

Dan otvorenih vrata – Energetika na FER-u

Ekonomika masivne integracije obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav

Prof.dr.sc. **Dubravko Sabolić**

Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.

Croatian Transmission System Operator, Ltd.

dubravko.sabolic@hops.hr

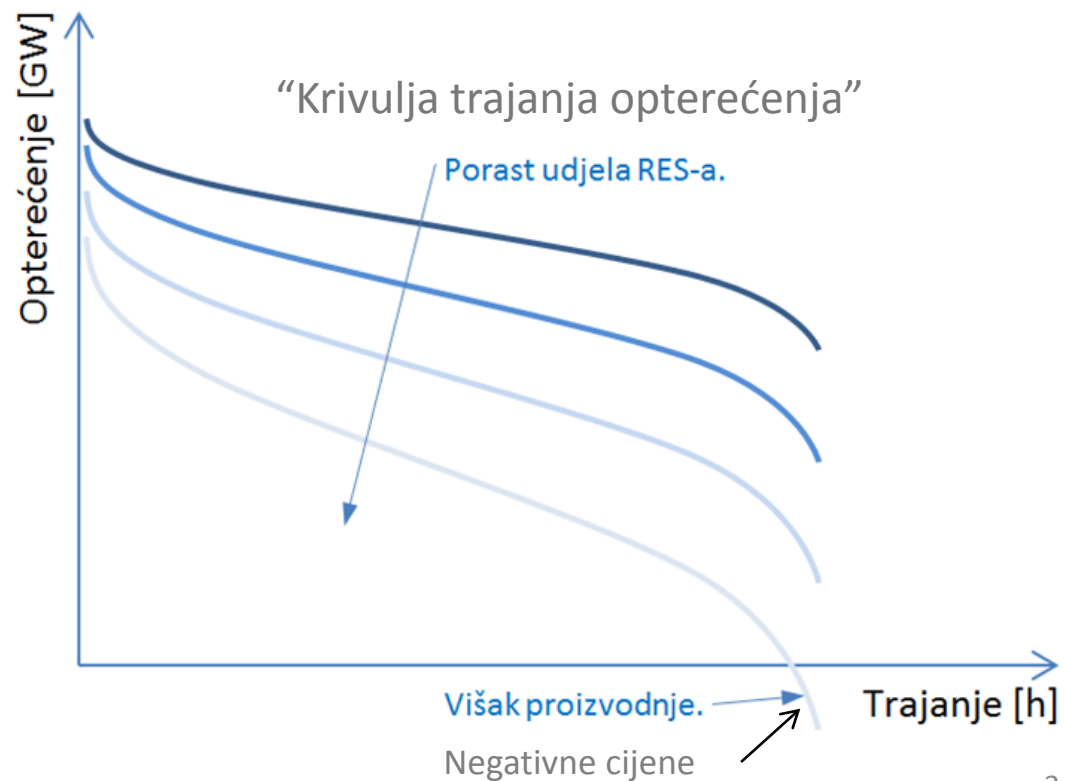
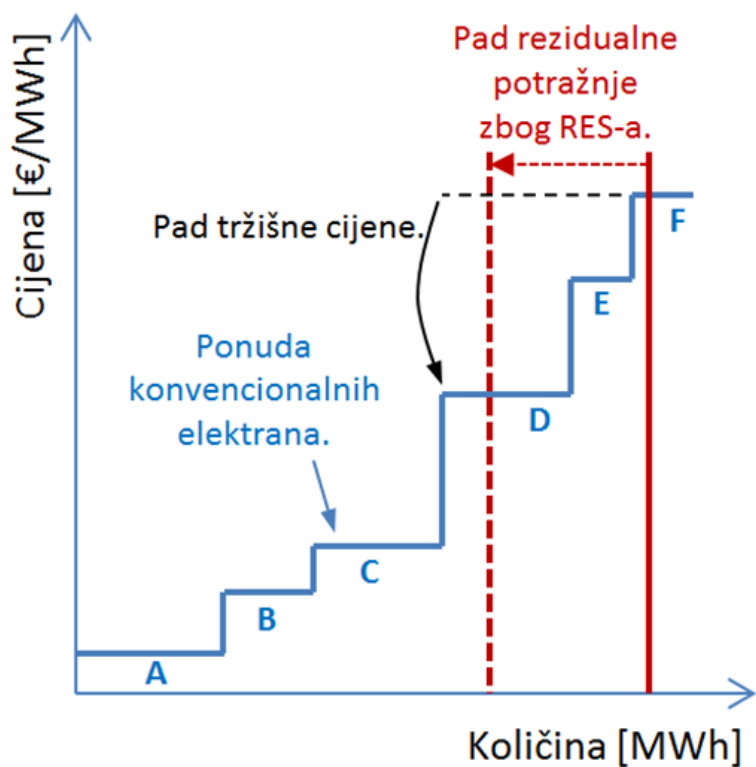
Zagreb, 11. svibanj 2015.

