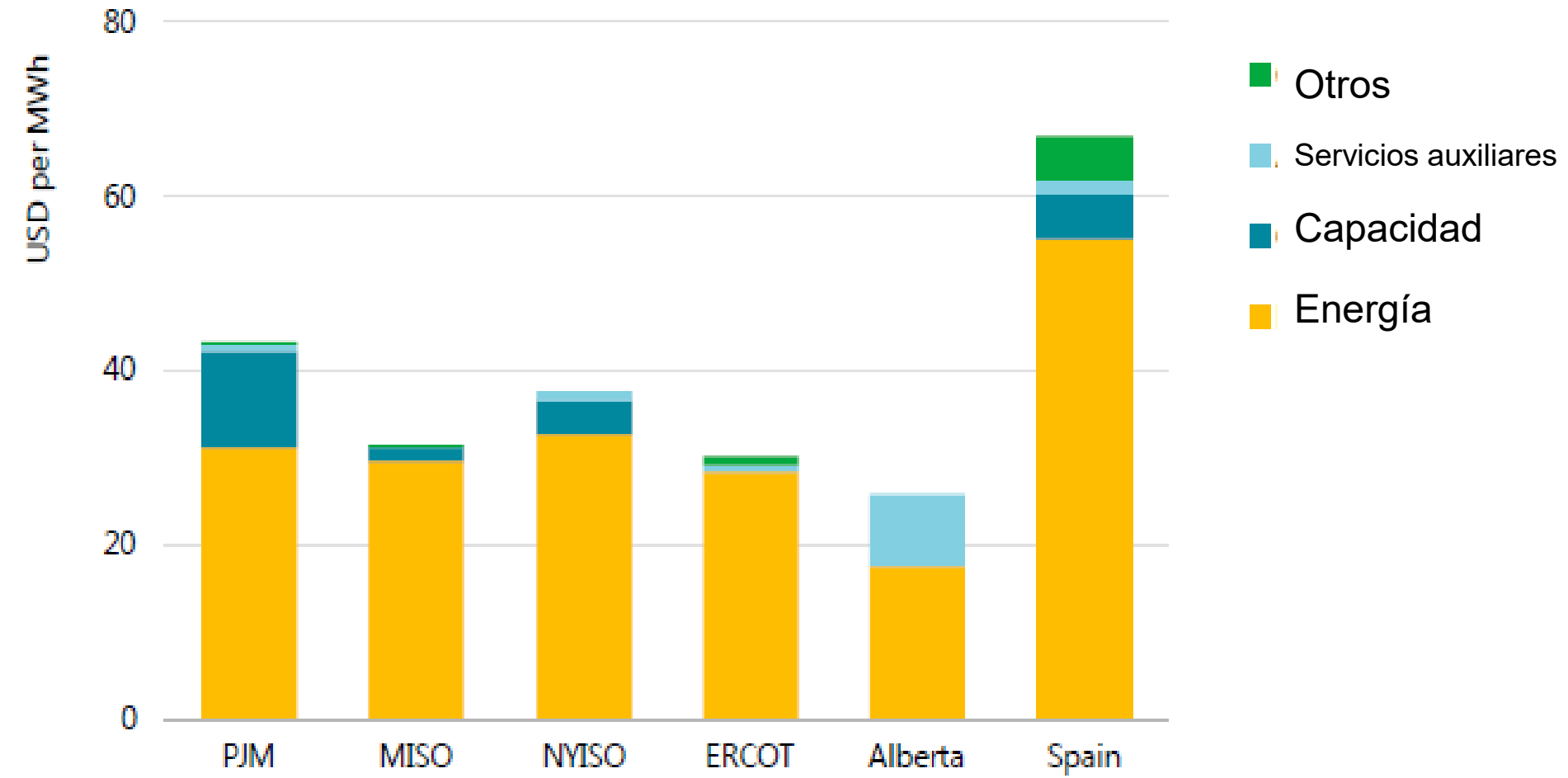
Los precios del carbono (costo asignado a la emisiones de CO₂) siguen siendo demasiado bajos para impulsar la economía de la energía nuclear.

Precios del CO₂ en los sistemas de comercio de emisiones en Europa, noreste de Estados Unidos y California



Otros ingresos (por ejemplo, los procedentes de los mercados de capacidad y servicios auxiliares) en general siguen siendo pequeños.

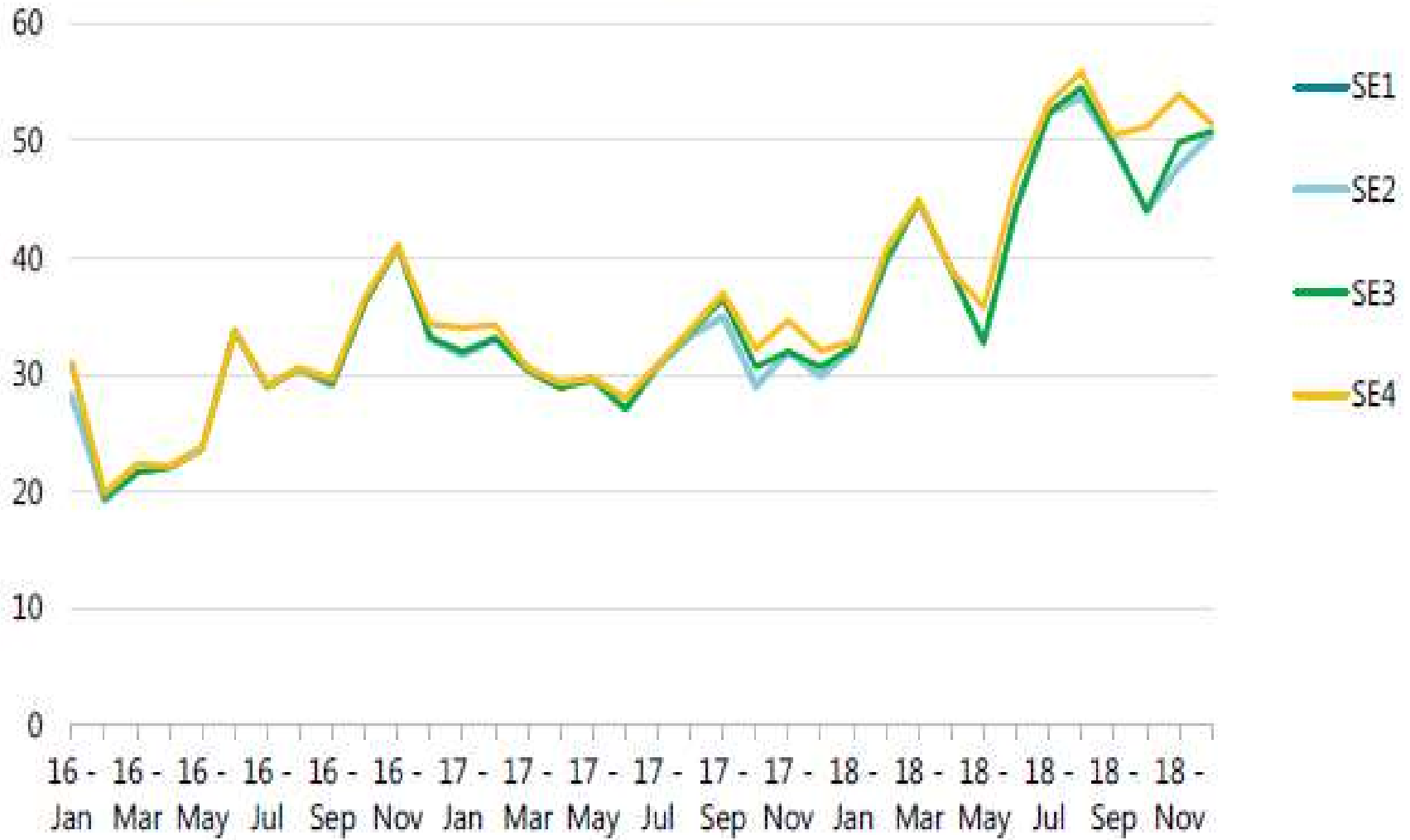
Fuentes de ingresos para generadores de energía en mercados seleccionados, 2017



Los mayores precios del combustible y del CO2 están ayudando a las plantas nucleares existentes en Europa a competir.

Precios medios mensuales de electricidad al por mayor en Suecia por zona

EUR per MWh

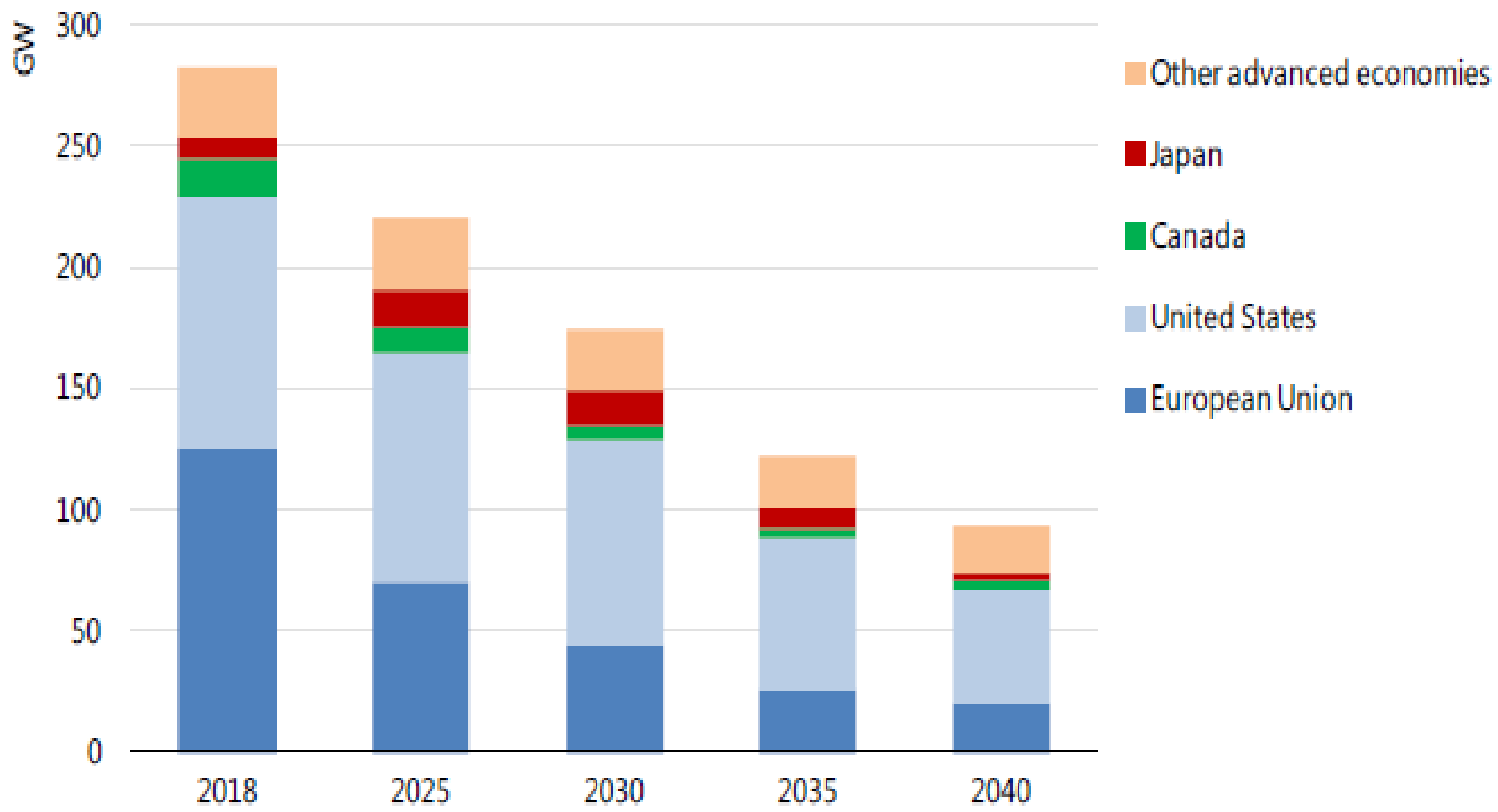


3.

