PROSPECTIVA ENERGÈTICA DE CATALUNYA 2050

PROENCAT 2050

Generalitat de Catalunya

PROSPECTIVA ENERGÈTICA DE CATALUNYA 2050

PROENCAT | 2050

La Prospectiva Energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050) ha estat elaborada per l'Institut Català d'Energia i aprovada per l'Acord del Govern GOV/130/2023, de 13 de juny, d'acord amb les Bases per constituir el Pacte Nacional per a la transició energètica de Catalunya i la Llei 16/2017 de l'1 d'agost, del canvi climàtic, i amb els objectius i estratègies establertes per la Unió Europea.

© Generalitat de Catalunya
Institut Català d'Energia
icaen.gencat.cat

1a edició: Abril 2023

Aquest document ha estat elaborat per l'Institut Català d'Energia (ICAEN):
Direcció tècnica: Albert Casanova, Joan Esteve i Jaume Margarit.
Equip de redacció: Albert Casanova, Joan Esteve, Jaume Margarit, Paula Rodríguez i David Villar.
Equip tècnic de suport: Berenice Abuin, Meritxell Baraut, Judith Gallego, Jaume Gratacós i Marc Rotllan.
Equip administratiu de suport: Imma Belart i Judit Morató.

Hi han participat també les consultories externes:
Prospectiva estratègica energètica: Jon Gabiña (Sustainable World Prospective Institute —SWPI—).
Prospectiva tecnològica energètica: Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC).
Escenaris de futur energia nuclear: Amphos 21 Consulting.
Potencial energia eòlica terrestre i marina: AWS Truepower.
Modelització de la demanda i del sistema elèctric català horitzó 2050: Deloitte Consulting, S.L.U.

Maquetació: Addenda, gestió i assessorament de l'edició | addenda.es

Avís legal:

Aquesta obra està subjecta a la llicència Reconeixement –NoComercial– SenseObraDerivada 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autor i no se'n faci un ús comercial de l'obra original ni la generació d'obres derivades. La llicència completa es pot consultar a: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca

ÍNDEX

PRESENTACIÓ DE LA CONSELLERA D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL 7

PRESENTACIÓ DE LA DIRECTORA DE L'INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA 9

1. ANTECEDENTS I OBJECTIU DE LA PROENCAT 2050 13

1.1. Prospectiva energètica de Catalunya 2030 (PROENCAT 2030) 13
1.2. Encàrrec per a la realització de la PROENCAT 2050 19
1.3. Objectiu i àmbit de la PROENCAT 2050 20

2. BASES NORMATIVES I DOCUMENTS DE PROSPECTIVA DE REFERÈNCIA 25

2.1. COP21 a París (2015) 25
2.2. Energia neta per a tots els europeus. *Winter Package* (COM(2016) 860 final) 27
2.3. Pacte Nacional per a la Transició Energètica 29
2.4. Llei 16/2017 del canvi climàtic 30
2.5. Informe especial de l'IPCC sobre els impactes de l'escalfament global d'1,5 °C 32
2.6. Un planeta net per a tots (COM(2018) 773 final) 34
2.7. Declaració d'emergència climàtica del Parlament de Catalunya (2019) 40
2.8. Decret llei 16/2019 de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables 41
2.9. El Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640 final) 42
2.10. Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 (PNIEC) 43
2.11. Estratègia de Descarbonització a Llarg Termini (ELP 2050) 45
2.12. Informe especial de l'Agència Internacional de l'Energia «Net Zero by 2050» (2021) . . . 47
2.13. Llei espanyola 7/2021 de canvi climàtic i transició energètica 48
2.14. Llei Europea del Clima (Reglament (UE) 2021/1119) 51
2.15. Paquet «Fit for 55» (COM(2021) 550 final) 52
2.16. Decret llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades 55
2.17. Modificació de les directives d'energies renovables i eficiència energètica (COM(2022) 222 final) 56

3. PRINCIPIS VERTEBRADORS DE L'ESCENARI OBJECTIU 59

3.1. Assolir la neutralitat climàtica l'any 2050 59
3.2. Abandonar el model energètic fòssil-nuclear 61
3.3. Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables 62
3.4. Minimitzar l'ocupació del territori 64
3.5. Apoderar ciutadans i empreses, i impulsar la transformació social 66
3.6. Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular 68
3.7. Posar en primer lloc l'eficiència energètica 70
3.8. No deixar ningú enrere 74
3.9. Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials 75
3.10. Assegurar un subministrament d'energia assequible i segur 79
3.11. Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament 81
3.12. Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació 84

4. ESTRATÈGIES EN L'ÀMBIT ENERGÈTIC 87

4.1. Desplegar les energies renovables a gran escala 87
4.2. Reduir el consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic 90
4.3. Establir la fiscalitat, el finançament i altres mecanismes de mercat adequats per a la transició energètica 91
4.4. Impulsar l'economia circular i la bioeconomia 93
4.5. Descarbonitzar el sector primari 96
4.6. Apoderar els ciutadans i les empreses com a protagonistes del sistema energètic . . . 97
4.7. Orientar l'R+D+i i la formació dels professionals de l'àmbit energètic cap a la transició energètica 98
4.8. Implantar una mobilitat neta, segura i connectada 101
4.9. Impulsar i descarbonitzar el sector industrial 103
4.10. Apostar per l'autoconsum elèctric i la generació d'electricitat de proximitat 104
4.11. Redissenyar el sistema elèctric. Protagonisme de la xarxa de distribució. Suport mutu amb els sistemes veïns 107
4.12. Electrificar l'economia 109
4.13. Lluitar contra la pobresa energètica i defensar el consumidor vulnerable. 111
4.14. Assegurar una transició justa i inclusiva 112
4.15. Minimitzar l'ús de territori per a usos energètics i preservar els usos de més valor . . . 115
4.16. Preservar la utilització de la biomassa per a usos tèrmics i com a matèria primera . . . 124
4.17. Fer un ús selectiu de l'hidrogen renovable 126
4.18. Aprofitar la transició energètica per al desenvolupament empresarial i la creació de llocs de treball de qualitat. 127
4.19. Descarbonitzar els edificis i els serveis no associats a edificis. Edificis de consum gairebé nul (NZEB) i edificis de zero emissions. Rehabilitació generalitzada del parc d'edificis existents 130
4.20. Impulsar l'emmagatzematge d'electricitat (bombament i bateries) 133
4.21. Adequar l'Administració de la Generalitat de Catalunya en l'àmbit energètic a les necessitats de la transició energètica 135
4.22. Creació de l'observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica 138

5. RESULTATS PRINCIPALS 143

5.1. Introducció 143
5.2. Principals motors econòmics i demogràfics 144
5.3. Sectors d'ús final 146
5.4. Producció d'energia elèctrica 153
5.5. Resta del sector energètic 162
5.6. Consum d'energia primària 164
5.7. Producció d'energia primària i dependència energètica 167
5.8. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle 169
5.9. Inversions associades a l'escenari objectiu 172

6. RESUM I CONCLUSIONS 179

6.1. Introducció 179
6.2. Els principis vertebradors de l'escenari objectiu 180
6.3. Estratègies en àmbit energètic 183
6.4. Recull de resultats de les projeccions de la demanda d'energia el 2050 186
6.5. Configuració del sistema elèctric català en l'horitzó 2050 188
6.6. Sobre la viabilitat tècnica i econòmica d'un sistema elèctric 100 % renovable l'any 2050 a Catalunya 191
6.7. Resum de les inversions necessàries per a la transició energètica 191
6.8. Conclusions 192

ANNEXOS 204

Annex A. Breu resum metodològic 205
Annex B. Resultats sectorials de la prospectiva energètica el 2050 209
Annex C. Modelització de la demanda d'energia 228
Annex D. Caracterització i anàlisi de viabilitat del sistema elèctric català 100 % renovable l'any 2050 239

ÍNDEX DE TAULES 303

ÍNDEX DE FIGURES 307

PRESENTACIÓ
DE LA CONSELLERA D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL

La lluita contra el canvi climàtic és un dels grans desafiaments a què ens hem d'enfrontar com a societat. Davant els impactes que el canvi climàtic té i tindrà a Catalunya i arreu del planeta, l'any 2019 el Govern va declarar l'emergència climàtica amb la finalitat de prendre una major consciència del perill que representa aquest problema, tal com la comunitat científica està alertant de manera continuada.

El canvi climàtic ens empeny de manera ineludible a abordar el repte majúscul de modificar el nostre sistema energètic actual, responsable de gairebé tres quartes parts de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Ens cal una revolució energètica, que canviarà no només la nostra relació amb l'energia, sinó també els nostres hàbits, i que requerirà la complicitat i participació de tot el país.

No és menys important l'objectiu d'assolir un model energètic sobirà, que redueixi la dependència exterior i permeti a Catalunya ser més autosuficient, a uns preus competitius, i responsable en la generació i el consum d'aquesta energia.

En aquest context, Catalunya s'ha marcat com a objectiu a llarg termini assolir la neutralitat climàtica de l'economia l'any 2050, en coherència amb la política energètica europea. Per dibuixar el camí, des de la Generalitat hem desenvolupat la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050 (PROENCAT), que ens marca aquest escenari de descarbonització del sector energètic i ens defineix les estratègies que cal desenvolupar per assolir aquest objectiu, destinades a transformar la totalitat de l'àmbit de l'energia, des de la demanda d'energia final fins a la generació d'energia elèctrica, passant pel paper que hi té la ciutadania.

Aquesta neutralitat climàtica global va acompanyada també d'una estratègia de sobirania energètica. Així, la sobirania energètica basada en energies renovables que proposa la PROENCAT2050 eliminarà l'actual dependència energètica exterior i mitigarà els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada vegada més freqüents i més intensos.

Tenim un pla per avançar cap a un model energètic renovable i distribuït, i sabem com dur-lo a terme. La PROENCAT2050 s'emmarca en el full de ruta del nou model energètic que

hem posat en marxa, del qual formen part el desenvolupament del nou decret llei 24/2021, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades, la creació de la xarxa comarcal d'oficines energètiques i la constitució de l'empresa energètica pública catalana.

No podem menystenir el repte gegantí de la lluita contra el canvi climàtic. En els propers anys hem de continuar treballant-hi intensament, destinant-hi els recursos necessaris per fer realitat la transició energètica cap a una economia descarbonitzada, competitiva i eficient energèticament, que estigui basada en fonts energètiques renovables. L'objectiu i el camí els tenim ja definits a la PROENCAT2050.

Teresa Jordà i Roura
Consellera d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural

PRESENTACIÓ
DE LA DIRECTORA DE L'INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA

L'Institut Català d'Energia (ICAEN), des de la seva creació l'any 1991, ha centrat la seva actuació en la visió de futur del model energètic, entre altres àmbits, mitjançant l'elaboració de diverses anàlisis i documents estratègics que han impulsat el canvi de model energètic a Catalunya. Entre els plans de l'energia desenvolupats històricament destaca el Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya en l'horitzó 2020, com a primer exercici de planificació conjunta dels àmbits energia i clima. Ara, per primera vegada, des de l'Administració catalana presentem un exercici prospectiu en l'àmbit de l'energia en l'horitzó 2050 a Catalunya, assumint els objectius europeus energètics i climàtics en els horitzons 2030 i 2050, que impliquen una plena descarbonització de l'economia a llarg termini i una intensificació dels esforços duts a terme fins al dia d'avui.

La PROENCAT2050 constitueix el document que analitza les possibles evolucions del sistema energètic català i defineix les estratègies necessàries per materialitzar la transició energètica. Aquesta transició energètica passa per molts àmbits i sectors: la descarbonització del sector industrial, l'impuls de la mobilitat sense emissions, els edificis de zero emissions (tant nous com rehabilitacions dels edificis actuals), l'economia circular, la configuració d'un nou sistema elèctric… però també passa per apoderar la ciutadania perquè participi en aquest model i per assegurar que ningú es quedi enrere.

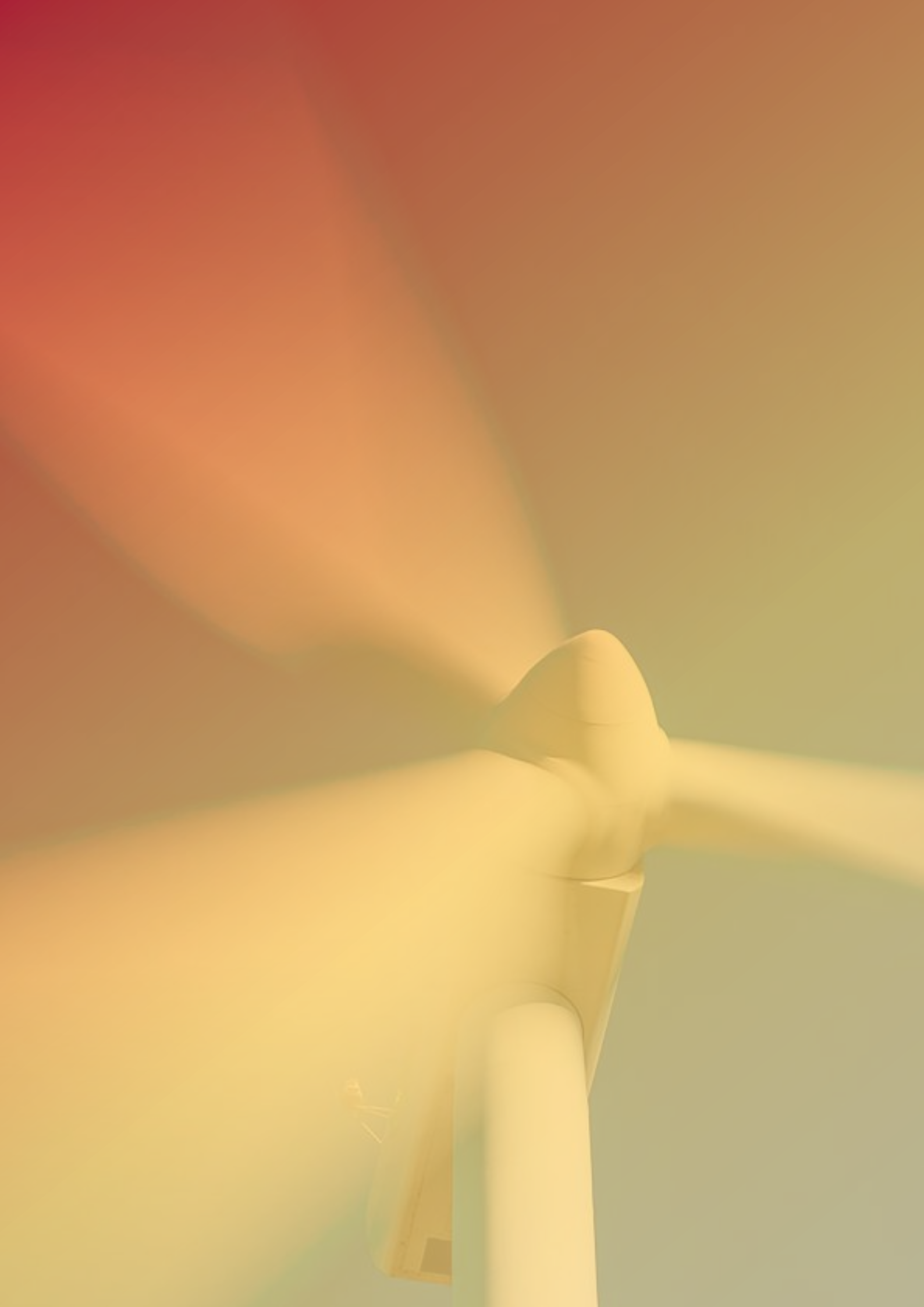
A més de l'eficiència energètica i la millor gestió de l'energia, un altre eix bàsic de la transició energètica és l'electrificació de la demanda, com, per exemple, en la mobilitat o en la climatització d'edificis. Aquesta conversió cap a usos elèctrics permetrà incorporar energies renovables en aquests usos, els quals actualment fan servir majoritàriament combustibles fòssils.

Per satisfer aquesta demanda d'energia de la manera més neta i sostenible i assegurar la sobirania energètica de Catalunya, caldrà avançar en el desplegament de les energies renovables, que inclou la configuració d'un futur sistema elèctric totalment renovable. Per al disseny d'aquest nou sistema elèctric fins a l'horitzó 2050, l'ICAEN ha dut a terme un precís i extens treball de previsió de la demanda elèctrica, acompanyat d'un conjunt de simulacions horàries a fi d'analitzar en quines condicions es podrà cobrir aquesta demanda. Com a resultat, la PROENCAT2050 assumeix que cal augmentar la capacitat de producció d'energia elèctrica renovable tant a petita com a mitjana i gran escala, però

també ha tingut en compte la minimització de l'ús del territori per a usos energètics i la preservació dels sòls de major qualitat.

En resum, la PROENCAT és la guia per assolir el nostre escenari objectiu, garantint la sobirania energètica, un sistema energètic renovable, la mínima ocupació del territori i uns preus energètics competitius. La PROENCAT2050 és un instrument clau per construir el futur energètic de Catalunya, i demostra que un sistema energètic català net, autòcton, eficient i competitiu és possible.

Marta Morera Marcé
Directora de l'Institut Català d'Energia



1

ANTECEDENTS I OBJECTIU DE LA PROENCAT 2050

La Generalitat de Catalunya, a través de les tasques que duu a terme l'Institut Català d'Energia (ICAEN) en l'àmbit de la prospectiva i de la planificació energètica, ja té experiència en l'elaboració d'anàlisis prospectives de l'energia a Catalunya. En aquest sentit, prèviament a la Prospectiva energètica de Catalunya en l'horitzó 2050 (PROENCAT 2050), es va realitzar la PROENCAT 2030, en el marc del Pla d'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC 2020).

A continuació es presenten els principals trets de la PROENCAT 2030, així com el marc de referència per a la realització de la PROENCAT 2050 (encàrrec, objectius i àmbit).

1.1. Prospectiva energètica de Catalunya 2030 (PROENCAT 2030)

Aspectes generals de la PROENCAT 2030

La PROENCAT 2030, els treballs de la qual es van iniciar l'any 2009, es va publicar finalment l'any 2012, integrada dins el PECAC 2020. Així, la PROENCAT 2030 oferia el marc necessari per definir, a partir de l'escenari aposta escollit, les opcions estratègiques del PECAC 2020.

Dins l'exercici de la PROENCAT 2030 es van dissenyar sis escenaris exploratoris. A la taula 1.1 es presenten els trets més significatius d'aquests sis escenaris exploratoris.

Tenint en compte tant les perspectives globals com l'especificitat de Catalunya, el Govern català va considerar que l'escenari de la PROENCAT 2030 que més s'ajustava als reptes de futur en l'àmbit energètic i la resposta que el Govern català havia de donar a aquests reptes de futur era l'Escenari E4, anomenat *escenari anticipatiu*. Així, es va considerar aquest escenari com l'escenari aposta de la política energètica catalana a desenvolupar en el futur.

En aquest escenari aposta, davant la previsible pujada important dels preus de les energies fòssils, Catalunya realitza una feina proactiva de preparació: s'avança cap a una economia de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, s'aposta clarament per les energies renovables i l'estalvi i l'eficiència energètica, es busca una sintonia entre les actuacions de les administracions públiques i els agents privats (empreses i ciutadans), i s'incrementen de manera notable les polítiques d'R+D+i en l'àmbit energètic. A més a més, en aquest escenari les polítiques energètiques se situen en el màxim nivell estratègic de l'actuació de Govern

català, reforçant les polítiques energètiques actuals i accelerant la transició cap a un nou model econòmicament eficient, socialment redistributiu i mediambientalment sostenible.

TAULA 1.1. ESCENARIS EXPLORATORIS DE LA PROENCAT 2030

Escenari E1 (Escenari base)
En aquest escenari, els preus dels combustibles fòssils es mantenen en termes corrents en nivells similars als de juliol del 2008 en l'horitzó de l'any 2030, atès que no hi ha problemes d'oferta de combustibles fòssils per cobrir la creixent demanda mundial durant l'horitzó prospectiu.
Quant a les polítiques energètiques catalanes, recull les tendències registrades a Catalunya des de mitjan dècada dels noranta, si no s'haguessin adoptat les polítiques de foment de les energies renovables i d'estalvi i d'eficiència energètica establertes en els antics Plans de l'Energia de Catalunya que s'estan aplicant actualment, o si aquestes no tinguessin els efectes previstos.
En aquest escenari, els criteris de desenvolupament sostenible tenen un paper molt limitat i els èxits de les polítiques públiques de l'àmbit energètic que es produeixen en el futur són deguts a la iniciativa mateixa de les empreses i els ciutadans de Catalunya. En relació amb les polítiques sobre el canvi climàtic, s'incompleixen els compromisos adquirits.
Escenari E2 (Escenari voluntarista)
En aquest escenari, els preus dels combustibles fòssils es mantenen en termes corrents a preus similars als del juliol del 2008 en l'horitzó de l'any 2030, pel fet que no hi ha problemes d'oferta de combustibles fòssils per cobrir la creixent demanda mundial durant l'horitzó prospectiu.
Pel que fa a les polítiques energètiques catalanes, en aquest escenari el Govern català manté l'estratègia i els nivells d'esforç econòmic de la política energètica desenvolupada en els antics Plans de l'Energia de Catalunya, i aprova nous Plans de l'Energia continuistes en les seves estratègies d'estalvi i eficiència energètica, i de promoció de les energies renovables.
Les estratègies d'aquests plans van dirigides a la transició de l'actual model energètic de Catalunya cap a un nou model energètic més sostenible, en un entorn que permet una transició a ritme moderat. En relació amb les polítiques sobre el canvi climàtic, es produeix un compliment dubtós dels compromisos adquirits.
Escenari E3 (Escenari d'adaptació tardana)
En aquest escenari, els preus dels combustibles fòssils s'incrementen significativament al llarg del període prospectiu, i arriben a doblar-se en termes corrents l'any 2030 en relació amb els preus assolits el juliol del 2008. Tot i que no s'arriba al ***peak oil*** al llarg del període prospectiu, la producció mundial de petroli assoleix un altiplà de producció (***plateau oil***) a mitjan dècada 2010-2020, que es manté estable, amb oscil·lacions, fins a l'any 2030. Es produeixen puntualment situacions d'escassetat, amb una probabilitat d'augment significativa al final del període prospectiu. Així mateix, augmenta progressivament la tensió en els mercats internacionals de gas natural i carbó, amb increments graduals dels preus d'aquests combustibles fòssils.
En aquest escenari, al llarg del període prospectiu a Catalunya es mantenen les polítiques energètiques sobre energies renovables i estalvi i eficiència energètica similars a les desenvolupades fins ara (les de l'escenari E2), que es mostren insuficients per pal·liar els efectes que comporten els alts preus energètics dels combustibles fòssils i no s'adapten a les noves necessitats i circumstàncies de la problemàtica energètica de les empreses i els ciutadans. En aquest escenari no es poden complir els objectius catalans de lluita contra el canvi climàtic.

Escenari E4 (Escenari d'anticipació)

En aquest escenari, els preus dels combustibles fòssils s'incrementen significativament al llarg del període prospectiu, i arriben a doblar-se en termes corrents l'any 2030 en relació amb els preus assolits el juliol del 2008. Tot i que no s'arriba al ***peak oil*** al llarg del període prospectiu, la producció mundial de petroli assoleix un altiplà de producció (***plateau oil***) a mitjan dècada 2010-2020, que es manté estable, amb oscil·lacions, fins a l'any 2030. Es produeixen puntualment situacions d'escassetat, amb una probabilitat d'augment significativa al final del període prospectiu. Així mateix, augmenta progressivament la tensió en els mercats internacionals de gas natural i carbó, amb increments graduals dels preus d'aquests combustibles fòssils.

En aquest escenari, Catalunya es prepara anticipadament des del present per als elevats preus dels combustibles fòssils que s'esperen al final del període prospectiu, i es reforcen de manera important les polítiques desenvolupades actualment en els antics Plans de l'Energia. S'assumeix com a prioritat estratègica aconseguir una economia de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni per mantenir la lluita contra el canvi climàtic, i s'aposta per avançar decididament cap al desenvolupament sostenible.

Es desenvolupen nous i ambiciosos Plans de l'Energia que reforcen notablement les polítiques en matèria d'estalvi i eficiència energètica i energies renovables, i que acceleren i intensifiquen la transició cap a un model energètic sostenible.

El Govern català porta la política energètica al màxim nivell estratègic. D'aquesta manera, les línies estratègiques de la política energètica catalana es coordinen i es vertebren estretament amb la resta de les polítiques catalanes. En aquest context, els nous Plans de l'Energia desenvolupats constitueixen el nucli fonamental de l'estratègia catalana per lluitar contra el canvi climàtic

Escenari E5 (Escenari crític «reactiu»)

En aquest escenari es produeix el ***peak oil*** a mitjan dècada 2010-2020, amb un augment molt important i dràstic dels preus dels combustibles fòssils a partir del ***peak oil***. Els preus del petroli se situen pràcticament al doble en termes corrents de les previsions establertes en els Escenaris E3 i E4 al final del període prospectiu. La demanda de petroli no s'adequa a l'oferta després de produir-se el ***peak oil***, i una part de la demanda mundial queda insatisfeta per motius de manca de disponibilitat i d'assequibilitat. Es produeix un augment molt fort de la tensió als mercats internacionals de gas natural i carbó, que pot comportar problemes de disrupcions i fortes escalades dels preus d'aquests combustibles fòssils.

En produir-se el ***peak oil*** es mantenen les polítiques del Govern català sobre energies renovables i estalvi i eficiència energètica adoptades a l'Escenari E4. Tanmateix, es produeixen ineficàcies d'aplicació en aquestes polítiques energètiques, que es són tardanes i clarament insuficients, atès que estan dissenyades per a altres entorns de preus i no estan adaptades a la nova realitat energètica.

Els preus energètics tan elevats comporten importants estalvis d'energia per efectes estructurals i una gran inquietud en la societat per l'eficiència energètica i el desenvolupament de les energies renovables. Les polítiques ambientals perden importància i passen a un segon pla.

Escenari E6 (Escenari crític «canvi d'era»)

En aquest escenari es produeix el ***peak oil*** a mitjan dècada 2010-2020, amb un augment molt important i dràstic dels preus dels combustibles fòssils a partir del ***peak oil***. Els preus del petroli se situen pràcticament al doble en termes corrents de les previsions establertes en els Escenaris E3 i E4 al final del període prospectiu. La demanda de petroli no s'adequa a l'oferta després de produir-se el ***peak oil***, i una part de la demanda mundial queda insatisfeta per motius de manca de disponibilitat i d'assequibilitat. Es produeix un augment molt fort de la tensió als mercats internacionals de gas natural i carbó, que pot comportar problemes de disrupcions i fortes escalades dels preus d'aquests combustibles fòssils.

La política energètica catalana segueix inicialment el camí de l'Escenari E4. En el moment que es produeixen els primers indicis de la imminència del ***peak oil***, el Govern català posa en marxa uns nous plans molt reforçats d'estalvi i eficiència energètica i de foment de les energies renovables en el marc d'un «Pla de transició energètica no traumàtica cap a una economia de molt baix consum d'hidrocarburs fòssils i baixa intensitat energètica».

Aquest Pla de transició energètica comporta la participació activa i la mobilització dels diversos actors econòmics i socials amb una aposta decidida per un canvi en les pautes de producció i consum de la societat, i un fort impuls de l'economia circular, basada en els principis de reducció, reutilització i reciclatge aplicats a l'àmbit industrial, l'edificació, etc.

En definitiva, l'escenari anticipatiu comporta la posada a punt i l'impuls decidit i en el termini més breu possible d'un projecte mobilitzador cap al futur pel qual aposta Catalunya en relació amb el nou paradigma emergent de l'energia i el clima, basat en l'estalvi i l'eficiència energètica i en les energies renovables, així com en la productivitat dels recursos, de manera que, duent-lo a terme, convergeixi cap a una economia de baix consum d'hidrocarburs fòssils i de menor intensitat energètica i emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH). En relació amb l'actual política energètica, es tracta d'una intensificació i un desenvolupament complet de les actuacions en curs, la qual cosa requereix un grau elevat de compromís polític dels poders públics, inclòs l'increment dels recursos econòmics i humans dedicats a aquest projecte estratègic.

Opcions estratègiques de l'escenari aposta de la PROENCAT 2030

En coherència amb l'escenari aposta de la PROENCAT 2030, el PECAC 2020 fixava la missió general de la política energètica catalana, consistent a assolir una economia/societat de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, amb una aposta molt ferma i intensa per les tecnologies d'estalvi i eficiència energètica, amb un baix consum d'hidrocarburs fòssils i on, dins del mix de l'energia, es maximitza la utilització de les energies renovables. Aquesta política energètica es considerava l'adequada per mantenir i garantir el desenvolupament econòmic i el benestar social en el futur i per combatre amb garanties el canvi climàtic des de l'àmbit català, en coherència amb les apostes de l'Estat espanyol i de la Unió Europea (UE), mentre es reduïen els nivells de dependència dels hidrocarburs fòssils i, així, evitar que l'economia catalana perdés competitivitat a causa del progressiu encariment del petroli i d'altres combustibles fòssils.

En el marc d'aquesta nova política energètica, a la PROENCAT 2030 s'analitzaven les opcions estratègiques globals plantejades al món per assolir un nou model energètic, per enfrontar-se al progressiu esgotament

dels combustibles fòssils i lluitar contra el canvi climàtic i el progressiu deteriorament mediambiental associat a l'actual model de desenvolupament econòmic. D'aquest conjunt d'opcions estratègiques globals, es feia la tria de les més escaients per a Catalunya d'acord amb l'escenari aposta de la PROENCAT 2030.

Així, en primer lloc, es descartaven dues opcions estratègiques que no es consideraven claus per assolir el nou model estratègic sostenible de Catalunya en l'horitzó de l'any 2030: el replantejament de l'energia nuclear de fissió en la generació elèctrica i les estratègies de captura i emmagatzematge/segrest de carboni.

En segon lloc, es proposava mantenir les polítiques de diversificació energètica en l'àmbit dels combustibles fòssils que fessin prevaldre l'ús de les energies amb menors emissions de CO_2 (principalment, gas natural).

Finalment, i en tercer lloc, la resta d'opcions estratègiques globals passaven a formar part del nucli dur de l'estratègia de l'escenari aposta de la PROENCAT 2030 i s'havien de potenciar totes al màxim nivell. Així, el sistema energètic de Catalunya 2030 s'havia de fonamentar en els principis bàsics següents:

- Permetre satisfer les necessitats bàsiques d'energia que demanden tant les activitats —de tipus econòmic o no— com les persones. Al seu torn, ha de construir-se en clau de rendibilitat, accessibilitat, equilibri territorial, desenvolupament econòmic, creació d'ocupació, qualitat i seguretat de subministrament, de manera que es garanteixi la competitivitat de les empreses i de les ciutats i comarques catalanes, així com la millora de la salut pública, el benestar social, l'ecoeficiència i el respecte al medi ambient, comprometent-se amb els principis d'equitat i solidaritat entre generacions.
- Funcionar eficaçment i eficientment, i recolzar-se sobre una economia sana que contempli el llarg termini per actuar constantment des del present.
- Ser assequible a tots els estrats i grups socials, en especial a les classes econòmicament menys afavorides.
- Donar prioritat absoluta a la gestió de la demanda energètica. L'estalvi i l'eficiència energètica en tot el cicle energètic (producció, transformació, transport, distribució i consum) és un element clau per assegurar un sistema energètic sostenible per a Catalunya en l'horitzó de l'any 2030.
- Estalviar energia evitant els consums innecessaris o superflus, i consumir l'energia necessària de la manera més eficient possible. Per aconseguir aquests objectius no n'hi ha prou amb la tecnologia, s'han de produir canvis profunds en l'actual model de desenvolupament socioeconòmic. L'actual model d'economia lineal (recurs-producte-residu) s'ha de reconvertir progressivament en un model d'economia circular basat en la reducció, la reutilització i el reciclatge dels seus productes i residus amb l'objectiu de disminuir els nivells de consum de matèries primeres i energia, i els nivells de generació de residus i d'emissions contaminants. Aquest nou model d'economia circular afecta tant la producció com el consum. En relació amb el consum, s'han de qüestionar els nivells de consumisme desbordat que s'han assolit en els països més desenvolupats. És necessària una nova cultura de l'austeritat, de la sobrietat,

de l'autocontenció i de la simplificació en els consums materials i energètics amb un replantejament i una redefinició de les necessitats de les persones i dels conceptes de benestar i de progrés socioeconòmic. La societat ha de tenir una consciència ferma dels límits físics/naturals de l'actual model de desenvolupament socioeconòmic: materials, energètics, alimentaris, mediambientals, etc. Els consums de materials i energies no renovables no poden créixer indefinidament al llarg del temps atesa la seva finitud, sense oblidar-se de les conseqüències mediambientals induïdes i que també es van agreujant al llarg del temps.

- Les polítiques d'estalvi i eficiència energètica requereixen polítiques d'ordenació del territori i d'urbanisme basades en creixements urbans concentrats en determinats nuclis o nodes, i amb creixements residencials i per a l'activitat econòmica annexes a les trames urbanes existents; de polítiques de nova construcció i rehabilitació d'edificis amb criteris d'alta eficiència energètica, i de polítiques de mobilitat de persones i mercaderies que redueixin la demanda i potenciïn els modes de transport més eficients energèticament i menys contaminants.
- Maximitzar la utilització d'energies renovables a Catalunya donant preferència a les energies renovables autòctones i, en alguns casos, fent servir energies renovables importades (fonamentalment, biocarburants). En el cas de les energies renovables autòctones, el seu ús s'ha de fer respectant les limitacions ambientals i els criteris d'explotació sostenible en el cas de la biomassa forestal i agrícola, respectant en tot cas la seguretat alimentària del país. Per tant, s'han d'aprofitar al màxim els potencials realitzables en l'àmbit tècnic, econòmic i mediambiental de les energies renovables autòctones del territori català. En el cas de biocarburants importats de països no desenvolupats, s'ha d'assegurar la seva sostenibilitat ambiental i energètica, i la preservació del desenvolupament autòcton d'aquests països.
- Assolir una reducció progressiva en valors absoluts del consum total de combustibles fòssils de Catalunya al llarg del període prospectiu, com a transició cap a un objectiu de molt baix consum total de combustibles fòssils en un horitzó a més llarg termini, adaptant-se a l'esgotament progressiu dels combustibles fòssils al món. En el cas de Catalunya, aquest objectiu s'ha d'assolir mitjançant les polítiques d'estalvi i eficiència energètica, de diversificació energètica cap a les energies renovables tant en la generació d'energia elèctrica com en el consum d'energia final i d'electrificació estratègica, fonamentalment en el consum energètic del sector del transport (potenciació dels vehicles elèctrics en el transport terrestre i impuls decidit al transport ferroviari) i, en menor mesura, en el consum energètic dels sectors domèstic i serveis.

Finalment, per assolir la nova missió general de la política energètica catalana establerta i desenvolupar les opcions estratègiques triades, en el PECAC 2020 es definien un conjunt de deu estratègies, com a base de la nova política energètica catalana:

- Les polítiques d'estalvi i d'eficiència energètica seran claus per assegurar l'assoliment d'un sistema energètic sostenible per a Catalunya.
- Les energies renovables com a opció estratègica de present i de futur per a Catalunya.
- La política energètica catalana ha de contribuir als compromisos de l'Estat espanyol de reducció de gasos amb efecte d'hivernacle en el si de la UE.
- La consolidació del sector de l'energia com a oportunitat de creixement econòmic i creació de feina qualificada.
- La millora de la seguretat i la qualitat del subministrament energètic i el desenvolupament de les infraestructures energètiques necessàries per assolir el nou sistema energètic de Catalunya.
- Les polítiques energètiques i ambientals catalanes han de tenir estratègies coherents per assolir un futur sostenible per a Catalunya, integrant el seu desenvolupament social, econòmic i ambiental.
- Accelerar l'impuls a l'R+D+i de noves tecnologies en l'àmbit energètic.
- L'actuació decidida de la Generalitat de Catalunya i les altres administracions públiques catalanes envers el nou model energètic com a element exemplaritzant i de dinamització.
- Portar la política energètica i de canvi climàtic al màxim nivell estratègic.
- La implicació de la societat civil en la construcció del nou model energètic del país: formació, informació, participació i inclusió dels sectors socials més desfavorits econòmicament.