1. Uvod

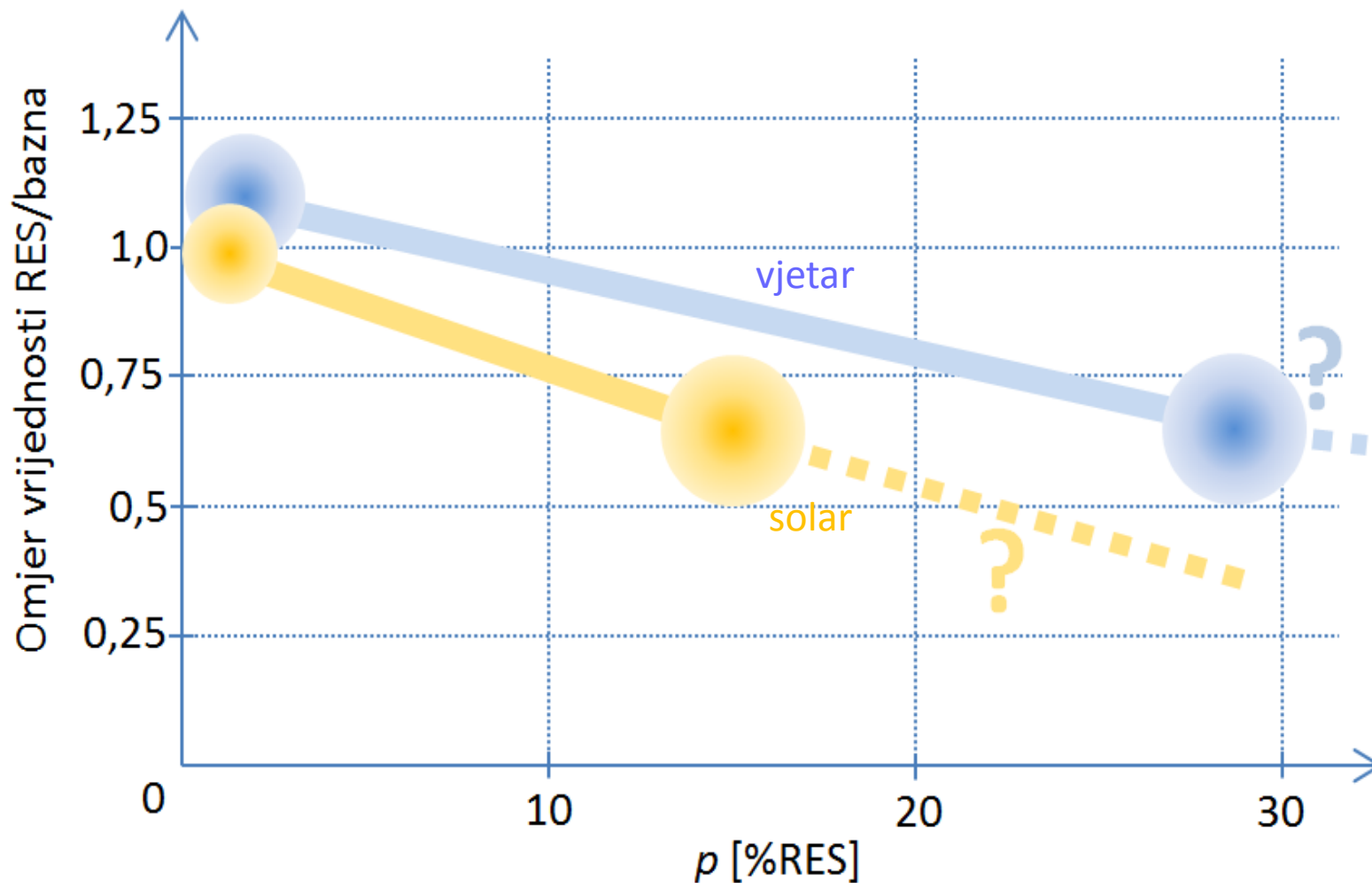
- Ekonomika sustava kada udio intermitentnih izvora (vjetar, sunce) postane velik, ali još uvijek ne i dominantan (20-30%).
- Srednjoročna budućnost – 20/20/20.
- Karakteristike energije iz vjetra i sunca:
 - intermitentnost;
 - varijabilnost koja se općenito ne poklapa s varijabilnošću potrošnje;
 - kapitalna intenzivnost;
 - granični troškovi bliski nuli;
 - prvenstvo u pristupu na prijenosni sustav (propisi);
 - različiti sustavi subvencija (propisi).
- Već samo zbog gore nabrojanih karakteristika, ovi izvori imaju snažan utjecaj na ekonomiku elektroenergetskog sustava u cjelini.
- **KAKO POVEĆANJE UDJELA INTERMITENTNIH IZVORA UTJEČE NA DUGOROČNE CJENOVNE SIGNALE, O KOJIMA OVISI STRATEGIJA BUDUĆIH ULAGANJA U RAZLIČITE VRSTE PROIZVODNIH OBJEKATA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU?**

2. Problemi ekonomike sustava s velikim udjelom intermitentnih izvora

2.1. Osnovni mehanizam utjecaja povećanja udjela obnovljivih izvora na cijene



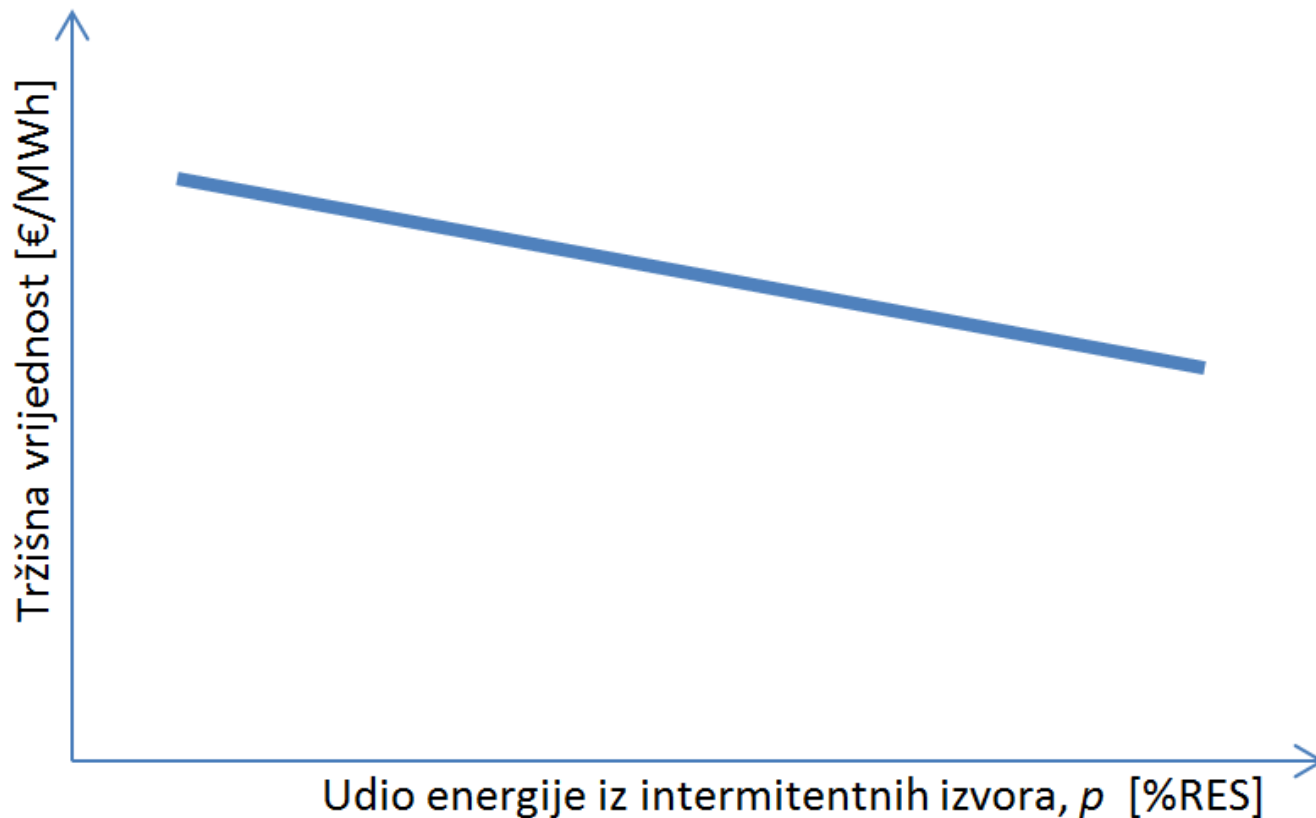
2.2. Troškovi proizvodnje i vrijednost energije iz intermitentnih obnovljivih izvora



- Vrijednost električne energije (ukupno, ne samo RES) pada s porastom udjela intermitentnih izvora, *ceteris paribus*.