**Impactos de una menor
inversión nuclear**

El caso de desvanecimiento nuclear

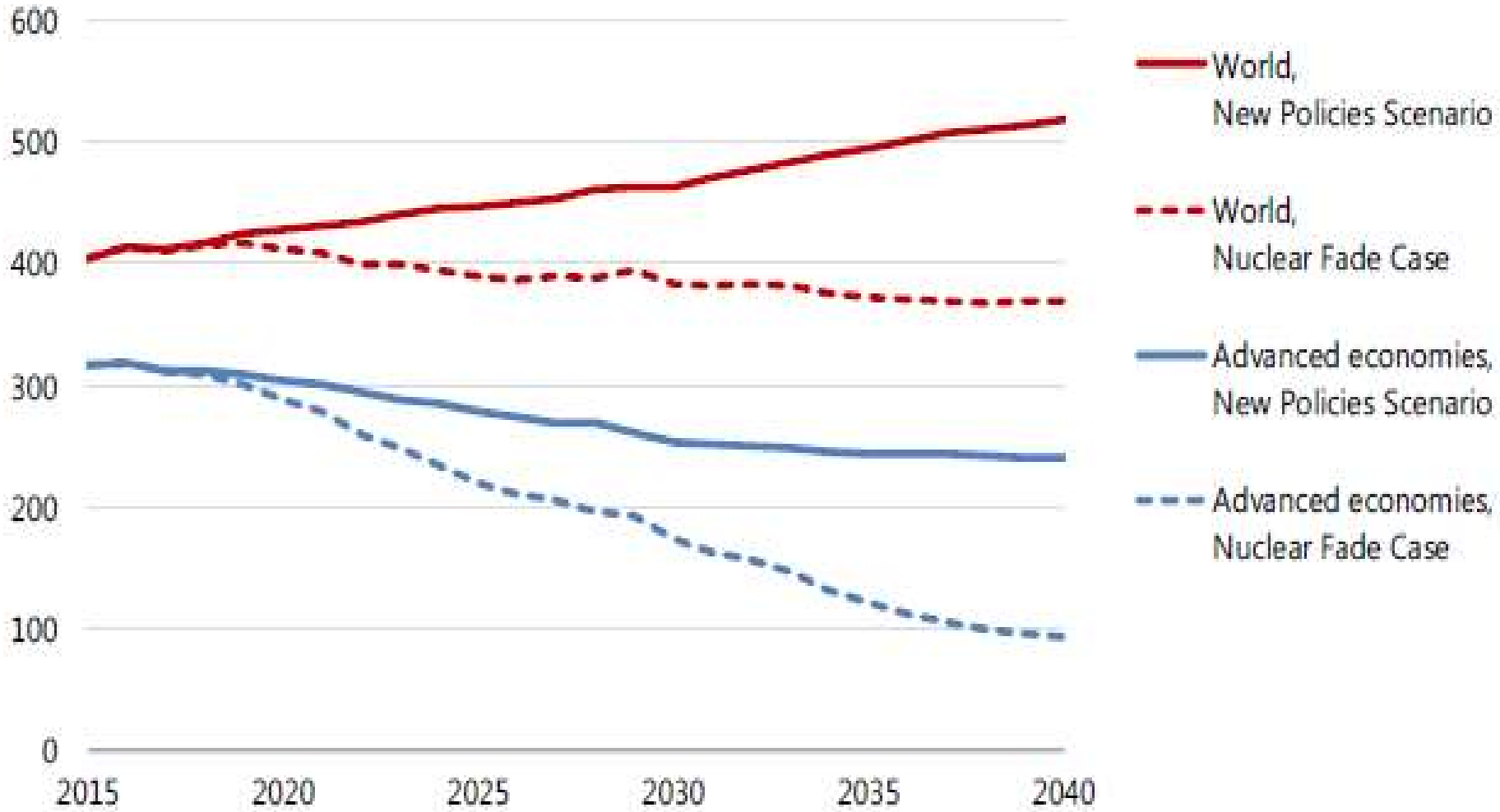
Capacidad operativa de energía nuclear en economías avanzadas en el caso de desvanecimiento nuclear



Implicaciones del caso de desvanecimiento nuclear en el escenario de nuevas políticas

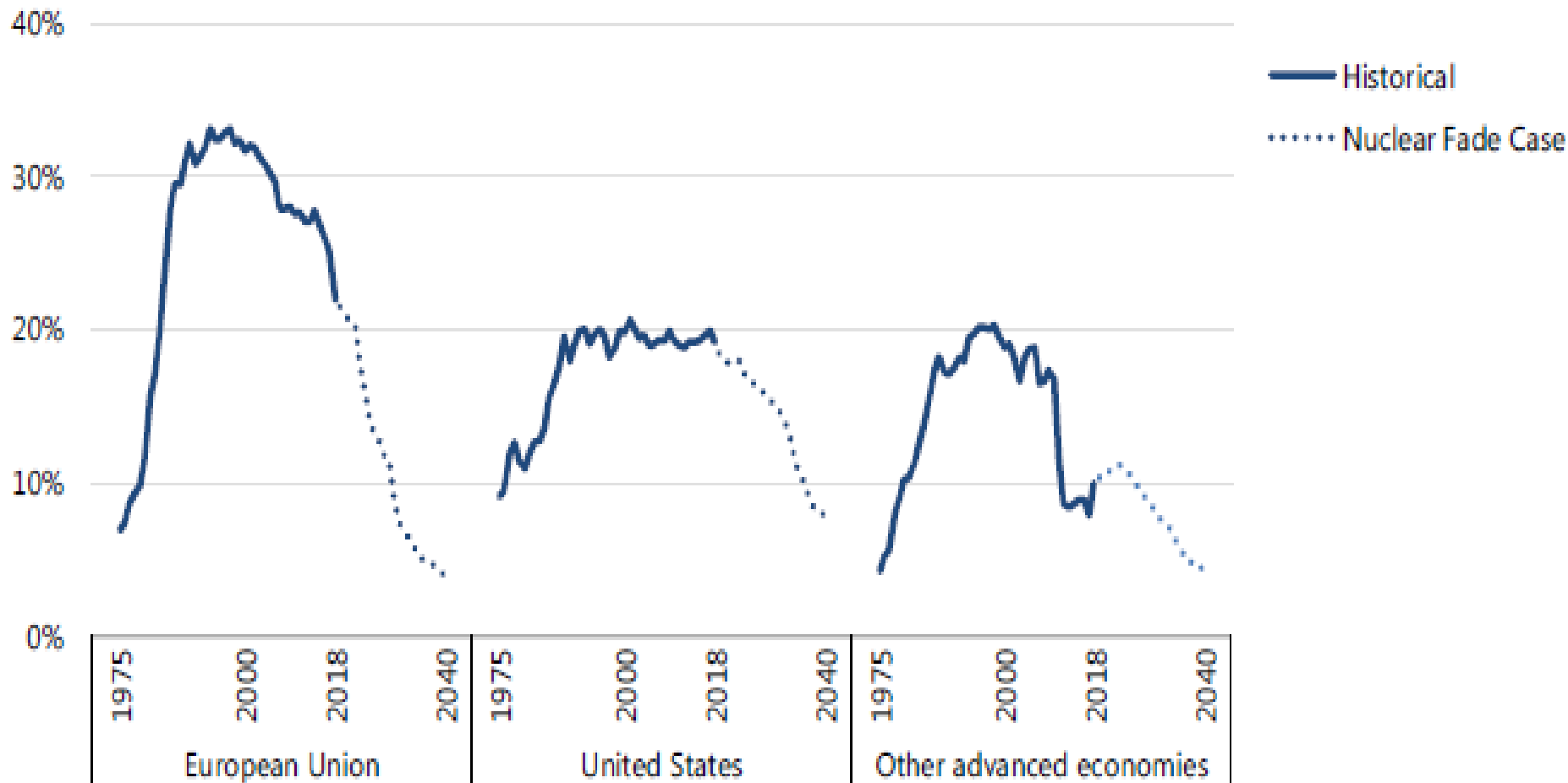
Capacidad de energía nuclear en el escenario de nuevas políticas y en caso de desvanecimiento nuclear

GW



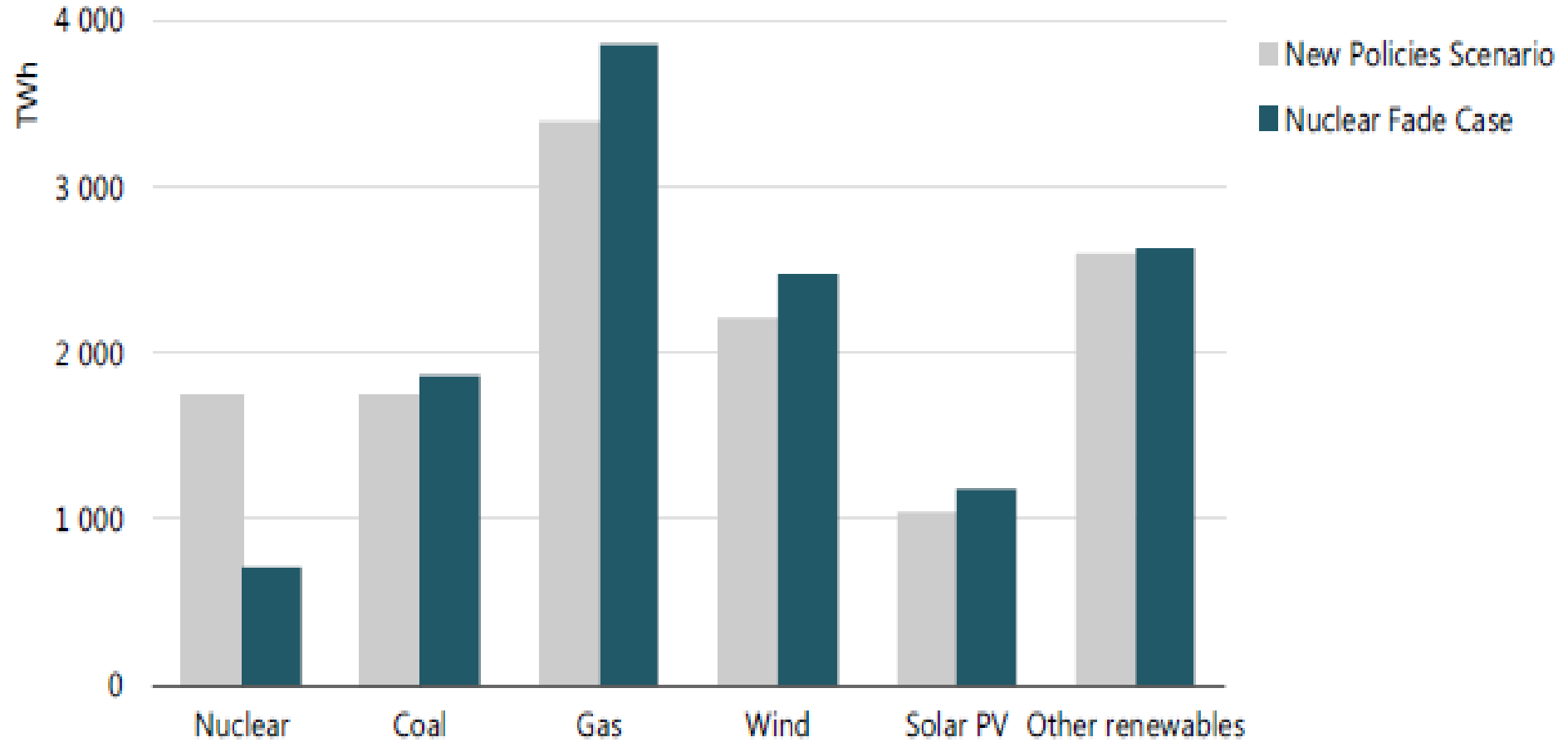
**La energía nuclear disminuirá
rápidamente sin extensiones de
vida**