1.2. Encàrrec per a la realització de la PROENCAT 2050

Continuant aquesta tradició d'anàlisi i definició d'estratègies a llarg termini en l'àmbit de l'energia, el mes de febrer del 2017, el Govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar el document «Pacte Nacional per a la transició energètica a Catalunya», consensuat en el marc de les sessions de treball de la Taula d'Entitats del Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya (PNTE). Més endavant, l'1 d'agost del 2017, el Parlament de Catalunya va aprovar la Llei 16/2017 del canvi climàtic.

La Llei 16/2017 i les bases per a la transició energètica del PNTE estableixen els principis i objectius fonamentals de la política energètica catalana, que es descriuen en detall en el capítol 2, entre els quals destaquen els següents:

- Contribuir al màxim possible a afavorir la transició cap a una economia neutra en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, competitiva, innovadora i eficient en l'ús de recursos.
- Contribuir a la sostenibilitat econòmica, social i mediambiental de Catalunya, i garantir la seguretat del subministrament.
- Desenvolupar un nou model energètic net, competitiu, descentralitzat i distribuït, participatiu, democràtic i socialment inclusiu.
- Establir un conjunt d'estratègies que facin possible la transició energètica necessària per assolir un model energètic basat al 100 % en les energies renovables com a molt tard l'any 2050, si és possible tècnicament, mediambientalment i econòmicament.

Una vegada establerts els principis i objectius del nou sistema energètic català per dur a terme la profunda transformació del model energètic que propugna la Llei del canvi climàtic i que reclama la societat catalana a través de la Taula d'Entitats del Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya, era necessari elaborar la Prospectiva energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050), per fixar les visions de futur del sistema energètic de Catalunya a llarg termini, amb l'objectiu de facilitar la presa de decisions en matèria de política energètica a mitjà i llarg termini.

L'elaboració de la PROENCAT 2050 ja apareix en el Pla del Govern de la XII legislatura, aprovat el 25 de setembre del 2018, però ja s'estaven desenvolupant treballs tècnics previs relacionats amb la prospectiva estratègica energètica general, i l'avaluació i caracterització tecnicoeconòmica del potencial de les energies renovables a Catalunya.

L'encàrrec per a la realització de la PROENCAT 2050 a l'ICAEN neix de la necessitat d'avaluar la viabilitat tecnicoeconòmica dels objectius i principis genèrics establerts en el PNTE i la Llei 16/2017 del canvi climàtic, i d'encaixar-los amb els objectius i les estratègies establertes per la UE, i de definir un conjunt d'estratègies adaptades a la realitat social, econòmica, territorial i ambiental de Catalunya que assegurin l'assoliment dels objectius establerts, com a molt tard, l'any 2050.

1.3. Objectiu i àmbit de la PROENCAT 2050

La prospectiva és la disciplina que consisteix a explorar, preveure i configurar el futur per ajudar a conformar i utilitzar la intel·ligència col·lectiva de manera estructurada i sistèmica per anticipar els canvis.

La prospectiva estratègica anticipa les tendències, els riscos, les qüestions emergents i les possibles implicacions i oportunitats per obtenir informació útil per a la planificació estratègica, l'elaboració de polítiques i la preparació del futur. Per tant, contribueix al disseny de noves iniciatives polítiques i a la revisió de les existents.

L'objectiu de la prospectiva estratègica no és predir el futur, sinó explorar possibles futurs diferents, juntament amb les oportunitats i els reptes que podrien plantejar. En definitiva, és una eina que ens ajudarà a actuar en el present per configurar el futur que volem.

La Prospectiva energètica de Catalunya (PROENCAT 2050) és el document que fixa les visions de futur del sistema energètic de Catalunya a llarg termini, amb l'objectiu de facilitar la presa de decisions en matèria de política energètica a mitjà i llarg termini.

La PROENCAT 2050 defineix, a partir dels objectius energètics i ambientals fixats, les estratègies que cal implantar per assolir aquests objectius, i fa una previsió numèrica de l'oferta i de la demanda energètica, i n'avalua l'impacte econòmic, social i mediambiental. També estableix el camí per a la definició de les estratègies i la modelització de la seva aplicació en els horitzons de 2030 i 2040, tenint en compte els objectius ja establerts per al 2030 en el marc de la UE.

La PROENCAT 2050 és una eina indispensable per definir alguns aspectes clau del nou sistema energètic català a llarg termini i que no es poden concretar en el PNTE, entre ells, els objectius energètics i

mediambientals finals a assolir en l'horitzó dels anys 2030, 2040 i 2050. Igualment, la PROENCAT 2050 permetrà valorar adequadament les possibles evolucions futures del sistema energètic català, atenent els seus avantatges i inconvenients, tant des del punt de vista tècnic com econòmic i mediambiental.

Cal tenir present que el posicionament de la UE davant la problemàtica de l'escalfament global de la Terra fa que els elements principals dels escenaris de futur ja estiguin definits. Igualment, tal com ja s'ha esmentat, les bases del Pacte Nacional per a la Transició Energètica i la Llei 16/2017 del canvi climàtic, dues iniciatives pioneres que es van avançar a la posterior evolució de la política energètica de la UE, estableixen el principis i objectius generals del sistema energètic català en l'horitzó de 2050, en el marc dels objectius globals fixats per la UE i d'una manera coherent amb els objectius estatals fixats en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) i l'Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050 (ELP).

En el capítol 2 es fa una breu descripció de les bases normatives i d'altres documents de prospectiva de referència que conformen l'entorn en el qual s'ha desenvolupat la PROENCAT 2050.

La PROENCAT 2050 parteix d'uns objectius finals ja establerts i, a partir d'aquests objectius, defineix un escenari objectiu basat en les possibles evolucions futures del sistema energètic català. L'escenari objectiu és un «escenari normatiu», ja que l'objectiu final ja està fixat prèviament: assolir la neutralitat climàtica del sistema energètic català l'any 2050 i establir les estratègies que cal aplicar des del present per assolir-lo.

L'origen de l'escenari objectiu, definit com un escenari normatiu, a diferència de la PROENCAT 2030, es fonamenta en les bases normatives i les estratègies següents, que es descriuen breument en el capítol 2 d'aquest document:

- Reglament (UE) 2021/1119 del Parlament Europeu i del Consell de 30 de juny de 2021 pel qual s'estableix el marc per assolir la neutralitat climàtica i es modifiquen els Reglaments (CE) núm. 401/2009 i (UE) 2018/1999 («Legislació europea sobre el clima»).
- COM(2021) 550 final - «Objectiu 55»: compliment de l'objectiu climàtic de la Unió Europea per al 2030 en el camí cap a la neutralitat climàtica.
- COM(2016) 860 final - El Paquet d'hivern (Winter Package).
- Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC) 2021-2030.
- Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP 2050).
- Llei 7/2021, del 20 de maig, de canvi climàtic i transició energètica.
- Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic.
- Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya (febrer de 2017).

Aquestes estratègies s'han de tenir en compte en la definició i aplicació de les accions a mitjà i curt termini del Govern de la Generalitat en tots els àmbits que hi estiguin relacionats.

D'altra banda, la PROENCAT 2050 dona orientacions i planteja estratègies a partir d'unes hipòtesis de partida que poden variar, com són, a tall d'exemple, les perspectives d'evolució de les tecnologies energètiques (de consum final, producció, transport i emmagatzematge), el desplegament de nous vectors energètics (hidrogen verd, biocombustibles avançats,

combustibles sintètics, etc.) i l'evolució econòmica i social. També cal tenir en compte una possible evolució més ràpida del previst dels efectes del canvi climàtic, que pot comportar avenços temporals en els objectius d'assolir la neutralitat climàtica, com en el cas d'Alemanya, que ha decidit avançar cinc anys, a l'any 2045, l'assoliment de la neutralitat climàtica. Per tant, caldrà revisar periòdicament la PROENCAT 2050 per adaptar els resultats obtinguts i les estratègies desenvolupades a les circumstàncies canviants de tipus ambiental, tècnic, social o polític.

És molt important ressaltar que la PROENCAT 2050 només tracta les emissions del diòxid de carboni (CO_2) associats al cicle energètic, les quals representen un 71,9 % l'any 2017 respecte del total d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Per tant, no analitza les emissions d'altres GEH associades al cicle energètic com les emissions fugitives de metà (CH_4) de les canonades de gas natural, d'hexafluorur de sofre (SF6) dels centres de transformació d'energia elèctrica o de gasos fluorats emprats en els sistemes de refrigeració de tots els sectors (residencial, serveis i industrial).

La PROENCAT 2050 tampoc analitza les emissions de GEH de les activitats no associades al cicle energètic, com ara les emissions associades als processos industrials, als residus, a la ramaderia o a l'agricultura. Aquests àmbits tenen interrelacions amb l'àmbit energètic (sobretot pel que fa a processos industrials) que es tenen en compte a la PROENCAT 2050, tot i que l'objectiu de la PROENCAT 2050 és exclusivament l'anàlisi de l'aportació del cicle energètic a la neutralitat climàtica de Catalunya a partir de la reducció de les emissions de CO_2.

La PROENCAT 2050 tampoc analitza la utilització dels embornals naturals relacionats amb l'ús del sòl, el canvi d'ús del sòl i la silvicultura (LULUCF, en les seves sigles en anglès). La introducció del sector LULUCF en la comptabilitat dels balanços d'emissió de GEH permet comptabilitzar les absorcions i emissions de CO_2 degudes a les activitats silvícoles i als canvis d'usos de la terra. D'aquesta manera, en el marc de l'Acord de París de 2015 i, particularment, de l'objectiu de neutralitat climàtic europeu, el sector LULUCF es considera com un component més dins d'aquesta comptabilitat que contribueix a les emissions netes nul·les de gasos amb efecte d'hivernacle.

2

BASES NORMATIVES I DOCUMENTS DE PROSPECTIVA DE REFERÈNCIA

En el moment de la decisió de dur a terme la PROENCAT 2050 ja hi havia un marc polític i regulatori extern, en l'àmbit de la Unió Europa i de l'Estat espanyol, i intern, en l'àmbit de Catalunya, que en condicionava l'elaboració. Al llarg de la seva elaboració, aquest entorn ha anat canviant i concretant-se tant en els objectius com en el marc regulatori i polític, condicionant d'una manera molt forta els treballs, objectius i resultats de la PROENCAT 2050. En aquest capítol es fa una breu descripció, presentada de manera cronològica, dels principals elements d'aquest marc en el qual s'ha desenvolupat la PROENCAT 2050, a partir de la celebració de la COP21 a París l'any 2015, ja siguin normes d'àmbit europeu, estatal o català, o altres documents de caire polític, tècnic o científic.

2.1. COP21 a París (2015)

Entre els dies 30 de novembre i 12 de desembre de l'any 2015, va tenir lloc a París la vint-i-unena sessió de la Conferència de les Parts de la Convenció Marc de Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (COP21), així com l'onzena sessió de la Conferència de les Parts en qualitat de reunió de les parts del Protocol de Kyoto (COP-MOP11).

De manera paral·lela, es va celebrar la quaranta-tresena reunió dels Òrgans Subsidiaris de la Convenció, tant de l'Òrgan Subsidiari d'Assessorament Científic i Tecnològic (SBSTA, per les sigles en anglès) com de l'Òrgan Subsidiari d'Implementació (SBI, per les sigles en anglès)). Així mateix, es va celebrar la dotzena part de la segona sessió del Grup de la Plataforma de Durban (ADP).

La COP21 va acabar amb l'adopció de l'Acord de París, que estableix el marc global de lluita contra el canvi climàtic a partir del 2020. Es tracta d'un acord històric de lluita contra el canvi climàtic, que promou una transició cap a una economia baixa en emissions i resilient al canvi climàtic. És un text que reflecteix i té en compte les diverses realitats dels països, i és just, ambiciós, durador, equilibrat i jurídicament vinculant.

Els principals resultats de la COP21 són els següents:

- L'objectiu fonamental és evitar que l'increment de la temperatura mitjana global superi els 2 °C respecte als nivells preindustrials, i cerca, a més, promoure esforços addicionals que facin possible que l'escalfament global no superi els 1,5 °C.

- Es reconeix la necessitat que les emissions globals toquin sostre com més aviat millor, assumint que aquesta tasca requerirà més temps per als països en desenvolupament. A més, inclou la importància d'aconseguir un camí de reducció d'emissions a mitjà i llarg termini, coherent amb un escenari de neutralitat de carboni a la segona meitat de segle, és a dir, un equilibri entre les emissions i les absorcions de gasos amb efecte d'hivernacle.
- L'acord compromet tots els països que, cada cinc anys, han de comunicar i mantenir els seus objectius de reducció d'emissions, així com la posada en marxa de polítiques i mesures nacionals per assolir aquests objectius.
- Inclou un cicle de revisió o sistema d'ambició que estableix que, cada cinc anys (començant el 2023), cal fer un balanç de l'estat de la implementació de l'Acord respecte a l'objectiu de no superar els 2 °C d'escalfament global.
- Destaca la importància d'adaptar-se als efectes adversos del canvi climàtic, establint un objectiu global d'augment de la capacitat d'adaptació i reducció de la vulnerabilitat, en un context en què tots els països s'estan enfrontant als impactes derivats del canvi climàtic. L'adaptació s'ha de definir a escala de país, de manera transparent i valorant qüestions transversals. Els països han de participar en els processos de planificació, així com presentar i actualitzar periòdicament comunicacions sobre adaptació.
- Estableix les bases per a una transformació cap a models de desenvolupament baixos en emissions. Per això, es compta amb un important paquet financer que ajudarà a la implementació de l'Acord i que s'haurà de construir sobre la base de l'objectiu, per als països desenvolupats, de mobilització de 100.000 milions de dòlars anuals, a partir del 2020, a través de diverses fonts. Aquest objectiu es revisarà a l'alça abans del 2025.
- Anima, per primera vegada, els països en desenvolupament que proporcionin finançament de manera voluntària; tot i que es manté el lideratge dels països desenvolupats a l'hora de mobilitzar recursos financers.
- Reconeix la importància d'enfortir les capacitats dels països en desenvolupament. Amb aquest objectiu es crea un Comitè per a l'enfortiment de capacitats (Comitè de París), per detectar llacunes i necessitats en països en desenvolupament en aquesta matèria.
- Reforça el sistema actual de transparència i rendició de comptes de la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC) per enfortir la confiança entre els països, sobre la base d'un sistema d'informació clar i comú, en particular, sobre xifres d'emissions i absorcions de gasos amb efecte d'hivernacle i el suport proporcionat i rebut.
- Crea un Comitè, destinat a facilitar l'aplicació de l'Acord i promoure'n el compliment, per a totes les parts. Aquest Comitè té naturalesa facilitadora, no contenciosa i no punitiva.
- L'Acord de París entrava en vigor en ser ratificat per, almenys, 55 parts que representin com a mínim el 55 % de les emissions globals totals. Finalment, es va ratificar el 4 d'octubre de 2016.

A més, a París es va adoptar una decisió sobre el procés per augmentar l'ambició en matèria de mitigació pre-2020 (ambició pre-2020), pel qual es continua el procés

d'identificació d'accions que possibiliten reduccions d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle addicionals a les ja compromeses pels països i, a més, s'inicia un procés semblant per considerar accions urgents en matèria d'adaptació, entre d'altres qüestions.

2.2. Energia neta per a tots els europeus. *Winter Package* (COM(2016) 860 final)

L'octubre del 2014, el Consell Europeu va acordar el marc d'actuació de la UE en matèria de clima i energia fins al 2030, establint un ambiciós objectiu intern aplicable al conjunt de l'economia de reduir almenys el 40 % de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per al 2030 respecte de l'any 1999. En els anys següents, l'aplicació del marc d'actuació en matèria de clima i energia fins al 2030, acordat pel Consell Europeu, va ser una de les prioritats derivades de l'Acord de París de l'any 2015.

Així, el 30/11/2016, la Comissió Europea va presentar un paquet de mesures, anomenat *Winter Package*, per aconseguir aquest objectiu. L'aprovació d'aquest paquet per part de la Comissió Europea va suposar l'adopció dels objectius d'energia i clima 2030 per al conjunt de la UE. Les propostes legislatives d'energia neta per a tots els europeus comprenen l'eficiència energètica, les energies renovables, el disseny del mercat de l'electricitat, la seguretat de l'abastament d'electricitat i les normes de governança de la Unió de l'Energia. La Comissió proposa, a més, noves perspectives de disseny ecològic i una estratègia per a una mobilitat connectada i automatitzada. D'aquesta manera, la UE consolida l'entorn propici per a la transició a una economia hipocarbònica a través d'una àmplia gamma de polítiques i instruments que interactuen entre si.

D'acord amb aquesta estratègia, l'objectiu principal de la transició energètica era que beneficiï tots els ciutadans europeus. Per això, la Comissió va voler que tots els consumidors, sense deixar de banda els més vulnerables, se sentissin involucrats i es beneficiessin d'una energia més fiable, neta i competitiva. En aquest sentit, les mesures del Paquet d'hivern (*Winter Package*) partien de tres idees fonamentals:

- → Posar l'eficiència energètica en primer terme.
- → Aconseguir el lideratge mundial en energies renovables.
- → Proporcionar un tracte just per als consumidors.

Pel que fa als objectius, en aquest paquet, la Comissió va establir un objectiu de reducció del 40 % de les emissions de GEH l'any 2030 en relació amb les de l'any 1990, acompanyat d'un increment en l'objectiu de reducció del consum d'energia fins al 30 % en el conjunt de la UE i el 27 % d'utilització de fonts energètiques renovables.

El paquet també inclou mesures per accelerar la innovació en matèria d'energies netes i per renovar els edificis d'Europa, i destaca específicament l'obligació de desenvolupar, per part de cada estat membre, una estratègia de renovació dels edificis a llarg termini, de manera que els edificis residencials i no residencials, tant públics com privats, siguin edificis de consum gairebé nul l'any 2050. També presenta mesures per fomentar la inversió pública i privada, promoure la competitivitat industrial de la UE i mitigar l'impacte social de la transició cap a una energia neta.

A continuació, en la **taula 2.1**, es pot veure el conjunt de les iniciatives legislatives que constitueixen el paquet «Energia neta per a tots els europeus», en forma de directives i de reglaments.

També s'hi inclouen les dates de la proposta de la Comissió Europea, l'adopció per part del Parlament Europeu i del Consell, i, finalment, la data de publicació en el DOUE.

TAULA 2.1. PROCÉS LEGISLATIU DEL PAQUET «ENERGIA NETA PER A TOTS ELS EUROPEUS»

	Comissió Europea (proposta)	Parlament Europeu (adopció)	Consell (adopció)	Diari oficial (publicació)
Eficiència energètica en edificis	30/11/2016	17/04/2018	14/05/2018	19/06/2018 - Directiva (EU) 2018/844
Energies renovables	30/11/2016	13/11/2018	04/12/2008	21/12/2018 - Directiva (EU) 2018/2001
Eficiència energètica	30/11/2016	13/11/2018	04/12/2018	21/12/2018 - Directiva (EU) 2018/2002
Governança de la Unió de l'Energia	30/11/2016	13/11/2018	04/12/2018	21/12/2018 - Reglament (EU) 2018/1999
Reglament relatiu al mercat interior de l'electricitat	30/11/2016	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Reglament (EU) 2019/943
Directiva sobre el mercat interior de l'electricitat	30/11/2016	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Directiva (EU) 2019/944
Reglament sobre la preparació davant dels riscos en el sector de l'electricitat	30/11/2016	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Reglament (EU) 2019/941
Creació de l'Agència de la Unió Europea per a la Cooperació dels Reguladors Energètics	30/11/2016	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Reglament (EU) 2019/942

També cal destacar que aquest paquet introdueix el principi de situar el consumidor en el centre del sistema energètic, apoderant la societat i fent que els ciutadans i les empreses passin a ser consumidors actius, amb la possibilitat de poder consumir, generar, emmagatzemar, compartir o vendre energia elèctrica, al mateix temps que gestionen el seu consum.

En aquest sentit, en aquest paquet legislatiu s'aproven importants instruments que permeten desenvolupar aquest principi, com ara les comunitats energètiques (comunitats d'energies renovables i comunitats ciutadanes d'energia) i els agregadors d'energia.

D'altra banda, el reglament de governança que forma part d'aquest paquet estableix que cada Estat membre ha de desenvolupar, cada 10 anys, un pla nacional integrat d'energia i clima (el primer d'ells, en l'horitzó 2030) que presenti una avaluació de l'impacte de les polítiques i mesures previstes sobre els

objectius establerts a escala europea, tenint en compte la perspectiva a més llarg termini. Igualment, també s'indica que cada estat membre ha de desenvolupar una estratègia a llarg termini cada deu anys, amb una perspectiva, com a mínim, de 30 anys, considerant la participació dels mecanismes d'absorció de CO_2 (LULUCF) i assumint la neutralitat climàtica en l'horitzó 2050, així com emissions negatives a partir d'aquest moment.

L'objectiu de les noves normes era aportar beneficis considerables per als consumidors, el medi ambient i l'economia. En coordinar aquests canvis a escala de la UE, la legislació també subratlla el seu lideratge en la lluita contra l'escalfament global i fa una contribució important a l'estratègia a llarg termini de la UE per assolir la neutralitat de carboni (zero emissions netes) per al 2050.

Finalment, cal tenir present que fins a l'aprovació final del paquet legislatiu «Fit for55», els instruments que formen part del paquet «Energia neta per a tots els europeus» es troben vigents.

2.3. Pacte Nacional per a la Transició Energètica

El Govern de la Generalitat va aprovar el dia 15 d'abril de 2014 un Acord de Govern sobre l'impuls del Pacte Nacional per a la sobirania energètica, en els següents termes:

- Encomanar al Departament d'Empresa i Ocupació que impulsi l'elaboració de la proposta de Pacte Nacional per a la sobirania energètica, a partir dels criteris i objectius fixats en les mocions i resolucions del Parlament de Catalunya aprovades durant l'anterior i la present legislatura en relació amb la transformació del model energètic català, principalment les mocions 63/X i 57/XI del Parlament de Catalunya.
- Crear un comitè coordinador presidit pel secretari d'Empresa i Competitivitat que piloti la redacció de les bases del Pacte Nacional i els contactes amb els agents econòmics i socials, les entitats acadèmiques i professionals, les organitzacions de la societat civil i els grups polítics, per tal de generar un consens ampli sobre el Pacte Nacional.

L'Acord de Govern esmentat es fonamenta en la Moció 63/X, sobre la sobirania energètica, aprovada pel ple del Parlament de Catalunya en la sessió del 5 de desembre del 2013 de l'anterior legislatura, i que insta el Govern a:

- Establir les bases d'un Pacte Nacional en el qual participin tots els agents implicats amb l'objectiu de definir les mesures per transformar el model energètic català en un model basat en les energies renovables, en l'autoabastament; en l'estalvi, l'eficiència i la contenció, i en un model de producció descentralitzat.
- Promoure un canvi del marc regulador per garantir el control democràtic de l'energia i que accedir-hi sigui tipificat com un dret fonamental.

Després de diverses sessions de treball, el 27 de maig de 2015, el comitè coordinador del Pacte Nacional per a la sobirania energètica va aprovar el «Document de bases per a constituir un Pacte Nacional per a la transició energètica», així com una proposta de procés de concertació del Pacte Nacional per a la transició energètica basada en la constitució d'una mesa de negociació del Pacte Nacional per a la transició energètica.

Finalment, el Govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar el document de bases per al Pacte Nacional per a la Transició Energètica el mes de gener de 2017. Aquest document planteja uns objectius indicatius ambiciosos i concrets a llarg termini, amb objectius intermedis a mitjà termini. Així, en l'horitzó 2030, proposa establir, com a mínim, els objectius del paquet «Energia i clima 2030» de la UE:

- Assolir que l'any 2030 un 27 % del consum «brut» d'energia final a Catalunya sigui renovable i que un 50 % de l'energia elèctrica sigui d'origen renovable.
- Millorar en un 30 % l'eficiència energètica a Catalunya l'any 2030 en comparació amb les projeccions de futur del consum d'energia tenint en compte els criteris de la UE vigents actualment.
- Reduir el 40 % de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle relacionades amb el cicle energètic a Catalunya l'any 2030 en relació amb les emissions de l'any 1990.

I en l'horitzó 2050, l'objectiu que planteja el PNTE és:

- Assolir un model basat 100 % en les energies renovables desitjablement a l'horitzó 2050, si és possible tècnicament, mediambientalment i econòmicament.

El PNTE preveu la realització de la PROENCAT 2050 i va concretar, de manera consensuada amb tota la societat civil (ciutadania i empreses) i les administracions públiques catalanes, l'escenari aposta, les opcions estratègiques, el full de ruta i els desenvolupaments que han de permetre assolir la missió i els objectius definits en el PNTE, incloent-hi els objectius energètics i mediambientals finals que cal assolir en l'horitzó dels anys 2030, 2040 i 2050.

També estableix els eixos estratègics de la nova política energètica catalana:

- Eix 1. Garantir el dret fonamental d'accés a l'energia i la defensa dels drets dels consumidors.
- Eix 2. Garantir l'abastament energètic de Catalunya i la qualitat i fiabilitat dels subministraments energètics.
- Eix 3. Assolir el màxim nivell d'estalvi i eficiència energètica en l'economia i societat catalanes.
- Eix 4. Maximitzar la utilització de les fonts d'energia renovables, fonamentalment, les autòctones.
- Eix 5. Fomentar la recerca i la innovació energètiques com a vectors d'eficiència i de creació d'activitats empresarials.
- Eix 6. Democratització de l'energia i participació de la societat en la definició del nou model energètic.

2.4. Llei 16/2017 del canvi climàtic

El Parlament de Catalunya va aprovar, l'1 d'agost de 2017, la Llei 16/2017, del canvi climàtic, que adopta les bases derivades de la legislació comunitària europea i configura els elements essencials per desenvolupar les accions per fer front al canvi climàtic a Catalunya.

L'objecte d'aquesta llei és la regulació de les mesures encaminades a la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic en l'àmbit català, la definició del model de governança de l'Administració pública en relació amb

el canvi climàtic i l'establiment d'impostos com a instrument per actuar contra el canvi climàtic.

Les finalitats d'aquesta llei són:

- Reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i la vulnerabilitat als impactes del canvi climàtic, i afavorir la transició cap a una economia neutra en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, competitiva, innovadora i eficient en l'ús de recursos.
- Contribuir a la transició cap a una societat en què el consum de combustibles fòssils tendeixi a ésser nul, amb un sistema energètic descentralitzat i amb energies 100 % renovables, fonamentalment de proximitat, amb l'objectiu d'aconseguir un model econòmic i energètic no dependent dels combustibles fòssils ni nuclears el 2050.
- Reduir la vulnerabilitat de la població, dels sectors socioeconòmics i dels ecosistemes terrestres i marins davant els impactes adversos del canvi climàtic, i també crear i reforçar les capacitats nacionals de resposta a aquests impactes.
- Adaptar els sectors productius i incorporar l'anàlisi de la resiliència al canvi climàtic en la planificació del territori, les activitats, les infraestructures i les edificacions.
- Fomentar l'educació, la recerca, el desenvolupament i la transferència de tecnologia, i difondre el coneixement en matèria d'adaptació i mitigació del canvi climàtic.
- Establir mecanismes que proveeixin informació objectiva i avaluable sobre tots els aspectes relacionats amb el canvi climàtic, la seva evolució temporal i els seus impactes.
- Promoure la participació ciutadana i la dels agents econòmics i socials en l'elaboració i avaluació de les polítiques climàtiques.
- Fixar els instruments de seguiment de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de Catalunya i per als diversos sectors, productes i serveis, durant tot llur cicle de vida.
- Definir els objectius de reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de Catalunya i establir els corresponents pressupostos de carboni globals i desagregats a escala sectorial, prenent com a base llur potencial de reducció.
- Impulsar el compliment dels compromisos internacionals envers el canvi climàtic que vinculen la Generalitat de Catalunya i la quota alíquota corresponent dels tractats internacionals subscrits per l'Estat espanyol, d'acord amb els criteris de repartiment d'esforços que tinguin establerts.

En l'àmbit energètic, la Llei 16/2017 estableix que les mesures que s'adoptin en matèria d'energia han d'anar encaminades a la transició energètica cap a un model 100 % renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú.

La Llei concreta que aquestes mesures han d'anar encaminades a:

- Impulsar polítiques d'estalvi i eficiència energètics, amb l'objectiu de reduir el consum final d'energia almenys un 2 % anual per arribar com a mínim al 27 % l'any 2030, excloent-ne els usos no energètics.

- Promoure les energies renovables, que s'han de desenvolupar, sempre que sigui possible, aprofitant espais ja alterats per l'activitat humana, i minimitzar així l'ocupació innecessària del territori.
- Impulsar un model energètic en què el consum de combustibles fòssils tendeixi a ésser nul, per tal que el 2030 es pugui assolir el 50 % de participació de les energies renovables en el sistema elèctric català per poder arribar al 100 % de renovables el 2050.
- L'adopció de mesures de caràcter normatiu que afavoreixin l'autoconsum energètic a partir d'energies renovables i la participació d'actors locals en la producció i distribució d'energia renovable.
- El foment de la generació d'energia distribuïda i noves opcions en distribució i contractació de subministraments, i la implantació de xarxes de distribució d'energia intel·ligents i xarxes tancades.
- La promoció de la creació d'un clúster de recerca i producció en energies renovables a partir dels centres de recerca en energies renovables presents a Catalunya.

La Llei indica que la planificació energètica ha d'incorporar els objectius de reducció d'emissions que s'estableixen a la mateixa Llei del canvi climàtic, així com que els plans d'energia i de mitigació del canvi climàtic s'han d'elaborar de manera integrada.

La Llei també estableix que per fer la transició energètica cap a un model 100 % renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, cal adoptar les propostes normatives pertinents per afavorir la implantació de les tecnologies de generació elèctrica distribuïda als edificis i mesures per agilitar la tramitació de la implantació de parcs eòlics.

També cal destacar que, en l'àmbit de la planificació territorial, la Llei estableix que els nous planejaments urbanístics i les revisions del planejament territorial han d'incorporar una anàlisi quantitativa i una valoració descriptiva de l'impacte sobre les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i dels impactes del canvi climàtic sobre el nou planejament.

2.5. Informe especial de l'IPCC sobre els impactes de l'escalfament global d'1,5 °C

La cimera del clima de Katowice (COP24), celebrada el mes de desembre del 2018, no va tenir una rellevància significativa pels acords adoptats, que, bàsicament, es redueixen a l'aprovació del llibre de regles que farà possible la posada en marxa de l'Acord de París. Va ser més rellevant el fet que no fos possible acordar una objectius més ambiciosos a l'Acord de París, a la vista de l'informe especial del Panell Intergovernamental per al Canvi Climàtic (IPCC, per les sigles en anglès), sobre els impactes de l'escalfament global d'1,5 °C, que es va examinar a la 48a reunió de l'IPCC celebrada l'octubre de 2018 al Incheon, República de Corea.

Aquest informe especial de l'IPCC analitza els impactes de l'escalfament global d'1,5 °C respecte als nivells preindustrials i les trajectòries corresponents que haurien de seguir les emissions mundials de gasos amb efecte d'hivernacle, en el context del reforçament de la resposta mundial a l'amenaça del canvi climàtic, el desenvolupament sostenible i els esforços per erradicar la pobresa.

Les conclusions d'aquest informe són molt preocupants. A continuació se'n recullen algunes de les més importants:

- S'estima que les activitats humanes han causat un escalfament global d'aproximadament 1,0 °C respecte als nivells preindustrials. És probable que l'escalfament global arribi a 1,0 °C entre el 2030 i el 2052 si continua augmentant al ritme actual.
- Els models climàtics preveuen diferències robustes en les característiques regionals del clima entre el moment actual i un escalfament global d'1,5 °C, i entre un escalfament global d'1,5 °C i de 2 °C. Aquestes diferències comprenen un augment de la temperatura mitjana a la majoria de les regions terrestres i oceàniques, dels episodis de calor extrema a la majoria de les regions habitades, de les precipitacions intenses en diverses regions i de la probabilitat de sequera i de dèficits de precipitació en algunes regions.
- Els riscos futurs relacionats amb el clima depenen del ritme, el pic i la durada de l'escalfament. En conjunt, aquests són més grans si l'escalfament global supera els 1,5 °C abans de tornar a aquest nivell l'any 2100 que si l'escalfament global s'estabilitza gradualment en 1,5 °C, especialment si la temperatura màxima és alta (per exemple, al voltant de 2 °C). Alguns impactes poden ser duradors o irreversibles, com ara la pèrdua d'alguns ecosistemes.
- A les trajectòries dels models en què l'escalfament no sobrepassa 1,5 °C o el sobrepassa lleugerament, les emissions antropogèniques globals netes de CO_2 disminueixen en un 45 % aproximadament d'aquí al 2030 respecte als nivells del 2010, i són iguals a zero al voltant del 2050. Perquè l'escalfament global no superi el límit de 2 °C es calcula que les emissions de CO_2 s'han de reduir aproximadament en un 25 % d'aquí al 2030, respecte del nivell del 2010, i ser iguals a zero al voltant del 2070. A les emissions diferents de CO_2 de les trajectòries que limiten l'escalfament global a 1,5 °C s'observen reduccions dràstiques que són similars a les de les trajectòries que limiten l'escalfament a 2 °C.
- Es preveu que aproximadament un 4 % de la superfície terrestre mundial experimenti una transformació dels seus ecosistemes d'un tipus a un altre amb un escalfament global d'1 °C, en contrast amb el 13 % si l'escalfament global és de 2 °C. Aquesta dada indica que es reduiria prop d'un 50 % la superfície en risc amb un escalfament global d'1,5 °C respecte a un de 2 °C.
- Es preveu que si l'escalfament global es limita a 1,5 °C en lloc de 2 °C, es reduiran els increments de la temperatura als oceans, l'augment vinculat de la seva acidesa i el descens del seu nivell d'oxigen. Per tant, si l'escalfament global es limita a 1,5 °C, es preveu que els riscos siguin menors per a la biodiversitat, la pesca i els ecosistemes marins, així com les funcions i els serveis que aquests presten als éssers humans, com ho il·lustren els canvis recents als ecosistemes de gel marí de l'Àrtic i dels esculls de corall d'aigües càlides.

Aquest informe de l'IPCC va encendre totes les alarmes i va provocar un augment dels objectius de la política ambiental i energètica a la UE i a d'altres països.

2.6. Un planeta net per a tots (COM(2018) 773 final)

Com a resposta a l'Informe especial de l'IPCC sobre els impactes de l'escalfament global d'1,5 °C, la Comissió Europea va aprovar, a finals de novembre de 2018, una comunicació al Parlament Europeu, al Consell Europeu, al Consell, al Comitè Econòmic i Social Europeu, al Comitè de les Regions i al Banc Europeu d'Inversions anomenada «Un planeta net per a tots. La visió estratègica europea a llarg termini d'una economia pròspera, moderna, competitiva i climàticament neutra» (COM(2018) 773 final).

En aquesta comunicació, la Comissió Europea proposa que la UE sigui de les primeres a aconseguir zero emissions netes de gasos amb efecte d'hivernacle cap a l'any 2050 i que estigui al capdavant a escala mundial, i conclou que, per aconseguir-ho, ha d'intensificar els seus esforços.