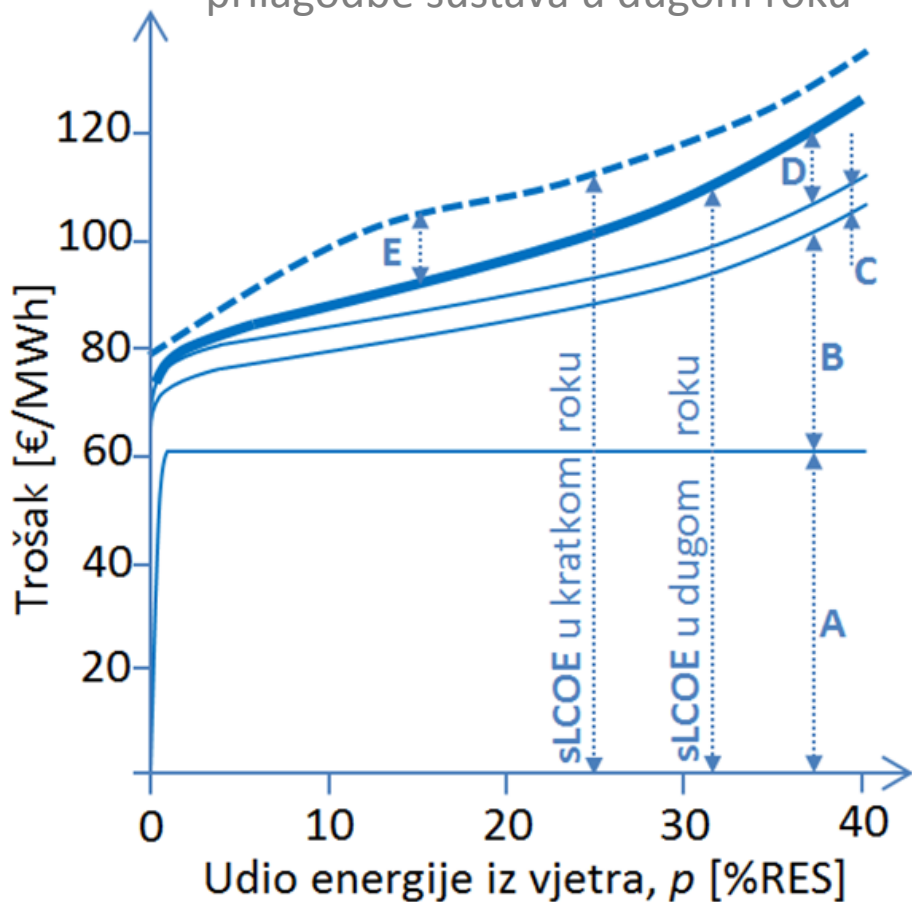
Glavni razlozi pada:

- *crowding-out* učinak dodatne velike količine energije proizvedene uz nulti granični trošak, čiji je porast u vremenu puno brži od porasta potrošnje;
- povećanje udjela energije proizvedene u razdobljima kad je potražnja mala, pa je njena vrijednost mala ili negativna.

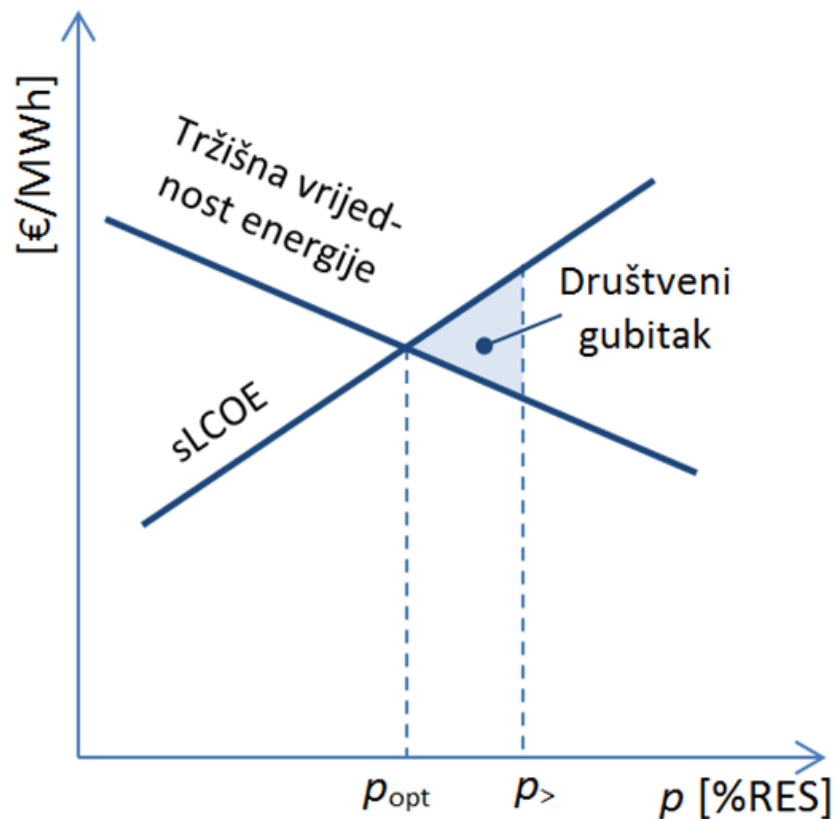


- sLCOE kao funkcija udjela intermitentnih izvora u ukupnoj proizvodnji, te optimalni udio tih izvora

A – trošak proizvodnje; B – trošak profila
 C – trošak regulacije; D – trošak mreže
 E – smanjenje troška zbog tehničke prilagodbe sustava u dugom roku



Optimalan udio intermitentnih izvora



2.3. Sheme subvencija za obnovljive izvore

- **Fiksne feed-in tarife:** elektrana dobiva plaćen jednak iznos po svakom MWh isporučene energije, bez obzira na to *kad* je proizvedena:
 - potpuna izolacija od tržišnih signala;
 - elektrana uopće ne sudjeluje na tržištu, jer joj operator sustava mora dati prioritetni pristup mreži;
 - u smislu društvenog troška eliminacije CO₂, najskuplji sustav, koji potiče mnoge oblike neefikasnosti u investicijama i operiranju elektrana.
- **Feed-in premije na tržišnu cijenu:**

Osnovna zamisao premijskog sustava:

 - elektrana prodaje svoju energiju po trenutnoj tržišnoj cijeni;
 - na svaki MWh prodane energije dobiva dopunski (obično fiksni) iznos premije;
 - prednost: potpuna izloženost signalima s veleprodajnog tržišta.