Participación de la energía nuclear en el suministro de electricidad en economías avanzadas en el caso de desvanecimiento nuclear

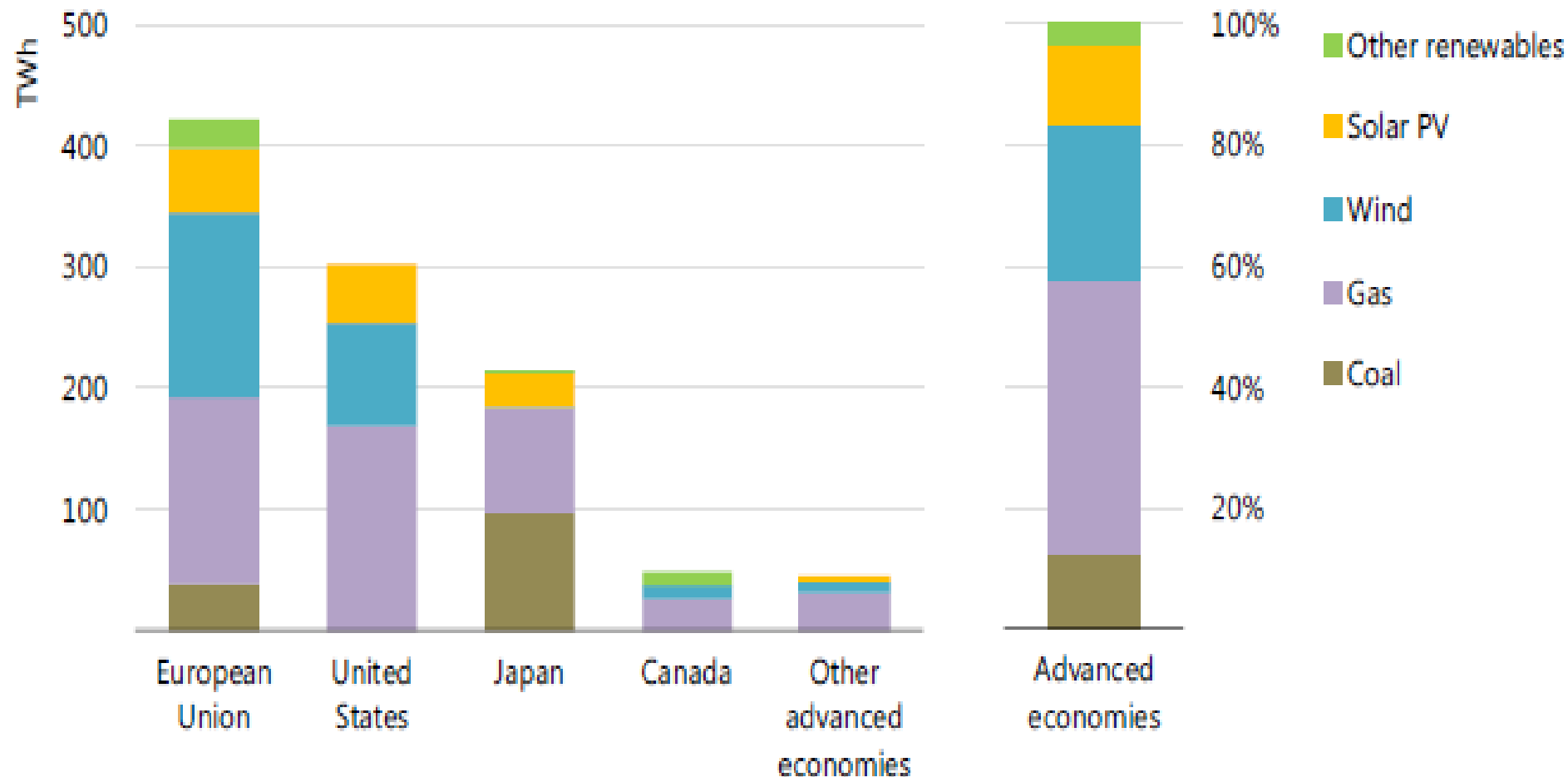


Los combustibles fósiles y las energías renovables compensan las reducciones de energía nuclear.

Generación de electricidad por fuente en economías avanzadas en el caso de nuevas políticas y en el caso de desvanecimiento nuclear, 2040

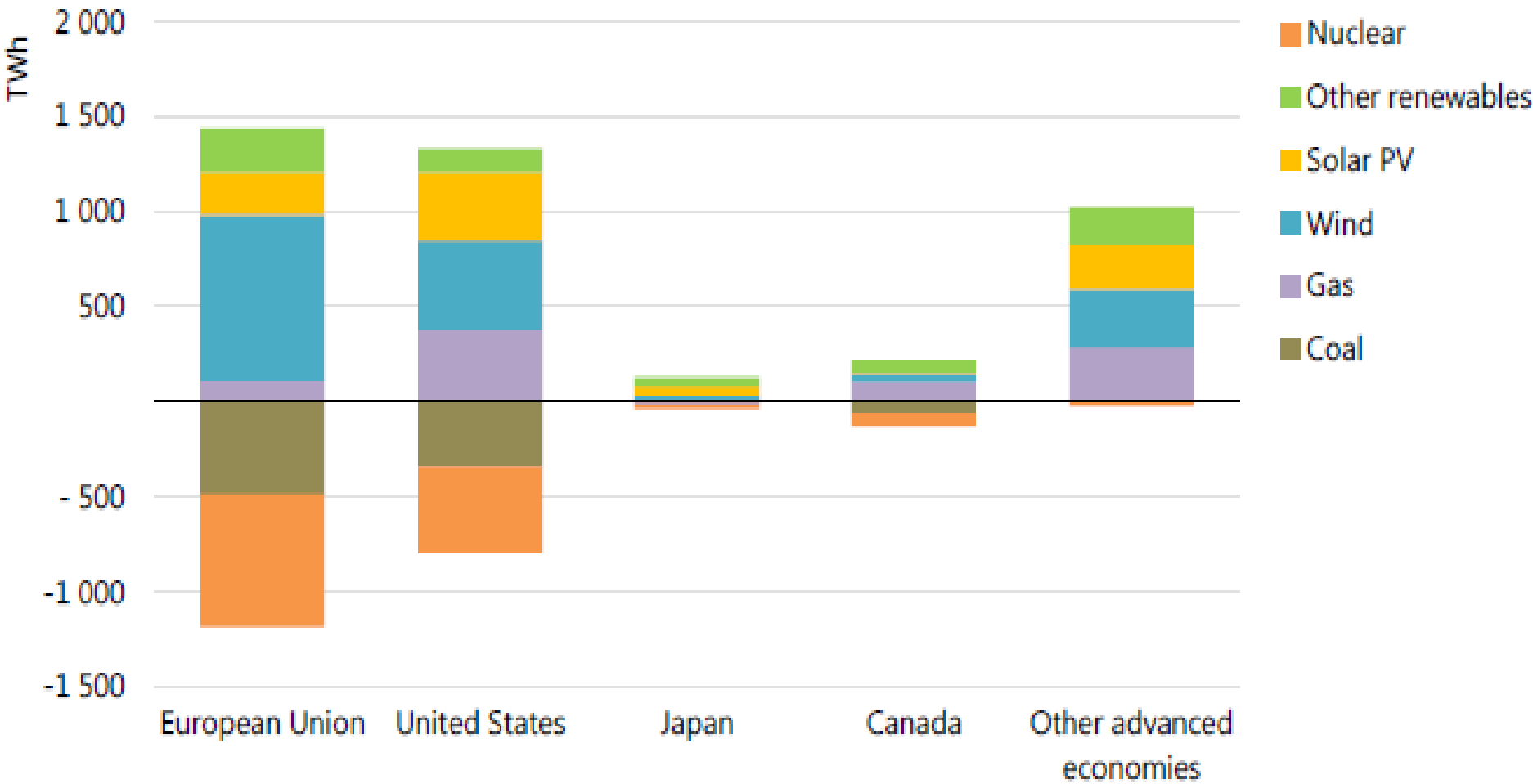


Generación de electricidad por fuente en economías avanzadas en el caso de nuevas políticas y en caso de desvanecimiento nuclear, 2040



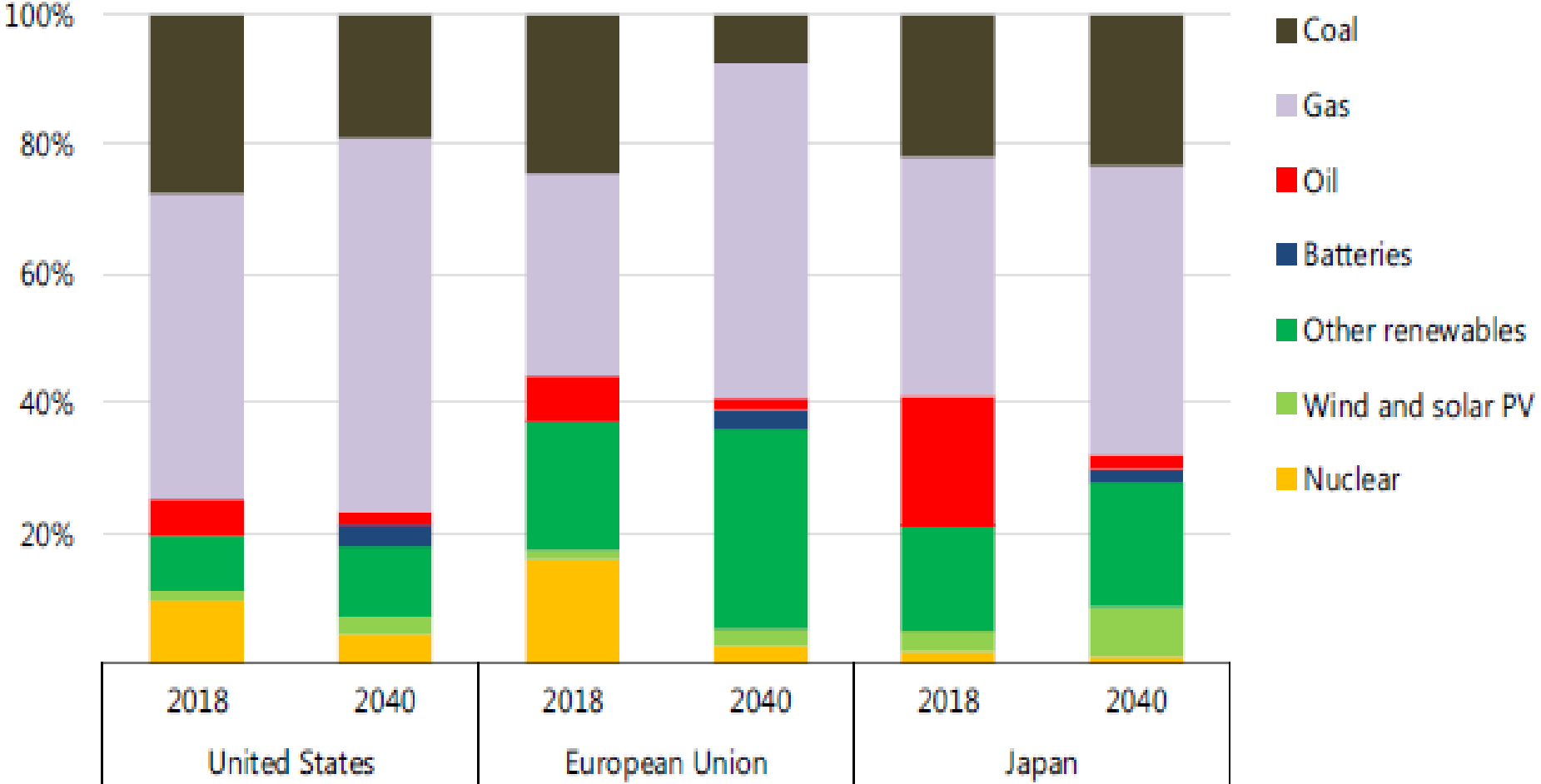
**Baja producción nuclear
refuerza la demanda de
renovables.**