Aplicant els principis d'un enfocament europeu competitiu, inclusiu, socialment just i multilateral, es proposen una sèrie de prioritats primordials, plenament coherents amb els objectius de desenvolupament sostenible, que han de guiar la transició cap a una Europa climàticament neutra:

- Accelerar la transició a l'energia neta, amb un augment de la producció d'energia renovable, una elevada eficiència energètica, una seguretat més gran del subministrament i garantint, al mateix temps, uns preus de l'energia competitius.
- Reconèixer i reforçar el paper central dels ciutadans i els consumidors en la transició energètica.
- Desenvolupar la mobilitat rodada sense carboni, connectada i automatitzada.
- Impulsar la competitivitat industrial de la UE a través de la recerca i la innovació per tal d'aconseguir una economia digitalitzada i circular que limiti el sorgiment de noves dependències de materials.
- Promoure una bioeconomia sostenible i diversificar l'agricultura, la ramaderia, l'aqüicultura i la silvicultura, augmentant la productivitat i fent adaptacions als impactes del canvi climàtic.
- Reforçar les infraestructures i fer-les a prova dels canvis en el clima.
- Mobilitzar i orientar el finançament i la inversió sostenibles, i atreure el suport del capital «pacient» (capital risc a llarg termini).
- Invertir en capital humà i dotar les generacions actuals i futures de la millor educació i formació possibles en les capacitats necessàries.
- Garantir que la transició sigui socialment justa. Coordinar les polítiques a escala de la UE amb les dels estats membres i els governs regionals i locals, que permetin una transició ben gestionada i socialment justa que no deixi enrere cap regió, cap comunitat, cap treballador i cap ciutadà.

Per definir aquestes prioritats, la Comissió Europea es va basar en l'estudi realitzat per la Joint Research Center (JRC), anomenat *In-depth analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773*, publicat el 28 de novembre de 2018.

Aquest document ofereix una visió detallada de la visió estratègica de la comunicació COM(2018) 773, amb una avaluació d'impacte detallada a partir d'una

anàlisi d'escenaris. Es realitza una anàlisi tecnicoeconòmica de les possibilitats de reducció de les emissions de CO_2 en diversos sectors (subministrament d'energia, edificis, transport i indústria) i, també, de la reducció de GEH diferents del CO_2 (els més importants són el CH_4 i el N_2O a l'agricultura).

Es proposen mesures de mitigació detallades en cada un d'aquests àmbits per avançar cap a les emissions netes nul·les, que cobreixen tots els sectors i GEH rellevants. Cal tenir present que amb les polítiques establertes en el Paquet d'hivern (*Winter Package*) s'assoleixen reduccions d'emissions de GEH al voltant del 60-65 % respecte de l'any 1990. Tal com afirma l'informe de l'IPCC elaborat l'any 2018, aquest objectiu és insuficient per lluitar contra el canvi climàtic. Per aquest motiu, els objectius i les mesures presentats en aquest informe són més ambiciosos que els presentats anteriorment.

L'anàlisi quantitativa basada en models explora vuit escenaris que aconsegueixen diferents nivells de reducció d'emissions. Els escenaris cobreixen el rang potencial de reduccions necessàries a la UE per contribuir als objectius de temperatura de l'Acord de París, situant-se al voltant dels 2 °C d'increment de temperatura, i per continuar fent esforços per aconseguir un canvi de temperatura d'1,5 °C. Això es tradueix en una reducció per a la UE l'any 2050 (en comparació amb el 1990) d'entre el 80 % (excloent la utilització del territori, el canvi d'ús del territori i la silvicultura (LULUCF, en les seves sigles en anglès)) i el 100 %, és a dir, aconseguir zero emissions netes de GEH.

S'exploren diverses opcions sectorials com a possibles vies per reduir les emissions de GEH: moderació de la demanda (ja sigui a través de l'eficiència energètica, com a conseqüència de l'economia circular o per canvis en l'estil de vida), opcions tecnològiques per descarbonitzar el subministrament d'energia (principalment, mitjançant el canvi de combustibles fòssils cap a alternatives que considerin vectors energètics d'emissions nul·les de carboni o de carboni neutre, com ara l'electricitat procedent d'energies renovables, hidrogen verd o combustibles sintètics produïts a partir de CO_2 de l'aire o d'origen biològic i electricitat renovable, e-fuels, així com també la utilització de les renovables tèrmiques i l'ús d'emissions negatives. Aquests escenaris es contrasten amb les projeccions de referència.

Les projeccions que presenta aquest informe arriben fins a l'horitzó 2070. Aquestes previsions consideren que, a partir de 2050, i fins al 2070, s'han d'assolir emissions de GEH netes negatives, amb una posterior estabilització en el període 2070-2100. Aquestes emissions netes negatives s'assoleixen mitjançant els processos d'absorció natural de CO_2 (LULUCF), els processos de captura directa de CO_2 de l'aire (DACCS) i la captura provinent de la biomassa (BECCS).

Els escenaris projecten un canvi gradual, però important, respecte a la situació actual. Tots incorporen una àmplia, encara que variada, cartera d'opcions de mitigació. Tenint en compte la inèrcia del sistema energètic i de l'economia en el seu conjunt, les projeccions resultants comencen a diferir cap al 2050, i cada cop més en els anys posteriors.

S'exploren tres categories d'escenaris, que conformen un total de vuit escenaris. La primera categoria aborda l'ambició d'aconseguir un escalfament global per sota dels 2 °C, amb l'objectiu d'aconseguir nivells de reducció d'emissions de GEH el

2050 al voltant del 80 % (fixat prèviament) en comparació amb el 1990. En aquesta categoria s'avaluen cinc escenaris diferents, tenint en compte diverses opcions de reducció d'emissions de GEH. Tots els escenaris integren una forta millora en l'eficiència energètica i el desenvolupament de les energies renovables, així com millores en l'eficiència del sistema de transport, que va molt més enllà dels supòsits de l'escenari de referència. A més d'això, tres d'aquests escenaris es caracteritzen per estar impulsats per vectors portadors d'energia descarbonitzats i examinen els impactes del canvi de l'ús directe de combustibles fòssils a vectors d'emissions nul·les de carboni zero o d'emissions de carboni neutres. Aquests tres vectors, que identifiquen cadascun dels tres escenaris (que assoleixen el nivell d'ambició establert del 80 % de reducció de GEH), són: energia elèctrica (ELEC), hidrogen verd (H_2) i e-fuels (P2X). D'altra banda, els altres dos escenaris, que actuen més sobre la demanda d'energia, examinen com unes mesures d'eficiència energètica (EE) més fortes o la transició a una economia més circular (CIRC) poden oferir la reducció d'emissions desitjada.

Tot i que no es posen restriccions en cap tecnologia o combustible, se suposa que cada escenari es caracteritza per facilitar l'adopció d'alguna via tecnològica específica. Per exemple, l'escenari d'utilització de l'electricitat (ELEC) preveu una forta electrificació en tots els sectors, que inclou la generació de calor d'alta temperatura, com, per exemple, en els forns del sector dels productes minerals no metàl·lics. L'escenari d'economia circular (CIRC) suposa l'estandardització del material reciclable i els sistemes millorats per a la recollida de residus, mentre que l'escenari d'hidrogen (H_2) suposa el desplegament puntual de la infraestructura d'hidrogen necessària i la distribució d'hidrogen també a través de la xarxa de gas.

La segona categoria d'escenaris consta d'un únic escenari, que serveix de pont entre les altres dues categories principals d'escenaris explorats. Combina les accions i les tecnologies dels cinc escenaris de la primera categoria a un sisè escenari (COMBO), sense arribar al nivell de desplegament de cada tecnologia com en la primera categoria. Se suposa que totes les vies estan disponibles i es pot aconseguir una reducció de GEH a través de totes elles. Això es tradueix en una reducció neta d'emissions de GEH (incloent-hi LULUCF) l'any 2050, prop del 90 % respecte al 1990, no fixat prèviament. L'escenari pretén identificar fins on podem arribar en la reducció d'emissions combinant solucions tecnològiques i opcions avaluades en els escenaris anteriors, amb una petita dependència de tecnologies d'emissions negatives i sense canvis en les preferències dels consumidors. Aquest escenari servirà de base per construir els dos últims escenaris que conformen la tercera categoria.

Tots els escenaris de la primera i d'aquesta segona categoria continuen fent esforços per reduir les emissions després del 2050, i això dona lloc a una tendència decreixent de les emissions de GEH cap a les emissions netes de GEH zero.

La tercera categoria d'escenaris, basats en la neutralitat climàtica, aconsegueix una reducció d'emissions encara més forta, assolint les emissions netes de GEH zero l'any 2050 i, per tant, aconseguint limitar l'increment de temperatura a 1,5 °C. En aquesta categoria d'escenaris, les emissions restants que no es poden reduir el 2050 s'han d'equilibrar amb les emissions negatives, inclòs el LULUCF. Un dels escenaris (1.5TECH) té com a objectiu

augmentar encara més la contribució de totes les opcions tecnològiques, i es basa més en el desplegament de biomassa associada a quantitats importants de captura i emmagatzematge de carboni (BECCS) per assolir les emissions netes zero el 2050.
El segon escenari (1.5LIFE) es basa menys en les opcions tecnològiques d'1.5TECH, però suposa un impuls dels patrons empresarials i de consum de la UE cap a una economia més circular i un augment de la consciència climàtica dels ciutadans de la UE, que es tradueix en canvis en l'estil de vida i opcions de consum més beneficioses per al clima. Aquests inclouen la continuació de la tendència dels consumidors de la UE cap a dietes alimentàries menys intensives en carboni, l'economia compartida en el transport, la limitació del creixement de la demanda de transport aeri, un ús més alt del transport ferroviari en mitjanes distàncies i un ús més racional de la demanda d'energia per a la calefacció i la refrigeració. Tots dos escenaris tenen incentius econòmics addicionals per millorar l'embornal LULUCF, però aquest incentiu és molt més fort en l'escenari 1.5LIFE. Així, per exemple, en l'escenari 1.5LIFE, les absorcions de CO_2 assoleixen els 500-550 MtCO2 anuals en el període 2050-2070, bàsicament mitjançant la utilització dels embornals.

A continuació es pot veure la **taula 2.2**, que recull els principals paràmetres dels diversos escenaris, i la **taula 2.3**, que en recull les característiques principals:

TAULA 2.2. PARÀMETRES PRINCIPALS DELS ESCENARIS CONSIDERATS EN L'ESTUDI «IN-DEPHT ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773»

2050	Electrificació (ELEC)	Hidrogen (H_2)	Energia a X (P2X)	Eficiència energètica (EE)	Economia circular (CIRC)	Combinació (COMBO)	1,5 °C tècnica (1.5 TECH)	1,5 °C estils de vida (1.5 LIFE)
Objectiu GEH 2050	**-80 % (no inclou embornals)**					**-90 % (inclou embornals)**	**-100 % (inclou embornals)**	
Consum d'energia primària (respecte del 2005)	-41 %	-36 %	-22 %	-50 %	-45 %	-36 %	-32 %	-42 %
% energies renovables en energia primària	53 %	55 %	52 %	51 %	54 %	54 %	62 %	62 %
Consum d'energia final (respecte del 2005)	-35 %	-33 %	-30 %	-44 %	-38 %	-37 %	-42 %	-47 %
% energia elèctrica en energia final	53 %	42 %	41 %	50 %	50 %	48 %	51 %	48 %
Consum final d'energia elèctrica (respecte del 2005)	75 %	44 %	45 %	36 %	50 %	57 %	45 %	30 %
Potència elèctrica instal·lada (GW)	2.100	2.300	2.700	1.700	1.900	2.400	2.800	2.300

TAULA 2.3. VISIÓ GENERAL DELS ESCENARIS CONSIDERATS EN L'ESTUDI «IN-DEPHT ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM(2018) 773»

	Electrificació (ELEC)	**Hidrogen (H_2)**	***Power to X* (P2X)**	**Eficiència energètica (EE)**	**Economia circular (CIRC)**	**Combinació (COMBO)**	**1.5 °C tècnica (1.5 TECH))**	**1,5 °C estils de vida sostenible (1.5 LIFE)**
Tendències principals	Electrificació en tots els sectors	Hidrogen en la indústria, en el transport i en els edificis	***E-fuels*** (combustibles sintètics) en la indústria, en el transport i en els edificis	Perseguir la més alta eficiència energètica en tots els sectors	Millorar l'eficiència de recursos i materials	Combinació d'opcions cost-eficients a partir d'escenaris de 2 °C	Basat en COMBO amb més BECCS i CCS	Basat en l'opció COMBO i CIRC amb canvis en l'estil de vida
Objectiu de GEH el 2050	-80 % GEH (exclosos els embornals) [objectiu ben per sota dels 2 °C]					-90 % GEH (inclosos els embornals)	-100 % GEH (inclosos els embornals) [objectiu d'1,5 °C]	
Principals supòsits comuns	• Major grau d'eficiència energètica després del 2030 • Implementació de biocombustibles sostenibles avançats • Mesures d'economia circular moderades • Digitalització			• Coordinació del mercat per a la implementació d'infraestructures • BECCS present només després del 2050 en escenaris de 2 °C • Aprenentatge mitjançant la pràctica considerable en tecnologies baixes en carboni • Millores considerables en l'eficiència del sistema de transport				
Sector elèctric	Sector elèctric pràcticament descarbonitzat el 2050. Forta penetració d'energies renovables gràcies a l'optimització del sistema (resposta de la demanda, emmagatzematge, interconnexions, paper dels consumidors proactius). La nuclear encara és present al sector elèctric i la implementació de CCS presenta limitacions.							
Indústria	Electrificació de processos	Ús d'H_2 per a aplicacions específiques	Ús d'***e-gas*** (gas sintètic) per a aplicacions específiques	Reducció de la demanda energètica gràcies a l'eficiència energètica	Índexs de reciclatge superiors, substitució de materials, mesures circulars	Combinació de les opcions més cost-eficients dels escenaris «ben per sota dels 2 °C» amb aplicació específiques (exclòs CIRC)	COMBO, però més intensiu	CIRC + COMBO, però més intensiu
Edificis	Major implementació de bombes de calor	Implementació d'H_2 per a calefacció	Implementació d'***e-gas*** (gas sintètic) per a calefacció	Majors índexs de renovació i en major profunditat	Edificis sostenibles			CIRC + COMBO, però més intensiu
Sector del transport	Electrificació més ràpida de tots els modes de transport	Implementació d'H_2 per a HDV i, en certa mesura, per a LDV	***E-fuels*** (combustibles sintètics) per a tots els modes	Increment del canvi modal de transport	Mobilitat com a servei			• CIRC + COMBO, però més intensiu • Alternatives al transport aeri
Altres tendències		H_2 a la xarxa de distribució de gas	***E-gas*** (gas sintètic) a la xarxa de distribució de gas				Embornal natural amb millora limitada	• Canvis en la dieta • Embornal natural millorat

Des del punt de vista de l'impacte econòmic, les anàlisis indiquen que, considerant tots els sectors emissors de GEH, tant energètics com no energètics, l'impacte de la descarbonització i la transició energètica sobre el PIB general seria moderat. Les dades disponibles des del 1990 fins ara demostren que el desacoblament del PIB i el consum d'energia (intensitat energètica) i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (intensitat d'emissions) ja ha començat. Els resultats de la modelització indiquen que aquesta tendència es pot accelerar i reforçar fins al punt d'aconseguir un desacoblament total, és a dir, zero emissions netes de GEH i creixement econòmic continuat.

El desacoblament del creixement econòmic i les emissions de GEH s'associen a un augment de la producció econòmica per energia consumida, ja que l'eficiència energètica augmentaria en tots els escenaris. El grau en què augmentaria la «productivitat» del consum d'energia varia segons els escenaris, amb els guanys més elevats previstos en els escenaris d'eficiència energètica i 1,5 LIFE. L'any 2050, la productivitat econòmica per unitat de consum interior brut d'energia podria augmentar aproximadament en un factor de dos a tres segons l'escenari.

El document també analitza les inversions necessàries en relació amb la reducció de les emissions de GEH aconseguida. Els resultats indiquen que l'escenari 1.5TECH és el que aconsegueix una major reducció de les emissions, però només un 7 % major que el que s'aconsegueix amb l'escenari 1.5LIFE, mentre que, en l'escenari 1.5TECH, les inversions necessàries són un 66 % superiors a les de l'escenari 1.5LIFE.

Per tant, l'escenari 1.5LIFE, en el qual s'aconsegueixen les emissions nul·les l'any 2050 amb el menor cost, és l'escenari que s'ha pres com a referència per a la realització de la PROENCAT 2050.

2.7. Declaració d'emergència climàtica del Parlament de Catalunya (2019)

El canvi climàtic i els seus efectes a Catalunya són evidents. A banda dels efectes sobre els ecosistemes i sobre la salut, els efectes previsibles del canvi climàtic poden perjudicar notòriament la nostra economia productiva, des de l'afectació negativa en el funcionament i el manteniment de moltes infraestructures fins a importants alteracions dels entorns en què es desenvolupen activitats com el turisme, la producció agropecuària o tota la indústria amb demandes intensives d'aigua o d'energia.

Davant d'aquesta realitat, el 14 de maig del 2019, el Govern de la Generalitat de Catalunya va declarar formalment l'emergència climàtica i ambiental, com també havien fet nombroses institucions polítiques d'arreu del món, per tal que la societat catalana prengués una major consciència del perill que representa el canvi climàtic i facilitar l'assoliment dels objectius en matèria de mitigació establerts a la Llei 16/2017, del canvi climàtic.

Amb aquesta finalitat, el Govern assumeix els compromisos següents:

- → Adoptar les mesures de simplificació administrativa necessàries per eliminar els obstacles que puguin posar en perill l'assoliment dels objectius en matèria de mitigació del canvi climàtic i de transició energètica.
- → Incrementar els incentius i prioritzar les polítiques i els recursos públics

destinats a la necessària transició cap a un model energètic 100 % renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú, com fixa la Llei del canvi climàtic.

- Prioritzar en les polítiques públiques les opcions amb menor impacte climàtic i major contribució a l'adaptació a les condicions derivades del canvi climàtic.
- Adoptar les mesures necessàries per aturar la preocupant pèrdua de biodiversitat i promoure la recuperació d'ecosistemes.
- Identificar i acompanyar els sectors de l'economia que han de fer una transició, ja sigui per a adaptar-se a les noves condicions derivades del canvi climàtic o per transformar-se en activitats de baixes emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, en un marc general d'aposta per l'economia circular i de creació de llocs de treball verds.
- Adoptar les mesures encaminades a reduir la vulnerabilitat d'aquells sectors socials més sensibles als impactes del canvi climàtic i a aquells altres als quals aquesta transició pot afectar en major grau.
- Assumir un model de mobilitat urbana basat, d'una banda, en el transport públic, el vehicle compartit i els modes de micromobilitat, i, de l'altra, en vehicles d'emissió zero.
- Declarar com a instal·lacions d'interès territorial estratègic les instal·lacions fotovoltaiques que utilitzin sistemes de captació d'energia fotovoltaica avançats i eficients.
- Elaborar, conjuntament entre el Departament de Territori i Sostenibilitat i el Departament d'Empresa i Coneixement, una estratègia territorial per a la implantació de les instal·lacions d'energia renovable, fonamentalment eòlica i fotovoltaica, necessàries per desenvolupar la transició energètica a Catalunya i complir amb els objectius de la Llei del canvi climàtic en matèria d'energia.
- Instar el Parlament a celebrar cada any un ple monogràfic sobre el canvi climàtic i la seva afectació a Catalunya, i sobre les mesures de mitigació i adaptació que el Govern adopti, en especial, les associades a la transició energètica.
- Revisar la legislació catalana vigent amb la finalitat de detectar aquelles normes que afavoreixin l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle o dificultin combatre els efectes del canvi climàtic.

2.8. Decret llei 16/2019 de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables

Aquest Decret llei elimina barreres administratives per a la implantació d'energies renovables a Catalunya i soluciona diversos aspectes de la Llei de canvi climàtic que havien estat declarats inconstitucionals, redactant-los d'acord amb la sentència del Tribunal Constitucional. També inclou la derogació del Decret 147/2009, que limitava la implantació de parcs eòlics i fotovoltaics a Catalunya, i estableix un nou procediment de tramitació més àgil.

Aquesta norma va implementar un nou model de tramitació projecte a projecte amb l'objectiu de reduir fins als 13 mesos el procediment d'autorització d'una instal·lació. Es va crear la

Ponència d'energies renovables per fer una consulta prèvia a la tramitació d'una instal·lació, i així conèixer si l'emplaçament escollit és viable i verificar que no existeixin elements que en desaconsellin la ubicació. Es preveia que els tràmits es portessin a terme en un procediment conjunt que integra les autoritzacions energètica, ambiental, urbanística i paisatgística, i inclou tant la instal·lació de generació renovable com la línia d'evacuació d'energia a la xarxa. Així, es permet tramitar conjuntament projectes híbrids que combinin energia eòlica i solar fotovoltaica, i comparteixin la línia d'evacuació de l'electricitat generada.

Aquest Decret llei va modificar la Llei d'urbanisme per facilitar i simplificar la instal·lació d'energies renovables en l'àmbit urbà. També va modificar la Llei del canvi climàtic per tal de recuperar alguns articles anul·lats pel Tribunal Constitucional, redactats atenent a la sentència. En concret, entre altres, es fixa la neutralitat d'emissions de CO_2 per a l'horitzó 2050, l'electrificació dels ports de la Generalitat de Catalunya, la limitació al *fracking*, etc. S'afegeix la prohibició, en determinades activitats, d'utilitzar carbó i coc de petroli en estufes i calderes en noves instal·lacions, i, en les activitats de substitució no obligada, s'aprova un període transitori de quatre anys per substituir-los per altres combustibles amb menys impacte.

El Decret llei 24/2021 va introduir diverses modificacions en aquest Decret llei 16/2019, que es comenten en l'apartat 2.16. També la Llei 2/2021 i el Decret llei 5/2022 van modificar aquesta norma.

2.9. El Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640 final)

Aquesta comunicació de la Comissió Europea presenta un Pacte Verd Europeu per a la UE i els seus ciutadans, que constitueix el programa de govern de la nova Comissió presidida per Ursula von der Leyen. Es tracta d'una nova estratègia de creixement destinada a transformar la UE en una societat equitativa i pròspera, amb una economia moderna, eficient en l'ús dels recursos i competitiva, on no hi haurà emissions netes de gasos amb efecte d'hivernacle el 2050 i el creixement econòmic estarà desacoblat de l'ús dels recursos.

El Pacte Verd Europeu també aspira a protegir, mantenir i millorar el capital natural de la UE, així com la salut i el benestar dels ciutadans davant dels riscos i efectes mediambientals. Alhora, aquesta transició ha de ser justa i integradora. Ha de donar prioritat a la dimensió humana i parar atenció a les regions, els sectors i els treballadors exposats als desafiaments més grans.

Aquesta comunicació presenta un full de ruta inicial de les polítiques i mesures clau necessàries per fer realitat el Pacte Verd Europeu. S'anirà actualitzant a mesura que evolucionin les necessitats i es formulin les diferents respostes polítiques. Totes les actuacions i polítiques de la UE hauran de contribuir als objectius del Pacte Verd Europeu.

Els principals elements del Pacte Verd Europeu són els següents:

- S'eleva l'objectiu de reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle d'aquí al 2030 al 50 %, com a mínim, i cap al 55 % respecte als nivells del 1990 (l'anterior objectiu estava fixat en el 40 %). Per aconseguir aquestes reduccions addicionals de les emissions, es revisaran tots els instruments d'actuació pertinents relacionats amb el clima.

- La Comissió proposarà, com a molt tard el març del 2020, la primera «Llei del clima» europea. Així quedarà consagrat a la legislació l'objectiu d'assolir la neutralitat climàtica el 2050.
- Assegurar uns preus del carboni eficaços en tots els sectors i alinear la fiscalitat energètica amb els objectis climàtics.
- Disseny d'un mecanisme d'ajust del carboni a frontera, per a sectors específics, per tal d'atenuar el risc de fugida de carboni.
- Adopció d'una estratègia industrial de la UE i un nou pla d'acció de l'economia circular.
- Impulsar una onada de renovació d'edificis públics i privats amb una taxa anual que sigui, com a mínim, el doble de l'actual.
- Adoptar una estratègia de mobilitat sostenible i intel·ligent. Impuls del transport de mercaderies per ferrocarril i vies navegables. Intensificar la producció i utilització de combustibles alternatius i sostenibles per a transport.
- Estratègia de la granja a la taula. Impulsar un sistema alimentari just, saludable i respectuós amb el medi ambient.
- Preservació i restabliment dels ecosistemes i la biodiversitat.
- Aspirar a una contaminació zero per a un entorn sense substàncies tòxiques.
- Presentació del Pla d'Inversions per a una Europa Sostenible, que combini el finançament específic per donar suport a inversions sostenibles i propostes que afavoreixin un marc que propiciï les inversions ecològiques.
- Almenys el 30 % del Fons InvestEU contribuirà a la lluita contra el canvi climàtic.
- Com a part del Pla d'Inversions per a una Europa Sostenible, es crearà el Mecanisme per a una Transició Justa, amb un Fons de Transició Justa, perquè ningú no es quedi enrere.
- Es posarà en marxa un Pacte Europeu pel Clima que se centrarà la interacció entre la Comissió i els ciutadans pel que fa a l'acció pel clima.

2.10. Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima 2021-2030 (PNIEC)

EL PNIEC és una peça clau perquè Espanya compleixi de manera adequada i responsable amb les exigències derivades de l'Acord de París. Està totalment interrelacionat i és plenament coherent amb l'Estratègia de Descarbonització a Llarg Termini (ELP 2050), que es comenta en l'apartat 2.11. D'aquesta manera, es produeix un alineament entre els enfocaments a mitjà (2030) i llarg (2050) termini. L'elaboració d'aquests plans (PNIEC 2030 i ELP 2050) és derivada del reglament de governança (Reglament UE 2018/1999), aprovat en el Paquet d'hivern (*Winter Package*).

El PNIEC es presenta dins del context estatal del Marc Estratègic sobre Energia i Clima acompanyat de l'Avantprojecte de Llei de Canvi Climàtic i Transició Energètica, on es fixen objectius mínims de reduccions d'emissions de GEH per al 2030 i el 2050, oferint previsibilitat i orientació. L'acompanya també l'Estratègia de Transició Justa, dirigida a preveure i gestionar amb criteris de solidaritat les conseqüències sobre aquelles comarques i persones directament vinculades a tecnologies que es veuran progressivament desplaçades com a

conseqüència de la transició energètica. Així mateix, s'ha dissenyat l'Estratègia Nacional contra la Pobresa Energètica.

Aquests cinc documents normatius i polítics conformen un complet marc estratègic, que estableix les bases per a la transformació ordenada de l'economia i la societat espanyoles cap a un sistema econòmicament més eficient, amb menors emissions contaminants i de GEH, i socialment més just.

Els objectius del PNIEC 2021-2030 per a l'any 2030 són els següents:

- 23 % de reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle respecte al 1990.
- 42 % de renovables sobre l'ús final de l'energia.
- 39,5 % de millora de l'eficiència energètica.
- 74 % d'energia renovable a la generació elèctrica.

L'objectiu a llarg termini que guia la preparació del Pla és convertir Espanya en un país neutre climàticament el 2050. En aquesta direcció, l'objectiu del Pla a mitjà termini és aconseguir una disminució d'emissions d'almenys el 20 % l'any 2030 respecte al 1990. Segons la previsió realitzada pel Pla, les mesures previstes permetran assolir un nivell de reducció d'emissions de GEH del 23 %. Els sectors difusos (residencial, transport, agricultura, residus, gasos fluorats i indústria no subjecta al comerç d'emissions) contribueixen a aquest objectiu amb una mitigació el 2030 del 39 % respecte als nivells de l'any 2005, mentre que els sectors subjectes al comerç de drets d'emissió ho fan amb una disminució del 61 % respecte del 2005.

Els sectors de l'economia que, en xifres absolutes, redueixen més emissions en aquest període són els de generació elèctrica (36 MtCO2-eq) i mobilitat i transport (27 MtCO2-eq), als quals se sumen el sector residencial, comercial i institucional, i la indústria (combustió) amb disminucions addicionals de 10 i 7 MtCO2-eq, respectivament. Aquests sectors considerats conjuntament representen el 83 % de la reducció d'emissions en el període 2021-2030.

El Pla preveu per a l'any 2030 una potència total instal·lada al sector elèctric de 161 GW, 50 GW dels quals seran energia eòlica; 39 GW, de solar fotovoltaica; 27 GW, de cicles combinats de gas; 16 GW, d'hidràulica; 9,5 GW, de bombament; 7 GW, de solar termoelèctrica, i 3 GW, de nuclear, així com capacitats menors d'altres tecnologies. Es considera que les centrals de carbó cessaran d'aportar energia al sistema l'any 2030 com a molt tard, ja que tindran dificultats per ser competitives.

La generació elèctrica renovable el 2030 serà el 74 % del total, coherent amb una trajectòria cap a un sector elèctric 100 % renovable el 2050. Pel que fa a l'emmagatzematge, cal assenyalar l'increment de les tecnologies d'emmagatzematge amb una potència addicional de 6 GW (3,5 GW en centrals de bombament i 2,5 GW, en bateries), aportant més capacitat de gestió a la generació.

Pel que fa al sector de la mobilitat-transport, l'any 2017 va ser responsable del 26 % de les emissions. En aquest sector es preveu que les emissions es redueixin en 27 Mt CO_2-equivalent entre el 2020 i el 2030, que suposa una reducció del 33 %. La principal força motriu impulsora de la descarbonització d'aquest sector és un

canvi modal que afectarà, segons el Pla, el 35 % dels passatgers-quilòmetre que avui dia es fan en vehicles convencionals de combustió, degut a la generalització, a partir del 2023, de les zones de baixes emissions amb accés limitat als vehicles més emissors i contaminants a totes les ciutats de més de 50.000 habitants. Un altre element clau serà la presència de renovables en aquest sector, que arribarà al 28 % l'any 2030, per mitjà de l'electrificació (5 milions de vehicles elèctrics en aquest any) i l'ús de biocarburants avançats.

Pel que fa a la demanda final d'energia, el pes de les energies renovables s'incrementarà del 20 % previst per al 2020 al 42 % el 2030. Aquest creixement tan important és conseqüència de l'elevada penetració prevista de les renovables elèctriques i tèrmiques en el conjunt dels sectors de l'economia i de la notable disminució de la quantitat d'energia final que l'economia necessita com a conseqüència dels avenços que s'obtenen en estalvi i eficiència.

El PNIEC assumeix com a objectiu mínim de referència la millora de l'eficiència energètica formulada per la Directiva d'Eficiència Energètica del 32,5 % el 2030, si bé a les projeccions de l'escenari objectiu del Pla la reducció d'energia primària —respecte a l'escenari europeu de referència fixat pel model PRIMES el 2007— és del 39,5 % el 2030, de manera que el consum d'energia primària és de 98,5 Mtep aquest any.

La reducció dels consums d'energia primària proposada en aquest Pla equival a un 1,9 % anual des del 2017, la qual cosa, lligada a un increment previst del producte interior brut (PIB) en aquest mateix període de l'1,7 % anual, dona com a resultat una millora de la intensitat energètica primària del 3,5 % anual fins al 2030.

El PNIEC, que va ser finalment aprovat per la UE, es troba actualment en procés d'actualització, d'acord amb el que estableix el Reglament UE 2018/1999. En aquest sentit, abans del 30 de juny de 2023, cada estat membre haurà de presentar un projecte d'actualització del PNIEC que modifiqui els objectius nacionals i els alineï amb els objectius existents a escala de la UE.

2.11. Estratègia de Descarbonització a Llarg Termini (ELP 2050)

L'objectiu de l'Estratègia de Descarbonització a Llarg Termini (ELP 2050), del Govern de l'Estat, publicada el mes de novembre del 2020, és articular una resposta coherent i integrada davant de la crisi climàtica, que aprofiti les oportunitats per a la modernització i competitivitat de l'economia espanyola, i sigui socialment justa i inclusiva. Es tracta d'un full de ruta per avançar cap a la neutralitat climàtica a l'horitzó 2050, amb fites intermèdies el 2030 i 2040. De la mateixa manera que el PNIEC, l'elaboració de l'ELP 2050 és un requeriment derivat del reglament de governança (Reglament UE 2018/1999), aprovat en el Paquet d'hivern (*Winter Package*).

A causa del seu marc temporal, cal assenyalar que la missió de l'ELP no és conèixer com es produiran els canvis tecnològics concrets als diversos sectors de l'economia. Es tracta de presentar una proposta coherent sobre aquesta transformació emprant el coneixement cientificotècnic disponible actualment.

En les properes dècades no només es produiran innovacions tecnològiques, sinó també transformacions en els sistemes

econòmics o en les formes d'organització social, que són difícils d'anticipar amb certesa. No obstant això, les amenaces i els riscos del canvi climàtic són coneguts, així com també ho són moltes maneres de prevenir-los.

D'aquesta manera, aquesta estratègia proporciona senyals a mitjà i llarg termini als inversors, als agents econòmics, socials i mediambientals, i al conjunt de la societat espanyola, per al període 2021-2050.

En aquest sentit, té un triple objectiu:

- Complir els compromisos de l'Acord de París.
- Anticipar i planificar la transició cap a una economia climàticament neutra, tenint en compte els reptes i el debat social, empresarial i polític sobre les seves implicacions i necessitats. Aquesta transformació ha de ser abordada de forma integral, atès que afecta nombrosos elements transversals de l'economia i la societat.
- Oferir un objectiu clar a llarg termini, cosa que ajudarà a anticipar les línies d'actuació necessàries i, per tant, a maximitzar i aprofitar les oportunitats derivades de la transició energètica reduint els riscos.

Les principals previsions de l'ELP 2050 són les següents:

- Gràcies al treball en mitigació i la contribució dels embornals naturals de carboni, s'assolirà la neutralitat climàtica el 2050, amb una reducció d'emissions del 90 % respecte del 1990. Les emissions de GEH previstes seran de 29 MtCO2eq mentre que els embornals naturals aportaran unes absorcions de 37 MtCO2eq. Les opcions dels processos de captura directa de CO_2 de l'aire (DACCS) i de la captura provinent de la biomassa (BECCS) no es plantegen com a tecnologies d'emissions negatives de gasos amb efecte d'hivernacle.
- Es desacobla notablement el consum d'energia final del creixement econòmic. Es preveu una reducció de la intensitat energètica del 63 % en el període 2015-2050.
- Les energies renovables cobriran el 97 % del consum final d'energia de l'Estat espanyol l'any 2050.
- El sector elèctric serà 100 % renovable. La potència instal·lada de generació elèctrica amb energies renovables l'any 2050 serà de 250 GW.
- L'electrificació de l'economia superarà el 50 % l'any 2050.
- La dependència energètica de l'Estat espanyol es reduirà fins al 13 % l'any 2050.

En l'ELP 2050, l'adaptació al canvi climàtic ocupa un lloc destacat. Els informes de l'IPCC assenyalen el sud de Europa i la conca del Mediterrani com les zones més exposades als impactes derivats de la crisi climàtica. Per aquest motiu, aquesta és una qüestió essencial per a l'Estat espanyol. Constitueix una resposta complementària als esforços de mitigació, amb la mateixa rellevància: sense una acció adequada en matèria de mitigació, les capacitats adaptatives es veuran irremeiablement desbordades. I, al contrari, sense una adaptació adequada, l'acció en mitigació no permetrà complir els objectius. Entre altres qüestions, l'adaptació contribueix a fer que els ecosistemes segueixin mantenint la seva funcionalitat a llarg termini, garantint així el seu paper com a magatzems i/o embornals de carboni. La conservació dels sòls o prevenció

d'incendis també constitueixen altres àrees fonamentals en aquest àmbit.

L'ELP 2050 planteja el camí per a la consecució de la neutralitat climàtica a Espanya en coherència amb el treball que s'està desenvolupant al conjunt de la UE, d'acord amb el Pacte Verd Europeu, amb les conclusions del Consell Europeu de desembre del 2019 i la Llei Europea del Clima.

2.12. Informe especial de l'Agència Internacional de l'Energia «Net Zero by 2050» (2021)

En aquest informe, l'AIE planteja, per primera vegada, un escenari a escala mundial d'emissions netes nul·les de gasos amb efecte d'hivernacle l'any 2050. La singularitat d'aquest informe es troba en la contundència amb la qual l'AIE marca el final del model energètic basat en els combustibles fòssils, presentant l'escenari mundial de noves inversions i el desplegament de les tecnologies necessàries per assolir la neutralitat climàtica. A partir d'aquest escenari, l'AIE destaca el camí «estret» per aconseguir l'objectiu de la neutralitat climàtica mundial, en el sentit que encara és un objectiu possible, malgrat que els reptes siguin enormes.