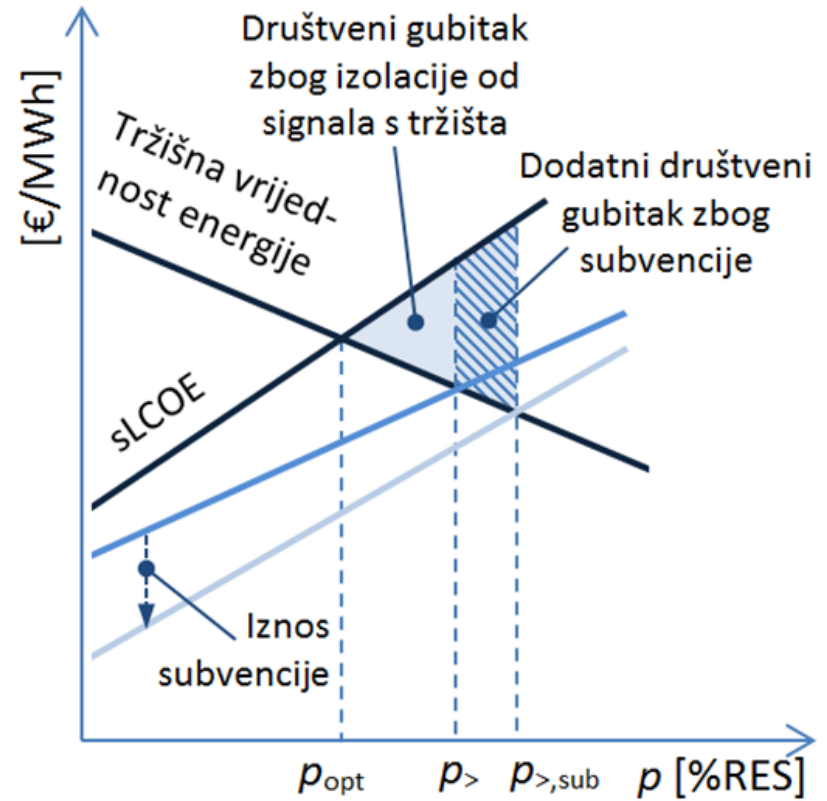
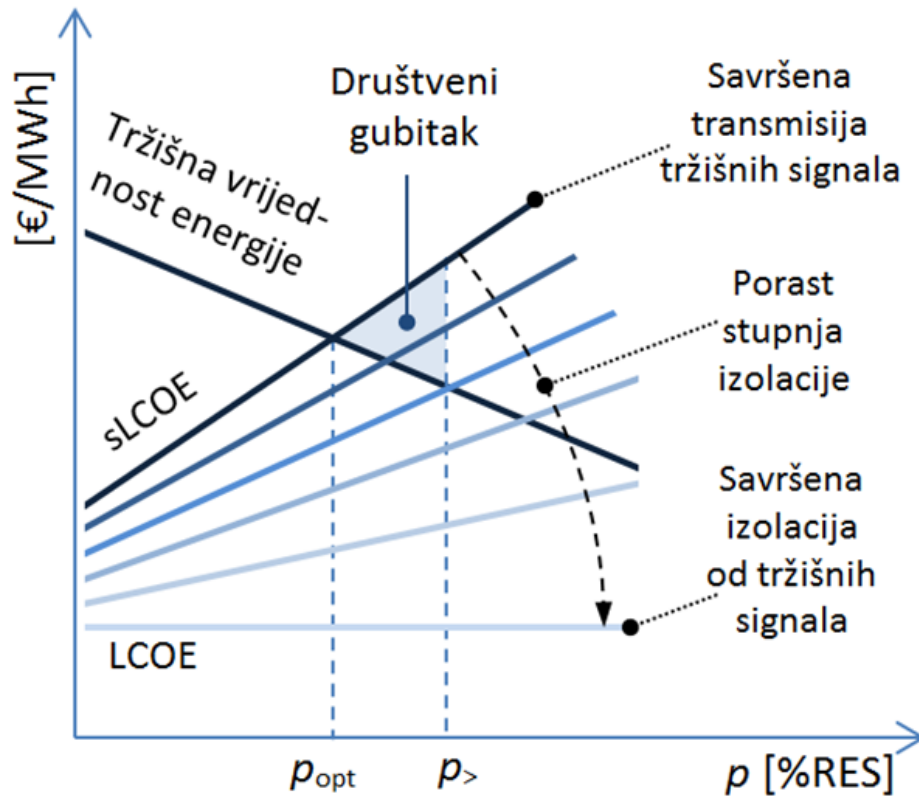
- **Zeleni certifikati:**

- država određuje obvezan postotak energije obnovljivog porijekla, koju opskrbe kompanije moraju prodati – kontrola „emisije” certifikata;
- zeleni certifikat je ekvivalent npr. 1 MWh proizvedenog u obn. izvoru;
- certifikate stoga generiraju obnovljive elektrane, i oni im daju dodatan prihod (subvenciju) u iznosu kojeg odredi tržište certifikata;
- ulagači u elektrane izloženi su rizicima cijene na tržištu energije, ali im je dan izvor dopunske financijske „sigurnosti” kroz neovisnu prodaju zelenih certifikata;
- cijena certifikata u dugom roku:
 - pada s povećanjem instalirane snage obnovljivih izvora, *ceteris paribus*;
 - pada s povećanjem ukupne proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, *ceteris paribus*, neovisno o njenoj vrijednosti i kratkoročnim varijacijama u vremenskom rasporedu proizvodnje;
 - raste s potrošnjom energije, *ceteris paribus*;
 - raste s povećanjem obveznog udjela zelene energije u potrošnji, *ceteris paribus*.
- zeleni certifikati omogućuju prijenos signala i kratkoročne i dugoročne prihode, s tim da su prihodi od certifikata mnogo manje volatilni.