Cambio en el suministro de electricidad por fuente a lo largo del tiempo en economías avanzadas en el caso de desvanecimiento nuclear del nuevo escenario de políticas por región / país, 2018 a 2040



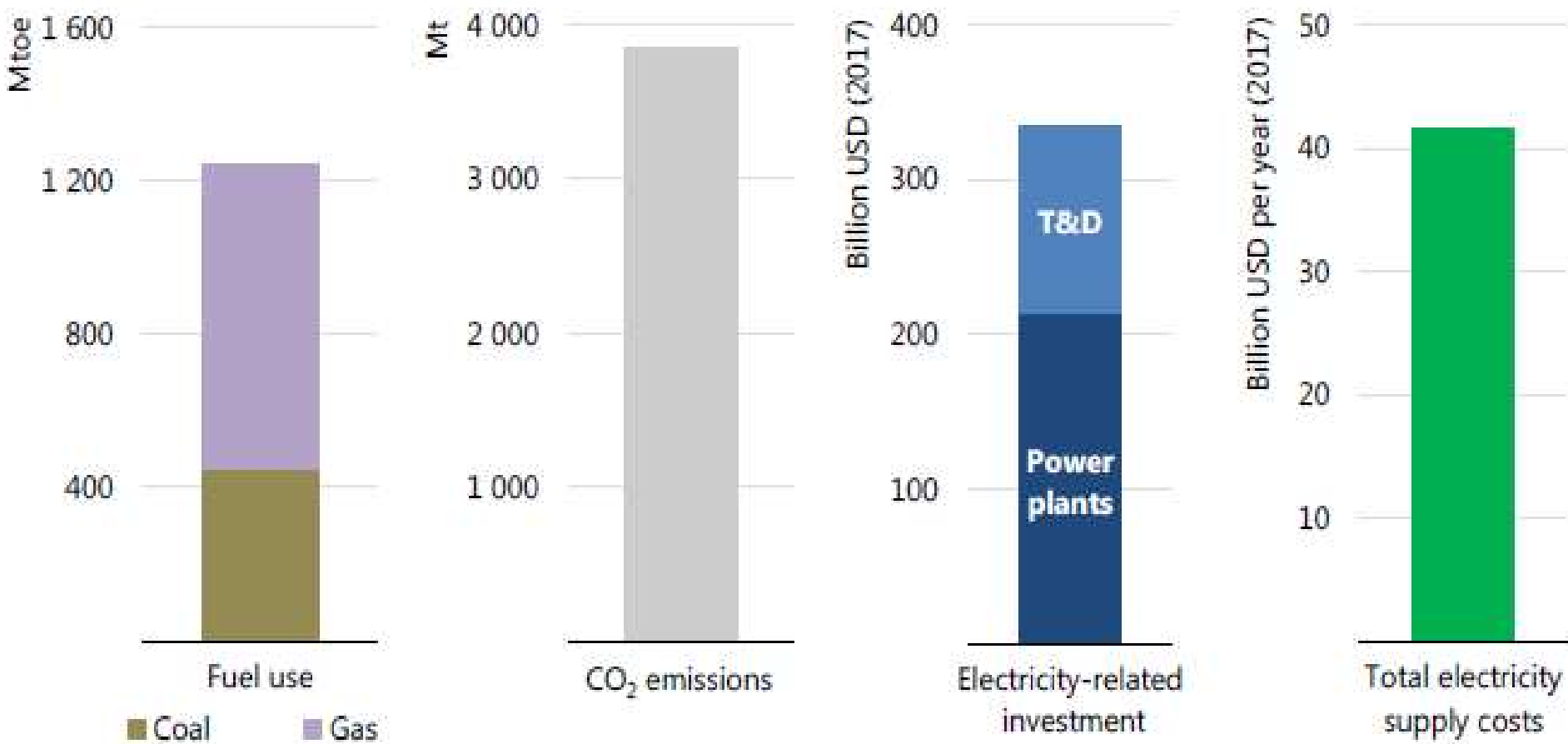
**La adecuación del sistema se
basa más en el gas.**

Contribución a la adecuación del sistema en el caso de desvanecimiento nuclear del nuevo escenario de políticas por fuente y región / país



**Una menor producción nuclear
resulta en mayores costos para
los consumidores.**

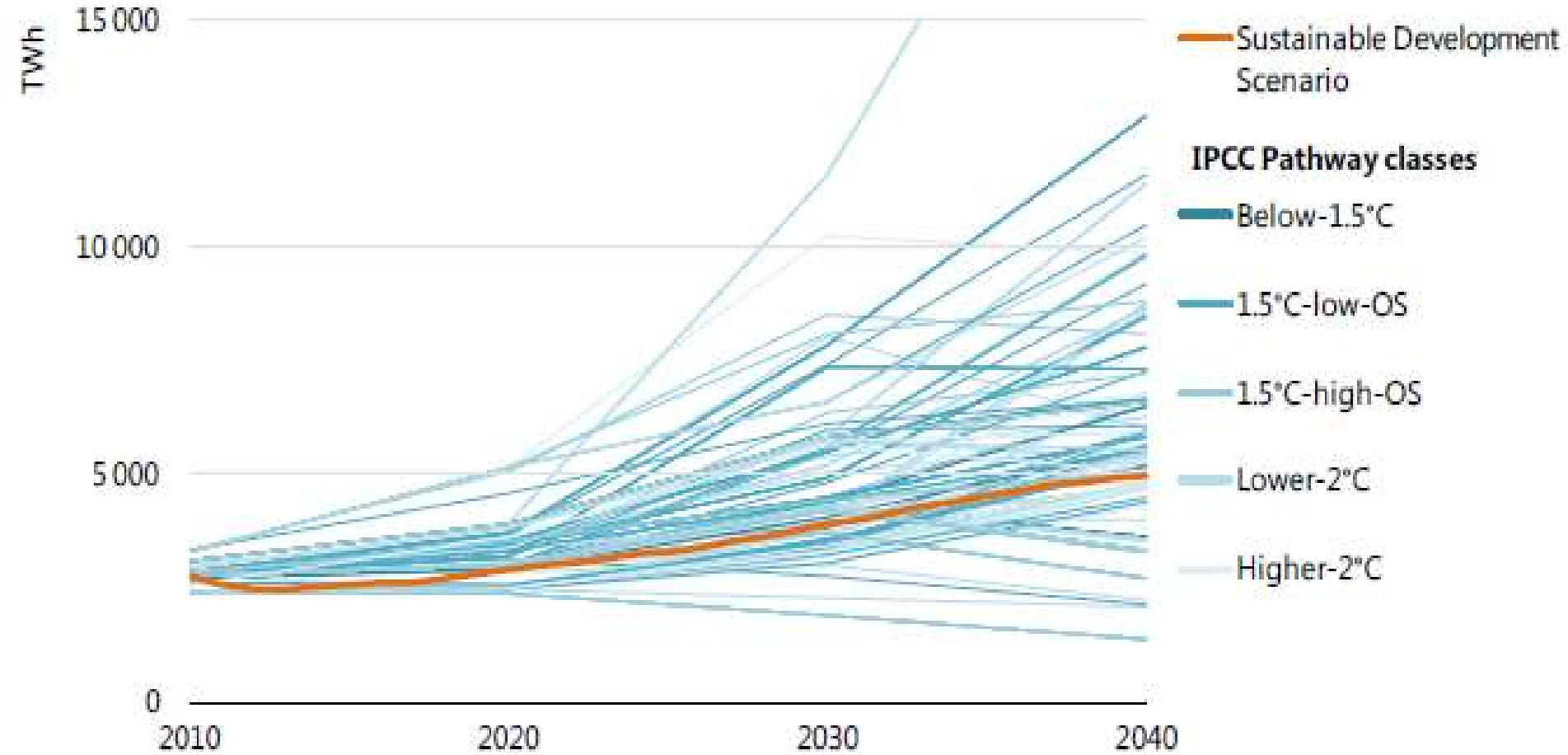
Cambio en los indicadores clave en las economías avanzadas en el caso de desvanecimiento nuclear en relación con el escenario de nuevas políticas, 2019-40



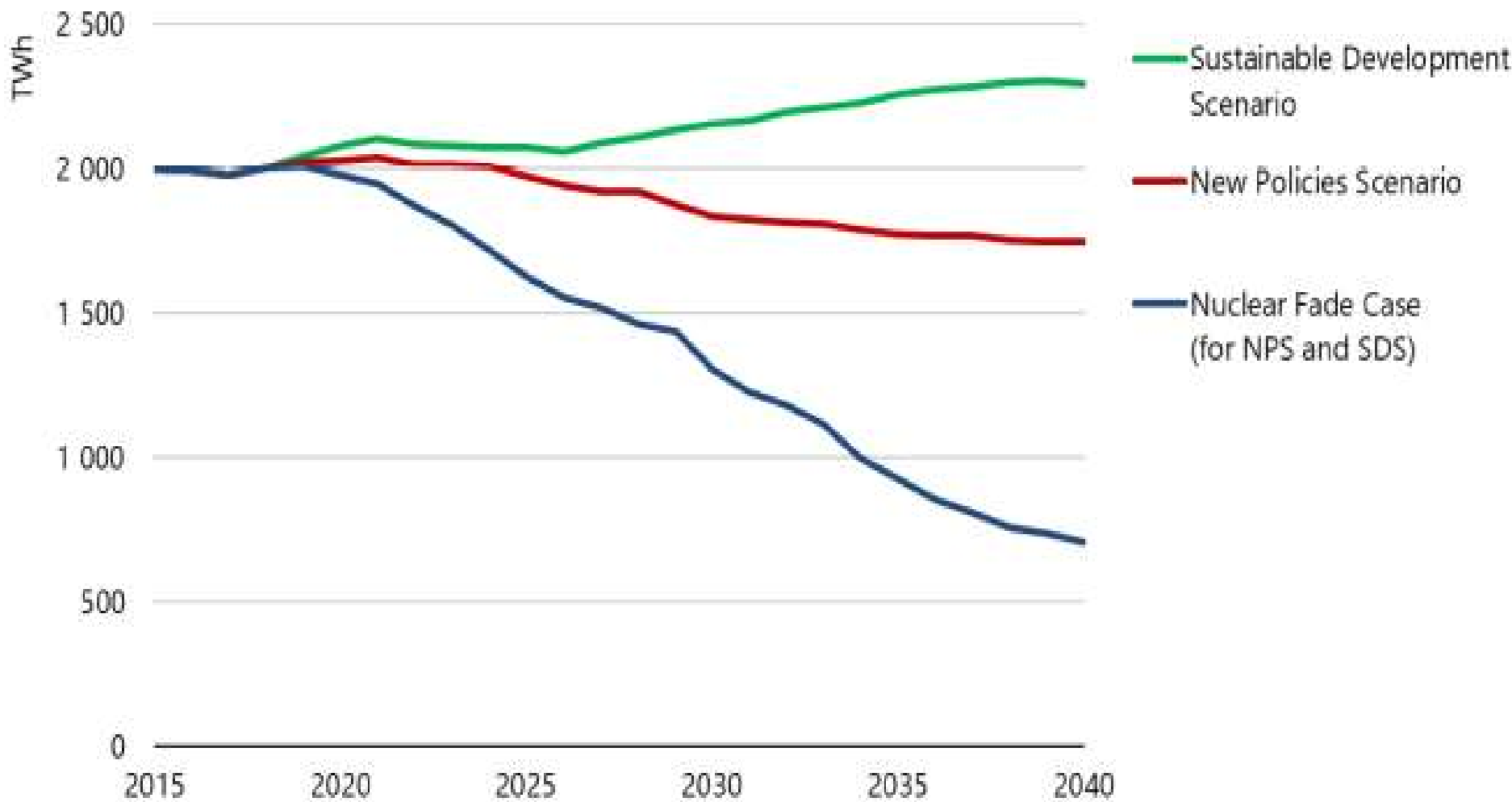
Implicaciones del caso de desvanecimiento nuclear en el escenario de desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible requiere más energía baja en carbono.