El camí global cap a les emissions netes zero per al 2050 que es detalla en aquest informe requereix que tots els governs enforteixin significativament i després implementin amb èxit les seves polítiques energètiques i climàtiques. Els compromisos adquirits fins ara estan molt per sota del que exigeix aquesta via. El nombre de països que s'han compromès a aconseguir zero emissions netes ha crescut ràpidament durant l'últim any, i ara cobreix al voltant del 70 % de les emissions globals de CO_2. Aquest és un gran pas endavant. Tanmateix, la majoria de les promeses encara no es basen en polítiques i mesures a curt termini.

En l'informe es descriuen les condicions essencials perquè el sector mundial de l'energia assoleixi les emissions netes de CO_2 zero el 2050. Aquesta proposta permet assolir aquest objectiu sense compensacions externes al sector energètic i amb poca dependència de tecnologies d'emissions de GEH negatives.

La proposta està dissenyada per maximitzar la viabilitat tècnica, la rendibilitat i l'acceptació social, alhora que garanteix un creixement econòmic continuat i un subministrament energètic segur.

A continuació es recullen les accions prioritàries que, segons aquest informe, es necessiten avui per garantir que no es perdi l'oportunitat, difícil però encara possible, d'assolir la neutralitat d'emissions l'any 2050.

- → Assolir la neutralitat d'emissions per al 2050 depèn de l'impuls sense precedents de les tecnologies netes fins al 2030. Cal fer de la dècada de 2020 la dècada de l'expansió massiva de l'energia neta. Totes les tecnologies necessàries per aconseguir les retallades profundes necessàries en les emissions globals per al 2030 ja existeixen, i les polítiques que poden impulsar el seu desplegament ja estan provades.
- → La neutralitat d'emissions per al 2050 requereix grans salts en la innovació en energies netes. Cal preparar-se per a la següent fase de la transició impulsant la innovació. La innovació en energia neta

s'ha d'accelerar ràpidament, amb els governs posant l'R+D, la demostració i el desenvolupament al centre de la política energètica i climàtica.

- → La transició a la neutralitat d'emissions és per a les persones. Els llocs de treball d'energia neta creixeran amb força, però s'han de difondre àmpliament. Les transicions energètiques han de tenir en compte els impactes socials i econòmics sobre les persones i les comunitats, i tractar les persones com a participants actius.
- → Un sector energètic dominat per les energies renovables. Cal establir fites a curt termini per encarar els objectius a llarg termini. El consum de combustibles fòssils decau fins a una cinquena part l'any 2050. En un sector de l'energia cada vegada més eficient i amb més eficiència dels recursos materials i canvis de comportament vers l'energia, els governs han de proporcionar plans pas a pas creïbles per assolir els seus objectius de neutralitat d'emissions, generant confiança entre inversors, indústria, ciutadans i altres països.
- → No cal invertir en nova producció de combustibles fòssils en el camí cap a la neutralitat d'emissions. Cal impulsar un augment històric de la inversió en energia neta. Les polítiques s'han de dissenyar per enviar senyals de mercat que desbloquegin nous models de negoci i mobilitzin la despesa privada, especialment en les economies emergents.
- → Un fort augment sense precedents de la inversió en energia neta augmentarà el creixement econòmic mundial. El salt de la despesa privada i pública crearà milions de llocs de treball en energia neta, inclosa l'eficiència energètica, així com en les indústries de l'enginyeria, la fabricació i la construcció. Els governs tenen un paper clau per permetre un creixement impulsat per la inversió i per garantir que els beneficis siguin compartits per tothom.
- → Apareixen noves preocupacions per la seguretat energètica i es mantenen les velles. Cal abordar immediatament els riscos emergents de seguretat energètica. Garantir un subministrament ininterromput i fiable d'energia i productes bàsics crítics relacionats amb l'energia a preus assequibles augmentarà en importància en el camí cap a la neutralitat d'emissions.
- → La cooperació internacional és fonamental per aconseguir la neutralitat d'emissions l'any 2050. Cal portar la cooperació internacional a nous nivells. No es tracta simplement que cada govern busqui portar les seves emissions nacionals a zero, sinó que s'ha de fer front als reptes globals mitjançant accions coordinades.

2.13. Llei espanyola 7/2021 de canvi climàtic i transició energètica

L'objecte de la Llei 7/2021 és assegurar el compliment dels objectius de l'Acord de París, adoptat el 12 de desembre del 2015, signat per Espanya el 22 d'abril del 2016. Així, pretén assegurar la consecució de l'objectiu de neutralitat de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Espanya abans de l'any 2050 i un sistema energètic eficient i renovable, facilitant una transició justa i garantint la coherència amb els objectius en els àmbits d'actuació pública i privada.

En aquest context, s'estableixen els objectius següents per a l'any 2030:

- Reducció d'almenys un 23 % de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle respecte a l'any 1990.
- Una penetració en el consum d'energia final d'almenys un 42 % d'energies d'origen renovable.
- Almenys un 74 % de la generació al sistema elèctric serà d'origen renovable.
- Disminució d'almenys un 39,5 % del consum d'energia primària respecte a la línia de base, d'acord amb la normativa comunitària.

Pel que fa a l'horitzó 2050, la Llei estableix que, abans d'aquest horitzó, Espanya haurà d'assolir la neutralitat climàtica, al mateix temps que el sistema elèctric haurà d'estar basat, exclusivament, en fonts de generació d'origen renovable.

La Llei estableix les bases per a la consecució dels seus objectius i el compliment dels compromisos adquirits a través de la planificació estratègica, materialitzada en els Plans Nacionals Integrats d'Energia i Clima (PNIEC), les estratègies de descarbonització a llarg termini, els Plans nacionals d'Adaptació al Canvi Climàtic, destinats a pal·liar i preveure els riscos derivats del canvi climàtic, i les Estratègies i Convenis de Transició Justa, per tal d'assegurar la igualtat i solidaritat entre territoris i persones.

Pel que fa a les energies renovables, la Llei preveu que les noves concessions sobre domini públic hidràulic per a la generació d'energia elèctrica tinguin com a prioritat el suport a la integració de les tecnologies renovables al sistema elèctric, i es promoguin a aquest efecte les denominades *centrals hidroelèctriques reversibles* (centrals que poden ser emprades per emmagatzemar energia), en la mesura que siguin compatibles amb drets de tercers, així com amb els estàndards de protecció ambiental aplicables.

A més, es preveu el foment governamental, a través de plans específics, dels anomenats *gasos renovables*. És a dir, el biogàs, el biometà, l'hidrogen i tots aquells gasos en la fabricació dels quals s'hagin usat exclusivament matèries primeres i energies renovables, o permetin la reutilització de residus o subproductes orgànics. La Llei també indica que el govern establirà objectius en energies renovables i combustibles alternatius sostenibles en el sector transport (incloent el sector aeri), fent referència als biocombustibles avançats i altres combustibles renovables d'origen no biològic.

A aquest efecte, es podran fixar objectius anuals de penetració, amb imposició d'obligació d'ús a determinats subjectes, establir sistemes de certificació destinats a verificar el compliment de les obligacions de penetració esmentades i implementar regulacions que afavoreixin la injecció dels gasos renovables a la xarxa de gas natural.

La Llei estableix una sèrie de modificacions al règim retributiu per a la producció renovable, basades en el principi de prudència financera en les metodologies de retribució.

Pel que fa a la mobilitat sostenible i els punts de recàrrega, es fixa l'objectiu de disposar d'un parc mòbil de turismes i vehicles comercials lleugers sense emissions directes de CO_2 per a l'any 2050. D'altra banda, s'estableix que els vehicles nous matriculats hauran de reduir progressivament les seves emissions fins a 0 g CO_2/km l'any 2040. Igualment, per a l'àmbit de municipis de més de 50.000 habitants i els territoris insulars, es preveu

l'obligació d'adoptar —abans del 2023— plans de mobilitat urbana sostenible coherents amb els plans de qualitat de l'aire, incloent l'establiment de zones de baixes emissions.

La Llei estableix l'obligació per als titulars de les estacions de servei d'instal·lar progressivament una infraestructura de recàrrega elèctrica en un termini de 21 o 27 mesos des de l'entrada en vigor de la Llei, segons el volum de vendes de l'estació de servei.

Pel que fa al transport marítim, la Llei estableix que el govern central adoptarà mesures per a la reducció progressiva de les emissions de GEH generades pel consum de combustibles fòssils, i destaquen particularment mesures d'incentiu econòmic dirigides a estimular el subministrament elèctric o l'ús de combustibles alternatius en vaixells atracats, el transport ferroviari amb origen o destinació en ports, i mesures d'eficiència energètica en concessions.

En l'àmbit de l'eficiència energètica i la rehabilitació d'edificis, la Llei estableix un mandat al Govern de l'Estat d'elaborar, en un termini inferior a sis mesos des de l'entrada en vigor de la Llei, un Pla de Rehabilitació d'Habitatges i Renovació Urbana amb l'objectiu de millorar el parc edificat, orientat cap al compliment dels indicadors d'eficiència energètica establerts al PNIEC.

La Llei estableix que no s'atorguin noves autoritzacions d'exploració, permisos de recerca o concessions d'explotació d'hidrocarburs ni noves autoritzacions per a la realització d'activitats d'explotació d'hidrocarburs mitjançant la utilització de fracturació hidràulica de alt volum o *fracking*. En relació amb les concessions d'explotació ja atorgades, cinc anys abans del final de la seva vigència, el titular presentarà, davant del Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic, un informe que reflecteixi el potencial de reconversió de les seves instal·lacions per a altres usos o per a altres activitats econòmiques, en particular, aquelles relacionades amb l'establiment d'energies renovables, i que haurà de contemplar el manteniment del nivell de l'ocupació.

En el termini de dos anys des de l'entrada en vigor de la Llei, el Govern elaborarà un estudi de l'estat de situació i una proposta de calendari perquè les entitats que conformen el sector públic estatal es desprenguin de la seva participació a empreses o entitats l'activitat de les quals inclogui l'extracció, el refinat o el processat de productes energètics fòssils.

D'altra banda, la Llei defineix el marc d'elaboració dels Plans Nacionals d'Adaptació al Canvi Climàtic (PNACC) com a instrument de planificació bàsic per promoure l'acció coordinada i coherent enfront dels efectes del canvi climàtic. El PNACC defineix els objectius, els criteris, els àmbits d'aplicació i les accions per fomentar la resiliència i l'adaptació.

Pel que fa a la Transició Justa, la Llei estableix que, cada cinc anys, el Govern ha d'aprovar una Estratègia de Transició Justa amb la participació de les comunitats autònomes i els agents socials. En el marc d'aquesta estratègia, es desenvoluparan els convenis de transició justa a cada zona, d'una durada màxima set anys, amb l'objectiu de fomentar l'activitat econòmica i l'ocupabilitat al territori, especialment, en casos de tancament o reconversió d'instal·lacions.

Es regula, igualment, el cessament de producció de carbó nacional en el marc

del Pla de tancament del Regne d'Espanya per a la mineria de carbó preveient que l'atorgament d'autoritzacions, permisos, concessions, pròrrogues o cessions de recursos de carbó estarà supeditat a la devolució dels ajuts atorgats en virtut de l'esmentat pla.

La Llei també incorpora aspectes de suport a l'educació i capacitació davant del desenvolupament sostenible i el canvi climàtic (revisió de currículums formatius, revisió del catàleg d'ofertes formatives en l'àmbit de la formació professional, desenvolupament de campanyes de sensibilització i conscienciació cap a la ciutadania, entre altres). En l'àmbit de la recerca, el desenvolupament i la innovació, el govern estatal fomentarà la inclusió del canvi climàtic i la transició energètica, promovent un finançament adequat, en les estratègies i els plans associats a l'àmbit de la recerca.

La Llei preveu que en tota contractació pública s'incorporaran de manera transversal i preceptiva criteris mediambientals i de sostenibilitat energètica quan tinguin relació amb l'objecte del contracte, havent de respectar els principis bàsics de la contractació pública i figurar als plecs corresponents, juntament amb la seva valoració específica a cada supòsit.

Finalment, la Llei també recull la intenció de desenvolupar un mecanisme de fiscalitat verda. D'altra banda, s'indica que el govern central presentarà una proposta de reforma del marc normatiu en matèria d'energia que impulsi la participació de les persones consumidores en els mercats energètics; les inversions en generació renovable; l'emmagatzematge d'energia; l'aprofitament de les xarxes elèctriques, l'ús de la flexibilitat per a la seva gestió i els mercats locals d'energia; l'accés de les persones consumidores d'energia a les seves dades, i la innovació en l'àmbit energètic.

2.14. Llei Europea del Clima (Reglament (UE) 2021/1119)

El 30 de juny de 2021 es va aprovar el Reglament 2021/1119 del Parlament Europeu i del Consell pel qual s'estableix el marc per aconseguir la neutralitat climàtica, a través del qual es determina l'àmbit de la reducció progressiva i irreversible de les emissions antropògenes de gasos amb efecte d'hivernacle originades per les fonts emissores i l'increment de les absorcions de gasos amb efecte d'hivernacle pels embornals. Aquest Reglament es coneix popularment com «la Llei Europea del Clima».

L'objectiu essencial d'aquest Reglament és convertir en obligació vinculant per als seus membres el compromís assolit a l'Acord de París l'any 2015, que consisteix a assolir la neutralitat climàtica a la Unió com a molt tard el 2050, intentant superar ja el conegut Protocol de Kyoto, establint un objectiu a llarg termini consistent a mantenir l'augment de la temperatura mundial per sota dels 2 °C en relació amb els nivells preindustrials i treballar per arribar a 1,5 °C. Aquest Reglament també fa vinculant l'objectiu d'assolir una reducció mínima d'aquestes emissions a l'horitzó temporal de l'any 2030.

Segons estableix el Reglament, la neutralitat climàtica s'assolirà mitjançant l'equilibri de les emissions i les absorcions de gasos amb efecte d'hivernacle. Com a molt tard, l'any 2050 les emissions netes (emissions menys absorcions) s'han d'haver reduït a zero, i, a partir de llavors, la UE tindrà com a objectiu aconseguir unes emissions netes negatives.

Per aconseguir aquesta finalitat essencial, seran necessàries mesures que modifiquin les característiques i el funcionament d'àmbits economicoproductius específics i especialment emissors, com l'energètic o el del transport, però resultaran claus els serveis dels ecosistemes, la recuperació i conservació dels quals permetran mantenir, gestionar i millorar els embornals naturals i la biodiversitat, elements essencials en la lluita contra el canvi climàtic.

Des del principi, la UE ha estat conscient de la dificultat i l'abast a tots els nivells (social, econòmic o productiu) d'aquestes mesures, per la qual cosa atorga un cert marge d'actuació als estats i la societat, establint obligacions i objectius vinculants graduals i intermedis.

Per a l'any 2030, el Reglament estableix l'obligació d'una reducció interna obligatòria de les emissions netes de GEH del 55 % respecte als nivells de 1990, com a mínim. Posteriorment, el Reglament imposa l'obligació d'establir un nou límit intermedi, vinculant per al conjunt de la UE, per al 2040.

Quant a l'adaptació al canvi climàtic, el Reglament indica que les institucions europees, així com els mateixos estats membres, han de garantir un avenç continu en l'augment de la capacitat d'adaptació, l'enfortiment de la resiliència i la reducció de la vulnerabilitat davant el canvi climàtic. En aquest sentit, tant la Comissió Europea com els estats membres hauran d'adoptar estratègies i polítiques en aquest àmbit, que seran revisables periòdicament.

El Reglament estableix el tipus de suport que la Unió Europea donarà als estats membres, així com les característiques de l'avaluació i el control a les accions que anirà exercint a través de la Comissió Europea. Aquest Reglament no aborda cap altre tipus de canvi o reforma dels sistemes o les polítiques de la UE.

També cal destacar que el Reglament recull l'encàrrec a la Comissió Europea d'elaborar els fulls de ruta sectorials, en col·laboració voluntària amb els diversos sectors econòmics de la UE, a fi d'assolir l'objectiu de la neutralitat climàtica.

D'altra banda, el present Reglament modifica el Reglament (UE) 2018/1999, amb l'objectiu d'adaptar-lo al nou escenari europeu de neutralitat climàtica.

Aquest Reglament és el tret de sortida d'un nou paquet de canvis de les polítiques i la legislació europea en matèries amb especial influència en aquestes emissions i en aquest canvi climàtic. Es tracta del Paquet «Fit for 55», que es descriu en l'apartat 2.15.

2.15. Paquet «Fit for 55» (COM(2021) 550 final)

El paquet de mesures «Fit for 55» és un conjunt de propostes encaminades a revisar i actualitzar la legislació de la UE i engegar noves iniciatives per tal de garantir que les seves polítiques s'ajustin als objectius climàtics acordats.

Aquests objectius (reduir les emissions netes almenys en un 55 % d'aquí al 2030 respecte al 1990 i convertir-se en el primer continent climàticament neutre d'aquí al 2050) ja no són aspiracions ni ambicions, sinó obligacions establertes a la Llei Europea del Clima.

Així, el paquet «Fit For 55» té per objecte fer que la UE estigui preparada per a aquesta reducció del 55 % i per fer realitat el canvi

transformador necessari a l'economia, la societat i la indústria de la UE.

Les propostes incloses en el paquet «Fit for 55» es basen en les polítiques i la legislació que la UE ja ha engegat, però també en proposa de noves. Els principals elements del paquet «Fit for 55» són els següents:

- Establiment d'un nou Fons Social per al Clima, per donar suport als ciutadans europeus més afectats o en risc de pobresa energètica o de mobilitat, acompanyant la introducció del comerç d'emissions al transport per carretera i als edificis.
- Reforçament del règim de comerç de drets d'emissió de la UE i ampliació de la seva aplicació a nous sectors en què fins ara no s'han reduït les emissions: ampliar gradualment la seva aplicació al sector marítim i eliminar gradualment els drets d'emissió gratuïts que el sector de l'aviació rep actualment.
- Revisió del Reglament de repartiment de l'esforç, que facultarà els estats membres per adoptar mesures nacionals per fer front a les emissions als sectors de la construcció, el transport, l'agricultura, els residus i la petita indústria. La proposta ha d'aconseguir una reducció a escala de la UE del 40 % de les emissions d'aquests sectors del 2030, en comparació amb la situació del 2005.
- Inici de l'aplicació del comerç de drets d'emissió al transport per carretera i els edificis a partir del 2026, en un sistema separat centrat en els proveïdors de combustible en lloc d'exigir la participació directa de les llars individuals o dels usuaris del transport per carretera.
- Establiment d'un mecanisme d'ajust en frontera de les emissions de carboni per evitar el risc de fuga de carboni per la transferència de la producció de la UE a altres països on els objectius de reducció d'emissions siguin menys ambiciosos.
- Revisió de les normes d'emissió de CO_2 per a turismes i furgonetes nous, amb l'objectiu de continuar reduint les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle d'aquests vehicles, establint una trajectòria clara i realista cap a una mobilitat sense emissions.
- Aprovació d'un reglament relatiu a la infraestructura per als combustibles alternatius (finalment aprovat com a COM(2021) 559 final), per garantir el desplegament necessari d'una infraestructura interoperable i de fàcil utilització per a la recàrrega i el proveïment de vehicles més nets a tota la UE, mantenint el ritme de desenvolupament del mercat i garantint que també es cobreixin les zones rurals i remotes.
- La iniciativa per promoure combustibles d'aviació sostenibles (ReFuelEU Aviation), que obligarà els proveïdors de combustible a combinar un nivell cada vegada més elevat de combustibles sostenibles en els actuals combustibles per a avions als aeroports de la UE, així com a incentivar la utilització de combustibles sintètics amb baixes emissions de carboni, coneguts com e-fuels.
- La iniciativa per promoure combustibles sostenibles al sector marítim (FuelEU Maritime), que establirà nous requisits per als vaixells, independentment del pavelló, que arribin o salpen de ports de la UE, imposant un límit màxim al contingut de gasos amb efecte d'hivernacle de l'energia que utilitzen i fent-ho més estricte al llarg del temps.
- Revisió de la Directiva sobre energies renovables per augmentar l'objectiu

vinculant global de l'actual 32 % a un nou nivell del 40 % d'energies renovables en el consum final brut a escala de la UE, que es va elevar posteriorment fins al 45 %, d'acord amb el que estableix la COM(2022) 222 final. Aquest objectiu global es complementarà amb les contribucions nacionals orientatives que cada estat membre hauria d'aportar per assolir l'objectiu col·lectiu. Inclou criteris de sostenibilitat reforçats per a la bioenergia mitjançant l'ampliació del seu àmbit d'aplicació i l'ampliació de les zones on es prohibeix el subministrament. Igualment, també estableix criteris de sostenibilitat per a les fonts energètiques renovables no biològiques.

- Revisió de la Directiva relativa a l'eficiència energètica per augmentar el nivell d'ambició dels objectius d'eficiència energètica a escala de la UE i fer-los vinculants. Això hauria de contribuir a una reducció del 9 % d'aquí al 2030, en comparació amb les previsions de referència (a partir d'aquesta revisió, els objectius es calcularan utilitzant la hipòtesi de referència del 2020). Posteriorment, la COM (2022) 222 final, que va modificar alguns aspectes d'aquest paquet, va elevar aquest objectiu al 13 %.
- Revisió de la Directiva sobre fiscalitat de l'energia que harmonitzarà els tipus impositius mínims per als combustibles de calefacció i transport amb els objectius climàtics i mediambientals de la UE, mitigant alhora l'impacte social. Les noves normes eliminaran les exempcions obsoletes, com, per exemple, en el transport aeri i marítim, i altres incentius per a l'ús de combustibles fòssils, fomentant alhora l'adopció de combustibles nets.
- Actualització del Reglament sobre l'ús de la terra, el canvi d'ús de la terra i la silvicultura (LULUCF), per augmentar l'ambició per a l'expansió dels embornals naturals de carboni de la UE, que és essencial per equilibrar les emissions i assolir la neutralitat climàtica. La nova proposta pretén invertir la tendència actual de reducció de les absorcions de CO_2 i augmentar la qualitat i quantitat dels boscos de la UE i altres embornals naturals de carboni.
- La nova estratègia forestal de la UE, presentada juntament amb el paquet «Fit for 55», així com la propera nova estratègia de protecció del sòl, la Llei de restauració de la naturalesa de la UE i la iniciativa de captura de carboni a l'agricultura, reforçaran encara més els embornals naturals de carboni de la UE, garantiran que la biodiversitat ocupi un lloc clau en l'enfocament general i donaran suport a les funcions socials i econòmiques crucials de la silvicultura i dels sectors forestals.

Finalment, també cal destacar que formen part del paquet «Fit for 55» les següents mesures regulatòries, les quals actualment només han estat presentades com a proposta:

- Proposta de Directiva en relació amb les normes comunes per als mercats interiors del gas natural i els gasos renovables i de l'hidrogen (COM(2021) 803 final).
- Proposta de Reglament en relació amb els mercats interiors del gas natural i els gasos renovables i de l'hidrogen (COM(2021) 804 final).
- Proposta de reglament en relació amb la reducció d'emissions de metà en el sector energètic (COM(2021) 805 final).

- Proposta de Directiva relativa a l'eficiència energètica dels edificis (COM(2021) 802 final).

2.16. Decret llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades

El 26 de novembre de 2021 es va aprovar la modificació del Decret llei 16/2019, de mesures urgents per a l'emergència climàtica i l'impuls a les energies renovables, amb l'objectiu d'introduir-hi millores per accelerar la implantació d'energia eòlica i fotovoltaica a Catalunya posant les bases d'un model energètic propi distribuït, democràtic i participat, i amb cohesió territorial.

El nou text incorpora diverses mesures per ordenar i equilibrar la implantació d'energies renovables, per minimitzar-ne l'impacte social i territorial, i també per facilitar la pràctica de l'autoconsum, tant en l'àmbit industrial com en l'àmbit dels edificis.

Aquest Decret llei, que va ser modificat posteriorment per la Llei 2/2021 i el Decret llei 5/2022, té l'objectiu de facilitar el compliment de la Llei del Canvi Climàtic, que fixa que l'any 2030 les energies renovables han de suposar un 50 % de l'energia elèctrica consumida a Catalunya, i situa la neutralitat d'emissions a l'any 2050.

S'incorporen mesures i instruments per donar prioritat a instal·lacions d'energies renovables de dimensió petita i mitjana, i perquè tots els projectes d'energia eòlica i fotovoltaica es desenvolupin amb l'acord del territori, de manera que se'n minimitzi l'impacte territorial i social.

Així, el nou Decret llei prioritza el tràmit per a les instal·lacions que connectin a mitjana tensió o siguin inferiors a 5 MW de potència, i també s'exigirà als gestors de la xarxa de distribució d'energia elèctrica que justifiquin la denegació de connexió a la xarxa de fins a 25 kV per a aquests projectes.

En matèria de protecció i equilibri territorial, es determina l'elaboració d'un Pla Territorial Sectorial per a la generació elèctrica eòlica i fotovoltaica, i els seus elements d'emmagatzematge. Mentre s'elabora aquest document, el nou text explicita la protecció ambiental i agrícola, i l'impacte acumulatiu. El nou Decret llei defineix les figures de protecció ambiental no compatibles amb la implantació de parcs eòlics, per minimitzar-ne l'impacte sobre la biodiversitat. Alhora, el text dona prioritat a l'ocupació de les cobertes de les edificacions, augmenta la disponibilitat de sòl en afegir els sòls urbanitzables (tant els desenvolupats com els no desenvolupats, així com els espais agraris en desús), introdueix criteris de protecció del sòl agrícola basats en la Llei d'espais agraris, i es considera l'impacte acumulatiu com un factor a considerar en l'autorització de cada projecte.

Amb la finalitat de construir un model més cohesionat territorialment, democràtic i participat, s'estableixen mecanismes per facilitar la participació social en els projectes d'energies eòlica i fotovoltaica, i per garantir el diàleg amb el territori. En els projectes de més de 5 MW, caldrà acreditar l'acord o el compromís de disponibilitat del 50 % dels terrenys privats sobre els quals es projecta la instal·lació i que s'ha presentat una oferta de participació local, que ha de consistir a oferir la possibilitat de participar, almenys en un 20 % de la propietat del projecte o del seu finançament, a les persones físiques i jurídiques, públiques o privades, radicades

en el municipi i la comarca en el qual es pretén situar la instal·lació.

També s'estableix que les zones urbanes que no siguin capaces de generar un 50 % de l'energia que consumeixen hauran de compensar les zones generadores, i es crea la Taula de Diàleg Social de les Energies Renovables per estudiar i identificar les mesures de compensació.

El Decret llei inclou mesures de simplificació administrativa per a l'autoconsum. Estableix que les instal·lacions d'autoconsum sense excedents no necessitaran autorització administrativa, i es podran instal·lar presentant només una declaració responsable. Igualment, es redueix a la càrrega documental que requereixen les distribuïdores i comercialitzadores elèctriques per garantir la compensació dels excedents d'instal·lacions d'autoconsum.

2.17. Modificació de les directives d'energies renovables i eficiència energètica (COM(2022) 222 final)

Aquesta comunicació de la Comissió Europea presenta una proposta de Directiva per a la modificació de les directives d'energies renovables (2018/2001), d'eficiència energètica dels edificis (2010/31/UE) i d'eficiència energètica (2012/27/UE).

La proposta de directiva dona una orientació clara per avançar més ràpid en la transició energètica, incrementant l'ambició europea amb nous objectius més exigents per a l'any 2030.

Concretament, pel que fa a l'objectiu d'eficiència energètica, s'estableix que els estats membres hauran de garantir col·lectivament una reducció del consum d'energia mínim del 13 % (anteriorment, el 9 %) l'any 2030, en relació amb les projeccions de l'escenari de referència del 2020, de manera que es garanteix que s'aconsegueixin de manera ràpida i rendible l'objectiu de la descarbonització a llarg termini.

D'altra banda, pel que fa a les energies renovables, es determina que els estats membres vetllaran conjuntament perquè la quota d'energia procedent de fonts energètiques renovables sigui d'almenys el 45 % (anteriorment, el 40 %) del consum final brut d'energia de la UE l'any 2030. D'aquesta manera, la UE pretén accelerar significativament el ritme actual de desplegament d'energia renovable, posant així fi més ràpidament a la dependència energètica de la UE, en augmentar la disponibilitat d'energia assequible, segura i sostenible.

Finalment, també cal destacar que la proposta de modificació de la directiva d'energies renovables inclou el requeriment que els estats membres defineixin les zones necessàries per desenvolupar les energies renovables per al 2030. Concretament, els estats membres hauran de definir les zones terrestres i marítimes necessàries per a la instal·lació de centrals de producció d'energia a partir de fonts renovables, necessàries per assolir les seves contribucions nacionals a l'objectiu global de l'any 2030. Posteriorment, els estats membres hauran d'adoptar plans que, dins de les zones anteriors, designin zones propicies per a les energies renovables, en relació amb una o diverses fonts energètiques renovables.

3

PRINCIPIS VERTEBRADORS DE L'ESCENARI OBJECTIU

En aquest capítol es recullen els principis vertebradors de l'escenari objectiu (normatiu) que venen fixats en les bases normatives i els documents de prospectiva de referència descrits en el capítol 2. Els principis vertebradors constitueixen el marc en el qual s'han desenvolupat les estratègies, que es comenten en detall en el capítol 4. Finalment, en el capítol 5 es mostren els resultats de les projeccions numèriques de l'oferta i la demanda d'energia en l'horitzó de l'any 2050, obtinguts mitjançant el joc d'hipòtesis coherents amb les estratègies plantejades sobre les variables principals que defineixen el sistema energètic de Catalunya. Aquestes estratègies s'aplicaran de manera immediata, i durant la transició energètica que culminarà l'any 2050, en la definició de les polítiques, la planificació i dels plans d'acció que redactarà i aplicarà la Generalitat de Catalunya en els horitzons 2030, 2040 i 2050.

3.1. Assolir la neutralitat climàtica l'any 2050

L'impacte de l'escalfament global transforma el nostre entorn i augmenta la freqüència i la intensitat dels fenòmens meteorològics extrems.

El Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) va publicar a l'octubre del 2018 un informe especial sobre les repercussions d'un escalfament global d'1,5 °C per sobre dels nivells preindustrials i sobre les vies mundials d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle relacionades. Segons les dades científiques, l'escalfament global antropogènic ja estava en aquell moment a 1 °C per sobre dels nivells preindustrials, i augmenta aproximadament 0,2 °C per dècada. Si no s'intensifica l'acció pel clima a escala internacional, l'augment de la temperatura mitjana mundial podria assolir els 2 °C poc després del 2060 i continuar augmentant després.

Posteriorment a aquest informe especial, l'IPCC ha publicat els informes dels tres grups de treball corresponents al sisè cicle d'avaluació. El 6 d'agost de 2021 va publicar l'informe el grup de treball 1, dedicat als impactes físics del canvi climàtic i a la seva base científica, en què s'arriba a la conclusió que alguns dels canvis que s'estan observant ja són irreversibles, però que alguns canvis es podrien frenar i altres es podrien aturar limitant l'escalfament. Segons aquest informe de l'IPCC, per limitar l'escalfament global calen reduccions fortes, ràpides i sostingudes de CO_2, metà i altres gasos amb efecte d'hivernacle. Si s'assoleixen aquestes reduccions, no només es reduirien les

conseqüències del canvi climàtic, sinó que també milloraria la qualitat de l'aire.

L'informe del grup de treball 2, dedicat a l'anàlisi dels impactes del canvi climàtic en relació amb la vulnerabilitat i la capacitat d'adaptació, publicat el 27 de febrer de 2022, alerta que l'evidència científica és inequívoca: el canvi climàtic és una amenaça per al benestar humà i la salut del planeta. Qualsevol retard addicional en l'acció global concertada farà perdre la breu finestra que s'està tancant ràpidament per garantir un futur habitable.

L'informe del grup de treball 3, dedicat a la mitigació del canvi climàtic, publicat el 4 d'abril de 2022, també és molt contundent. Aquest informe adverteix que no ens trobem en el camí per limitar l'escalfament del planeta a 1,5 °C i que, a menys que hi hagi reduccions d'emissions immediates i profundes en tots els sectors, aquest objectiu està fora de l'abast. No obstant, reconeix que cada vegada es comencen a notar més les accions que s'estan duent a terme per lluitar contra el canvi climàtic i que el moment d'actuar és ara.

Si no es posa fre al canvi climàtic, la Terra es pot convertir en un «hivernacle», i la probabilitat que es produeixin conseqüències climàtiques irreversibles a gran escala pot augmentar. Els informes de l'IPCC confirmen que, segons els pronòstics, aproximadament el 4 % de la superfície terrestre mundial patirà una transformació d'un tipus d'ecosistema a un altre amb un escalfament global d'1 °C, i aquest percentatge augmentarà al 13 % amb un increment de 2 °C.

Això també tindria conseqüències greus per a la productivitat de l'economia, les infraestructures, la capacitat de produir aliments, la salut pública, la biodiversitat i l'estabilitat política d'Europa. En l'àmbit europeu, l'any 2017, els desastres de caràcter meteorològic van causar danys econòmics per un valor rècord de 283.000 M€, i d'aquí a l'any 2100 podrien afectar uns dos terços de la població, en comparació amb el 5 % actual. Per exemple, els danys anuals causats per inundacions fluvials a Europa podrien ascendir a 112.000 M€, enfront dels 5.000 M€ actuals. El 16 % de l'actual zona de clima mediterrani es pot convertir en una zona àrida cap al final del segle, i, en diversos països del sud d'Europa, la productivitat de la mà d'obra que treballa a l'aire lliure es pot reduir al voltant del 10-15 % respecte dels nivells actuals. També s'estima que la reducció prevista de la disponibilitat d'aliments és més gran amb un escalfament global de 2 °C que amb un d'1,5 °C, en particular, en regions de vital importància per a la seguretat de la UE, com ara l'Àfrica del Nord i la resta de la Mediterrània.

La lluita contra l'escalfament de la Terra s'ha convertit, probablement, en l'objectiu més important de la humanitat. Així ho ha assumit la UE, que s'ha compromès a assolir la neutralitat climàtica, com a molt tard, l'any 2050, així com a assolir posteriorment emissions netes negatives, tal com es troba fixat en la Llei Europea del Clima (Reglament (UE) 2021/1119). A escala estatal, Espanya ha aprovat la Llei de Canvi Climàtic i Transició Energètica (Llei 7/2021), en la qual s'estableix que, abans del 2050 i, en tot cas, en el termini més curt possible, Espanya haurà d'assolir la neutralitat climàtica. També, d'altra banda, el Parlament de Catalunya va aprovar la Llei 16/2017, del canvi climàtic, que recull l'objectiu de la neutralitat climàtica en el sistema econòmic amb força antelació respecte del reglament de la UE i la Llei estatal.

Per aconseguir la neutralitat climàtica, les emissions netes totals (emissions menys absorcions) de gasos precursors de l'efecte hivernacle a Catalunya han de ser nul·les l'any 2050. Un 73,1 % d'aquestes emissions a Catalunya són degudes al cicle energètic (generació, transformació, transport,

distribució i consum), i, malgrat que les emissions d'altres orígens no relacionats amb el cicle energètic tenen un pes força important, és impossible assolir la neutralitat climàtica global sense assolir la neutralitat climàtica del cicle energètic.

Així, el principal objectiu de la PROENCAT 2050 és contribuir a assolir la neutralitat climàtica de Catalunya l'any 2050 en la part que li correspon al cicle energètic. Les emissions de GEH associades al cicle energètic l'any 2050 seran gairebé nul·les, es reduiran un 99,8 % respecte de les de 1990 (49,2 milers de tones). Aquest valor tan reduït permet reservar la pràctica totalitat dels embornals naturals de GEH (sector «Ús de la terra, canvis d'ús de la terra i silvicultura»; LULUCF, per les seves sigles en anglès) per compensar les emissions de GEH dels sectors no associats al cicle energètic (processos industrials, agricultura, ramaderia i residus), facilitant la neutralitat climàtica de Catalunya.

Les emissions de GEH que resten l'any 2050 corresponen al consum romanent de combustibles fòssils del sector aeri. El sector del transport aeri i el transport marítim de cabotatge es regulen a escala internacional i, per tant, trobar una solució a les seves emissions de GEH requereix una estratègia a escala mundial, que va més enllà de la UE i de Catalunya. Per tant, a la PROENCAT 2050 s'han aplicat les estratègies i els objectius plantejats per la UE (estratègies ReFuelEU Aviation i FuelEU Maritime) en el context internacional per a aquests sectors.