2.4. Pitanje opravdanosti izolacije obnovljivih izvora od tržišnih signala

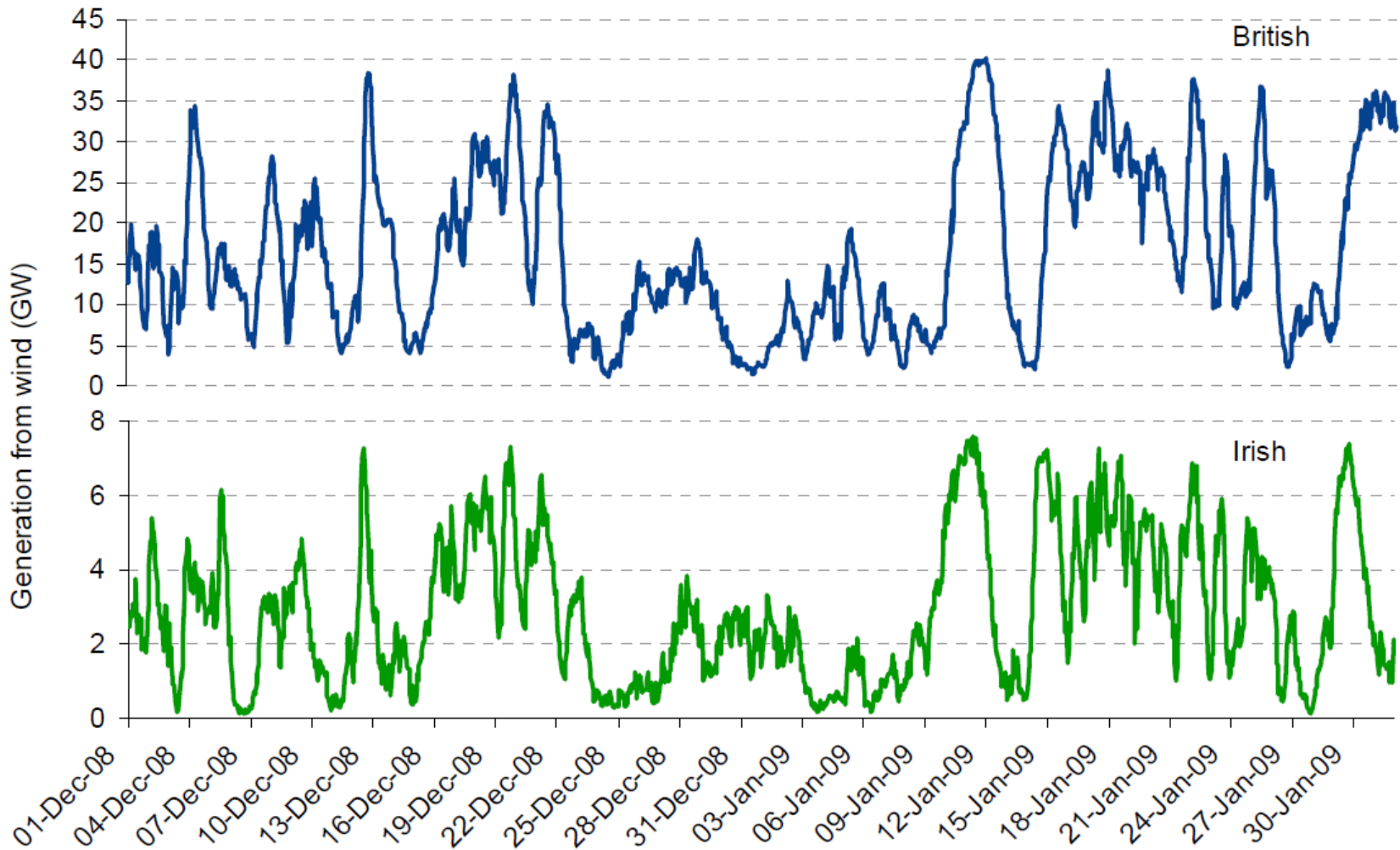
- Ima više oblika *izolacije*, npr.:
 - izolacija od većeg ili manjeg dijela rizika veleprodajnog „energy-only” tržišta;
 - poštuda od eksternih troškova koje intermitentni izvor proizvodi sustavu
→ socijalizacija kroz tarifu TSO-a/DSO-a, ili prevaljivanje nekom drugom u lancu vrijednosti.
- Zapravo, i nije najvažnije kome je neki eksterni trošak prevaljen, jer će ga, i u dugom i u kratkom roku, svejedno platiti potrošač.
- Bitan učinak izolacije od tržišnih signala na društvo jest sljedeći:
 - donose se krive odluke o alokaciji resursa u investicije u nove proizvodne kapacitete različitih tehnologija, koje imaju *dugoročne* posljedice;
 - zbog toga je čitav sustav neekonomičan, a ukupan društveni trošak izgradnje i operiranja takvog elektroenergetskog sustava je veći od tržišne vrijednosti proizvedene energije.
- Neekonomično vođenje razvoja sustava vrlo je opasno, jer može dovesti do bitnih zastoja u dinamici dekarbonizacije.

- Ideogram utjecaja stupnja izolacije intermitentnih izvora od tržišnih signala na ekonomičnost sustava