La producción mundial de energía nuclear en el Escenario de Desarrollo Sostenible en comparación con los escenarios del IPCC consistente con un calentamiento de 2 ° C

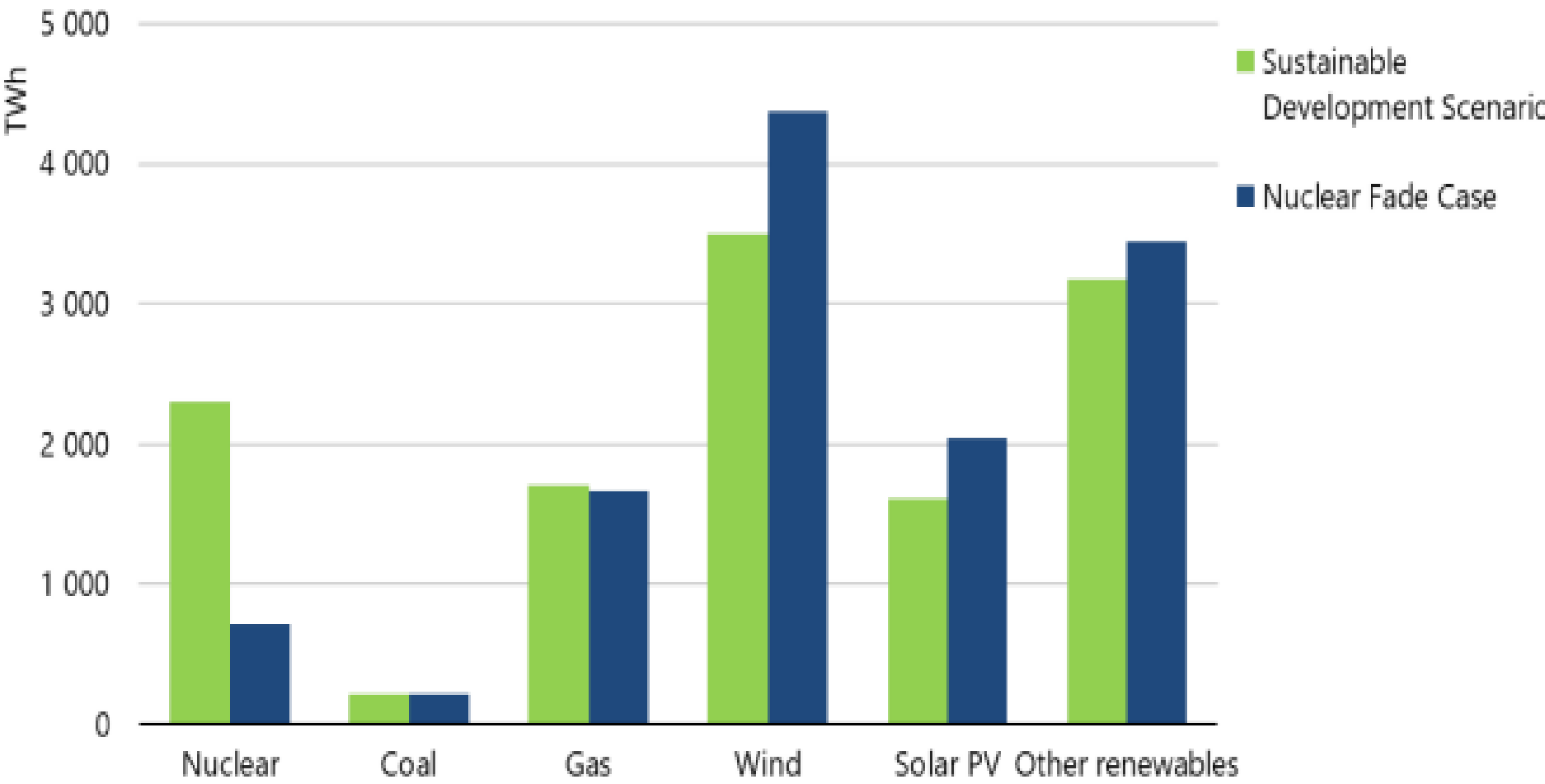


Producción de energía nuclear en economías avanzadas por escenario

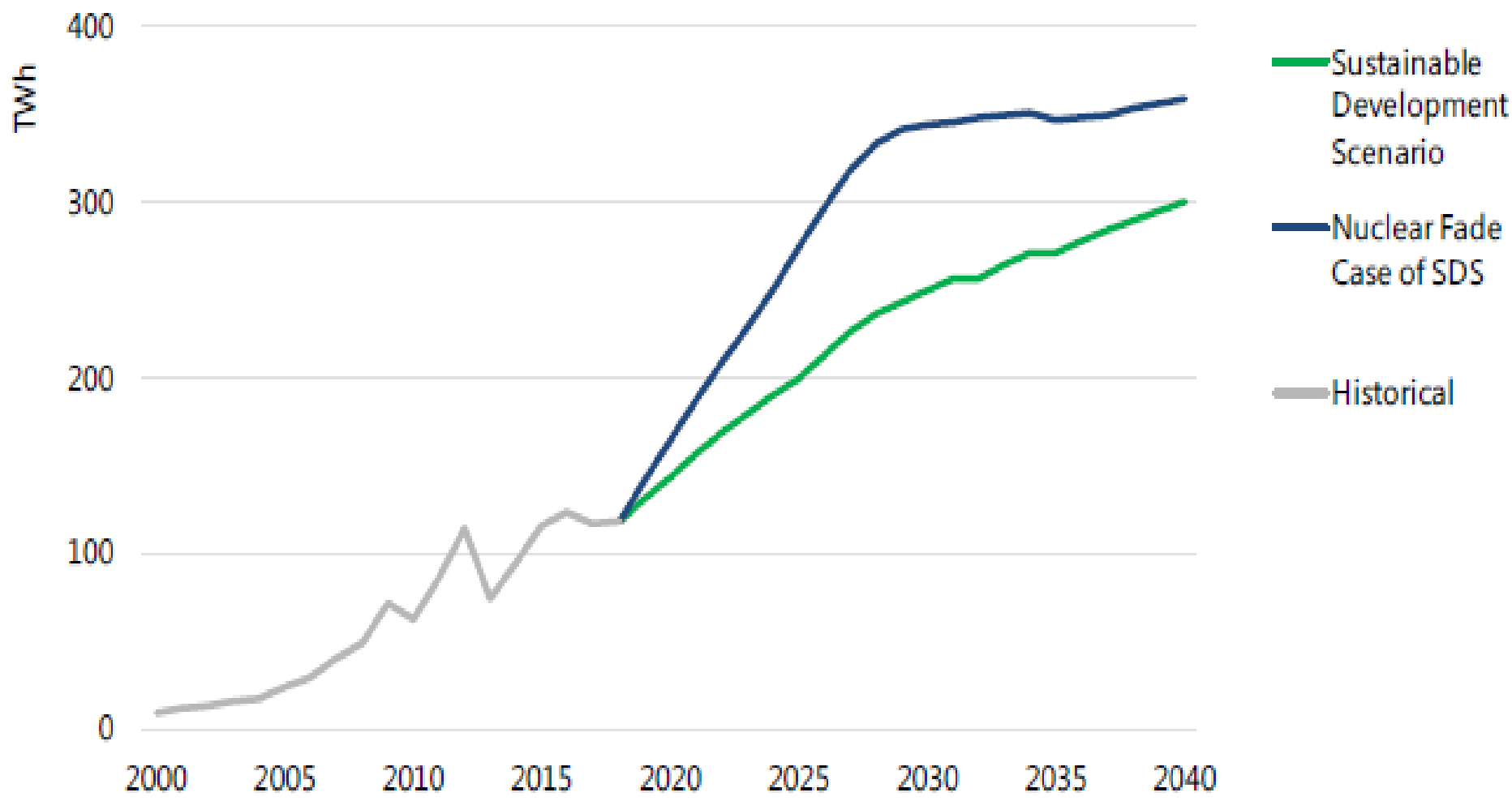


**La energía eólica y la solar están
mejor posicionadas para llenar
el vacío dejado por una menor
producción nuclear**

Generación de electricidad por fuente en economías avanzadas en el escenario de desarrollo sostenible y el caso de desvanecimiento nuclear, 2040