3.2. Abandonar el model energètic fòssil-nuclear

Per assolir la neutralitat climàtica, és evident que cal utilitzar fonts energètiques que no emetin CO_2 o altres gasos amb efecte d'hivernacle. Per tant, les úniques opcions són les energies renovables, ja siguin d'ús tèrmic o per a generació d'electricitat, la generació d'electricitat amb energia nuclear o la utilització de combustibles fòssils amb captura i emmagatzematge de CO_2.

En l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 s'aposta exclusivament per les energies renovables, i, per tant, per l'abandonament de les energies fòssils i l'energia nuclear. Aquest objectiu ja es va proposar en el Pacte Nacional per a la Transició Energètica i es va recollir en la Llei 16/2017 del canvi climàtic, i la PROENCAT 2050 n'ha confirmat la viabilitat tècnica i econòmica.

Aquesta decisió respecte de l'energia nuclear no és unànime en el conjunt de la UE. Hi ha estats que aposten pel manteniment d'una participació de l'energia nuclear en l'horitzó 2050, com ara França, i d'altres, com ara Alemanya, aposten pel seu abandonament. A l'Estat espanyol, el Govern central i els propietaris de les centrals nuclears han pactat el següent calendari de tancament, referent a les centrals ubicades a Catalunya:

TAULA 3.1. CALENDARI DE TANCAMENT DE LES CENTRALS NUCLEARS A CATALUNYA

Central	Data de tancament
Ascó - 1	1/10/2030
Ascó - 2	1/09/2032
Vandellòs - 2	1/02/2035

Segons la PROENCAT 2050, quedarà un romanent de consum d'energies fòssils, exclusivament en el transport aeri i el transport marítim de cabotatge, per la dificultat de trobar alternatives tecnològiques

que garanteixin la transició a les energies renovables tèrmiques o elèctriques amb uns costos raonables, i perquè les estratègies i els objectius d'aquests sectors s'estableixen a escala global, superant el marc de la UE, tal com s'ha indicat en l'apartat 3.1.

Les estratègies de la PROENCAT 2050 en aquests dos sectors es basen en les actuals propostes de regulació de la Unió Europea incloses en el paquet «Fit for 55», que s'han comentat anteriorment. En primer lloc, la proposta de Reglament relatiu a la garantia d'unes condicions de competència equitatives per a un transport aeri sostenible (COM(2021) - 561 final), que proposa una evolució del percentatge mínim de combustibles aeris sostenibles (CAS; SAF, en anglès), que es recull en la **taula 3.2**.

TAULA 3.2. EVOLUCIÓ DEL PERCENTATGE DELS COMBUSTIBLES AERIS SOSTENIBLES

Any	Percentatge de CAS en el total	Percentatge de combustibles d'aviació sintètics respecte dels CAS
2025	2 %	0 %
2030	5 %	0,7 %
2035	20 %	5 %
2040	32 %	8 %
2045	38 %	11 %
2050	63 %	28 %

En segon lloc, la proposta de Reglament relatiu a l'ús de combustibles renovables i combustibles hipocarbònics en el transport marítim (COM(2021) - 562 final), que estableix l'evolució del límit de la intensitat d'emissió de GEH deguts a l'energia (en grams de CO_2 per MJ) utilitzada en els vaixells com una reducció del valor de referència de l'any 2020 (vegeu la **taula 3.3**).

TAULA 3.3. EVOLUCIÓ DE LA INTENSITAT D'EMISSIÓ DE GEH EN EL TRANSPORT MARÍTIM

Any	% de reducció de la intensitat d'emissió de GEH
2025	-2 %
2030	-6 %
2035	-13 %
2040	-26 %
2045	-59 %
2050	-75 %

En aquests sectors caldrà adaptar-se als escenaris tecnològics que es vagin dibuixant en el futur a escala internacional.

3.3. Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables

La disponibilitat d'energia és un element imprescindible per al desenvolupament d'una societat en tots els seus àmbits. És molt important, des d'un punt de vista estratègic, assegurar el subministrament d'energia de Catalunya. Per aquest motiu, s'ha complementat l'aposta per les energies renovables que significa el principi vertebrador 3.2 amb l'elecció d'utilitzar fonamentalment els recursos propis d'energies renovables que té Catalunya, que fan possible la sobirania energètica.

Tradicionalment, Catalunya ha fet una aposta ferma per la sobirania energètica, una de les estratègies històriques de la

societat catalana en matèria d'energia, que s'ha pogut desenvolupar més o menys en funció de la disponibilitat dels seus recursos energètics a l'abast en cada període històric.

Catalunya ha explotat al màxim els seus potencials històrics existents, com ara l'energia hidroelèctrica o l'aprofitament energètic del carbó de baixa qualitat i poc abundant. El model energètic català ha buscat un equilibri oferta-demanda que no sempre s'ha pogut assolir degut a l'increment de la demanda energètica pel desenvolupament econòmic i social del país, i a la manca de recursos propis suficients d'energia fòssil.

Així, actualment, el model energètic de Catalunya està basat en el model fòssil-nuclear, amb una dependència exterior pràcticament completa. La mineria del carbó a Catalunya va tancar les portes a principis del segle XXI, i la producció de petroli ha anat reduint encara més la seva aportació testimonial al sistema energètic català fins al seu tancament l'any 2021.

Aquesta situació ha fet que Catalunya hagi estat exposada a les decisions estratègiques d'altres països i actors que l'han afectat en major o menor mesura. Les llunyanes però encara recordades crisis del petroli dels anys 1970 i les actuals crisis de subministrament de gas natural i la volatilitat dels preus d'aquest combustible, que han portat a uns preus del mercat elèctric superiors als 300 €/MWh, són uns clars exemples de la precarietat inherent a la dependència energètica de l'exterior.

Catalunya no ha disposat de recursos energètics fòssils ni urani, però en les energies renovables té uns recursos suficients per assegurar el seu desenvolupament, especialment per la generació d'electricitat. El potencial de les energies renovables tèrmiques és més limitat i, en el cas de la biomassa, té altres usos prioritaris, com la producció d'aliments i la producció de materials. S'estima que per subministrar la demanda d'energia final de Catalunya prevista per a l'any 2050 només amb biomassa forestal, caldria una superfície de boscos 44 vegades superior a l'actual o disposar d'una superfície de boscos 15 vegades superior a la superfície total de Catalunya.

El potencial de la tecnologia solar tèrmica és gran, però està en clar desavantatge amb la tecnologia solar fotovoltaica, amb la qual competeix per les ubicacions en edificis, degut a la menor competitivitat econòmica en front de les bombes de calor amb accionament elèctric renovable en els usos tèrmics de mitja i baixa temperatura, que són més eficients energèticament.

En definitiva, l'objectiu que l'any 2050 el sistema energètic català sigui 100 % renovable amb sobirania energètica no es pot assolir exclusivament amb energies renovables tèrmiques autòctones, per manca de recursos i pels impactes territorials, mediambientals i sobre la sobirania alimentària, entre d'altres, que tindria aquesta opció. El territori de Catalunya no és suficient per fonamentar la transició energètica en les renovables tèrmiques.

Pel que fa a la generació d'energia elèctrica, el sol, el vent, l'aigua i la biomassa sempre han estat a disposició de la societat catalana, però no havien assolit el desenvolupament tecnològic i comercial que els permetés convertir-se en unes alternatives reals als combustibles fòssils i a l'energia nuclear.

Aquesta situació ha canviat radicalment. Les energies renovables han madurat tecnològicament i són més barates que les tecnologies fòssils i nuclears, no només a Catalunya. S'estima que el 69 % de les inversions mundials en generació

d'electricitat corresponen a tecnologies que aprofiten les energies renovables.

Per tant, es donen les condicions per fer una aposta radical per les energies renovables autòctones i abandonar progressivament les energies fòssils i la nuclear. Aquesta aposta serà especialment forta en el sector elèctric, que es preveu que estigui totalment basat en energies renovables en l'horitzó 2050. També caldrà utilitzar les energies renovables tèrmiques en aquells usos que no es puguin electrificar.

La sobirania energètica amb energies renovables eliminarà l'elevadíssima dependència energètica exterior de Catalunya, que passarà del 93,8 % actual fins al 7,9 % de l'any 2050, i mitigarà els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada vegada més freqüents i més intensos.

També cal tenir en compte que el model energètic fòssil-nuclear ha comportat i comporta un sistema energètic altament centralitzat, amb un paper molt passiu dels consumidors finals. La sobirania energètica amb energies renovables comporta un model fortament descentralitzat i amb un paper actiu dels consumidors finals, fonamentalment en el sector elèctric.

S'aposta, doncs, per l'assoliment de la sobirania energètica mitjançant la utilització de les energies renovables de què disposa Catalunya i el progressiu abandonament dels combustibles fòssils i de l'energia nuclear.

3.4. Minimitzar l'ocupació del territori

El principi vertebrador 3.3, d'aconseguir la sobirania energètica utilitzant el potencial de les energies renovables autòctones, té molta transcendència pel que fa a l'ocupació del territori de Catalunya. Es podria haver optat per fer la transició energètica basada en la importació d'energies renovables, solució que no incrementaria la ocupació del territori, però que no reduiria la dependència energètica de Catalunya respecte del model fòssil-nuclear, ni els problemes que això comporta. Aquesta solució permetria passar d'una dependència energètica quasi completa del cas del model fòssil-nuclear a una molt alta dependència de les energies renovables (elèctriques i tèrmiques) d'origen extern, i, per tant, no es podria assolir la sobirania energètica amb energies renovables.

Catalunya té una densitat de consum d'energia primària (consum d'energia primària per quilòmetre quadrat) de 790 tep/km^2, molt elevada a escala europea. Si Catalunya fos un estat, es situaria en quart lloc en la llista dels estats de la Unió Europea amb un valor més alt d'aquest indicador, només per darrere dels Països Baixos (2.035 tep/km^2), Bèlgica (1.829 tep/km^2) i Alemanya (862 tep/km^2), si no es tenen en compte els casos particulars de Malta i Luxemburg.

D'altra banda, Catalunya també té una densitat de població molt elevada (237,3 hab/km^2), més del doble del conjunt de la UE-27 (118,3 hab/km^2), que la situaria en el tercer lloc dels estats amb una major densitat de població de la Unió Europea, sense tenir en compte Malta i Luxemburg. Els Països Baixos (507,3 hab/km^2) i Bèlgica (377,3 hab/km^2) són els que tenen una major densitat de població. Degut a l'elevada densitat de població i d'activitat, Catalunya té un territori molt ocupat per indústries, habitatges, cultius, granges, infraestructures de transports, infraestructures de telecomunicacions, etc.

L'alta demanda d'energia i l'elevada ocupació del territori, actuals i futures, fan que sigui un repte aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables, unes energies que tenen una densitat energètica baixa i estan força distribuïdes pel territori. Caldrà prendre les decisions adequades per ocupar la menor quantitat de territori per a la generació renovable, però haurà de ser suficient per assegurar el subministrament d'energia en un marc de sobirania energètica amb energies renovables.

El sistema elèctric tindrà un protagonisme molt gran en el nou sistema energètic català, ja que la PROENCAT 2050 aposta per una elevada electrificació de l'economia degut, en termes generals, a la millor eficiència energètica de les tecnologies elèctriques, a la manca de recursos suficients d'energies renovables tèrmiques i la més gran versatilitat en la generació elèctrica d'origen renovable, pel fet de tenir la possibilitat d'aprofitar més formes d'energia, moltes d'elles, d'origen no biològic. La construcció d'un gran parc de generació d'energia elèctrica basat en energies renovables suposarà un increment significatiu de l'ocupació del territori de Catalunya, però cal tenir en compte que en el model fòssil-nuclear actual, amb una dependència quasi total de la importació d'altres països, l'ocupació territorial i els impactes ambientals estan externalitzats, no tenen lloc a Catalunya.

Per quantificar aquests impactes i poder comparar la situació de Catalunya amb la d'altres països, l'any 2005 el Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS) va publicar un estudi anomenat «Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya». La petjada ecològica es defineix com l'espai que necessitaria un territori determinat per poder mantenir el seu model de desenvolupament de manera ecològica, en termes d'obtenció de recursos i assimilació de residus.

Segons els resultats obtinguts en aquest estudi, que es discriminen per àmbits, la petjada ecològica del cicle energètic a Catalunya es va estimar en 1,6 ha/habitant. Per tant, per internalitzar els impactes del cicle energètic a Catalunya, amb el model fòssil-nuclear implantat l'any 2005, haguessin estat necessaris uns 110.000 km^2 de territori, unes 3,4 vegades el territori de Catalunya.

En canvi, un sistema energètic basat en les energies renovables autòctones permet internalitzar completament els impactes del sistema energètic, amb un requeriment d'ocupació del territori molt inferior al corresponent a la petjada ecològica actual i totalment assumible. El sistema renovable, per tant, és més solidari perquè fa que cada societat afronti els impactes del seu cicle energètic i molt més eficient perquè el seu consum de territori és molt inferior al del model energètic fòssil-nuclear.

S'ha avaluat que l'increment de l'ocupació de territori l'any 2050 respecte de la situació actual, deguda al desplegament de la generació d'electricitat amb energia eòlica i solar fotovoltaica, serà d'uns 800 km^2, una xifra assumible que representa un 2,5 % del territori de Catalunya. Aquesta superfície correspon a l'increment de l'ocupació de territori deguda a l'eòlica terrestre i a la fotovoltaica instal·lada a terra. Tot i ser una xifra significativa, és força inferior al sòl urbanitzat de Catalunya, que s'eleva als 1.900 km^2 aproximadament, un 5,9 % del territori català.

L'ocupació de territori s'ha minimitzat fent una aposta per la generació distribuïda amb energies renovables sobre teulades i altres ubicacions, com ara infraestructures de transport, canals de reg, pèrgoles

urbanes, embassaments, etc., que no impliquen una major utilització del territori. Aquestes instal·lacions representaran el 41,5 % de la potència solar fotovoltaica instal·lada l'any 2050. D'altra banda, en les instal·lacions a terra s'ha prioritzat la utilització de sòls que no tinguin altres utilitzacions (com ara matollars, prats i herbassars, conreus abandonats, sols erosionats, etc.) o que tingui el menor valor agrícola (com ara cultius de secà).

Evidentment, el principi vertebrador tercer, aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables, té un efecte clar en l'ocupació addicional del territori, perquè exigeix que les energies renovables utilitzades siguin autòctones. Lògicament, si les energies renovables s'importessin, l'ocupació addicional del territori fora molt menor.

Malgrat que l'ocupació de territori per a la generació d'energia elèctrica amb energies renovables és assumible, caldrà tenir en compte les activitats que ara ja s'hi estan realitzant i les que s'hi poden dur a terme en el futur, com ara l'agricultura, la ramaderia, els nous desenvolupaments urbanístics, les activitats de lleure, la gestió forestal o la protecció ambiental. Cal tenir en compte que també s'han de complir altres objectius que no són de l'àmbit energètic, com ara aconseguir la sobirania alimentària i la protecció de la biodiversitat, que tenen una importància màxima per a la societat catalana.

S'establirà un planejament territorial sectorial amb l'objectiu de dur a terme el desplegament de la generació d'energia elèctrica renovable a terra i dels nous corredors de la xarxa elèctrica d'alta tensió, per encaixar aquests objectius amb els altres usos del territori. Cal compatibilitzar la sobirania energètica renovable amb el desenvolupament econòmic, social i mediambiental en els territoris afectats i donar viabilitat a la millora del seu desenvolupament futur, facilitant la participació dels agents implicats del territori. L'anomenada *agrovoltaica*, que consisteix a utilitzar simultàniament superfícies de terra per a la generació d'energia elèctrica solar fotovoltaica i per a l'agricultura, és un exemple que les activitats agrícoles i el respecte i la millora de la biodiversitat no són incompatibles amb la sobirania energètica renovable i el desplegament de les energies renovables en el territori.

3.5. Apoderar ciutadans i empreses, i impulsar la transformació social

L'any 2017, el Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya ja va proposar l'assoliment d'un nou model energètic més democràtic, participatiu i amb el ciutadà situat en el centre, en el marc de la transició cap a una nova economia. Posteriorment, la necessitat que el paper dels consumidors en el sistema energètic sigui més actiu s'ha anat incorporant al marc legislatiu de la Unió Europea, com ara en la comunicació «Un planeta net per a tots« (COM(2018) 773 final), el Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640 final), la Directiva 2019/944 sobre normes comunes per al mercat interior de l'electricitat o la Directiva 2018/2001 relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, que actualment està en revisió, entre d'altres.

El model energètic fòssil-nuclear actual de Catalunya és un model altament centralitzat, que atorga un paper molt passiu als consumidors finals d'energia perquè les

tecnologies fòssils i nuclears no permeten models altament descentralitzats. En canvi, la sobirania energètica amb energies renovables comporta un model fortament descentralitzat, amb un paper actiu dels consumidors finals, fonamentalment en el sector elèctric. La transició cap a un model energètic renovable és fonamental per implantar un model energètic més democràtic i participatiu, i desenvolupar un nou model econòmic.

La transició cap a una nova economia no implicarà només les tecnologies i els llocs de treball, els canvis afectaran la vida diària de les persones, la manera com treballen, es desplacen i conviuen. Per tant, és imprescindible que els ciutadans acceptin el canvi, hi participin i el percebin com una cosa beneficiosa per a la seva vida i la de la seva família. Que les inversions se sentin com a pròpies a escala local n'és un bon exemple. Pel que fa a les empreses, els canvis de comportament en relació amb els hàbits de consum suposaran l'aparició de nous models de negoci i nous productes que es desenvoluparan sota els principis de la transició energètica i ecològica.

Els consumidors tenen un paper important a l'hora d'impulsar la transformació, avançant cap a una economia de zero emissions netes de gasos amb efecte d'hivernacle. L'elecció de cada persona en comprar una casa, contractar un subministrador d'electricitat, decidir si tindrà autoproducció o no, adquirir un vehicle nou o comprar aparells i electrodomèstics influeix en la seva empremta de carboni durant molts anys. La renovació urbana i la millora de l'ordenació territorial amb la inclusió d'espais verds poden ser motors importants per renovar els habitatges i induir les persones a tornar a viure a prop de la feina, millorant així les condicions de vida i reduint el temps de desplaçament i el consegüent estrès.

Aquests canvis en els hàbits afectaran també altres àmbits com ara l'alimentació. El cicle alimentari té un impacte molt elevat en les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de Catalunya, al voltant del 20 % del total. Les emissions de l'agricultura i la ramaderia representen un 11 % del total i s'estima que el processament, la preparació, el *packaging* i el transport dels aliments suposen entre un 5 % i un 10 % de les emissions globals de GEH.

L'estratègia «de la granja a la taula», que forma part del Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640 final), és un nou enfocament ampli de la manera com els europeus valoren la sostenibilitat dels aliments. És una oportunitat per millorar els modes de vida, la salut i el medi ambient. La creació d'un entorn alimentari favorable que faciliti l'elecció de dietes més saludables i sostenibles beneficiarà la salut i la qualitat de vida dels consumidors i reduirà els costos relacionats amb la salut per a la societat. El canvi a una dieta alimentària menys basada en la carn vermella i processada i incrementant les proporcions de fruita i verdura permetrà reduir les emissions de GEH associades.

La mobilitat també estarà fortament influenciada per les decisions dels ciutadans i les empreses. Reduir la mobilitat de persones i de mercaderies, impulsar la mobilitat no motoritzada, fomentar l'ús del transport públic col·lectiu, utilitzar els modes de transport més eficients, impulsar l'ús del ferrocarril davant del transport aeri de persones en distàncies mitjanes, reduir el transport per carretera i fomentar l'ús del ferrocarril per al transport de mercaderies, etc. seran decisions que afectaran significativament el disseny de les infraestructures de transport, dels transports públics i dels vehicles, que tindran una forta repercussió sobre

la demanda d'energia final i la transició energètica.

Però, perquè tots aquests canvis es produeixin, cal que els ciutadans i les empreses s'apoderin i se sentin realment protagonistes de la transformació.
La transició del sistema energètic a un model fortament descentralitzat facilitarà l'apoderament dels ciutadans i les empreses, que passaran a ser consumidors actius amb la possibilitat de consumir, generar, emmagatzemar i vendre energia elèctrica, al mateix temps que gestionen el seu consum o comparteixen energia tèrmica mitjançant xarxes de fred i calor, i xarxes locals de gasos renovables.

La possibilitat d'aquest apoderament es troba recollit normativament en la Directiva UE 2019/944, sobre normes comunes per al mercat interior de l'electricitat, que van establir de bell nou les comunitats ciutadanes d'energia, i de la Directiva UE 2018/2001, de foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, que van establir les comunitats d'energies renovables. Aquestes Directives defineixen les seves característiques, incloent-hi els drets i els deures.

Les comunitats energètiques (comunitats d'energies renovables i comunitats ciutadanes d'energia) són un element clau per a l'apoderament dels ciutadans, les pimes o les autoritats locals que hi participin. Aquestes comunitats fan possible la generació d'energia procedent de qualsevol font energètica renovable, ja sigui elèctrica o tèrmica, proporcionant serveis de millora de l'eficiència energètica, participant en el subministrament, el consum, l'agregació i l'emmagatzematge d'energia, i donant serveis de recàrrega de vehicules elèctrics o d'altres serveis energètics. També inclou els àmbits de la distribució i l'accés als mercats majoristes d'electricitat i els agregadors independents. Les dues figures (comunitats d'energies renovables i comunitats ciutadanes d'energia) constitueixen diverses possibilitats d'agrupació i participació d'aquests productors/consumidors que permeten accentuar encara més el paper central dels ciutadans i les empreses en el nou model energètic, contribuint, també, a millorar l'eficiència operativa i econòmica de la xarxa elèctrica. És a dir, el paper del consumidor en el model canvia radicalment respecte de l'actual, que passa a tenir un rol actiu, responsable i participatiu, especialment, en el cas de l'energia elèctrica.

En aquest sentit, també cal ressaltar que en la proposta de Directiva relativa a normes comunes per als mercats interiors de gas natural i de gasos renovables i de l'hidrogen (COM(2021) 803 final), que forma part del paquet «Fit for 55», les comunitats ciutadanes d'energia inclouen l'àmbit dels gasos renovables.

Aquests esquemes d'agrupació dels consumidors i productors, basats en l'apoderament dels ciutadans i les empreses, afavorirà la transició d'un model energètic centralitzat com l'actual a una organització molt més descentralitzada i que, alhora, facilitarà l'aplicació de noves estratègies per lluitar contra la pobresa energètica.

L'objectiu és desenvolupar un model energètic que, més enllà de ser renovable, sigui participatiu i democràtic, amb un fort component d'apoderament social.

3.6. Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular

A les darreres dècades, la Unió Europea ha aconseguit que el creixement econòmic no

vagi unit a un increment de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. L'eficiència energètica, les polítiques de substitució de combustibles i la penetració de les energies renovables han reduït les emissions de manera considerable. Entre el 1990 i el 2016, el consum d'energia es va reduir gairebé un 2 % i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, un 22 %, mentre que el PIB va augmentar un 54 %.

Tal com ja s'ha vist, des de la Cimera pel Clima de París del 2015, la Unió Europea s'ha compromès a liderar i avançar en matèria de lluita contra el canvi climàtic i en la reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. A través dels diversos paquets i mesures legislatives que ha anat aprovant en els darrers anys, s'ha anat posicionant com a líder estratègic de la transició energètica apostant per un model socialment just, més competitiu, de qualitat, de creixement sostenible i eficient en l'ús de recursos. En aquest sentit, s'aprova l'objectiu 55 d'assolir una reducció del 55 % de les emissions de GEH l'any 2030 i la fita d'assolir la neutralitat climàtica l'any 2050.

Així, els principis en els quals es basarà la nova economia de la Unió Europea i que l'han de portar a ser la primera gran zona econòmica mundial que assoleixi aquesta neutralitat climàtica l'any 2050 ja estan establerts. Catalunya, que també ha iniciat aquest camí cap al desacoblament entre el creixement econòmic i el consum d'energia, fa seus els objectius de la Unió Europea d'assolir la neutralitat climàtica l'any 2050, mantenint un creixement econòmic moderat en l'horitzó de l'any 2050.

Segons les previsions de l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, el PIB de Catalunya augmentarà en un 62,1 % en el període 2017-2050, amb una taxa d'increment de l'1,5 % anual. Malgrat això, en el mateix període, el consum d'energia final es reduirà en un 30,3 % (-1,1 % anual) i el consum d'energia primària, en un 41,0 % (-1,6 % anual). Per tant, en el període 2017-2050, la intensitat energètica final de Catalunya es reduirà en un 57 % i la intensitat energètica primària, en un 64 %. Això vol dir que, l'any 2050, l'economia catalana necessitarà menys de la meitat de l'energia final (un 57 % menys) que utilitza actualment per produir una unitat de PIB. Pel que fa a les emissions de CO_2 degudes a l'energia, es redueixen un 99,5 % respecte de l'any 1990.

Un aspecte particular de Catalunya en l'evolució cap a aquesta nova economia és l'aposta per la reindustrialització. Catalunya ha estat sempre un país industrial, però, en les darreres dècades, aquest sector ha anat baixant progressivament el seu pes dins de l'economia catalana, com ha passat a la Unió Europea i als Estats Units.

Aquest fenomen de la desindustrialització no està estrictament vinculat a la crisi econòmica, sinó que va començar molt abans, com a conseqüència tant del desplaçament d'algunes activitats industrials cap al sector serveis com de la deslocalització d'una part de la producció cap a països que, amb estàndards de benestar i de regulació inferiors, ofereixen avantatges més competitius.

L'any 2016, el Parlament de Catalunya va aprovar la Resolució 251/XI, sobre la creació d'un pacte nacional per a la indústria, que instava el Govern a impulsar l'establiment de les bases d'un Pacte nacional - Acord programàtic per a la indústria amb la participació de tots els agents socials implicats, amb l'objectiu de definir les mesures a curt i llarg termini en tots els àmbits de govern per al rellançament de l'economia productiva a Catalunya.

Aquesta voluntat de Catalunya de continuar sent una de les principals regions industrials d'Europa és un element diferenciador que s'ha tingut en compte en la PROENCAT 2050.

D'altra banda, l'extracció anual mundial de materials es va triplicar entre el 1970 i el 2017, i segueix creixent, fet que planteja un gran risc a escala mundial. Aproximadament la meitat de les emissions totals de gasos amb efecte d'hivernacle i més del 90 % de la pèrdua de biodiversitat i de l'estrès hídric es deu a l'extracció de recursos i la transformació de materials, combustibles i aliments.

Per assolir la neutralitat climàtica d'aquí al 2050, preservar el medi ambient i reforçar la competitivitat econòmica cal una economia fortament circular. Actualment, l'economia de la Unió Europea continua sent gairebé totalment lineal, ja que només el 12 % dels materials i recursos secundaris torna a entrar a l'economia. Molts productes es trenquen amb massa facilitat, no es poden reutilitzar, reparar ni reciclar, o estan fabricats per a un sol ús, o, fins i tot, estan programats perquè durin menys temps (obsolescència programada).

La implantació de l'economia circular ajudarà a modernitzar l'economia de la Unió Europea i a aprofitar les oportunitats tant dins d'aquesta com en l'àmbit internacional. Cal fomentar la reducció de les necessitats de productes i serveis, i fomentar la compra de productes i serveis que afavoreixin la neutralitat climàtica i la circularitat de l'economia mitjançant l'ecodisseny, l'etiquetatge energètic, la garantia al dret de reparació, una fiscalitat que afavoreixi la reducció de l'ús d'energia i dels materials, etc.

Un dels objectius essencials del nou marc polític serà estimular el desenvolupament de mercats pioners de productes climàticament neutres i circulars, tant dins com fora de la UE.

La consecució d'una economia climàticament neutra i circular exigeix la plena mobilització de la indústria. Calen vint-i-cinc anys —una generació— per transformar un sector industrial i totes les cadenes de valor. Si volem estar preparats el 2050, cal prendre decisions i adoptar mesures en els propers anys.

La implantació d'una nova economia basada en el desacoblament del creixement econòmic i el consum d'energia, la fiscalitat energètica i mediambiental adequada, la implantació de l'economia circular, l'ampliació del mercat europeu de drets d'emissió als edificis i al transport terrestre, la implantació d'un mecanisme d'ajust de carboni a les fronteres de la Unió Europea i la reindustrialització de l'economia catalana han estat elements fonamentals de la PROENCAT 2050.

3.7. Posar en primer lloc l'eficiència energètica

Tenint en compte el principi vertebrador 3.2, d'abandonament del model energètic fòssil-nuclear en el marc de l'assoliment de la neutralitat climàtica l'any 2050, en aquest horitzó no es podran utilitzar el carbó, els derivats del petroli, el gas natural ni l'electricitat d'origen nuclear. Només es disposarà de l'energia elèctrica d'origen renovable per a ús final, de les energies renovables tèrmiques per a ús final i de les energies renovables elèctriques o tèrmiques utilitzades com a primeres matèries en la producció de combustibles renovables o de materials renovables no energètics. Per exemple:

- Producció d'hidrogen verd a partir de l'electròlisi de l'aigua amb electricitat d'origen renovable.
- Producció de biocombustibles avançats a partir de materials renovables d'origen biològic.
- Producció de primeres matèries per a la producció de bioplàstics avançats a partir de materials renovables d'origen biològic.
- Producció de combustibles i materials sintètics neutres climàticament, equivalents als tres exemples anteriors, però d'origen no biològic, a partir de CO_2 de l'aire o CO_2 biogènic i d'hidrogen verd.

Per tant, es disposarà d'una oferta limitada pel que fa a les formes d'energia.

Es proposa, en primer lloc, potenciar l'ús de l'energia elèctrica d'origen renovable, acompanyat de l'ús d'energies renovables tèrmiques. Atès que, en general, les energies renovables requereixen ocupació del territori, davant el compromís de fer un ús el mínim possible d'aquest territori, cal maximitzar l'eficiència energètica per ajudar a assolir els principis vertebradors 3.3 (aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables) i 3.4 (minimitzar l'ocupació del territori). La millora de l'eficiència energètica sempre ha estat un principi de la política energètica, però ara és més important que mai.

L'oferta limitada de formes d'energia renovable porta a la necessitat d'utilitzar l'energia amb eficiència en dos aspectes clau. En primer lloc, cal reduir la demanda d'energies útils reduint les necessitats de mobilitat, calefacció, refrigeració, etc. En segon lloc, cal cobrir aquestes demandes d'energia útil amb les tecnologies d'ús final que tinguin el màxim nivell d'eficiència.

Aquesta visió clàssica del concepte d'eficiència energètica s'ha ampliat amb el principi de «primer, l'eficiència energètica», definit en l'article 2.18 del Reglament (UE) 2018/1999, sobre la governança de la Unió de l'Energia i de l'Acció pel Clima. És un principi general que cal tenir en compte a tots els sectors, més enllà del sistema energètic, i a tots els nivells, inclòs el sector financer. Les solucions d'eficiència energètica s'han de considerar la primera opció quan es prenguin decisions en matèria de polítiques, planificació i inversió, i a l'hora de fixar normes noves per a l'oferta i en altres àmbits d'actuació. Encara que aquest principi s'ha d'aplicar sense perjudici d'altres obligacions, objectius i principis jurídics, aquests tampoc n'han d'obstaculitzar l'aplicació ni n'estan exempts. Cal que l'eficiència energètica i la resposta de la demanda puguin competir en condicions d'igualtat amb la capacitat de generació.

El principi de «primer, l'eficiència energètica» s'ha d'aplicar des de la perspectiva de l'eficiència del sistema energètic i de la perspectiva social. Per tant, ha de contribuir a augmentar l'eficiència dels sectors específics d'ús final i del sistema energètic en conjunt.

Per exemple, les solucions de gestió de la demanda, emmagatzematge i generació distribuïda han de comportar menys inversions en xarxes de transport i distribució d'electricitat, i, alhora, assegurar que es redueixen les inversions en generació d'electricitat aigües amunt i que es contribueix a la seguretat i qualitat del subministrament d'electricitat.

L'aplicació del principi també ha de donar suport a les inversions en solucions eficients des del punt de vista energètic que contribueixin als objectius mediambientals enumerats al Reglament (UE) 2020/852,

relatiu a l'establiment d'un marc per facilitar les inversions sostenibles.

Perquè aquest principi tingui efecte, s'ha d'aplicar de manera coherent a totes les decisions en matèria de polítiques, planificació i inversions importants que afectin el consum o el subministrament d'energia. La flexibilitat de la demanda pot aportar beneficis significatius als consumidors i a la societat en general, augmentar l'eficiència del sistema energètic i disminuir els costos de l'energia. Per tant, s'ha de considerar la resposta de la demanda, l'emmagatzematge d'energia i les solucions intel·ligents com a part dels esforços per augmentar l'eficiència del sistema integrat d'energia.

Per millorar l'eficiència energètica, en primer lloc, cal tenir present que, tal com indiquen els principis de la política energètica europea, «l'energia més neta és aquella que no es consumeix», i aquesta primera decisió de no consumir o de necessitar el menys possible té molt a veure, en primer lloc, amb els hàbits personals, les pràctiques empresarials i el model de desenvolupament econòmic i social que regula les relacions entre aquests agents.

En segon lloc, la reducció del consum d'energia té a veure amb l'aplicació de les tecnologies més eficients, que milloren la intensitat energètica (el consum d'energia en relació amb el PIB) i que seran un element prioritari del nou model energètic català, i amb els canvis estructurals que es produeixin en els diversos sectors econòmics degut a l'aparició de noves activitats o a la pèrdua de viabilitat econòmica de les activitats existents. Caldrà actuar de forma decidida en tots els sectors, estenent la cultura de l'eficiència energètica a tots els àmbits, que, en cap cas, ha d'anar en detriment de la salut i/o el confort dels usuaris i ciutadans.

La característica principal d'aquest procés de transició energètica es troba en els canvis tecnològics, alguns dels quals es basen en una aplicació més generalitzada o en una utilització diferent de tecnologies ja existents i d'altres, en la introducció de noves tecnologies disruptives.

Aquests canvis tecnològics, que ja s'han començat a produir, faran fer un salt qualitatiu i quantitatiu molt important a l'eficiència energètica i contribuiran a fer possible aquest nou escenari climàticament neutre basat en les energies 100 % renovables.

Les tecnologies més importants associades a aquests canvis són les següents: l'energia solar fotovoltaica amb autoconsum amb un preu assequible; les tecnologies d'emmagatzematge elèctric, que permetran la gestionabilitat de les energies renovables intermitents; el desenvolupament del vehicle elèctric, amb major autonomia, amb capacitat d'emmagatzematge d'energia elèctrica i amb capacitat d'interactuar amb la xarxa; el conjunt de tecnologies lligades a l'electrificació de la demanda, especialment les bombes de calor per a calefacció i refrigeració (en edificis i en els sectors industrial i primari), i per processos tèrmics i processos de fred a la indústria i en el sector primari; el desenvolupament de la producció i el subministrament d'hidrogen verd i altres gasos renovables; el conjunt de processos associats a la digitalització de l'energia, les xarxes intel·ligents i la gestió eficient de l'energia; la digitalització de l'eficiència energètica i la domòtica, l'etiquetatge energètic dels productes i aparells; etc.

L'eficiència energètica tindrà un paper fonamental en la descarbonització dels

processos tèrmics industrials i del sector primari (no maquinària agrícola) i en la reducció de la demanda d'energia en els edificis, tant en el sector residencial com en el dels serveis. A la indústria, per exemple, la utilització de bombes de calor en processos tèrmics de baixa i mitjana temperatura contribuirà a l'electrificació amb una forta millora de l'eficiència energètica. Atès que la major part del parc d'edificis que existirà el 2050 ja existeix actualment, caldrà assolir taxes de renovació d'edificis molt més elevades, substituir els combustibles actuals de manera que els habitatges i els edificis de serveis disposin de sistemes de calefacció, refrigeració i ACS renovable principalment per la utilització d'electricitat d'origen renovable i, en menor grau, de combustibles renovables i solar tèrmica de baixa temperatura, donar a conèixer els productes i aparells més eficients, implantar sistemes intel·ligents de gestió energètica dels edificis en conjunt i dels aparells individuals, utilitzar materials d'aïllament millors, etc.