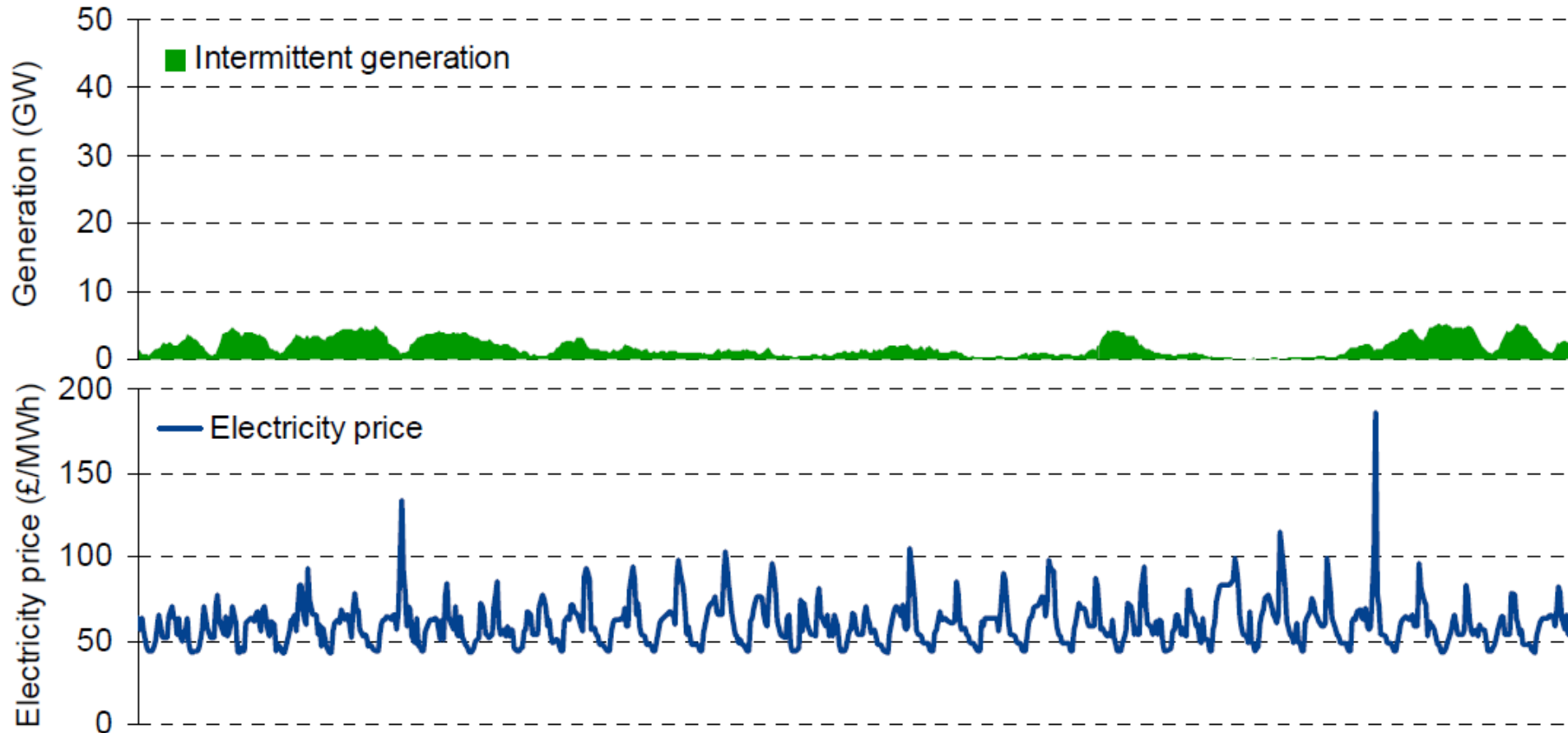
2.5. Povećanje rizika cijena energije zbog utjecaja intermitentnih izvora

Projekcija ukupne snage proizvodnje vjetroelektrana u GB i IR za 2030., na temelju povijesnih podataka o vremenu iz 2008/9. Izvor: Poyry (2009).