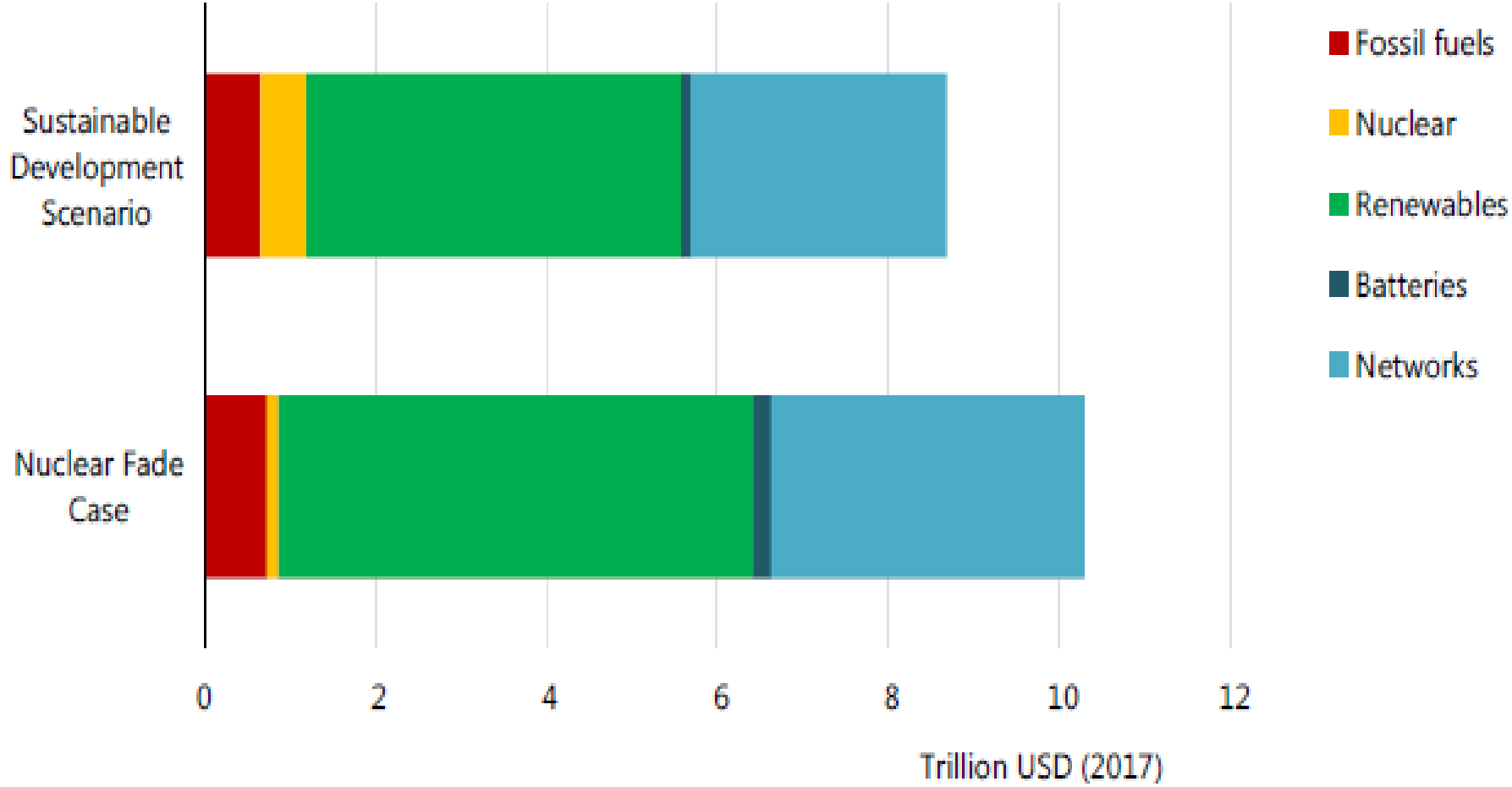


Crecimiento combinado de la energía eólica y solar en economías avanzadas en el escenario de desarrollo sostenible y en caso de desvanecimiento nuclear



Lograr la sustentabilidad con una menor producción de energía nuclear aumenta las necesidades de inversión y el costo de la transición energética.

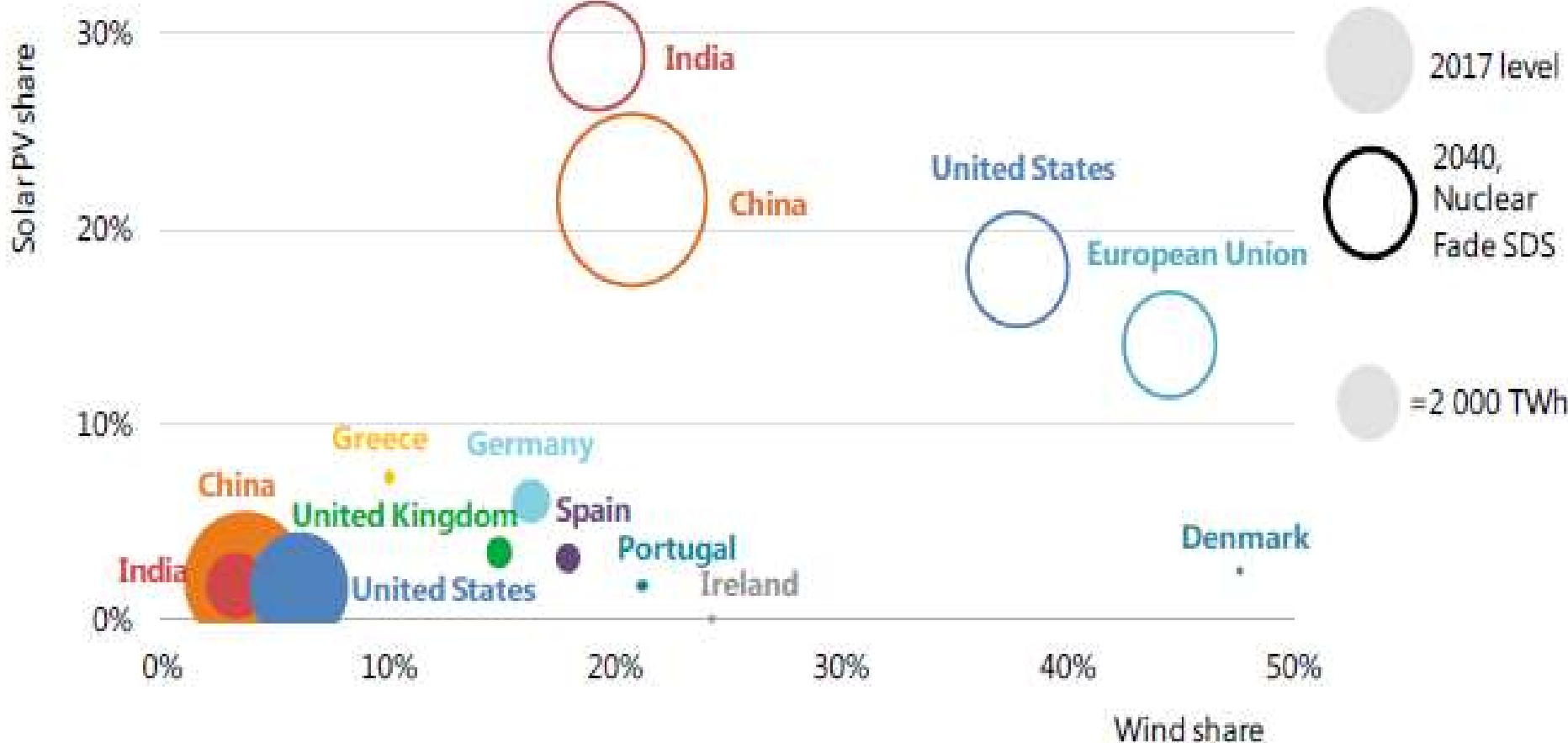
Inversión acumulada del sector eléctrico en economías avanzadas en el escenario de desarrollo sostenible y el caso de desvanecimiento nuclear, 2019-40



4.

**Sustentabilidad con menos
energía nuclear**

Participación de la energía eólica y solar en sistemas eléctricos seleccionados hoy y en 2040



Problemas:

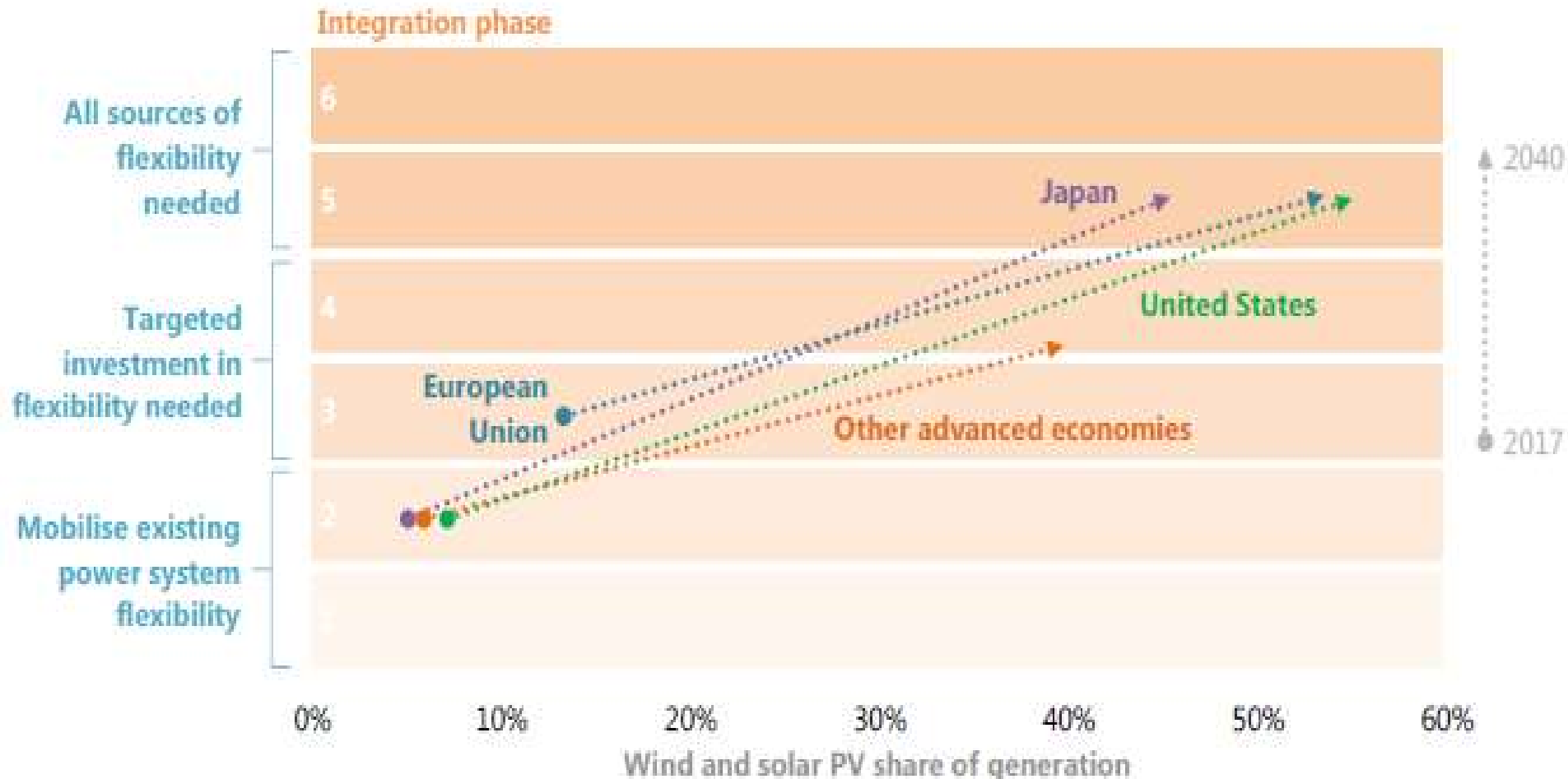
Uso de la tierra y permisos

- Ganar la aceptación pública de aún más proyectos de energía renovable será difícil.
- Situar parques eólicos en alta mar es una solución pero hay costos y barreras de infraestructura.
- La ampliación masiva de la energía solar requeriría más capacidad de transmisión.
- Las dificultades para permitir nuevas líneas de transmisión limitan las energías renovables.