Per aconseguir i mantenir unes taxes de renovació d'edificis més elevades, és molt important comptar amb els instruments financers adequats per superar les deficiències del mercat, i disposar de prou professionals amb les capacitats adequades i amb uns costos assequibles per als ciutadans i les empreses.

El sector del transport també haurà de ser un actor clau en termes d'eficiència energètica, especialment pel que fa al transport terrestre. També cal apuntar la necessitat de millorar l'eficiència energètica en el sector aeri i marítim, en els quals l'electrificació no és una alternativa viable. En aquests casos, cal una aposta pels combustibles alternatius d'origen renovable.

El principi «primer, l'eficiència energètica», s'ha d'aplicar al conjunt del cicle energètic. També en la generació d'electricitat. Així, una vegada reduïdes les necessitats i aplicades les tecnologies i els sistemes de consum més eficients, cal assegurar que la generació, el transport i la distribució d'electricitat siguin, també, el més eficients possible.

La generació d'electricitat en el mateix lloc que es consumeix és la millor alternativa per reduir les pèrdues. Si, a més, la generació *in situ* es produeix a partir d'energies renovables com la solar o l'eòlica, que tenen una eficiència del 100 % en aprofitar energies gratuïtes, tenim el millor sistema possible: autoconsum d'electricitat amb energies renovables. Cal dir que, actualment, l'opció de generació eòlica in situ té una viabilitat tecnicoeconòmica molt reduïda, i l'opció principal és la de l'autoconsum d'electricitat amb energia solar fotovoltaica.

Amb la finalitat de construir un model energètic descentralitzat i participatiu, sempre que sigui possible, cal promoure l'autoconsum d'electricitat. No obstant, per ajudar a gestionar els excedents i dèficits dels autoconsumidors, o quan no sigui possible desenvolupar l'autoconsum, caldrà implantar solucions de gestió compartida de proximitat, com ara l'autoconsum col·lectiu, utilitzant les xarxes públiques de distribució i transport, o sense utilitzar-les; les comunitats d'energies renovables; les comunitats ciutadanes d'energia; les connexions directes de generadors amb consumidors mitjançant línies directes, etc. Aquests esquemes permetran una gestió optimitzada d'un conjunt de generadors i consumidors propers, i apoderaran ciutadans i empreses, la qual cosa farà augmentar la seva participació en el nou sistema energètic i la seva sobirania.

Evidentment, quan hi hagi concentracions de consum importants, ja sigui per la presència de grans consumidors industrials o grans aglomeracions de població i

activitat econòmica, les solucions de proximitat s'han de complementar amb una generació situada el més a prop possible a la demanda, però, com que es basarà en les energies renovables, la seva ubicació tindrà relació amb la disponibilitat i la viabilitat d'aprofitament del recurs, i no sempre serà possible tenir una distribució territorial òptima en relació amb la demanda.

En aquest esquema, serà fonamental que les xarxes de distribució i transport siguin intel·ligents i el més eficients possible, i que altres actors com els agregadors facilitin la gestió del conjunt. L'eficiència de les xarxes té a veure tant en la disminució de pèrdues en el transport i la distribució d'electricitat com en el fet que la seva intel·ligència permeti aplicar mesures d'eficiència individual i col·lectiva per a la gestió de la generació, l'emmagatzematge i el consum d'electricitat. El gran repte és dotar d'aquesta intel·ligència i eficiència les xarxes de distribució, que tindran un rol fonamental en el sistema elèctric del futur.

El principi de «primer, l'eficiència» s'ha d'aplicar també a les renovables d'ús tèrmic, com ara la biomassa o els residus i subproductes generats a l'agricultura, la ramaderia, la indústria agroalimentària, els sectors del paper o de la fusta, etc. Cal impulsar el consum in situ d'aquests recursos, allà on es generen, però sense descartar opcions d'utilització no tan properes que puguin tenir una aplicació més viable i una millor eficiència.

3.8. No deixar ningú enrere

El principi de «no deixar ningú enrere» està recollit en els documents que estableixen les bases de la política energètica de la Unió Europea: «Un planeta net per a tots. La visió estratègica europea a llarg termini d'una economia pròspera, moderna, competitiva i climàticament neutra» (COM(2018) 773), el Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640 final) i «Objectiu 55: compliment de l'objectiu climàtic de la UE per al 2030 en el camí cap a la neutralitat climàtica» (COM(2021) 550).

Aquest principi té dues vessants: la lluita contra la pobresa energètica i la transició justa, que també s'han inclòs en el marc polític estatal mitjançant l'Estratègia Nacional contra la Pobresa Energètica 2019-2024 i l'Estratègia de Transició Justa.

La política energètica catalana, que té com a objectiu aconseguir un nou model energètic sostenible, neutre climàticament, adreçat al consumidor i en què es configura l'accés a l'energia com un dret del ciutadà, ha de lluitar contra la pobresa energètica i garantir l'exercici efectiu d'aquest dret a tots els ciutadans.

Això abraça una sèrie de polítiques sectorials diferents, com ara la política energètica i de transició ecològica; la política social i d'atenció a persones desafavorides; la política d'habitatge, condicionament i rehabilitació de llars; la política sanitària, etc.

Atesa la urgència de la lluita contra la pobresa energètica, cal treballar tant en mesures de caràcter més prestacional i pal·liatiu (l'execució de les quals es realitza més a curt termini) com en altres més estructurals i de desenvolupament, orientades al mitjà i llarg termini, com ara la rehabilitació energètica d'edificis, inclosa a la proposta de nova directiva d'eficiència energètica d'edificis, o les actuacions adreçades als consumidors vulnerables dins dels sistemes nacionals d'obligacions d'eficiència energètica que s'inclouen en la proposta de nova directiva d'eficiència energètica que forma part del paquet «Fit for 55».

Cal, per tant, fer un diagnòstic comprensiu i transversal per establir els objectius que permetin garantir el consum mínim vital d'energia necessari a tots els consumidors vulnerables en el futur i erradicar totalment la pobresa energètica a mitjà termini. En aquest objectiu, les comunitats d'energies renovables i les comunitats ciutadanes d'energia hi poden tenir un paper molt rellevant.

Malgrat que la transició cap a la neutralitat climàtica generarà nombroses oportunitats i beneficis en general, també provocarà impactes negatius en àmbits específics. Per exemple, l'abandonament d'energies fòssils i nuclears per altres de renovables suposarà impactes sobre activitats localitzades en àrees i regions on aquestes activitats representen feines de qualitat amb un efecte tractor important, que poden tenir un impacte demogràfic negatiu.

Per això, el disseny de polítiques i mesures que fixin objectius relatius a la transició energètica i ecològica han d'assumir els seus impactes socioeconòmics, optimitzant-ne els efectes beneficiosos i mitigant els negatius.

En general, la reestructuració resultat de la transició ecològica cap a la neutralitat climàtica farà que menys de l'1 % de tots els treballadors hagin de canviar a un altre sector econòmic, segons l'Organització Internacional de Treball (OIT). D'aquesta manera, els canvis induïts per les polítiques de canvi climàtic serien molt més petits que, per exemple, la reassignació d'ocupació del 20 % que els països de l'OCDE han experimentat en les darreres dues dècades com a resultat de la globalització, i possiblement menors que els que passin per processos actuals com la digitalització de l'economia.

No obstant, aquests impactes sobre l'ocupació es concentraran en les activitats més afectades, que també acostumen a estar concentrades territorialment, quan comencin a experimentar un declivi de l'activitat. Cal preveure mecanismes de transició cap a nous models d'activitat en la línia de la neutralitat climàtica en aquests sectors i territoris.

Ben gestionada, la transició cap a la neutralitat climàtica serà un motor important per a la creació de llocs de treball, la millora de la qualitat de l'ocupació, la justícia social i l'erradicació de la pobresa. L'aposta per la reindustrialització de Catalunya, comentada en l'apartat 3.6, també contribuirà a aquests objectius. L'ecologització de totes les feines i les empreses mitjançant la introducció de pràctiques més eficients des del punt de vista de l'energia i dels recursos, la prevenció de la contaminació i la gestió sostenible dels recursos naturals condueix a la innovació, potencia la resiliència i genera estalvi, cosa que atrau noves inversions i activa l'ocupació.

La transició energètica cap a la neutralitat climàtica ha d'assegurar que tots els ciutadans puguin exercir el dret a disposar d'un subministrament d'energia i aprofitar totes les oportunitats que ofereix la transició energètica per millorar i assegurar els llocs de treball i, en definitiva millorar el conjunt de la societat.

3.9. Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials

El conjunt dels principis vertebradors que defineixen la PROENCAT 2050 té molta influència sobre l'elecció de les tecnologies energètiques futures. L'abandonament

dels combustibles fòssils i de l'energia nuclear, l'aposta per la sobirania energètica amb energies renovables autòctones, la minimització de la ocupació del territori i la prioritat de l'eficiència energètica hi han tingut un paper decisiu.

Però també s'ha de tenir en compte la protecció del medi ambient i l'ús dels materials (els més crítics i amb menys alternatives per a la transició energètica són el coure, el liti i el neodimi) en l'elecció de les tecnologies des d'un punt de vista cost-eficient. En tot cas, es tracta d'una decisió multicriteri, tenint en compte aspectes molt diferents de manera simultània. Una vegada presa l'opció de basar la transició energètica en les energies renovables, cal escollir les tecnologies i els esquemes de funcionament més eficients considerant els diversos aspectes lligats a l'energia, però també tenint en compte l'impacte mediambiental i la utilització dels materials.

A més, en desenvolupar l'escenari objectiu des del punt de vista de les tecnologies s'ha aplicat estrictament el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient. O sigui, s'ha considerat que les tecnologies de generació, transport, distribució i consum d'energia que s'implantaran en aquest horitzó seran les que, amb el coneixement actual, ofereixen unes millors prestacions en els aspectes energètic, medi ambiental i d'ús de materials, de manera simultània.

L'eficiència en cost, des del punt de vista energètic, està relacionada amb l'eficiència energètica i l'obtenció dels millors costos per cobrir les demandes d'energia útil.

L'eficiència des del punt de vista mediambiental té molt a veure amb la minimització dels gasos amb efecte d'hivernacle, però no només amb això. Cal tenir en compte també altres tipus de contaminació que, a escala local i regional, tenen efectes molt perjudicials com ara els òxids de sofre, òxids de nitrogen, partícules, ozó, sulfur d'hidrogen, monòxid de carboni, metalls, etc.

La lluita contra la contaminació també és una lluita a favor de l'equitat i la igualtat perquè els efectes més perjudicials de la contaminació per a la salut humana solen patir-los els grups més vulnerables, com ara els nens, la gent gran, les persones que pateixen alguna malaltia, les persones amb discapacitat i les que viuen en pitjors condicions socioeconòmiques. La contaminació, a més, és una de les cinc causes principals de la pèrdua de biodiversitat.

Pel que fa als materials, és evident que la transició energètica augmentarà de manera important els materials relacionats amb les energies renovables, la mobilitat elèctrica o les bateries, i que això pot tensionar els mercats internacionals d'aquests materials. Malgrat això, cal tenir en compte que també hi ha creixements de la demanda d'aquests materials no relacionats amb la transició energètica. A més, en molts casos, el problema no és la disponibilitat de recursos, sinó la capacitat d'augmentar-ne la producció. El ràpid desplegament de la mobilitat elèctrica, de l'energia fotovoltaica i eòlica, i la producció de bateries que s'està produint posarà en risc el subministrament de minerals i metalls en els propers anys, però aquests problemes es poden superar amb els marcs polítics adequats i les decisions de disseny que es prenguin ara.

Es preveu que aquestes tensions en els mercats de materials es mantinguin a mitjà termini i es puguin agreujar a llarg termini. Per tant, cal tenir en compte els principis

de circularitat en els recursos materials, l'eficiència en l'ús de determinats materials en la selecció de les tecnologies per reduir la tensió en aquests mercats en tensió, així com per reduir l'impacte ambiental de la seva mineria i per reduir els costos de la transició energètica.

L'aplicació del principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials a les tecnologies energètiques renovables, deixant de banda les energies renovables tèrmiques més tradicionals (energia solar tèrmica i biomassa sòlida, fonamentalment), comporta una classificació en tres grans grups per ordre de prioritat d'acord amb els principis de cost-eficiència:

1. Energia elèctrica 100 % renovable

Es considera aquesta opció com a prioritària, ja que proporciona millors rendiments energètics tant en producció com en consums, en no tenir emissions de gasos amb efecte d'hivernacle ni emissions de contaminants primaris al llarg de la seva cadena de valor. Tot i que representa un consum de materials alt, és inferior al d'altres tecnologies energètiques renovables. Per tant, l'opció estratègica prioritària és l'electrificació 100 % renovable de les demandes d'energia final en tots els sectors consumidors, sempre que sigui possible aquesta alternativa, tant des del punt de vista tecnològic com econòmic.

2. Hidrogen d'origen renovable (verd) i biocombustibles/biocarburants/ biomaterials avançats amb finalitats energètiques i no energètiques (primeres matèries)

En aquesta segona opció prioritària cal separar els usos com a primeres matèries i els usos estrictament energètics.

a) Primeres matèries

L'objectiu és substituir primeres matèries d'origen fòssil per primeres matèries d'origen renovable (de base biològica i no biològica). En aquest cas, la utilització directa de l'energia elèctrica 100 % renovable no hi té cap paper.

Les alternatives tecnològiques que es presenten actualment i en un futur es poden dividir en dos grups:

- Hidrogen verd. L'hidrogen verd és produït fonamentalment amb hidrolitzadors alimentats amb energia elèctrica 100 % renovable, amb la finalitat de substituir l'hidrogen gris d'origen fòssil (produït a partir de gas natural fòssil). Aquest hidrogen es fa servir actualment com a primera matèria, fonamentalment, en la producció d'amoníac, en els processos de hidrocraqueig de les refineries de petroli, en siderúrgia integral i altres processos metal·lúrgics, en determinants processos de producció de biocombustibles/ biocarburants/biomaterials avançats i d'altres processos del sector químic.
- Biomaterials avançats. En aquesta categoria s'inclouen els materials que utilitzen primeres matèries contemplades a la part A de l'annex IX de la Directiva (UE) 2018/2001, relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables, que exclou les primeres matèries renovables destinades a l'alimentació humana i d'animals.

Els biomaterials avançats fan referència fonamentalment a la seva obtenció en el sector químic, on destaca la fabricació de bioplàstics i biometanol com a primera matèria en diversos subsectors químics. En el cas concret dels bioplàstics avançats, cal ressaltar la importància de dotar les

plantes d'olefines actuals (etilè, propilè…) d'una alternativa renovable a les seves actuals alimentacions d'origen fòssil i, per tant, de dotar-les d'alimentacions de bionaftes i biopropà avançats provinents de biorefineries que facin servir com a primeres matèries les assenyalades en l'apartat A de l'Annex IX de la Directiva d'energies renovables indicada anteriorment.

Com a conclusió, les tecnologies descrites anteriorment són les de màxima prioritat per a l'obtenció de primeres matèries renovables en el sectors contemplats.

b) Usos energètics (combustibles/carburants)

La utilització d'hidrogen verd i de biocombustibles/biocarburants avançats s'ha de plantejar com a opció prioritària en aquells sectors consumidors d'energia final en els quals la seva electrificació 100 % renovable no es preveu en el futur com una opció tècnica viable. Aquest tipus d'energies renovables presenta un comportament enfront dels criteris de neutralitat tecnològica cost-eficient en energia, medi ambient i materials pitjor que en l'opció d'energia elèctrica 100 % renovable: més ineficiència energètica, pitjor comportament mediambiental (fuites d'hidrogen com a gas indirecte amb efecte d'hivernacle, emissions de contaminants primaris en la seva combustió) i major ús de materials.

Els sectors consumidors d'energia final en els quals aquests combustibles poden ser utilitzats, atenent a les expectatives tecnològiques actuals, són principalment: transport per carretera de mercaderies a llargues distàncies, transport terrestre ferroviari sense alternativa d'electrificació per inviabilitat econòmica, transport aeri, transport marítim i determinats processos industrials que fan servir forns d'alta temperatura.

La utilització d'hidrogen verd (directe o contingut en portadors amb millor logística de transport o abastament i facilitats d'ús) o de biocombustibles/biocarburants avançats dependrà de l'evolució en el futur de les tecnologies concretes de consum i de la disponibilitat de recursos (a escala nacional i internacional). Aquest darrer terme pot ser molt important en el cas dels biocombustibles/biocarburants avançats, i s'ha de tenir molt en compte en el cas de l'hidrogen verd.

3. Combustibles/carburants i materials sintètics neutres climàticament

Consisteix en la producció de combustibles/carburants i materials obtinguts a partir del CO_2 de l'aire i del CO_2 d'origen biogènic i d'hidrogen verd. En aquest cas, l'origen del CO_2 és el que marca fonamentalment el seu caràcter de neutralitat climàtica. En aquest cas, els criteris de neutralitat tecnològica cost-eficient en energia, medi ambient i materials són els més desfavorables en el seu conjunt. Els processos de síntesi són altament ineficients energèticament comparats amb la producció d'hidrogen verd, especialment en el cas d'utilitzar CO_2 capturat directament de l'aire. Amb els coneixements actuals, aquestes alternatives no tenen viabilitat econòmica.

Per tant, són el darrer recurs per satisfer la demanda en els sectors no electrificables indicats anteriorment, quan la disponibilitat de recursos de biocombustibles/biocarburants/biomaterials avançats no aconsegueix cobrir la demanda i cal avançar cap a la neutralitat climàtica en aquests sectors. En aquest cas, cal afegir l'increment que comporta en la demanda d'hidrogen verd (com a primera

matèria) i de la demanda d'energia final renovable (com a consum). Per aquest motiu, cal parar atenció a un bon dimensionament de les necessitatsi a la decisió de produir-los a escala nacional o d'importar-los de tercers països amb gran disponibilitat de recursos renovables en generació d'energia elèctrica, fonamentalment, amb costos de producció més baixos, als quals s'han d'afegir els de transport.

En aquest sentit, s'ha considerat que aquests combustibles i materials sintètics neutres climàticament seran d'importació. La producció autòctona dels combustibles i materials sintètics implicaria un augment molt notable de la producció d'energia elèctrica amb energies renovables que caldria implantar a Catalunya, i un augment també molt important de l'ocupació del territori. S'ha considerat més adient fer una importació selectiva de zones amb molts recursos renovables i costos de generació d'electricitat renovable molt baixos.

Finalment, cal apuntar que no es contemplen la captura i l'emmagatzematge de carboni a gran escala. Com que en l'horitzó 2050 hi haurà un consum marginal de combustibles fòssils a Catalunya, no té sentit plantejar la captura i l'emmagatzematge de carboni (CCS). El CCS pot tenir sentit només per a la captura d'emissions de procés d'algunes indústries, no lligades al cicle energètic i molt difícils d'abatre. No obstant, aquesta possibilitat s'ha de plantejar des de l'enfocament més ampli de la neutralitat climàtica global, que inclou emissions de GEH no associades al cicle energètic.

Per assolir la neutralitat climàtica global i, fins i tot, tenir unes emissions de GEH netes negatives més enllà del 2050, caldrà potenciar al màxim els embornals naturals (LULUCF) i caldrà aplicar altres opcions neutres climàticament, com ara la captura i l'emmagatzematge de carboni provinent de la bioenergia (BECCS, per les seves sigles en anglès) o de l'aire (DACCS, per les seves sigles en anglès). No obstant, l'aplicació d'aquestes tecnologies té moltes incerteses degut al seu estat molt incipient, amb uns consums d'energia i uns costos molt elevats, i a la dificultat de trobar ubicacions idònies per a emmagatzematges subterranis segurs i amb les dimensions suficients, que es podrien trobar amb una forta oposició en l'àmbit territorial.

Malgrat això, cal participar en la recerca, el desenvolupament i la demostració de sistemes comercials de captura i emmagatzematge de carboni (CCS) de processos industrials, captura i emmagatzematge de carboni de bioenergia (BECCS) i directe de l'aire (DACCS).

3.10. Assegurar un subministrament d'energia assequible i segur

El subministrament energètic ha de ser assequible i segur per als consumidors i les empreses. L'energia és un factor de cost per a l'economia, i, per tant, com més se'n redueix el cost, millor. Aquesta idea ha format part de les bases de totes les polítiques energètiques dels darrers 50 anys i en continuarà formant part en el futur, perquè, si volem assolir la neutralitat climàtica i mantenir el benestar i la salut dels ciutadans sense deixar ningú enrere, és imprescindible que la nostra economia sigui competitiva. Per tant, l'aposta per les energies renovables contribueix a assegurar aquest desenvolupament sostenible, perquè aquestes tecnologies ja són les més econòmiques avui en dia i encara seran més competitives en el futur.

Per tal que els ciutadans i les empreses puguin disposar d'aquesta energia assequible, és fonamental que el mercat energètic europeu estigui plenament integrat, interconnectat i digitalitzat, i que, alhora, es respecti plenament la neutralitat tecnològica cost-eficient. També és important que el consumidor sigui un agent actiu pel que fa al consum que fa de l'electricitat i de gasos renovables, que pugui participar en tots els mercats majoristes d'electricitat i de gasos renovables, i que tingui el dret a produir, emmagatzemar i gestionar la seva demanda, vendre els excedents i participar en els mercats de serveis d'ajust (balanç, no freqüència i restriccions tècniques) del sistema elèctric, directament o mitjançant agregadors, i a participar en comunitats d'energies renovables i comunitats ciutadanes d'energia.

El model marginalista actual del mercat elèctric no sembla que sigui l'adequat per a un futur sistema elèctric 100 % renovable, en el qual les principals tecnologies de generació (fotovoltaica i eòlica) tenen uns costos variables de generació pràcticament nuls i, en canvi, són molt intensives en capital.

Per això es proposa una transició progressiva del mercat marginalista actual, que s'hauria d'anar fent més petit progressivament, cap a un nou disseny de doble mercat:

- → Un mercat base, amb contractes a mitjà i llarg termini.
- → Un mercat de serveis d'ajust, amb una doble vessant:
  - a curt i molt curt termini
  - i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a termini, en aquest darrer cas.

Aquest mercat seria molt més transparent i estaria més basat en els costos reals de generació o servei associat (gestió de la demanda, interrompibilitat, emmagatzematge, etc.).

En el mercat base hi participarien:

- → Les energies renovables no gestionables (eòlica, fotovoltaica, hidràulica fluent i altres renovables no gestionables).
- → L'energia nuclear (durant la transició fins al seu tancament definitiu).
- → La cogeneració d'alta eficiència amb combustibles fòssils (en la transició cap al seu tancament definitiu o reconversió a la utilització d'energies renovables), que també podria participar en el mercat de serveis d'ajust.
- → Les energies renovables gestionables (hidroelèctriques de bombament, hidroelèctriques amb embassament sense bombament, cogeneració amb combustibles renovables, generació elèctrica exclusiva amb combustibles renovables i la solar termoelèctrica), en els volums d'energia no necessaris per al mercat de serveis d'ajust en el període transitori i amb el destí probable del mercat de serveis d'ajust, tot i que no es pot descartar que una part d'aquesta energia es mantingui en el mercat base.

En el mercat de serveis d'ajust (balanç, no freqüència i restriccions tècniques) hi participarien:

- → La gestió de la demanda d'energia elèctrica (incloent interrompibilitat).
- → Les instal·lacions d'emmagatzematge d'electricitat amb bateries o altres tecnologies no hidràuliques.

- Les centrals hidroelèctriques de bombament.
- Les centrals hidroelèctriques de regulació amb embassament (no de bombament).
- La cogeneració amb combustibles renovables.
- La generació elèctrica exclusiva amb combustibles renovables.
- La solar termoelèctrica.
- La cogeneració d'alta eficiència amb combustibles fòssils (en la transició cap al seu tancament definitiu).
- Les centrals de cicle combinat amb gas natural fòssil (mentre sigui necessari el seu funcionament per assegurar un funcionament segur del sistema elèctric).
- Les altres tecnologies en un futur.

Finalment, cal ressaltar el paper important de les interconnexions internacionals del sistema elèctric de la península Ibèrica tant en el mercat base com en el mercat de serveis d'ajust, en el context del mercat únic europeu d'energia elèctrica. També cal tenir en compte la necessitat de crear mercats de capacitat en els sistemes elèctrics per assegurar-ne el funcionament.

Un nou sistema elèctric basat en aquesta idea del doble mercat, com ja existeix actualment en alguns sistemes elèctrics moderns, sembla més adient que l'actual, però caldrà una harmonització a escala europea per a la seva implementació.

La transició cap a una energia neta ha d'implicar i beneficiar els consumidors. Les fonts d'energia renovables hi exerciran un paper clau. La integració intel·ligent de les energies renovables i l'eficiència energètica, el canvi d'hàbits i la implantació de nous esquemes de producció ajudaran a aconseguir la descarbonització al cost més baix possible. El mix de generació d'electricitat previst a la PROENCAT 2050 tindrà un preu mitjà, en termes del cost normalitzat de l'energia (*Levelized Cost of Energy, LCOE, en anglès), de 51,69 €/MWh l'any 2050 (en € de 2017).*

3.11. Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament

La transició cap a la neutralitat climàtica també requereix infraestructures intel·ligents, especialment en el sector elèctric. Atès que es preveu una elevada electrificació de l'economia, caldrà construir un sistema elèctric completament nou, tant pel que fa al disseny com a la implantació territorial i al funcionament, que garanteixi el subministrament d'electricitat amb la qualitat, la seguretat i el preu que la societat necessita.

El canvi serà radical, ja que es passarà d'un sistema elèctric molt centralitzat amb una forta presència de tecnologies de generació gestionables i uns consumidors passius a un sistema elèctric força descentralitzat amb una forta presència de tecnologies no gestionables i amb un fort component estacional (bàsicament, eòlica i solar fotovoltaica), amb unes necessitats d'emmagatzematge en diversos horitzons temporals (diari, setmanal, estacional) cobertes amb bateries, centrals hidroelèctriques de bombament i centrals hidroelèctriques de regulació, amb una gran necessitat de gestió de la demanda i amb una elevada integració amb els sistemes veïns regionals i internacionals.

Això és degut a la dificultat d'encaixar el perfil de la generació d'electricitat renovable de dues tecnologies com la solar i eòlica,

que no són gestionables i presenten un marcat caire estacional, amb el perfil de la demanda que, si bé es pot adaptar parcialment a la generació, el grau de coincidència no serà sempre gaire elevat. Una cooperació transfronterera i regional més gran contribuirà a encaixar aquests dos perfils, aconseguir els beneficis de la transició cap a l'energia neta a preus assequibles i a facilitar la gestió de les situacions crítiques per a l'assegurament del subministrament derivades de la no gestionabilitat de les principals tecnologies de generació d'electricitat en el futur.

El disseny de les xarxes elèctriques i del seu funcionament en l'horitzó de l'any 2050 és un repte de primera magnitud. Les xarxes hauran d'unir una oferta molt més elevada i més distribuïda que l'actual, fonamentalment no gestionable, amb una demanda d'electricitat que es multiplicarà per 2,3 degut a l'elevada electrificació de la demanda, que comportarà desplaçaments cap a alta tensió i augments de la demanda elèctrica en mitjana i baixa tensió, que també serà molt distribuïda. A més, tant la demanda com la generació estaran connectades a la xarxa a diferents nivells de tensió, des de baixa tensió fins a 400 kV, amb pesos significatius de generació a baixa i mitjana tensió abans i després del comptador. Això farà que també hi hagi necessitats d'emmagatzematge abans i després del comptador, que tindrà unes característiques molt diferents al clàssic emmagatzematge hidroelèctric, que serà molt distribuït i a diferents nivells de tensió. També hi haurà d'haver estratègies de gestió intel·ligent de la demanda diferenciades en cada nivell de tensió.

En el nou sistema elèctric, pensat i dissenyat fonamentalment des de la perspectiva del consumidor, que ja no serà només un consumidor perquè tindrà generació, emmagatzematge i la possibilitat de gestionar la seva demanda, tindran més protagonisme les xarxes de distribució, tot i que les xarxes de transport continuaran tenint un paper clau. Les xarxes de transport i distribució experimentaran un revolució en tota regla, en augmentar la seva intel·ligència i millorar les interrelacions entre les xarxes de transport i de distribució. Aquesta intel·ligència ha de permetre a la generació, a l'emmagatzematge i a la gestió de la demanda participar de manera més alineada amb les noves necessitats del sistema elèctric, directament o mitjançant un agregador, i l'optimització eficient de l'autoconsum, de la generació de proximitat i de l'emmagatzematge a escala de consumidor, des d'un punt de vista tècnic i econòmic. A més, seran l'element essencial perquè els nous esquemes de gestió compartida de la generació, el consum i l'emmagatzematge, com ara les comunitats d'energies renovables i les comunitats ciutadanes d'energia o l'autoconsum compartit de proximitat, puguin desenvolupar-se i assolir un paper important en l'esquema del futur sistema elèctric.

Aquests nous agents participaran en mercats locals de flexibilitat (serveis d'ajust), en els quals els consumidors actius posaran a disposició dels distribuïdors els seus mitjans de producció, emmagatzematge i gestió de la demanda, directament o mitjançant els agregadors. Així es disposarà de flexibilitat quant a les xarxes de distribució, que es coordinarà amb els elements que aporten flexibilitat a la xarxa de transport, com ara les grans instal·lacions d'emmagatzematge, els grans consumidors i les grans instal·lacions gestionables de generació.

Els sistemes d'emmagatzematge d'electricitat, que ja són presents en el sistema actual

mitjançant les centrals hidroelèctriques de regulació (amb embassament) i de bombament, prendran una rellevància màxima. La necessitat d'adaptar l'oferta (basada en energies renovables majoritàriament no gestionables) als perfils horaris de la demanda (modulables parcialment amb mesures de gestió de la demanda) fa imprescindible la construcció de noves capacitats de bombament en nous emplaçaments fora de la llera dels rius, entre centrals hidroelèctriques existents amb embassaments de regulació de gran capacitat o solucions mixtes. Però el potencial de desenvolupament de noves instal·lacions de bombament no és suficient, i caldrà atorgar un paper molt important a l'emmagatzematge d'electricitat amb bateries, en diverses situacions: grans bateries d'emmagatzematge en alta tensió associades a grans instal·lacions de generació renovable, bateries grans i mitjanes associades intrínsecament a les xarxes de transport i distribució, i bateries més petites de mitjana i baixa tensió associades als consumidors.

En la PROENCAT 2050 s'ha optimitzat el pes relatiu de les dues tecnologies de generació majoritàries en l'horitzó de 2050 (eòlica i solar fotovoltaica) per disminuir les necessitats d'emmagatzematge estacional, i es preveu el desenvolupament d'una elevada capacitat d'emmagatzematge per encaixar l'oferta i la demanda. Malgrat això, de les anàlisis de cobertura de la demanda que s'han dut a terme es desprèn que hi haurà la necessitat de gestionar forts excedents de generació a l'estiu i forts dèficits a l'hivern. Les característiques de les centrals de bombament existents i de les que es desenvoluparan en el futur permeten un cicle d'emmagatzematge diari o setmanal, però en cap cas anual o estacional, entre estiu i hivern. Les tecnologies de bateries conegudes actualment tampoc permeten fer aquesta funció d'una manera eficient, tot i que s'estan produint molts avenços en aquest camp.

Davant d'aquesta situació no s'ha optat per una solució autàrquica, en la qual es proposaria una solució interna a Catalunya, i, d'acord amb la filosofia de la Directiva sobre el mercat interior d'electricitat a la Unió Europea, s'ha optat per una solució oberta, d'elevada cooperació amb els sistemes elèctrics veïns, que permeti solucionar aquests dèficits i excedents estacionals que, molt probablement, també es donaran en aquests sistemes. Caldrà buscar solucions en l'àmbit peninsular, perquè els problemes i les solucions més adients seran semblants.

El plantejament de suport mutu entre els sistemes veïns evitarà haver de realitzar moltes inversions en instal·lacions de generació amb molta potència que funcionarien molt poques hores a l'any (sobreequipament). S'ha optat per un equilibri entre les solucions internes i el suport mutu amb els sistemes elèctrics veïns. Una cooperació transfronterera i regional més gran contribuirà a la consecució dels beneficis de la transició cap a l'energia elèctrica renovable a preus assequibles.

Cal revisar el marc regulador de les infraestructures elèctriques perquè impulsi el desplegament de tecnologies i infraestructures innovadores, com les xarxes elèctriques intel·ligents, l'emmagatzematge d'electricitat o la integració de l'hidrogen verd amb solucions d'emmagatzematge i la posterior generació d'electricitat, malgrat no s'aposti per aquesta possibilitat en l'horitzó de l'any 2050. Aquestes noves infraestructures s'hauran de dissenyar perquè siguin resilients al canvi climàtic. Igualment, caldrà modernitzar algunes

infraestructures i actius existents perquè mantinguin la idoneïtat i resiliència al canvi climàtic.

3.12. Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació

Bona part de les possibilitats d'èxit en la consecució de la neutralitat climàtica l'any 2050 del cicle energètic es basen en la disponibilitat de tecnologies que permetin reduir les necessitats d'energia, utilitzar electricitat renovable o energies renovables tèrmiques, i, en general, reduir o capturar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.

Algunes d'aquestes tecnologies ja han aconseguit una maduresa tècnica i econòmica, i d'altres hi estan molt a prop. Però hi ha tecnologies necessàries per a la transició energètica que encara estan començant el seu camí cap a la competitivitat i n'hi ha d'altres que estan en una fase tan incipient que encara no es pot saber el rol que tindran en el futur.

Si en una situació estable l'aposta per a la recerca, el desenvolupament tecnològic i la innovació ja és un element clau per al desenvolupament social i econòmic a mitjà i llarg termini, en una situació de canvi del paradigma del sistema energètic, aquesta aposta és encara més determinant.

Les noves tecnologies, les solucions sostenibles i la innovació disruptiva són elements essencials per mantenir l'avantatge competitiu de la Unió Europea, i de Catalunya, en el camp de les tecnologies netes. En les properes dècades, cal fer a la Unió Europea un enorme esforç de recerca, desenvolupament i innovació coordinat, construït al voltant d'una agenda estratègica i coherent de recerca, desenvolupament, innovació i inversió, per aconseguir que les solucions hipocarbòniques o de zero carboni siguin econòmicament viables i per generar solucions noves que encara no estan madures o ni tan sols es coneixen al mercat. En aquest context, una estratègia de recerca, desenvolupament i innovació amb visió de futur s'ha de basar en solucions de zero carboni que puguin ser desplegades d'aquí al 2050.

Es fomentaran la recerca, la demostració i la innovació en solucions transformadores neutres en carboni en els següents camps: bateries (per a vehicles, llars, xarxes elèctriques, etc.), hidrogen verd com a primera matèria, energia eòlica marina, biocombustibles, biocarburants i biomaterials avançats, bomba de calor a mitjana temperatura per a aplicacions industrials, xarxes elèctriques, emmagatzematge d'energia elèctrica estacional, noves tecnologies elèctriques de consum, noves tecnologies d'utilització com a combustible de l'hidrogen verd, circularitat dels materials, captura de CO_2 biogènic i directe de l'aire, etc. Cal prioritzar l'esforç en l'àmbit de la recerca, el desenvolupament i la innovació en els àmbits més crítics per a la transició energètica i que ofereixin més oportunitats al teixit industrial de Catalunya. No és convenient diluir les capacitats d'R+D+i de Catalunya en molts àmbits i reduir les probabilitats d'èxit en un entorn extremadament competitiu.

Catalunya ha d'aprofitar totes les possibilitats que li ofereixin els programes europeus i estatals de suport a la

recerca, la demostració i la innovació, que tindran una dotació de recursos sense precedents. Encara hi ha reptes importants per resoldre, com ara la producció dels combustibles sostenibles per a l'aviació (SAF, per les seves sigles en anglès) i per al transport marítim (SMF, per les seves sigles en anglès) en la doble vessant de combustibles bioavançats i combustibles sintètics neutres climàticament, la captura del CO_2 biogènic i de l'aire, algunes tecnologies d'electrificació de processos industrials, etc., que determinaran en bona mesura la realitat energètica del futur. Catalunya no pot deixar en mans d'altres el desenvolupament d'aquestes noves tecnologies i renunciar als beneficis ambientals, socials i econòmics que es poden aconseguir.