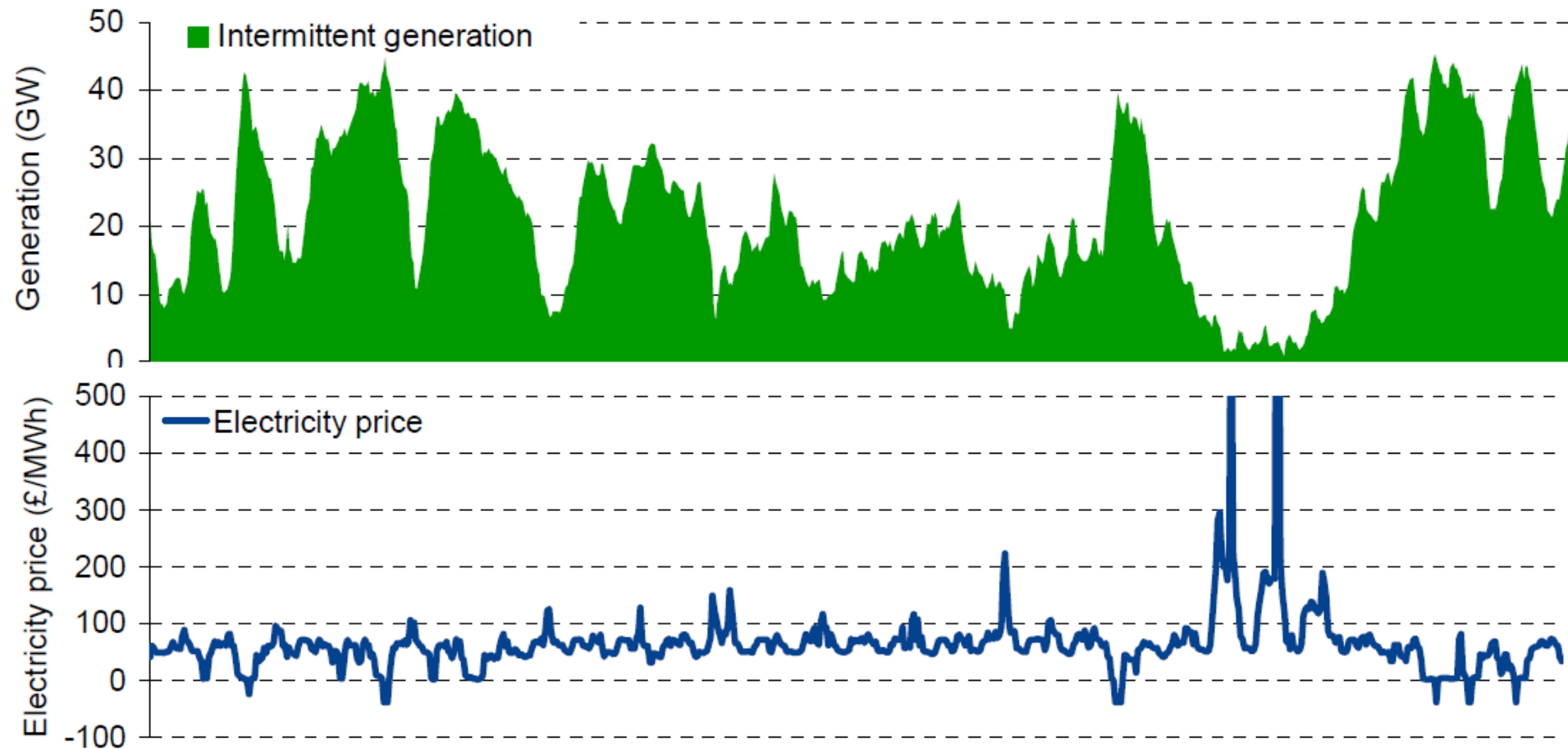


- Varijabilnost proizvodnje → volatilitnost cijena
(profil varijabilnosti proizvodnje ne prati profil varijabilnosti tereta)
 - velika ponuda + mala potražnja → vrlo niske i (ponekad) negativne cijene
 - mala ponuda + velika potražnja → cjenovni ekstremi
- Statistički dobitak zbog teritorijalne raspršenosti proizvodnih objekata ne isključuje povremenu pojavu ekstremnih okolnosti.
- Idealistički gledano, cjenovni ekstremi, koji značajno nadilaze granične troškove najskupljih jedinica, trebali bi osigurati poticaje potrebne za ulagače u vršne konvencionalne elektrane.
- Poyry (2009), model britanskog tržišta (33 GW vjetra), horiz. 2020.
 - ekstremna volatilitnost, od negativnih cijena u nezanemarivom dijelu vremena (preko 1%), pa do satnih ekstrema i do 1.200 €/MWh
 - do 2030., (vrlo rijetka) pojava cjenovnih ekstrema do 10.000 €/MWh
 - učestalost pojave cjenovnih ekstrema ***snažno varira od godine do godine***
→ velik rizik za vršne TE (nadoknada godišnjih fiksnih troškova?)
- Rizik nekoordiniranih investicija – povratak centralnog planiranja??
 - Npr., što ako više poduzeća odjednom izgradi suvremena vršna postrojenja?
→ To bi izazvalo pad broja sati s ekstremnim cijenama, i njihov iznos.

Intermitentna proizvodnja i cijene električne energije,
Velika Britanija, jedan mjesec u 2009. Izvor: Poyry (2009).



Projekcija intermitentne proizvodnja i cijena električne energije, Velika Britanija, siječanj 2030. uz meteorološke prilike kao u siječnju 2000. Izvor: Poyry (2009).



2.6. Dizajn tržišta

- Uz danas uobičajene sheme organiziranja „energy-only” tržišta, ključni problemi su:
 - povećana potreba za vršnim elektranama (zbog porasta volatilnosti), i **istodobno**, smanjenje njihovog faktora korištenja (zbog istiskivanja)
 - tržište treba osigurati poticaje za ulagače (ekstremne cijene);
 - ekstremne cijene javljaju se **rijetko**, učestalost im **jako varira** kroz godine, i izložene su **političkom riziku**;
 - ulagači vide destrukciju vrijednosti energije općenito, i istodobno snažno povećanje rizika projekata.
- **Politički rizik?**
 - u energetici **nikad** ne treba podcijeniti mogućnost **iracionalne** političke intervencije;
 - mogućnost političke intervencije s ciljem **limitiranja** ekstremnih cijena zbog populizma, unatoč ekstremno rijetkoj pojavi takvih cijena;
 - **neovisni regulatori** zamišljeni su kao „tampon” prema dnevnoj politici, no u to ulagači ne vjeruju;
 - regulator + agencija tržišno natjecanje bi trebali **znati i moći** ocijeniti razliku između zlouporabe tržišne snage i naplate dopuštene rente oskudnosti
 - veliki rizik pogrešne odluke regulatora na štetu vršne elektrane;
 - politika ima poluge za intervenciju i bez regulatora: npr., **windfall tax**;
 - i sama **mogućnost** da se politika uplete doživljava se kao politički rizik.

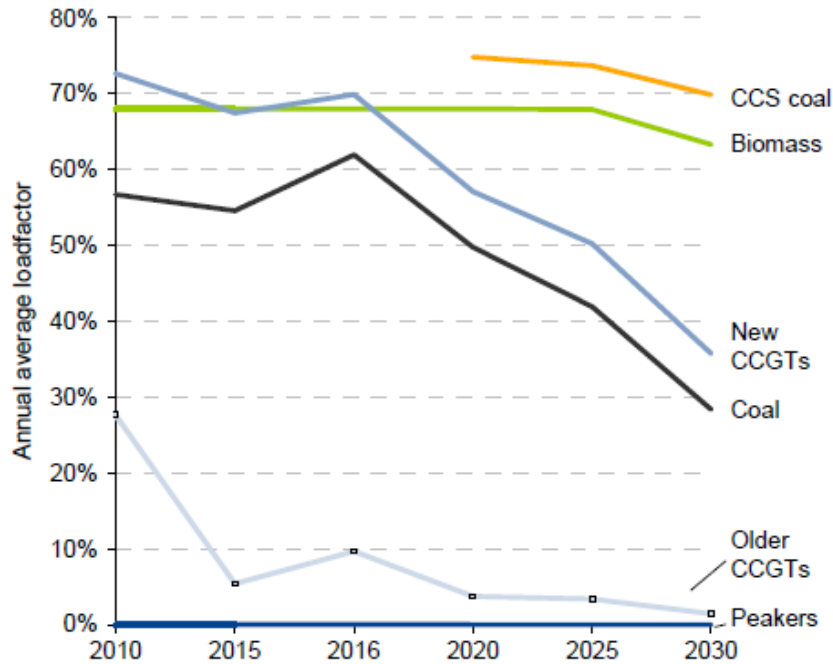
2.6. Tržišta kapaciteta

- Dvije **različite** vrste **problema**, koji se jako zaoštravaju povećanjem udjela intermitentne proizvodnje, zahtijevaju razvoj dodatnih tržišnih mehanizama:
 - pitanje pouzdanosti pogona u uvjetima **oskudne raspoložive operativne rezerve** (u satima kad je tržišna potražnja velika, a ponuda mala);
 - pitanje balansiranja odstupanja koja se događaju odstupanja koja se zbog pregrubog vremenskog rastera ne mogu razriješiti na tržištu (**regulacija**).
- U oba slučaja gotovo je izvjesna regulatorna intervencija.
- Problem transmisije cjenovnih signala kako bi se dugoročno osigurale dovoljne količine fleksibilnih kapaciteta za potrebe regulacije sustava, u kontekstu danas uobičajene organizacije tržišta vrlo je složeno.
- Mnogi sustavi subvencija potpuno izoliraju intermitentne obnovljive izvore od troškovnih signala s tržišta pomoćnih usluga.
- Socijalizacija ovog troška društveno je neučinkovita.
- Zapravo, organizirano tržište pomoćnih usluga u pravom smislu riječi ni ne postoji.
- Ovaj je problem tradicionalno podcijenjen.
- Izostanak cjenovnih signala koji bi doveli do poticaja za adekvatna ulaganja u nova fleksibilna postrojenja mogao bi zbog vrlo brze integracije intermitentnih izvora dovesti do kroničnog nedostatka regulacijskih kapaciteta.
- **Iako je problem fizikalno sličan, tržišta kapaciteta s ovim nemaju puno veze, i ne mogu riješiti taj problem.**