Integración de sistemas de energías renovables y la flexibilidad

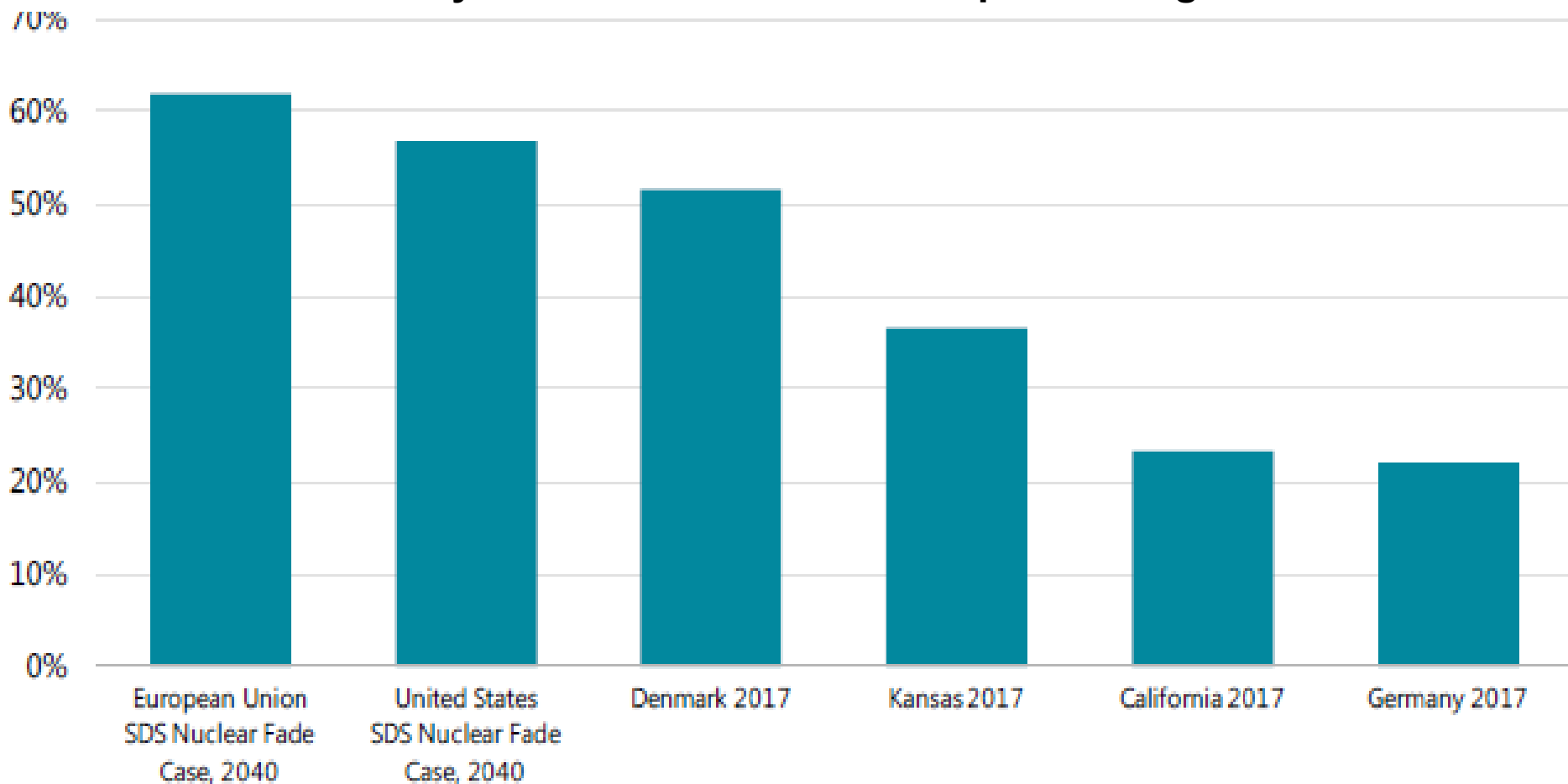
Será necesario mejorar la flexibilidad del sistema.

Fases de la integración de VRE en el caso de desvanecimiento nuclear del escenario de desarrollo sostenible en países de economía avanzada



Fuentes de flexibilidad

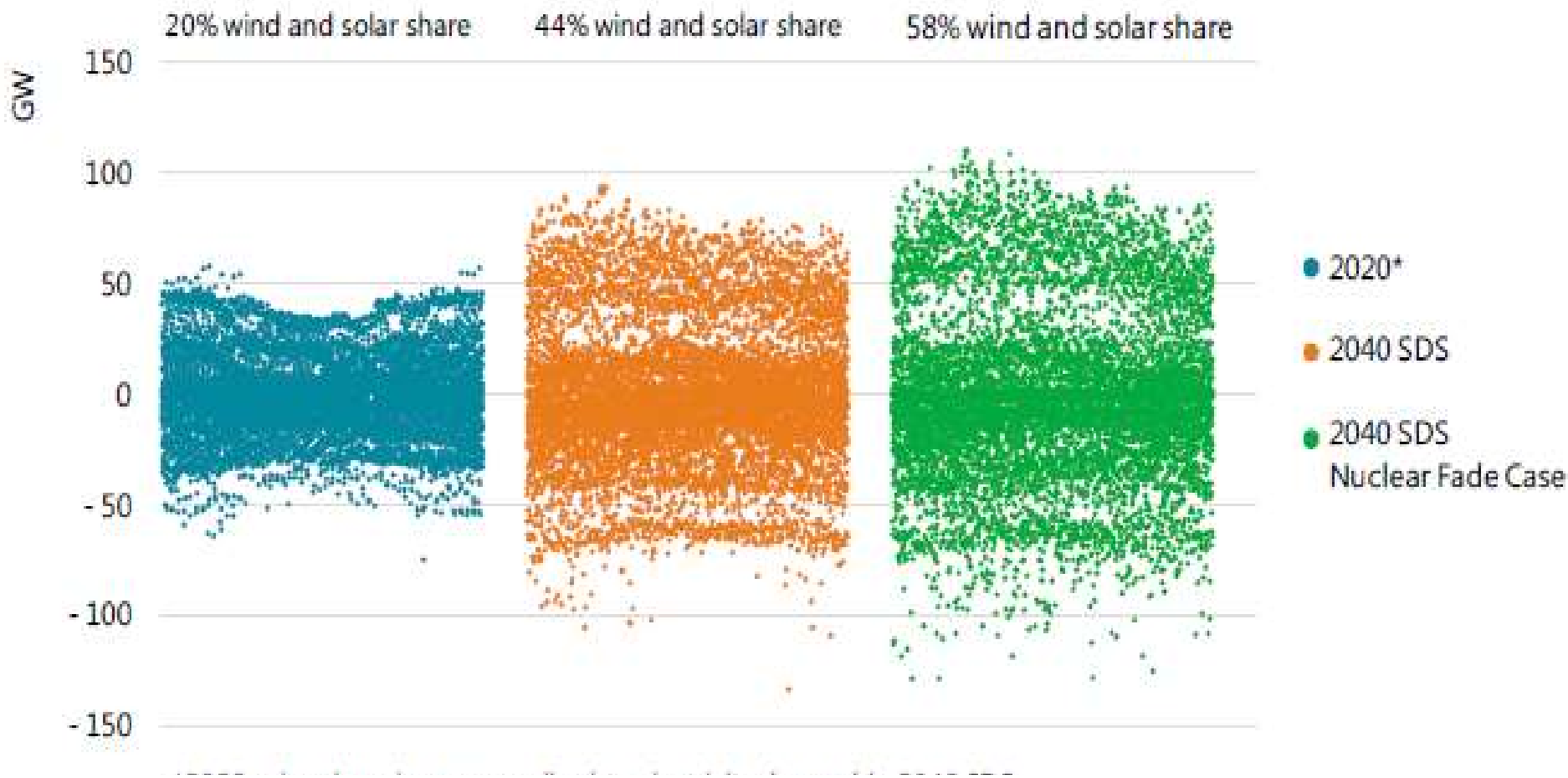
Participación combinada de la energía eólica y solar en la generación total en 2040 en el caso de desvanecimiento nuclear del escenario de desarrollo sostenible y en 2017 en determinados países / regiones



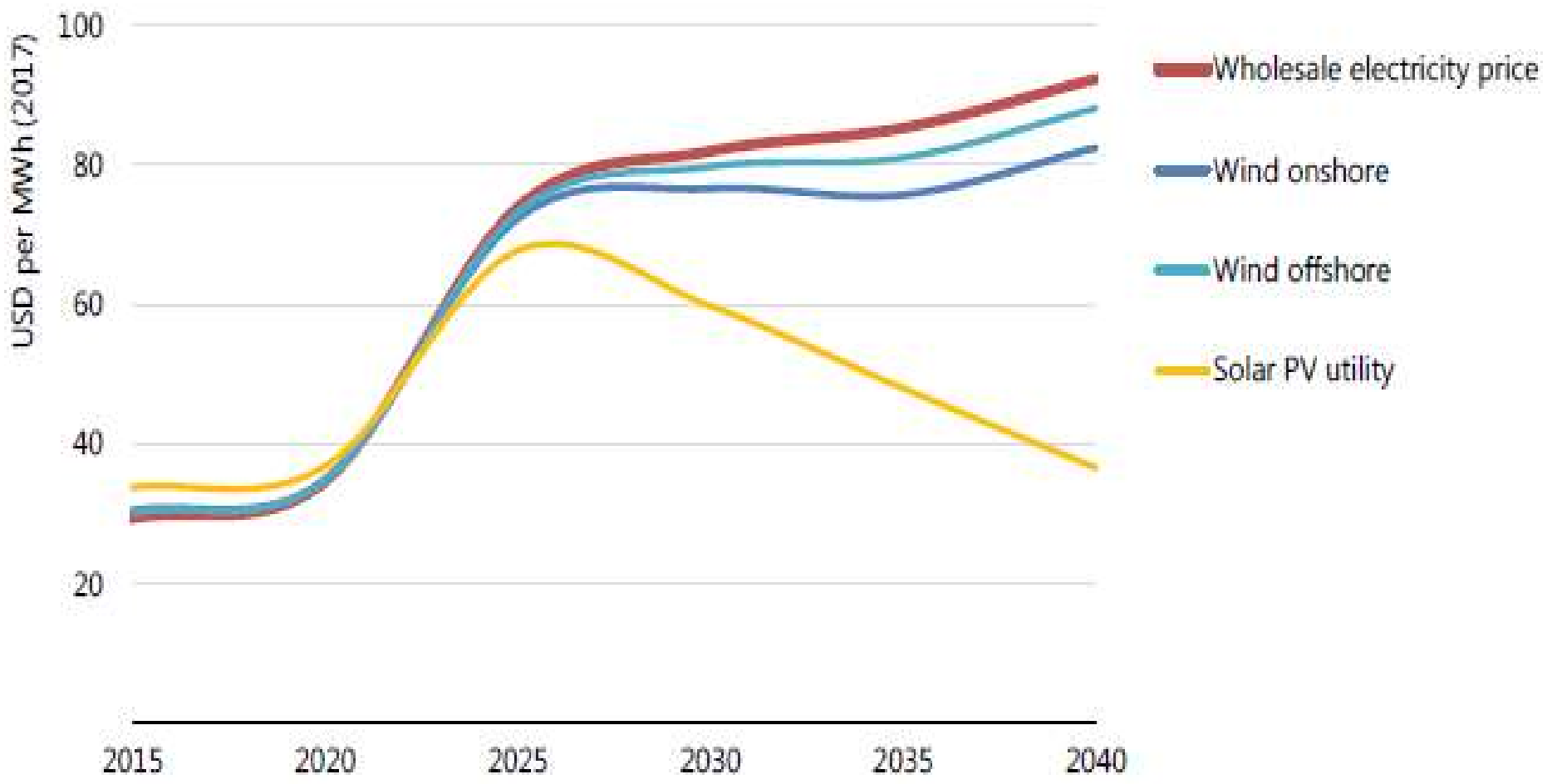
Hay un límite a la cantidad de flexibilidad que pueden proporcionar las interconexiones del sistema.

¡Los desafíos en la integración de renovables serán grandes, incluso con una inversión nuclear continua!