4

ESTRATÈGIES EN L'ÀMBIT ENERGÈTIC

4.1. Desplegar les energies renovables a gran escala

Catalunya disposa de recursos suficients d'energies renovables per satisfer les seves necessitats previsibles en l'horitzó de l'any 2050. En canvi, actualment, no té recursos significatius d'energies fòssils ni d'urani.

El fet que l'energia eòlica i la solar fotovoltaica, les principals energies renovables per a la generació d'electricitat que es desenvoluparan en el futur, no siguin gestionables, no ha de ser cap dificultat insuperable. Aplicant noves estratègies per assegurar la cobertura de la demanda elèctrica i dissenyant un sistema elèctric adaptat a aquesta circumstància no es preveu que hi hagi cap impediment de tipus tècnic que faci pensar que un desplegament a gran escala de les energies renovables no és possible.

D'altra banda, les energies renovables són la millor opció des de tres punts de vista fonamentals. Són la millor opció des del punt de vista de l'impacte ambiental, tant pel que fa al canvi climàtic com a la contaminació. També són la millor opció dels del punt de vista de la competitivitat, perquè són més econòmiques que les seves alternatives fòssils i nuclear. Finalment, són la millor opció des del punt de vista de la sobirania energètica, perquè són els únics recursos energètics de què disposa Catalunya en quantitats suficients com per satisfer les seves necessitats energètiques.

El potencial de generació elèctrica amb renovables a Catalunya mitjançant les tecnologies solars i eòlica, que són les que poden oferir un creixement important, s'avalua en 355,9 TWh/any amb una potència instal·lada de 178,7 GW. Això equival a 7,6 vegades la producció bruta d'electricitat i 15,8 vegades la potència elèctrica instal·lada l'any 2017. Aquest potencial supera amb escreix la producció bruta d'electricitat de Catalunya que es preveu per de l'any 2050 (117,5 TWh).

El major potencial energètic correspon a l'eòlica marina, que, amb 139,7 TWh/any, representa el 39,2 % del total. Però cal tenir en compte que, a l'hora de valorar aquest potencial, encara no s'han aprovat els Plans d'Ordenació de l'Espai Marítim (POEM), que introduiran restriccions a la utilització d'aquests espais per a la instal·lació de parcs eòlics. Quan es disposi d'aquests plans, es preveu que el potencial eòlic marí es redueixi força.

El segon i tercer lloc corresponen a les tecnologies eòlica terrestre (97,1 TWh/any i

27,3 % del potencial total) i solar fotovoltaica (91,1 TWh/any i 25,6 % del potencial total). El potencial energètic d'aquestes dues tecnologies és molt semblant, però cal considerar que el potencial fotovoltaic s'ha reduït molt per tenir en compte el rebuig cap a una concentració excessiva de plantes fotovoltaiques en el territori, pels efectes paisatgístics acumulatius i per tenir en compte la necessitat de preservar sòls per a usos agrícoles. Sense aquestes consideracions, el potencial d'aquesta tecnologia podria ser força més gran.

En aquest potencial no s'inclou el potencial de l'energia hidroelèctrica, que es considera que ja està totalment desenvolupat, amb 1,8 GW de potència i una producció al voltant dels 3,7 TWh/any, que s'anirà reduït en el futur per la menor disponibilitat d'aigua.

Tampoc s'inclou el potencial de generació elèctrica de la biomassa, el biogàs o els residus renovables, perquè es considera que en l'horitzó de l'any 2050 serà prioritari el seu aprofitament per a usos tèrmics o com a matèria primera de processos industrials. El potencial energètic d'aquestes fonts renovables s'estima en 17,7 TWh/any, molt inferior al potencial de les energies renovables per a la generació d'electricitat.

La meitat d'aquest potencial correspon a la biomassa agrícola, principalment, de l'aprofitament de les restes de les explotacions agrícoles, però també del potencial existent en cultius herbacis i llenyosos que es poden desenvolupar en sòl agrícola, però que no s'utilitzaran, per la política agrícola de la Govern de la Generalitat de Catalunya. S'ha avaluat que es poden aprofitar al voltant de 3,25 Mtn/any de biomassa d'origen agrícola (residus i cultius energètics), amb un potencial energètic de 8,7 TWh/any.

La biomassa forestal té un potencial total de 4,7 TWh/any, amb l'aprofitament energètic d'1,5 Mtn/any, i la biomassa agrícola té un potencial de 8,7 TWh/any, però cal tenir en compte que aquests valors inclouen les explotacions forestals d'arbre sencer i els cultius energètics tant en sòls forestals com agrícoles. Actualment, només es considera viable l'aprofitament energètic dels residus forestals i agrícoles, que, en conjunt, tenen un potencial de 7,9 TWh/any. El potencial del biogàs s'estima en 4,3 TWh/any, tenint en compte que fa referència només als residus i subproductes orgànics dels sectors ramader i industrial que són susceptibles de ser recollits.

No és possible fer una transició a un model energètic basat en unes energies renovables que representin el 100 % i amb sobirania energètica, utilitzant només els recursos d'energies renovables per a usos tèrmics, perquè no hi ha prou recursos i pels forts impactes territorials i mediambientals que comportaria aquest model. Catalunya no disposa de suficient territori per basar la transició energètica en les renovables per a usos tèrmics.

La projecció realitzada per a l'any 2050 en el marc de la PROENCAT 2050 preveu un important desenvolupament d'aquests potencials. Es preveu que la potència elèctrica instal·lada en les tecnologies solar i eòlica passi dels 1,3 GW instal·lats l'any 2017 als 55,4 GW l'any 2050. Això vol dir multiplicar per 35 la potència instal·lada actual en aquestes tecnologies. Pel que fa a les renovables tèrmiques, el consum d'energia final de biomassa, biogàs i residus renovables l'any 2050 serà d'uns 4,2 TWh, un 65 % superior al de l'any 2017. Aquesta xifra representa un 34 % del potencial d'aquestes renovables a Catalunya. Es preveu que el potencial restant s'utilitzi com a matèria primera del sector de transformació de

l'energia, per produir biocombustibles, bioquerosè i altres productes químics, com ara plàstics neutres climàticament.

Per determinar les renovables que cal desenvolupar, en primer lloc, s'ha fet una projecció de la demanda per a l'any 2050, que es basa en una millora sense precedents de la intensitat energètica, gràcies a la implantació de noves tecnologies eficients, a un procés d'electrificació del conjunt de la demanda d'energia i a l'aplicació de millores en els processos industrials. S'ha aplicat el principi «Primer l'eficiència energètica» en la projecció del consum d'energia final en tots els sectors.

Pel que fa a la utilització de les energies renovables per a usos tèrmics, s'ha considerat prioritària la seva utilització en aplicacions on no hi ha alternatives tecnològiques clares d'electrificació i a l'entorn d'on es troba el recurs.

En el cas de la tecnologia solar fotovoltaica, s'han prioritzat les instal·lacions a les teulades (es preveu un aprofitament del 60 % del potencial) i s'ha aprofitat completament el potencial de la tecnologia fotovoltaica en ubicacions ja urbanitzades o amb altres infraestructures construïdes, com ara infraestructures de transport (carreteres, vies de tren, aeroports), canals de reg, pèrgoles urbanes, embassaments, sòl industrial no utilitzat, etc.

La tecnologia fotovoltaica és la que tindrà una major potència instal·lada l'any 2050, amb un total de 31,1 GW. Es preveu que 13,7 GW es desenvolupin en emplaçaments que no augmenten la utilització de territori per a la generació d'electricitat. Així, la potència instal·lada en aquest tipus d'emplaçaments representarà el 44,1 % de l'objectiu de potència instal·lada de la tecnologia fotovoltaica l'any 2050, malgrat les majors dificultats de tipus tècnic, econòmic i administratiu que, en general tenen les instal·lacions en aquest àmbit.

És important remarcar que el potencial energètic total del conjunt d'aplicacions que no incrementen la utilització del territori, com la fotovoltaica en teulades i en altres ubicacions (polígons industrials, infraestructures viàries, embassaments, etc.), representa un 7,9 % del potencial energètic total de les energies renovables a Catalunya, amb 28,0 TWh/any. Malgrat que és un potencial significatiu, aquestes aplicacions només podrien cobrir el 24 % de la producció bruta d'electricitat estimada per al 2050 si s'aprofités el potencial en aquest tipus d'emplaçaments al 100 %, fet molt improbable.

En la projecció de la PROENCAT 2050 s'ha previst un aprofitament del 60 % del potencial de la solar fotovoltaica en teulades i un 99,3 % del potencial en altres ubicacions, percentatges molt elevats, coherents amb l'aposta per l'autoconsum i la generació de proximitat de la PROENCAT 2050. Amb aquests valors, la producció d'aquestes tecnologies representa el 16,4 % de la producció bruta d'electricitat que es preveu l'any 2050.

Per assolir la neutralitat climàtica l'any 2050 a Catalunya, és imprescindible que les energies renovables tinguin una contribució important en els usos finals de l'energia, mitjançant la combinació de tecnologies renovables d'ús directe (com ara la solar tèrmica o la geotèrmia), combustibles renovables i l'electrificació dels diferents usos energètics, tenint en compte que l'electricitat serà totalment renovable. La PROENCAT 2050 preveu un desplegament a gran escala de les energies renovables, posant l'èmfasi en les ubicacions que representen una menor ocupació del territori.

4.2. Reduir el consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic

La reducció del consum d'energia és un element clau per a l'assoliment de la neutralitat climàtica, ja que el cicle energètic és el principal responsable de les emissions de GEH. Com més petites siguin les necessitats d'energia de la societat, menys impactes ambientals es produiran, menys territori ocuparan les instal·lacions de generació i les línies elèctriques, i menys costos hauran de suportar els consumidors. En conseqüència, si es redueix el consum d'energia, l'economia serà més pròspera i moderna, sempre que la reducció de les necessitats energètiques no impliqui la reducció de l'activitat econòmica o del benestar dels ciutadans.

El concepte clau per aconseguir-ho és la millora de l'eficiència energètica, un concepte que és prou ampli per agrupar diversos àmbits d'actuació que cal diferenciar.

En primer lloc, cal promoure una reducció de les necessitats energètiques deixant de fer o reduint la intensitat i/o freqüència d'algunes de les activitats que es duen a terme i que comporten un consum d'energia, si es tracta d'activitats no essencials o que, en reduir-se, no disminueixin el benestar de la societat. Per exemple, augmentar el teletreball, fomentar els desplaçaments a peu enlloc de motoritzats en els casos que sigui possible o utilitzar d'una manera més eficient la il·luminació natural en els edificis. Es tracta de fer un canvi d'hàbits i costums en molts aspectes, que van des de la dieta alimentària fins a la reducció dels viatges de llarg recorregut en avió.

Aquestes mesures estan relacionades amb quines coses es volen fer més que amb la manera com es duen a terme. Aquest àmbit és el que està més estretament relacionat amb el benestar dels ciutadans, entenent el benestar no només com la disponibilitat d'unes condicions de vida que assegurin un confort suficient, sinó com la possibilitat de dur a terme determinades activitats que es consideren essencials per al desenvolupament de la societat. En definir i aplicar mesures de reducció de la demanda d'energia en aquest àmbit, cal tenir en compte que un principi vertebrador de la PROENCAT 2050 és no deixar ningú enrere, erradicant la pobresa energètica i assegurant una transició justa per a tothom.

En segon lloc, és molt important l'àmbit de la gestió dels processos que requereixen un consum d'energia. En aquest àmbit es tracta de millorar la manera com es fan les activitats, una vegada reduïdes les necessitats i tenint en compte, principalment, les tecnologies relacionades amb la gestió de l'energia i el control dels processos.

Cal aplicar un criteri de sobrietat o austeritat en els consums d'energia, sempre que no es comprometin el benestar ni el creixement econòmic. Així, per exemple, la reducció de la temperatura de consigna dels termòstats que regulen la calefacció dels edificis o l'augment de la temperatura de consigna de la refrigeració en són exemples clars. En general, les mesures de telegestió energètica i les accions clàssiques com ara apagar els llums de les zones sense presència, no deixar el forn de la cuina encès, conduir els vehicles suaument i tenint en compte el consum d'energia, aprofitar els calors residuals en els processos industrials, utilitzar sistemes de treballar la terra més eficients des d'un punt de vista energètic, etc. són exemples d'aquest tipus de mesures.

Finalment, en tercer lloc, hi ha l'àmbit més relacionat amb les tecnologies energètiques consumidores d'energia i els materials relacionats amb l'ús de l'energia. Disposar de motors elèctrics eficients i amb variadors de velocitat, utilitzar bombes de calor per calefacció en lloc de calderes de gas, millorar els aïllaments tèrmics dels edificis i de les canalitzacions de vapor a la indústria, millorar els tancaments de les façanes dels edificis com ara finestres de PVC i vidres aïllants, utilitzar les làmpades LED més eficients, tenir els vehicles més eficients o les calderes industrials per a la generació de vapor més eficients, etc. són exemples clars d'aplicació de les tecnologies i els materials més eficients des d'un punt de vista energètic.

En aquest aspecte, l'ecodisseny i l'etiquetatge energètic de productes, més enllà de la situació actual (per exemple, incloent-hi productes com l'acer verd, l'alumini verd i el ciment verd), poden tenir-hi un paper molt important.

L'èxit en la millora de l'eficiència energètica en els tres àmbits esmentats es basa en el grau de conscienciació dels ciutadans, les empreses i les administracions per dur a terme les accions esmentades. Això és especialment important en el primer àmbit, de reducció de les necessitats d'energia, en el qual l'apoderament dels ciutadans i la voluntat de les empreses de contribuir a la necessària transformació social per encarar el repte de la neutralitat climàtica són imprescindibles.

Per tant, per aconseguir la reducció del consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic serà imprescindible millorar les tecnologies existents i desenvolupar-ne de noves en tots els àmbits del cicle energètic, però ho serà especialment en l'àmbit de la millora de l'eficiència energètica i de la definició de nous processos i de noves eines de gestió. L'aposta decidida per la recerca, el desenvolupament i la innovació serà un aspecte fonamental d'aquesta estratègia.

L'aplicació d'aquesta estratègia té un efecte molt important en l'evolució del consum d'energia i del creixement de l'economia catalana en l'horitzó de l'any 2050. Així, es preveu que el consum d'energia final es reduirà en un 30,2 % en el període 2017-2050, mentre que el valor afegit brut (VAB) augmentarà en un 63,6 %. En conseqüència, la intensitat energètica final a Catalunya (el consum d'energia final necessari per generar una unitat de VAB) es reduirà en un 57,4 % en el període 2017-2050.

4.3. Establir la fiscalitat, el finançament i altres mecanismes de mercat adequats per a la transició energètica

La transició energètica necessita fortes inversions en un ample ventall d'àmbits: generació elèctrica, emmagatzematge d'electricitat, xarxes elèctriques de transport i distribució, infraestructures per a la utilització de l'hidrogen verd, tecnologies de consum final com ara bombes de calor, calderes elèctriques, vehicles elèctrics, infraestructures viàries i ferroviàries, noves indústries orientades a l'economia circular, plantes per facilitar la reutilització i el reciclatge de subproductes i residus, etc.

Es preveu que la majoria d'aquestes inversions seran liderades i realitzades per la iniciativa privada. Per tant, és d'una importància cabdal que els promotors privats i les administracions disposin del

finançament necessari per escometre aquestes inversions, no tan sols en quantitat sinó també en la forma adequada per accedir-hi.

Les administracions públiques de Catalunya, en l'àmbit de les seves competències, desenvoluparan una fiscalitat energètica i ambiental progressiva i basada en criteris de justícia social que permeti orientar les decisions empresarials i personals d'acord amb els objectius de la transició energètica, dins del marc de la fiscalitat energètica a la Unió Europea que es definirà en la revisió de la Directiva sobre la fiscalitat de l'energia (DFE), inclosa en el paquet de mesures «Fit for 55», que pretén aconseguir una reducció del 55 % de les emissions de GEH de la Unió Europea l'any 2030 respecte de l'any 1990.

Aquesta revisió es centra en dos aspectes principals:

- Introducció d'una nova estructura de tipus impositius mínims basada en el contingut energètic i el comportament mediambiental dels combustibles i l'electricitat, i no en el volum, com passava fins ara en la majoria dels casos. El tipus impositiu mínim es basarà en el contingut energètic (€/GJ), i això farà, per exemple, que el gasoil tingui un tipus superior a la gasolina. El nou sistema garantirà que els combustibles més contaminants siguin els més gravats. Els tipus mínims s'actualitzaran anualment.
- Ampliar la base imposable, incloent-hi més productes i eliminant algunes exempcions i reduccions que existeixen actualment. Així, s'hi inclouran els processos d'obtenció de minerals el querosè d'aviació i el fueloil i el gasoil pesats utilitzats en el sector marítim deixaran d'estar totalment exempts dels impostos energètics per als viatges dins de la Unió Europea.

Aquesta fiscalitat ha de ser socialment justa i ha d'actuar fonamentalment com a incentiu perquè les empreses i els ciutadans adoptin tecnologies i hàbits sostenibles; ha d'internalitzar les externalitats, millorant els senyals de preus en gravar béns, serveis, consums o conductes no sostenibles; ha de fer efectiu el principi de «qui contamina, paga», i ha de permetre a l'Administració pública dotar-se d'un finançament addicional que es pugui destinar a finalitats vinculades a les fases inicials de la transició energètica.

Pel que fa al finançament, cal desenvolupar les solucions innovadores per mobilitzar el capital necessari a llarg termini. Les administracions han d'impulsar el desenvolupament de nous models de finançament, prioritàriament mitjançant la col·laboració publicoprivada, i afavorir el cooperativisme energètic ciutadà, fonamental per augmentar l'ús de les energies renovables i fomentar l'estalvi i l'eficiència energètica. En aquest àmbit, s'han d'impulsar nous models de finançament, com, per exemple, els mecanismes col·laboratius com el *crowdfunding* i el *crowdlending*.

La fiscalitat energètica, si ve acompanyada de la posada en marxa dels ajuts i les eines de finançament adequats, pot assegurar la participació de les llars més vulnerables en la transició energètica. Per exemple, es pot donar accés als consumidors vulnerables a un finançament específic per a l'adquisició de béns i aparells eficients i amb baixes emissions de carboni. També es podria derivar part de la recaptació d'aquests impostos a les llars més vulnerables o establir una exempció dels impostos energètics per a les llars vulnerables i en situació de pobresa energètica.

A més, la fiscalitat energètica es complementa amb el règim de comerç de drets d'emissió de la Unió Europea. Mentre que la Directiva de fiscalitat de l'energia (DFE) estableix un sistema d'imposició de la producció de combustibles / del contingut energètic que és aplicable a tots els sectors de l'economia —de la indústria al transport, passant per les economies domèstiques—,el règim de comerç de drets d'emissió RCDE limita les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en els sectors on s'aplica i fixa un preu per a aquestes emissions. Tot i que tots dos sistemes contribueixen a aconseguir els objectius mediambientals establerts, els sectors econòmics i els usos energètics que cobreixen poden estar subjectes a tots dos esquemes alhora. En la mesura que un determinat sector o ús d'energia és gravat en el marc de la DFE pel consum de combustible i està subjecte al RCDE per les emissions de CO_2, no es pot produir solapament ni doble imposició. Cal vetllar perquè això sigui així.

En aquest context, l'ampliació del comerç de drets d'emissió als sectors del transport per carretera i dels edificis complementarà la proposta de revisió de la DFE. El comerç de drets d'emissió abordarà les emissions de CO_2, mentre que la DFE garantirà que la fiscalitat dels combustibles incentivi un ús eficient de l'energia i el consum de productes energètics més sostenibles, però sense incloure-hi un component fiscal específic per al CO_2.

També tindrà un efecte important el mecanisme d'ajust en frontera per carboni, inclòs també en el paquet «Fit for 55», que té per objecte igualar el preu del carboni entre els productes de la Unió Europea i els importats, de manera que es limita la fuita de carboni i es fomenta la reducció de les emissions mundials. Del 2026 al 2035, la Comissió proposa introduir progressivament un preu a les importacions de determinats productes alhora que s'eliminen gradualment les assignacions gratuïtes de l'RCDE als productors europeus, amb la intenció de garantir la igualtat de condicions entre els productors de la Unió Europea i de tercers països.

Tenint en compte la fiscalitat energètica, el comerç de drets d'emissions i les eines de finançament, cal dissenyar i implantar un marc que garanteixi una rendibilitat econòmica raonable a les inversions necessàries per a la transició energètica i que faciliti el desenvolupament de nous actors i esquemes de funcionament, com, per exemple, les empreses de serveis energètics o els contractes bilaterals (a termini) de compra d'energia renovable, que poden tenir un paper molt important en la realització de les inversions necessàries per a la transició cap a la neutralitat climàtica.

4.4. Impulsar l'economia circular i la bioeconomia

En l'horitzó de 2050 cal fer una transició de l'economia lineal actual, que es basa en el flux lineal de materials (recurs → producte → residu) cap a l'economia circular, per tancar els fluxos de materials, fent possible que els productes puguin tornar a convertir-se novament en recursos mitjançant la implantació dels principis de reducció, reutilització i reciclatge (les anomenades *3R*) en totes les fases de producció, distribució i consum.

L'economia circular planteja tres nivells o àmbits bàsics d'acció. A escala individual, l'objectiu és reduir el consum de recursos materials i energètics (i, per tant, d'emissions contaminants i de residus), reutilitzar productes ja fets servir de manera directa

o indirecta (després de reparar-los, renovar-los o aprofitar-ne alguns components per fer altres productes) i reciclar els subproductes com a matèries primeres de manera directa o després d'un procés de generació. El disseny i la implantació de processos sostenibles representa una tasca vital en aquest primer nivell d'actuació.

En el segon nivell, a escala local, es tracta de reutilitzar i reciclar recursos dins de parcs industrials, hòldings d'empreses industrials o grups d'empreses integrants de la cadena de valor, de manera que els recursos circulin i es retroalimentin en bona part dins el sistema productiu local.

En el tercer nivell, a escala regional, l'objectiu és integrar diversos sistemes de producció i consum en l'àmbit d'una regió. D'aquesta manera, els recursos circularien entre les indústries i els sistemes urbans i agraris. Per poder treballar en aquest nivell es requereix el desenvolupament de sistemes de recollida, emmagatzematge, processament i distribució, per tipus de producte i en l'àmbit municipal i/o regional.

Es promouran els principis de l'economia circular, com ara les estratègies de simbiosi industrial material i la valorització energètica de subproductes i residus, sota la consideració de tot el cicle de vida del producte, procés o servei (per exemple, l'ecodisseny), atenent les prioritats polítiques en matèria de recursos i residus.

Igualment, es promourà la bioeconomia com un principi bàsic de la transició energètica, o sigui, el conjunt de les activitats econòmiques que obtenen productes i serveis, generant valor econòmic, utilitzant, com a elements fonamentals, els recursos d'origen biològic, de manera eficient i sostenible.

Els sectors més implicats en la bioeconomia són l'agroalimentari (agricultura, ramaderia, pesca, aqüicultura, i elaboració i comercialització d'aliments), el sector forestal i de derivats de la fusta, els sector dels bioproductes industrials (obtinguts amb o sense transformació química, bioquímica o biològica de la matèria orgànica generada per la nostra societat, i no utilitzada en el consum humà i animal) i el sector de la bioenergia obtinguda de la biomassa o el dels serveis associats als entorns rurals. Tot això, en el context d'una activitat condicionada per la limitació creixent de la disponibilitat d'aigua i la necessitat d'una gestió sostenible basada en la ciència i la tecnologia.

L'aplicació de la bioeconomia a l'àmbit energètic ha d'estar limitada a la necessitat de no alterar significativament els ecosistemes naturals i els serveis mediambientals que aquests proporcionen, i s'ha de desenvolupar d'acord amb els principis jeràrquics que estableixi la legislació en matèria de recursos i residus.

Així, en la PROENCAT 2050 s'ha tingut en compte el desenvolupament de diversos eixos i línies d'actuació en l'àmbit energètic de l'economia circular, que es mencionen a continuació:

En l'àmbit de la producció, cal promoure el disseny/redisseny de processos i productes per optimitzar l'ús de recursos naturals no renovables, fomentant la incorporació de matèries primeres secundàries i materials reciclats, i minimitzant la incorporació de substàncies nocives, de cara a obtenir productes que siguin més fàcilment reciclables i reparables, reconduint l'economia a modes més sostenibles i eficients.

Pel que fa al consum, cal reduir l'empremta ecològica mitjançant la modificació

dels hàbits per assolir un consum més responsable, que eviti el malbaratament i les matèries primeres no renovables.

Cal aplicar de manera efectiva el principi de jerarquia en la gestió dels residus, afavorint de manera substancial la prevenció (reducció), la preparació per a la reutilització i el reciclatge dels residus. Al mateix temps, s'ha de reduir l'ús de recursos naturals no renovables, reincorporant al cicle de producció els materials continguts als residus com a matèries primeres secundàries.

També s'ha de promoure un ús eficient de l'aigua, que permeti conciliar la protecció de la qualitat i quantitat de les masses aquàtiques amb un aprofitament sostenible i innovador d'aquest recurs.

Serà fonamental impulsar el desenvolupament i l'aplicació de nous coneixements i tecnologies per promoure la innovació en processos, productes, serveis i models de negoci, fomentar la implicació dels agents econòmics i socials en general, i de la ciutadania en particular, i promoure la creació de nous llocs de treball i la millora dels ja existents, en el marc que ofereix l'economia circular.

Les línies de treball que s'han tingut en compte en l'àmbit de la bioeconomia més relacionades amb el cicle energètic són:

- En l'àmbit forestal s'incorporarà la sostenibilitat en els sistemes de gestió dels recursos, mitjançant el desenvolupament de models que combinin la seva capacitat de segrest de carboni amb l'ús actual i el de generacions futures, des d'un enfocament integrador per preservar la biodiversitat i contribuir al manteniment del seu equilibri. A més d'avançar en la productivitat o d'usar material vegetal en biofactories, es millorarà la durada dels productes de fusta en els seus usos tradicionals (construcció, envasos, moble, etc.), així com la combinació de fusta amb un altre tipus de compostos. La contribució d'aquest sector a la producció de biomassa com a primera matèria per a la indústria bioquímica i bioenergètica serà essencial.
- En l'àmbit de la indústria química hi haurà un augment de l'ús de recursos renovables, no competitius amb l'alimentació humana, tenint també en compte els residus o subproductes o la biomassa, com a matèria primera d'aquesta activitat. Els processos de fermentació, així com els processos basats en l'ús de biocatalitzadors, permetran obtenir nombrosos bioderivats, com ara plàstics, fibres, detergents, pintures, cosmètics, olis, lubricants o materials de construcció, així com productes químics bàsics que puguin ser ingredients o compostos actius, com ara enzims o microorganismes, per a la indústria farmacèutica, la indústria alimentària o l'alimentació animal.
- En l'àmbit de la bioenergia es preveu un avenç en el coneixement i la comercialització de noves rutes de síntesi de biocombustibles amb tecnologies termoquímiques o bioquímiques, i utilitzant com a matèria primera els residus o subproductes o la biomassa. Aquestes tecnologies, juntament amb la millora de tècniques de gasificació o piròlisi, permetran millorar l'eficiència en l'obtenció de combustibles per al transport o de calor. La utilització eficient i sostenible de la biomassa de diversos orígens, tant del sector agroalimentari i forestal com de l'àmbit dels residus urbans, per obtenir un ampli ventall de bioproductes, permetrà el

desenvolupament de biorefineries, que valoritzaran les diferents fraccions de la matèria orgànica per obtenir diversos biocombustible avançats per a sectors de difícil electrificació (biogasoil marítim, bioquerosè d'aviació, etc.) i com a matèries primeres de plantes d'olefines i altres indústries químiques (bionaftes, biopropà, biometanol, etc.).

4.5. Descarbonitzar el sector primari

S'elaborarà una estratègia de descarbonització del sector primari a llarg termini (any 2050) que abasti els diversos subsectors d'aquest sector (agricultura, ramaderia, pesca i silvicultura) atenent cada problemàtica tècnica, econòmica i mediambiental en relació amb la reducció de gasos amb efecte d'hivernacle, tant d'origen energètic com no energètic, prestant especial atenció a la problemàtica dels embornals naturals de carboni.

Caldrà tenir en compte altres estratègies, com ara l'impuls a la bioeconomia i a l'economia circular, que poden influir molt en el sector primari.

En el cas del sector primari, es plantegen incerteses tècniques i econòmiques en la descarbonització dels consums energètics de la maquinària agrícola i del sector pesquer. El tema clau són les vies de reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle diferents del CO_2 i no energètiques dels sectors agrícola i ramader (emissions de CH_4 i N_2O), que són molt difícils d'abatre (per exemple, la fertilització de sòls i la fermentació entèrica al sector boví).

També és important el paper que poden tenir els sòls agrícoles i els boscos com a embornals naturals de CO_2 (ús de la terra, canvi d'ús de la terra i silvicultura del sector UTCUTS o LULUCF, per les sigles en anglès). S'ha de potenciar la capacitat d'absorció de CO_2 mitjançant bones tècniques agrícoles i l'explotació sostenible dels boscos.

La producció primària ha de mantenir-se sostenible econòmicament, socialment i ambientalment. Per això, el ràpid desenvolupament de noves varietats que avui és habitual en horticultura, fructicultura o en cultius extensius de regadiu s'ha d'estendre a la resta dels cultius mediterranis. Diverses tecnologies i eines, incloent-hi les òmiques, permetran adaptar-se a les noves condicions agroecològiques, resistir a estressos biòtics i abiòtics, o incorporar noves funcionalitats. Aquesta via, juntament amb l'eficiència en l'ús de fertilitzants, de l'aigua i dels sistemes integrats de control de plagues, malalties i males herbes, així com l'agricultura de precisió, serà imprescindible. A la ramaderia, incloent-hi l'aqüicultura, el maneig integral de les produccions abordant conjuntament eficiència reproductiva i alimentària, i el maneig i la reducció de pèrdues associades a organismes patògens necessitaran aquestes mateixes tecnologies, on la genètica i l'epigenètica tindran un paper essencial. La utilització de varietats i races autòctones pot assumir un paper important al nou context.

La transformació d'aquesta producció primària es desenvoluparà cada cop més en incorporar noves tecnologies de processament, envasament, embalatge, conservació i cadena de fred que preservin, durant més temps, totes les qualitats organolèptiques i nutricionals dels productes tradicionals i d'altres de nous, que incorporaran conveniència i funcionalitat, promovent la salut del consumidor i garantint sempre la seguretat dels aliments. La col·laboració integral a tota la cadena de subministrament s'intensificarà per adaptar-se

als diversos nínxols del mercat mitjançant tecnologies específiques, a més de les relacionades amb la informació.

El conjunt del sistema millorarà l'eficiència en l'ús de tota mena de recursos (sòl, aigua, emissions, etc.), amb un avenç i una adaptació dels sistemes de cultiu per reduir externalitats negatives (erosió accelerada, contaminació difusa, reducció de la biodiversitat, etc.). I ho farà, per igual, sigui quina sigui la via utilitzada per abordar la intensificació sostenible: ecològica, agroecològica o convencional. En aquest procés es continuarà avançant en els indicadors de sostenibilitat ambiental (ús dels recursos, biodiversitat, etc.) i social (acceptació de sistemes i tecnologies, etc.). Sens dubte, la reducció del malbaratament i la recuperació de tots els residus i subproductes, com a matèria primera d'altres processos productius, millorarà l'eficiència. Igualment tindran una consideració especial les tecnologies que facilitin el reciclatge i la recuperació de matèries primeres.

En l'àmbit de la pesca, l'aqüicultura i l'explotació de recursos marins, l'activitat pesquera també estarà condicionada per un millor coneixement de la biologia i dels ecosistemes marins, i establirà estratègies de gestió sostenible adaptades a l'evolució dels coneixements científics i a la utilització integral dels recursos marins per obtenir bioproductes i algues, en línia amb el *blue growth* proposat per la Comissió Europea.

4.6. Apoderar els ciutadans i les empreses com a protagonistes del sistema energètic

Cal situar els ciutadans i les empreses en el centre del model energètic, amb igualtat de tracte i no discriminació, i garantir que puguin desenvolupar-se com a consumidors actius d'energia, ja que poden:

- Estimular l'adopció de polítiques i potenciar una responsabilitat social i ambiental més gran de les empreses.
- Participar de l'ocupació generada.
- Consumir, gestionar la seva demanda, finançar, invertir, vendre, intercanviar, emmagatzemar, gestionar i produir energia renovable, ja sigui motu proprio o mitjançant un tercer (agregador o agregador independent).

La transició cap a un sistema energètic descarbonitzat és un desafiament tecnològic i social de primera magnitud, però també una oportunitat per donar un paper central a la ciutadania i a les empreses en el sector energètic

Molts consumidors voldrien exercir el seu poder de compra i escollir un nou proveïdor d'electricitat que garanteixi que produeix i ven electricitat 100 % renovable, ja sigui amb la propietat dels sistemes de generació d'energies renovables distribuïda en mans dels ciutadans o bé mitjançant una participació financera. Aquesta implicació dels ciutadans ajuda a dirigir els estalvis de les llars cap al finançament de la transició energètica. Molts ciutadans i empreses estan interessats a invertir en plantes de generació d'energia renovable, ja sigui finançant-la o participant en el capital.

Aquestes actituds contribueixen a un millor ancoratge socioeconòmic de les energies renovables als territoris i participen en el desenvolupament local, sensibilitzant o fins i tot mobilitzant la ciutadania en els aspectes energètics. El repte és promoure el rol proactiu de la ciutadania i de les empreses en la transició energètica i, més

concretament, en el desplegament de les energies renovables.

Per això s'ha de garantir que la ciutadania i les empreses puguin exercir els seus drets d'apoderament en l'àmbit energètic, desenvolupant un marc regulatori adient, duent a terme actuacions d'informació, formació, participació i assessorament en relació amb aquest marc regulatori i actuant en defensa dels drets dels ciutadans i les empreses en aquest àmbit.

En aquest sentit, la Directiva (UE) 2019/944 sobre el mercat interior de l'electricitat estableix que els consumidors tinguin dret a actuar com a clients actius sense estar subjectes a requisits tècnics o administratius, procediments o despeses, desproporcionats o discriminatoris, ni a tarifes d'accés a la xarxa que no reflecteixin els costos. Amb la proposta de Directiva relativa a les normes comunes per als mercats interiors del gas natural i els gasos renovables i de l'hidrogen, inclosa en el paquet «Fit for 55» i que està en tramitació, aquest concepte s'estendrà a l'àmbit dels gasos, i apareixeran les comunitats ciutadanes de gasos renovables com una possibilitat més, per als consumidors, per exercir aquest protagonisme en el sistema energètic.

Els consumidors han de poder operar, directament o mitjançant agregació; vendre electricitat autogenerada, en particular, mitjançant acords de compravenda d'energia; participar en programes de flexibilitat i eficiència energètica, i delegar en un tercer la gestió de les instal·lacions requerides per a les seves activitats.

No obstant, no n'hi ha prou amb què el marc legal afavoreixi l'actuació dels consumidors actius per aconseguir la neutralitat climàtica, cal que els consumidors s'apoderin i exerceixin aquests drets. És imprescindible que la ciutadania i les empreses disposin de tota la informació necessària per prendre les decisions amb coneixement i que es duguin a terme les accions de difusió i conscienciació necessàries perquè el nombre de consumidors actius sigui el més alt possible. Per tant, les accions de difusió i informació tindran un paper molt rellevant.

En conseqüència, s'ha previst una penetració molt elevada de les instal·lacions fotovoltaiques en les teulades orientades a l'autoconsum, però també un fort desenvolupament de plantes fotovoltaiques a terra, de dimensions mitjanes, situades a prop de municipis o petits polígons industrials que es gestionin de manera comunitària. També s'ha previst una elevada penetració de les bateries «darrere el comptador», com a element necessari per optimitzar la gestió de la producció i de la demanda d'una manera distribuïda i de proximitat.