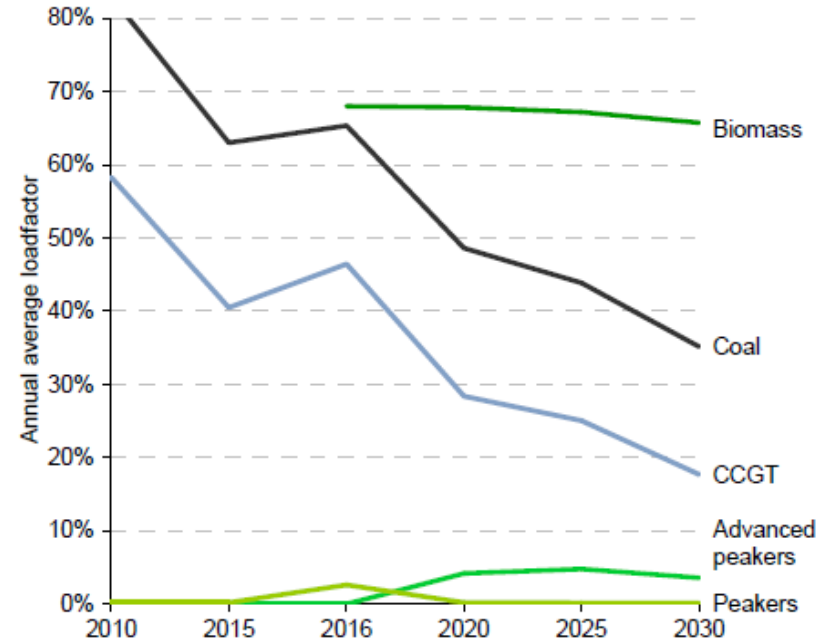
2.6. Strateške odluke o investicijama i promjena strukture proizvodnog dijela sustava

- Poyry (2009): Projekcija faktora korištenja različitih elektrana u GB i IR do 2030. Ovo je posljedica istiskivanja s tržišta od strane vjetroelektrana.

British market



Irish market



2.9. Povećanje fleksibilnosti na strani potrošnje

- Neki od problema navedenih ranije dodatno su naglašeni zbog notorne nefleksibilnosti kratkoročne potražnje za električnom energijom.
 - Međutim, zbog iste te nefleksibilnosti javljaju se ekstremne cijene električne energije, koje pružaju nadu za održivost primjerene razine pouzdanosti pogona (tj. za fizibilnost vršnih i super-vršnih elektrana).
 - Naime, notorna je činjenica da energy-only tržište **ni u kom slučaju** ne može osigurati pokriće fiksnih troškova za elektrane koje osiguravaju pouzdanost.
- Fleksibilnost potražnje od strane kućanstava bit će (po mojem mišljenju) utopija još jako dugo:
 - uopće nije problem u nepostojanju infrastrukture *smart*-brojila;
 - problem je što se potrošaču **ne da i ne isplati** voditi računa o profilu potrošnje kroz sate u danu, odnosno kroz dulja razdoblja
→ električna energija još je uvijek **daleko prejeftina** za to;
 - problem je i što su ti potrošači **mnogobrojni**, pa imaju politički utjecaj;
 - tu se može dogoditi proboj kada (u daljoj budućnosti) sve kućne sprave sa značajnijom potrošnjom postanu daljinski upravljive i/ili **još** bolje, unaprijed programirljive

- **Fleksibilnost industrijskih korisnika:**
 - Tu nema problema s brojilima, ali nema ni neke osobite fleksibilnosti, jer izgleda da **nema dovoljno jakih cjenovnih signala**.
 - Fleksibilnost potrošnje neke tvornice jako ovisi o njenim tehnološkim i organizacijskim mogućnostima prilagodbe.
 - Stoga bi ulaganja u povećanje fleksibilnosti mogla biti **vrlo skupa**.
 - Bolje je reći, vrlo skupa **u odnosu na troškove električne energije**.
 - Jedino u industrijama kod kojih je udio električne energije vrlo visok (npr. neki dijelovi metalurške industrije), ulaganja u fleksibilnost uz sadašnje razine cijena mogla bi biti isplative.
 - No, te industrije (aluminij, željezo...) često se nalaze, same po sebi, u režimima različitih subvencija.
 - „Obična” industrija i poduzetništvo, kod kojeg električna energija u ukupnim troškovima sudjeluje s 1 ili 2%, uistinu nema nikakvog razloga da se zamara s fleksibilnošću, i ona je zapravo u tom pogledu vrlo slična kućanstvima.
 - Jedina mogućnost da se potrošna strana pozabavi fleksibilnošću je da joj **to postane izvor dodatnog profita** kroz sudjelovanje na tržištu pomoćnih usluga ili satnim tržištima (kad je velika oskudica ili veliki višak). Sve ostalo je, po mojem mišljenju, čista utopija, i ostat će tako barem još za neko vrijeme.
 - I eto nas opet na početku kruga, kod problema **tržišnih signala**.

3. Zaključci

- Povećanje udjela intermitentnih obnovljivih izvora do značajnih postotaka (oko 30%), u srednjoročnoj budućnosti, dovodi do značajnih promjena tržišnih signala koje proizvode tržišta električne energije.
- Zbog toga, *ceteris paribus*, doći će do općeg **pada tržišne vrijednosti** električne energije, te do istodobnog **povećanja rizika za ulaganja** u još uvijek neophodna konvencionalna postrojenja, koja su potrebna za održavanje adekvatnosti sustava i za regulaciju.
- Subvencije prema obnovljivim izvorima moraju postojati još neko vrijeme. One će dodatno povećavati rizike za ulaganja u konvencionalna postrojenja.
- Konvencionalna postrojenja potrebna su, prije svega, kako bi pružala usluge koje imaju karakteristike javnog dobra:
 - regulaciju (osiguravanje fizičkog balansa elektroenergetskog sustava);
 - pouzdanost (osiguravanje kontrolabilne i fleksibilne pogonske rezerve raspoložive za nuđenje na *real-time* tržištu).
- Stoga pitanje dizajna tržišta koji može osigurati adekvatne tržišne signale **i za te** izvore (a ne samo za obnovljive) vrlo važno za održivi razvoj elektroenergetskog sustava.