Rampas de hora a hora necesarias para integrar completamente la energía eólica y solar en la Unión Europea



Precio medio de la energía recibido por cada tecnología en la Unión Europea en el caso de desvanecimiento nuclear del escenario de desarrollo sostenible



5.

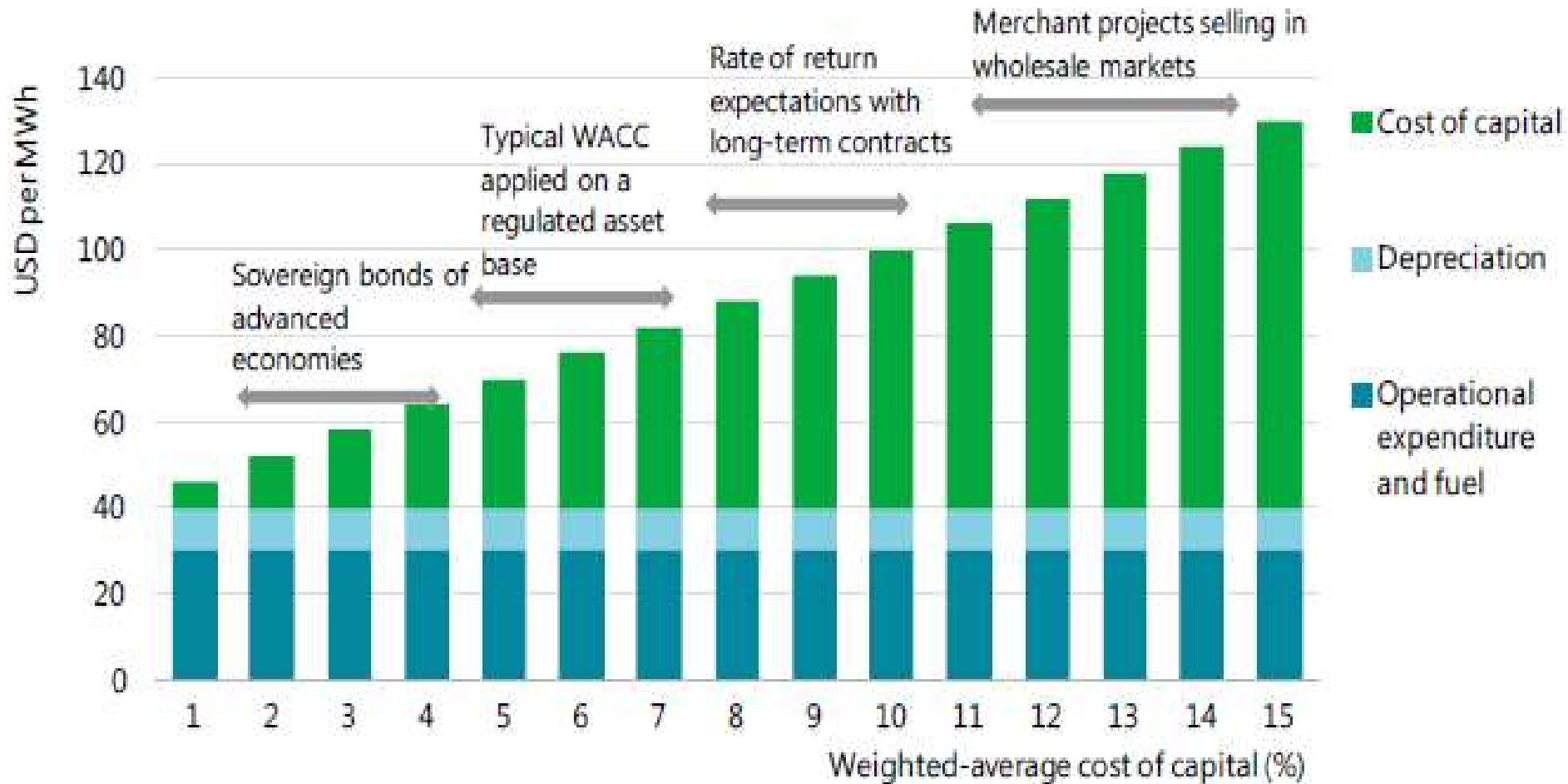
**Políticas para promover la
inversión en energía nuclear**

Marco normativo y regulatorio

**Extensiones de tiempo de vida
para reactores existentes.**

Apoyo de nuevas construcciones nucleares

Costo LCOE ilustrativo de un nuevo proyecto de planta de energía nuclear según el costo de capital



**¡Fomento a la
inversión en pequeños
reactores modulares!**

SMRs en desarrollo

Design	Net output per module (MW)	Type	Designer	Country	Status
Light-water cooled					
KLT-40S	70	Floating PWR	OKBM Afrikantov	Russia	Pre-commissioning testing
CAREM	30	PWR	CNEA	Argentina	Under construction
SMART	100	PWR	KAERI	Korea	Certified design, feasibility study to construct in Saudi Arabia (desalination)
NuScale	50 (× 12)	PWR	NuScale Power	United States	Licensing process, two projects planned in the United States (Idaho and Tennessee)
SMR-160	160	PWR	Holtec International	United States	Preliminary design
BWRX-300	300	BWR	GE Hitachi	United States	Conceptual design
(no name)	220	PWR	Rolls Royce	United Kingdom	Conceptual design
(no name)	170	PWR	CEA/EDF/Naval Group/ TechnicAtome	France	Conceptual design

Generación IV

HTR-PM	210	HTGR	Tsinghua University	China	Under construction
ACP100	100	PWR	CNNC	China	Start of construction planned for end of 2019
SC-HTGR	272	HTGR	Framatome	United States	Conceptual design
Xe-100	35	HTGR	X-energy LLC	United States	Conceptual design
4S	10	LMFR	Toshiba	Japan	Detailed design
EM2	265	GMFR	General Atomics	United States	Conceptual design
IMSR	190	MSR	Terrestrial Energy	Canada	Basic design
ThorCon	250	MSR	Martingale Inc	United States	Basic design

6.

Resumen

Primero:

La energía nuclear puede jugar un papel importante en las transiciones a energía limpia

1a.

La energía nuclear hace hoy una contribución significativa a la generación de electricidad, ya que proporcionó el 10% del suministro mundial de electricidad en 2018

1.b.

**Se necesitará una gama de tecnologías,
incluida la energía nuclear, para las
transiciones a energías limpias en todo
el mundo.**

1.c.

Las centrales nucleares contribuyen a la seguridad del suministro eléctrico de múltiples maneras.

Segundo:

Las extensiones de vida de las centrales nucleares son cruciales para la transición energética.

2.a

**Las decisiones políticas y regulatorias
siguen siendo críticas para el destino de
los reactores que envejecen en las
economías avanzadas**

2.b.

**Factores económicos también están en
juego**

Tercero:

**Los obstáculos a la inversión en
nuevos proyectos nucleares en las
economías avanzadas son
desalentadores**

3.a.

**Lo que ocurra con los planes para
construir nuevas plantas nucleares
afectará significativamente las
posibilidades de lograr transiciones de
energía limpia**

3.b.

La mayor barrera para nuevos proyectos nucleares es la movilización de inversiones

3.c.

Una serie de desafíos específicos a la naturaleza de la tecnología de la energía nuclear pueden impedir que se materialicen inversiones.

Cuarto:

Sin inversión nuclear, lograr un sistema de energía sostenible será mucho más difícil, prácticamente imposible.

4.a.

Un colapso en la inversión en plantas nucleares existentes y en nuevas de las economías avanzadas tendrá implicaciones muy negativas para las emisiones de CO₂, y para los costos y la seguridad energética.

4.b.

Lograr la transición a energía limpia con menos energía nuclear es conceptualmente posible pero requeriría un esfuerzo extraordinario y es probable no sea factible.

4.c.

**Si la energía nuclear sigue
desvaneciéndose, los sistemas
eléctricos se volverán menos flexibles.**

Quinto:

**Compensar menos energía nuclear
con más energías renovables
costaría mucho más.**

5.a.

Eliminar la energía nuclear de la ecuación resultará en un aumento en los precios de la electricidad para los consumidores.

Sexto:

**Se necesita un fuerte apoyo político
para asegurar la inversión en
plantas nucleares existentes y en
nuevas.**

6.a.

Los países que han mantenido la opción de utilizar la energía nuclear necesitan reformar sus políticas para garantizar la competencia en igualdad de condiciones

6.b.

Asegurar la inversión en nuevas plantas nucleares requiere una intervención política más intrusiva dado el costo muy alto de los proyectos y las experiencias recientes desfavorables en algunos países

6.c.

La actividad continua en el desarrollo de la tecnología nuclear y la operación de plantas es necesaria para mantener la competencia y la experiencia

6.d.

Está aumentando el interés en tecnologías nucleares avanzadas que se adapten a la inversión privada, ¡tales como los reactores modulares pequeños (SMR)!

7.

Epílogo

Recomendaciones

Primera:

Mantener la opción nuclear abierta:

autorizar las extensiones de por vida de las plantas nucleares existentes mientras sean seguras

Segunda:

Valorar el despacho de carga

- Diseñar el mercado de electricidad de manera que valore adecuadamente los servicios del sistema necesarios para mantener la seguridad eléctrica, incluida la disponibilidad de capacidad y los servicios de control de frecuencia.
- Asegurar de que los proveedores de estos servicios, tales como las centrales nucleares,

¡sean compensados de manera competitiva y no discriminatoria!

Tercera:

Valorar los beneficios no relacionados con el mercado:

Establecer una competencia justa para la energía nuclear con otras fuentes de energía bajas en carbono, en reconocimiento de sus beneficios ambientales y de seguridad energética, y remunerarla en consecuencia.

Cuarta:

Optimizar las normas

internacionales de seguridad:

garantizando el funcionamiento seguro y continuo

de las plantas nucleares, pero evitando la

burocratización innecesaria.

Quinta:

Crear un marco de financiamiento nuclear atractivo:

estableciendo marcos de gestión de riesgo y financiamiento que puedan ayudar a movilizar capital para plantas existentes y nuevas a un costo aceptable, teniendo en cuenta el perfil de riesgo y los horizontes a largo plazo de los proyectos nucleares.

Sexta:

Apoyar nuevos emprendimientos:

asegurando de que los procesos de concesión de licencias no den lugar a retrasos en los proyectos y aumentos de costos que no estén justificados por los requisitos de seguridad, y apoyando la estandarización y permitiendo el aprendizaje práctico de toda la industria.

Séptima:

Mantener el capital humano:

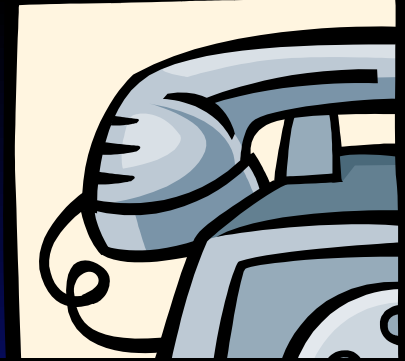
protegiendo y desarrollando las capacidades de
gestión de proyectos en ingeniería nuclear.

Octava:

Respaldar nuevos diseños de reactores innovadores:

como los reactores modulares pequeños (SMR),
con menores costos de capital y plazos de entrega
más cortos y tecnologías que mejoren la
flexibilidad operativa de las centrales para facilitar
su integración en los futuros sistemas eléctricos
con energía eólica y solar.

Av. del Libertador 8250
Buenos Aires



+541163231306/1757

*Gracias por la
atención!*



abel_j_gonzalez@yahoo.com