Malgrat que aquest apoderament es pot produir i posar en pràctica de manera individual o compartida amb grups petits, les comunitats d'energies renovables, les comunitats ciutadanes d'energia i les comunitats ciutadanes de gasos renovables tindran un paper clau en la generalització del paper dels consumidors en el funcionament dels sistemes energètics en l'horitzó de 2050.

4.7. Orientar l'R+D+i i la formació dels professionals de l'àmbit energètic cap a la transició energètica

En les projeccions energètiques a l'horitzó 2050 que s'han dut a terme, s'ha previst l'entrada en fase comercial d'algunes

tecnologies que actualment encara estan en desenvolupament, com ara les bombes de calor de mitjana temperatura, la utilització de calderes elèctriques en el sector industrial i en altres sectors consumidors, o el camions elèctrics i d'algunes tecnologies que encara tenen una incertesa molt elevada, com, per exemple, forns específics d'alguns sectors industrials.

Per tant, en el marc de la transició energètica cap a la neutralitat climàtica, es de gran importància fomentar les activitats d'investigació científica, la innovació i el desenvolupament de millores tecnològiques, i la cerca de solucions més eficients. Cal concentrar-se en les línies que poden contribuir a l'assoliment dels objectius de la transició energètica, fonamentalment, en el camp de les energies renovables en generació d'energia elèctrica, les energies renovables tèrmiques (gasos renovables, hidrogen verd, biocarburants de segona generació, etc.), l'estalvi i l'eficiència energètica, la gestió de la demanda energètica, les xarxes elèctriques intel·ligents, l'emmagatzematge d'energia i l'electrificació de la demanda tèrmica, potenciant el desenvolupament de les tecnologies i solucions més eficients, i les tecnologies que utilitzin fonts d'energia renovable, així com en altres camps que també contribueixin en la lluita contra el canvi climàtic.

Pel que fa referència a l'energia, els àmbits de recerca amb una major incidència són els relacionats amb els nous materials i les noves tècniques de fabricació, el canvi climàtic i la descarbonització, la mobilitat sostenible i les ciutats i els ecosistemes sostenibles, la bioeconomia i l'agricultura intel·ligent.

Per treballar amb èxit en aquests àmbits de l'R+D+i, i amb el ritme que requereixen els objectius de descarbonització, que cada vegada tenen terminis més curts, caldrà augmentar els recursos disponibles, reforçar les infraestructures necessàries, i preservar i augmentar el talent dels investigadors dels centres d'R+D+i de Catalunya que treballin en l'àmbit energètic.

Cal impulsar l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), un dels centres tecnològics i de recerca de referència per al desenvolupament de la transició energètica a Catalunya, així com els altres centres de recerca catalans relacionats amb l'energia, amb l'objectiu principal de promoure la seva participació en les línies d'investigació definides a escala de la Unió Europea, de l'Estat espanyol i de Catalunya en l'àmbit de la transició energètica, i canalitzar els resultats obtinguts a les empreses.

Atès el procés d'electrificació de l'economia que es produirà en l'horitzó de l'any 2050, cal que l'IREC es doti d'una plataforma d'integració de tecnologies innovadores de generació renovable i d'emmagatzematge d'energia que pugui contribuir a desenvolupar aquesta transició energètica.

Per aconseguir una major eficiència en l'R+D+i, s'intensificarà la recerca simbiòtica i/o complementària amb els centres de recerca europeus en l'àmbit energètic i la col·laboració publicoprivada en l'àmbit de la recerca, el desenvolupament i la innovació tecnològica energètica.

També cal tenir en compte que la consecució dels compromisos en matèria d'energies renovables i d'eficiència energètica demanarà professionals qualificats a tota la cadena de valor. És necessari incrementar i millorar la formació de professionals en els àmbits relacionats amb la descarbonització com un dels principals reptes del sector.

Els efectes de l'escassetat i la deficient formació dels professionals es tradueixen

en un alentiment del desenvolupament dels sectors involucrats (energies renovables, eficiència energètica, xarxes intel·ligents, tecnologies de procés, etc.), pèrdues econòmiques en els projectes i empitjorament de la reputació de les tecnologies afectades. Tant els nous professionals del sector com els professionals existents, juntament amb professionals d'altres sectors afectats per la transició justa, necessiten formació contínua de qualitat que els permeti fer front als nous reptes dels futurs mercats laborals.

En previsió de la implantació de noves tecnologies de descarbonització, cal anticipar-se a les demandes del mercat i promoure una formació contínua als cinc nivells de qualificació professional homologada, tenint en compte que el mercat únic europeu demanda la formació en habilitats professionals que facilitin la mobilitat dels treballadors a la UE.

Per tant, caldrà millorar la formació, perquè la tecnologia avança ràpidament i cal un procés d'adaptació i millora contínua de les habilitats professionals per mantenir la competitivitat. També caldrà incrementar l'oferta en formació amb nous perfils professionals relacionats amb tecnologies que es preveu que tindran un gran creixement en el futur, però que gairebé no tenen mercat avui dia, com ara els nous sistemes d'emmagatzematge energètic. Finalment, cal atraure nou talent i facilitar l'accés a les noves oportunitats de formació difonent les oportunitats del mercat laboral tot assegurant l'accés a la formació en igualtat de condicions.

Es prioritzarà l'R+D+i i la formació en els següents àmbits:

- Tecnologies de descarbonització a llarg termini dels diversos sectors industrials.
- Electrificació del transport terrestre, incloent-hi les bateries d'alta eficiència i les tecnologies de recàrrega per a aquests vehicles, les piles de combustible amb hidrogen verd i tecnologies de gestió de la demanda en aquest sector (càrrega intel·ligent, V2G…).
- Tecnologies de descarbonització associades als gasos renovables, incloent-hi l'hidrogen d'origen renovable (electrolitzadors, per exemple), el PowerToGas, la producció de biocombustibles sintètics (e-fuels), etc.
- Edificis de baix consum energètic, edificis de consum d'energia quasi nul i/o generadors nets d'energia, i interacció dels edificis amb les xarxes energètiques, així com en sistemes d'emmagatzematge d'energia en edificis, barris i ciutats.
- Xarxes elèctriques intel·ligents.
- Millora dels sistemes intel·ligents de control de processos per minimitzar els consums energètics.
- Sistemes d'emmagatzematge d'energia, amb especial èmfasi en les noves tecnologies d'emmagatzematge energètic, com ara les bateries elèctriques, l'hidrogen, les sals foses, etc.
- Integració, interacció i gestió de sistemes de generació i de consum d'energia, i optimització d'aquesta interrelació.
- Tecnologies de generació elèctrica mitjançant energies renovables en fase de recerca, desenvolupament o ja madures, amb especial èmfasi en les que poden tenir un paper rellevant a Catalunya, com ara l'energia eòlica marina flotant.
- Sistemes d'energies renovables tèrmiques (solar tèrmica, geotèrmica, biomassa, biocombustibles de segona generació, etc.).

- Tecnologies d'electrificació de la demanda energètica, com, per exemple, les bombes de calor, els e-boilers, els nous forns elèctrics d'alta temperatura i els forns d'hidrogen verd d'alta temperatura.
- Tecnologies emergents en l'àmbit de l'economia circular i la bioeconomia.
- Adequar els plans d'estudis en els diferents nivells a les necessitats de la transició energètica.
- Conscienciació de la difusió als futurs professionals sobre les oportunitats laborals que ofereix la transició energètica.

4.8. Implantar una mobilitat neta, segura i connectada

En primer lloc, cal incidir en la reducció de la demanda de mobilitat de persones i mercaderies (reduir la mobilitat no necessària mitjançant accions de conscienciació o l'aplicació de normativa i fiscalitat desincentivadora, disminuir la demanda captiva de transport, induint canvis progressius en el model territorial i urbanístic, etc.). S'ha d'impulsar el desenvolupament de polítiques d'ordenació del territori i d'urbanisme, tenint en compte l'asimetria del territori, que permeti minimitzar la distància dels desplaçaments mitjançant un model territorial més compacte i complex coordinant, alhora, urbanisme i mobilitat.

En aquest sentit, la promoció de sistemes que permetin reduir les necessitats de transport, com, per exemple, el teletreball o la teleassistència social, que, mitjançant el desenvolupament i l'aplicació de les TIC, permeten reduir els desplaçaments de persones, contribuirà de manera significativa a la reducció de la demanda de mobilitat. En les projeccions realitzades s'ha assumit una reducció de la mobilitat obligada del 18 % deguda al teletreball.

Malgrat això, es preveu que la demanda de mobilitat de persones augmentarà un 39 % en el període 2017-2050, a un ritme mitjà de l'1 % anual degut, fonamentalment, a l'increment de la població i al creixement econòmic previst. Pel que fa a la mobilitat de les mercaderies, en el període 2017-2050 es preveu un comportament similar al període 2006-2017, amb un creixement acumulat del 10 % i un creixement anual mitjà del 0,3 %.

En segon lloc, cal implantar un model de mobilitat de persones que afavoreixi la mobilitat no motoritzada i el transport públic col·lectiu, i prioritzi el transvasament modal cap a modes més sostenibles, com, per exemple, del transport aeri al transport ferroviari, especialment en els desplaçaments de mitjana distància. En les projeccions realitzades, es preveu que la mobilitat de persones amb cotxes creixerà molt poc en el període 2017-2050 (un 2,4 % acumulat), mentre que el transport públic absorbeix tot el creixement, especialment l'autobús, que creix un 174 % en aquest període, i el tren i el metro, que creixen un 115 % i un 93 %, respectivament.

També, per impulsar un ús més racional del vehicle privat i un nou model de mobilitat, cal incentivar els sistemes per compartir vehicles (*carsharing i carpooling*). L'aplicació del règim de comerç d'emissions en el sector dels transports pot afavorir la implantació d'aquests nous esquemes.

En el cas específic del transport de mercaderies, s'ha de donar prioritat al sector ferroviari com a alternativa competitiva i eficaç al transport per carretera, tant de

persones com de mercaderies. En les projeccions realitzades, s'ha previst que el percentatge de tn*km de mercaderies transportades en tren pujarà de menys del 2 % de l'any 2017 al 35 % l'any 2050. En canvi, es preveu que la participació del camió baixarà del 84 % al 55 %.

Per afavorir els canvis en la demanda de transport cal aprofitar al màxim les oportunitats que ofereix la digitalització mitjançant les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), aplicades a la gestió de la mobilitat (facilitar la intermodalitat, gestió de flotes, aparcaments, restriccions al trànsit, vehicles autònoms, etc.), així com al concepte de mobilitat com a servei (Mobility as a Service, MaaS), davant del pagament per propietat. Les noves generacions, els usuaris i les empreses del futur estan creixent en aquest entorn.

Malgrat que el comerç electrònic (e-commerce) es preveu que redueixi la mobilitat de les persones per motius comercials, generarà noves activitats logístiques associades a aquest nou concepte de negocis, i de compravenda de productes, que comportarà un increment en la demanda de transport de mercaderies. Així, en el context de transició energètica del sector del transport, caldrà incentivar que aquesta nova mobilitat, d'elevada intensitat, es dugui a terme amb tecnologies eficients i lliures d'emissions contaminants, prioritàriament amb vehicles elèctrics, especialment en els entorns urbans, posant especial èmfasi en la sostenibilitat del transport de mercaderies de proximitat i promovent els punts de recollida i compactació de paqueteria.

En tercer lloc, cal que els vehicles que s'utilitzin siguin el més eficients possible. Per tant, s'ha d'accelerar la implantació del vehicle terrestre de zero emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya, fonamentalment el vehicle elèctric, adaptat a la realitat de cada territori. El procés serà llarg, perquè el parc de vehicles és molt gran i el canvi d'un vehicle, ja sigui un cotxe d'utilització privada, d'un camió o d'un autobús, és una inversió important. Caldrà ajustar els ajuts públics al ritme necessari per a la transició energètica.

Però, per aconseguir la renovació del parc de vehicles, cal el desenvolupament d'una infraestructura adequada de recàrrega de vehicles elèctrics que permeti que els vehicles elèctrics facin un ús de la xarxa viària en les mateixes condicions que els vehicles amb motors tèrmics, i que garanteixi la recàrrega també en les infraestructures de canvi modal de vehicle individual a col·lectiu.

També cal tenir en compte que els combustibles d'origen renovable (com ara l'hidrogen verd o els biocarburants) poden tenir un paper rellevant en la descarbonització dels transports terrestres, si més no, durant la transició. En les projeccions realitzades en la PROENCAT 2050, s'ha suposat que el parc de vehicles terrestres s'electrificarà totalment, llevat d'una petita participació de camions de gran tonatge que utilitzaran hidrogen verd en el transport de pas per Catalunya.

Però, en el transport marítim i en l'aviació, aquests combustibles tindran un paper important en l'horitzó del 2050, segons les estratègies específiques, FuelEU (transport marítim) i ReFuelEU (transport aeri), que ha establert la Unió Europea.

Per tant, caldrà promoure una xarxa de subministrament de combustibles d'origen renovable destinada al subministrament de vehicles terrestres pesants de transport de mercaderies, al transport aeri i al transport

marítim, d'acord amb les necessitats i els objectius que aquestes formes d'energia han de desenvolupar en el futur.

4.9. Impulsar i descarbonitzar el sector industrial

Catalunya és una de les principals regions industrials d'Europa i vol seguir sent-ho. Per aconseguir-ho, ha d'apostar per l'estalvi i l'eficiència energètica com a elements de millora de la competitivitat industrial i eixos vertebradors de la seva reindustrialització. També ha d'abordar els grans reptes tecnològics que comporta la descarbonització energètica i dels processos del sector industrial que impliquen necessitats urgents de recerca i desenvolupament, implantació de plantes pilot, finançament d'inversions, formació de tècnics i treballadors, etc.

Cal introduir les tecnologies energètiques més eficients i les energies renovables en tots els subsectors industrials des de la perspectiva de la doble transició, ecològica i digital, que afectarà tots els aspectes de l'economia, la societat i la indústria de Catalunya. En aquest sentit, cal potenciar l'aprofitament de les possibilitats que presenta la indústria 4.0 i fomentar l'ús de les tecnologies de digitalització de la indústria, que, en alguns casos, coincideixen amb les de la digitalització de l'energia, com són el *big data*, la robòtica, la simulació, la integració horitzontal i vertical de sistemes, la internet de les coses, la ciberseguretat, el núvol, la impressió 3D, la realitat augmentada o el blockchain.

En la línia del Pacte Nacional per a la Indústria, en la PROENCAT 2050 s'ha tingut en compte un rellançament de l'economia productiva a Catalunya, mitjançant un procés de reindustrialització. Així, s'ha previst que en el període 2017-2050, el VAB industrial a Catalunya augmenti en un 92 %, passant dels 35.700 M€ als 68.500 M€ (en euros corrents). Amb aquest creixement, la indústria passarà de representar el 17 % al 20 % del VAB de l'economia catalana.

Un aspecte clau de la transició energètica en el sector industrial és l'impuls a l'economia circular, basada en els principis de reducció, reutilització i reciclatge aplicats a l'àmbit industrial, tant quant als parcs i polígons industrials com els establiments industrials individuals, amb l'objectiu de disminuir els nivells de consum de matèries primeres i energia, i els nivells de generació de residus i d'emissions contaminants.

Així, s'impulsarà l'economia circular en els processos productius per tal d'assolir una forta eficiència de l'ús dels recursos materials i energètics, potenciant i implicant el sector industrial, i posant especial èmfasi en la gran capacitat de recuperació material en l'ús de determinats subproductes i residus industrials com a primera matèria i, en darrer terme, en la recuperació energètica. El reciclatge dels diversos tipus de productes comporta una reducció en la fabricació primària d'aquests, a partir de les matèries primeres i un augment de la fabricació secundària a partir de materials reciclats. Aquest fet comporta estalvis significatius en els consums de matèries primeres i en els consums energètics.

A partir dels principis anteriors, es desenvoluparan mesures per impulsar la utilització de tecnologies energèticament eficients i netes en la indústria i fomentar, entre altres aspectes, l'electrificació amb energia elèctrica renovable, els canvis tecnològics en els processos industrials, la renovació de les tecnologies energètiques horitzontals (introducció de la bomba de calor a mitjana i baixa temperatura, per

exemple), la implantació de l'autoconsum elèctric i la utilització d'energies renovables tèrmiques en els processos tèrmics, on destaca la importància de l'ús de la biomassa i d'altres combustibles renovables (gasos renovables, incloent-hi l'hidrogen d'origen renovable; biocombustibles avançats d'origen renovable, etc.).

En la PROENCAT 2050 s'han tingut en compte aquestes mesures i es preveu que la intensitat energètica industrial millori de manera substancial. També s'ha tingut en compte un efecte estructural en la reducció de la intensitat energètica, en tenir lloc un canvi en els diversos sectors industrials cap a unes produccions menys intensives en consum d'energia. Per tant, es preveu que la intensitat energètica del sector industrial es redueixi en un 48 % en el període 2017-2050, i passi dels 104,8 tep/M€ als 54,5 tep/M€.

Caldrà parar una especial atenció a les pimes, fonamentals per a la doble transició cap a una economia sostenible i digital. Les pimes aporten competitivitat i la prosperitat, sobirania econòmica i tecnològica, i resiliència davant de les pertorbacions externes. Per tant, caldrà millorar-ne les capacitats i donar suport a la transició cap a la sostenibilitat i la digitalització, reduir la càrrega normativa i facilitar l'accés al mercat, i millorar l'accés al finançament.

També cal parar atenció al complex petroquímic de Tarragona, un dels pols industrials més importants de Catalunya. A partir dels principis vertebradors 3.1, 3.2, 3.2 i 3.6, que impliquen la voluntat d'assolir la neutralitat climàtica l'any 2050, abandonant el model fòssil-nuclear, aconseguint la sobirania energètica amb la utilització d'energies renovables i desenvolupant una economia circular, cal plantejar la reconversió de l'actual complex petroquímic de Tarragona per una alternativa que contribueixi a l'assoliment de la neutralitat climàtica de Catalunya, mantenint una activitat industrial tan important en el camp de Tarragona.

L'alternativa que proposa la PROENCAT 2050 és construir una biorefineria, que produeixi biocombustibles avançats per a sectors de difícil electrificació (biogasoil per al transport marítim i bioquerosè per al transport aeri) i matèries primeres per a plantes d'olefines i altres empreses del sector químic (bionaftes, biopropà, biometanol, etc.), a partir de materials d'origen renovable i de residus. Les dimensions d'aquest nou complex químic s'hauran d'adaptar a la disponibilitat d'aquestes matèries primeres i a la nova demanda de bioproductes, especialment els biocarburants per als sectors del transport marítim i aeri.

4.10. Apostar per l'autoconsum elèctric i la generació d'electricitat de proximitat

L'autoconsum és una de les principals palanques per poder assolir la transició energètica, basada en una forta electrificació i en les energies renovables autòctones. La producció d'energia elèctrica a Catalunya s'ha de desenvolupar de forma sinèrgica, flexible, equilibrada i harmònica a tres nivells d'escala segons la seva potència: petita escala (ciutadans i petites empreses amb autoproducció individual o col·lectiva), escala mitjana (comunitats ciutadanes d'energies renovables en municipis i polígons industrials o de serveis) i gran escala (grans instal·lacions de generació d'energia elèctrica amb energies renovables).

La PROENCAT 2050 fa una aposta decidida pel desenvolupament de les instal·lacions de

generació d'electricitat en els edificis mitjançant la tecnologia solar fotovoltaica. Així, es preveu que el 18 % de la potència elèctrica instal·lada a Catalunya l'any 2050 correspongui a instal·lacions en teulades (11,1 GW) i el 4,2 % (2,6 GW), a instal·lacions en ubicacions que no augmenten la utilització de territori (infraestructures viàries, embassaments, pèrgoles urbanes, etc.). Si es té en compte que una part dels 19,4 GW d'instal·lacions fotovoltaiques que es col·locaran a terra estarà associada a nuclis de població o petits polígons industrials, es pot afirmar que les instal·lacions d'autoconsum i de generació de proximitat podrien representar al voltant d'un 25 % de la potència instal·lada a Catalunya l'any 2050.

La implantació de l'autoconsum aconsegueix una millor integració i acceptació de les infraestructures energètiques al territori, es redueixen les pèrdues per transport i distribució, s'aprofita espai urbà inutilitzat, s'enforteix i es desenvolupa la cadena de valor associada a l'autoconsum, i la societat té una major consciència de les problemàtiques energètica i climàtica.

A més, l'autoconsum permet dotar tots els sectors de l'economia d'un sistema d'estalvi energètic i, per tant, econòmic, i s'aconsegueix, així, una independència més gran respecte a les fluctuacions del mercat energètic, que millora la competitivitat de les empreses.

Per aconseguir que el desenvolupament de l'autoconsum es produeixi el més aviat possible i a la velocitat necessària, cal disposar d'uns ajuts a la inversió suficients en aquesta primera fase, assegurar la coordinació de les administracions responsables de dibuixar un marc regulatori adequat, i fer la difusió i conscienciació necessàries als ciutadans i les empreses. Encara es manté la idea que les energies renovables són cares (quan, avui, són la forma més barata de generar electricitat, especialment, la solar fotovoltaica) o de manca de fiabilitat i seguretat de subministrament. Cal contrarestar aquestes idees amb informació, dades i casos reals que exemplifiquin el bon funcionament d'aquestes tecnologies, que ja és habitual.

A través de l'autoconsum, el ciutadà canvia de rol, i d'una manera flexible i dinàmica intervé en la generació d'energia que, a més, gestiona de manera coordinada amb el consum *motu proprio* i gràcies a figures com l'agregador o agregador independent, les comunitats ciutadanes d'energia o les comunitats d'energies renovables.

Fer instal·lacions d'autoconsum col·lectiu, de manera que una mateixa instal·lació de generació pugui ser compartida per diversos autoconsumidors, generant importants oportunitats quant a economies d'escala i reducció de barreres per a l'accés a l'autoconsum, ja és possible, però encara té importants reptes que van del desconeixement dels usuaris de l'existència d'aquesta opció a la baixa predisposició, tant per part d'usuaris residencials com empresarials, a realitzar gestions conjuntes amb altres usuaris per compartir instal·lacions d'autoconsum.

A més, en el cas de comunitats de propietaris, cal que aquestes instal·lacions siguin aprovades a la junta de propietaris, la qual cosa presenta una complexitat pròpia, a la qual s'afegeix la casuística d'habitatges de lloguer, en què hi pot haver desavinences entre els interessos de propietaris i llogaters.

Per tant, caldrà treballar per millorar el mar regulatori de l'autoconsum col·lectiu flexibilitzant-ne el funcionament, permetent l'autoconsum compartit entre consumidors

que estiguin a una distància inferior a uns valors màxims que haurien de variar en funció de les densitats de població i de consum d'electricitat (amb menors densitats, les distàncies màximes haurien de ser superiors) i implantant algun tipus de repartiment dinàmic de la producció entre els consumidors que participin en un autoconsum compartit.

Un desplegament adequat i sostenible de l'autoconsum requereix que les instal·lacions es duguin a terme amb un elevat grau de qualitat, que en garanteixi la fiabilitat i maximitzi el potencial exemplificador de cara a altres consumidors que estiguin valorant optar per l'autoconsum. Per això és imprescindible desenvolupar mesures que reforcin la formació i capacitació de professionals. En el curt termini i atès el ràpid creixement en el desplegament de l'autoconsum, cal abordar mesures específiques de qualificació en aquest àmbit, tant de cara a l'actualització de coneixements de professionals com de cara a una millora contínua de la professionalització i especialització que garanteixi l'excel·lència en el desplegament de les instal·lacions.

La «cursa tecnològica» al voltant de les energies netes i les crisis recents com la COVID-19 i la guerra a Ucraïna fan evident que és convenient que Catalunya tingui la màxima autonomia estratègica en l'àmbit de l'energia per poder combatre els elevadíssims preus actuals de l'energia elèctrica de la xarxa. A Catalunya hi ha empreses líders en els seus sectors en l'àmbit fotovoltaic que poden autoabastir algunes parts de la cadena de valor de l'autoconsum (inversors, estructures, cablejat, etc.). Cal consolidar aquests fabricants d'equips i estar atents a noves oportunitats per desenvolupar aquells àmbits de la cadena de valor absents o amb presència escassa al nostre país.

A més de l'autoconsum individual i col·lectiu, que pot utilitzar només connexions a la xarxa interior dels consumidors o a través de la xarxa de distribució, també cal tenir en compte el que s'anomena generació elèctrica de proximitat, que sempre utilitza la xarxa de distribució. La generació elèctrica de proximitat consisteix en sistemes de generació de potència petita o mitjana situada a prop de centres de consum també mitjans o petits, tot i que aquestes distàncies, potències o volum de la demanda no s'han definit amb precisió.

A diferència de la generació elèctrica convencional, que no té perquè estar lligada a la demanda (tot i que és preferible), la generació de proximitat ha d'estar associada a un cert volum de demanda, és una ampliació del concepte d'autoconsum col·lectiu. Per a la gestió de la generació de proximitat, és clau el paper que hi poden tenir les comunitats energètiques, especialment les comunitats ciutadanes d'energia elèctrica, que poden exercir el paper de distribuïdor d'energia elèctrica.

Les companyies distribuïdores d'electricitat s'han d'adaptar per donar resposta a les demandes que aquests nous autoconsumidors plantegen, oferint canals de relació més ràpids, accessibles i senzills, de manera que l'alta, la modificació o la baixa d'una instal·lació d'autoconsum es puguin fer de manera immediata i telemàtica. Ja s'han eliminat molts tràmits per a la posada en marxa, però és necessari el canvi d'operativa de les companyies distribuïdores, que han d'assumir el nou rol que adquireixen en aquestes instal·lacions.

En el cas de les comercialitzadores, igualment han d'adaptar la manera com es relacionen amb els autoconsumidors, oferint productes i serveis més adequats a un perfil de consumidor actiu que

no només adquireix energia, sinó que necessita solucions de gestió d'excedents, tramitació i fins i tot finançament per a les instal·lacions d'autoconsum. Cal que els autoconsumidors, mitjançant les comercialitzadores, participin en els serveis d'ajust del sistema elèctric.

4.11. Redissenyar el sistema elèctric. Protagonisme de la xarxa de distribució. Suport mutu amb els sistemes veïns

L'energia és un factor rellevant de localització de l'activitat econòmica i les infraestructures elèctriques, com les xarxes de transport i distribució, els nous sistemes de generació i emmagatzematge d'electricitat, i han de donar una resposta adequada a les necessitats de nova demanda i contribuir, així, a la generació de riquesa, ocupació i vertebració del territori.

La PROENCAT 2050 preveu una reducció important del consum d'energia final total deguda a la millora de l'eficiència energètica i als importants canvis estructurals, i, al mateix temps, tindrà lloc un procés d'electrificació de l'economia que farà que la demanda d'electricitat es multipliqui per 2,3 en el període 2017-2050. Efectivament, es preveu que la demanda d'electricitat a Catalunya augmenti dels 43,9 TWh de l'any 2017 als 99,2 TWh l'any 2050.

Es preveu que l'any 2050 el 100 % de la generació d'electricitat a Catalunya sigui 100 % renovable. Això provocarà un canvi substancial en la localització territorial de la generació d'electricitat i la nova generació es situarà allà on hi hagi el recurs, ja sigui la radiació solar, el vent o l'aigua. Això farà que la generació d'electricitat estigui molt més distribuïda en el territori que en la situació actual, amb les centrals nuclears i de gas natural.

La distribució territorial de la implantació de la generació elèctrica amb energies renovables serà el resultat de la planificació territorial que ja s'ha començat a desenvolupar, però si es té en compte només el potencial de les diferents tecnologies, és clar que la distribució territorial de la generació no coincidirà amb la distribució territorial de la demanda d'electricitat, que, a grans trets, serà semblant a l'actual. Les comarques amb un major potencial d'energies renovables no són les que tenen una major demanda.

El sistema elèctric, especialment les xarxes de transport i distribució, haurà d'afrontar el repte que representa assegurar el subministrament d'electricitat amb la qualitat exigida pels consumidors i a un preu raonable en una situació en la qual la demanda d'electricitat serà molt més elevada que l'actual, l'oferta serà més distribuïda que la demanda, i la distribució territorial de l'oferta i la demanda no coincidiran. Aquestes transformacions en el sistema elèctric comportaran canvis en el volum i el sentit dels fluxos en les xarxes de transport i distribució, i en la manera en què s'hauran de gestionar.

El procés de transició energètica requereix una planificació adequada de la xarxa de transport d'electricitat que permeti la integració massiva de nova generació renovable al ritme necessari per assolir els objectius a mitjà i llarg termini, garantint l'operació segura del sistema elèctric al mínim cost per als consumidors. A més, serà necessari disposar d'una important capacitat d'emmagatzematge en el sistema elèctric, perquè els perfils horaris de la generació principal (eòlica i fotovoltaica)

no coincidiran amb el perfil de demanda, malgrat que es facin molts esforços per fer-los coincidir tant com sigui possible.

Si, a més, es té en compte l'increment de la demanda d'electricitat previst (multiplicar per 2,3) i que aquesta demanda disposarà de mitjans propis de generació (autoconsum i generació de proximitat) i d'emmagatzematge, és evident que el disseny i la planificació adequats de la xarxa de transport, i també de la de distribució, tenen un paper essencial per integrar adequadament la nova generació renovable en el sistema.

El canvi en el mix de generació d'electricitat com a conseqüència de la substitució de tecnologies de generació emissores i contaminants, així com la incorporació de noves tecnologies netes i renovables, farà reduir gairebé a zero l'impacte del sistema elèctric, pel que fa al canvi climàtic, però cal minimitzar tots els impactes del sistema elèctric, més enllà del canvi climàtic.

Així, a més de l'aposta per aprofitar al màxim els emplaçaments de generació que no incrementen l'ocupació del territori, pel que fa a les xarxes de transport i distribució, cal optimitzar les inversions ja realitzades i maximitzar la utilització dels passadissos elèctrics existents, i prioritzar la millora i l'actualització de la xarxa existent davant de nous traçats i infraestructures. Aquestes actuacions es podran dur a terme mitjançant l'augment de capacitat de la xarxa a través de repotenciacions i de l'estesa de circuits múltiples i de la utilització de les noves tecnologies. Això es farà avantposant en tot moment la necessària seguretat de subministrament i fiabilitat de la xarxa de transport i distribució d'energia elèctrica.

Amb l'objectiu de minimitzar els abocaments d'energia renovable, acoblar la generació i la demanda d'electricitat, maximitzar l'aprofitament de la capacitat de xarxa i reduir la necessitat de les centrals tèrmiques renovables com a sistema de suport, cal reforçar i augmentar les línies de transport, especialment les interconnexions amb la xarxa de la resta de l'Estat i amb França.

L'augment de les interconnexions del sistema elèctric català amb els sistemes veïns serà molt important en l'entorn del sistema elèctric europeu, en el qual les tecnologies renovables no gestionables tindran una quota molt elevada.
El desenvolupament òptim de les xarxes de transport des dels punts de vista econòmic, ambiental i territorial s'ha de basar en la cooperació dels sistemes elèctrics per gestionar les situacions de dèficit o excedent molt elevats, ja sigui per la manca o l'excés de generació, o per la reducció o el creixement imprevist de la demanda.

No serà suficient amb augmentar de manera significativa les interconnexions entre els sistemes elèctrics, també serà necessari gestionar aquestes interconnexions d'una altra manera, més adequada a les situacions de desequilibri entre l'oferta i la demanda, que en el futur es produiran amb freqüència.

Per contribuir a gestionar millor aquests desequilibris, és també molt important desenvolupar el marc normatiu adequat i impulsar determinades actuacions que permetin avançar cap a un sistema elèctric més flexible, que minimitzi abocaments i que aprofiti millor la infraestructura existent, mitjançant l'ús de l'emmagatzematge i la gestió de la demanda, i els criteris de connexió actualitzats.

Per fer la transició cap a un sistema elèctric amb aquestes característiques, cal un canvi molt profund en la xarxa de distribució, que han de ser xarxes intel·ligents que

permetin fer compatible la seguretat, la garantia i la fiabilitat del subministrament, la incorporació de generació elèctrica distribuïda renovable, l'autoproducció elèctrica, la gestió de la demanda elèctrica, l'emmagatzematge d'energia elèctrica i la participació en els mercats majoristes, incloent-hi el de serveis d'ajust.

Cal que els autoconsumidors, mitjançant les comercialitzadores, puguin participar en els serveis d'ajust del sistema elèctric (de balanç, no de freqüència, i restriccions tècniques) i que en el futur podrien ser, també, d'àmbit local, sol·licitats pels operadors de les xarxes de distribució d'electricitat, malgrat que actualment aquesta gestió la realitza l'operador de la xarxa de transport.

Cal impulsar la digitalització del sector energètic mitjançant el desenvolupament de tecnologies de la informació i la comunicació, per aprofitar les possibilitats que ofereixen les noves tecnologies digitals, entre d'altres, l'internet de les coses, l'explotació massiva de dades a través del *big data* i del *blockchain*.

També cal impulsar les microxarxes elèctriques, que contribueixen a generar energia de manera distribuïda amb energies renovables, optimitzar els costos econòmics, flexibilitzar la generació i la demanda dels consumidors a partir dels senyals de mercat per gestionar la variabilitat del nou sistema energètic, i apoderar la ciutadania i les empreses.

Les figures de l'agregador (que poden exercir les mateixes comercialitzadores) i l'agregador independent d'energia elèctrica, establertes en la Directiva (UE) 2019/944 amb l'objectiu de facilitar que els clients actius, mitjançant la capacitat de gestió del seu consum, la seva capacitat d'emmagatzematge o la seva electricitat autogenerada, puguin participar en tots els mercats d'energia elèctrica de manera no discriminatòria, seran un element clau per a la posada en pràctica de la flexibilitat de la xarxa elèctrica.

Gràcies a l'augment de la flexibilitat del sistema que s'ha previst en la PROENCAT 2050 és possible desenvolupar un sistema elèctric 100 % renovable.

4.12. Electrificar l'economia

Per assolir l'objectiu d'un model energètic sense emissions netes de gasos amb efecte d'hivernacle basat en les energies renovables, la demanda energètica catalana ha d'avançar en un procés continu de descarbonització.

Una primera línia estratègica per aconseguir-ho és portar a terme una acció efectiva i continuada d'estalvi i eficiència i d'electrificació de la demanda energètica mitjançant energia elèctrica renovable, atesa la major diversitat i flexibilitat tècnica i econòmica de formes d'energia renovable que ofereix la generació d'energia elèctrica envers els combustibles renovables, i atès que el potencial de generació d'electricitat renovable a Catalunya és molt superior al potencial de les renovables tèrmiques (unes 20 vegades). A més a més, l'energia elèctrica permet gestionar de forma més activa i eficient aquesta demanda energètica. L'electrificació és la principal via per assolir la descarbonització.

Aquesta electrificació de la demanda ha d'anar acompanyada del desenvolupament dels combustibles renovables per a aquells usos i sectors que actualment presenten més dificultats per a l'electrificació per motius

tècnics o econòmics, com ara determinats processos industrials, el transport pesant de mercaderies per carretera a llargues distàncies, el transport aeri o el transport marítim. No obstant, és possible que abans del 2050 es desenvolupin solucions elèctriques per a aquests usos. En aquest cas, els combustibles renovables hauran estat una solució temporal necessària per contribuir a l'assoliment dels objectius a curt i mig termini en la transició cap a la descarbonització de Catalunya.

Per tant, cal incrementar el nivell d'electrificació en tots els sectors consumidors, fonamentalment en els sectors del transport lleuger terrestre per carretera (mobilitat elèctrica), la indústria (tecnologies elèctriques en els processos industrials com a substitutives dels combustibles fòssils) i en els edificis (bomba de calor, incloent geotèrmia). En aquests casos, l'electrificació és la millor opció per a la descarbonització, amb tecnologies ben conegudes, disponibles, competitives i altament eficients energèticament.

Per fer possible aquesta alta electrificació de la demanda, s'ha de facilitar la penetració accelerada del vehicle elèctric en el mercat, desenvolupant, entre altres, una estratègia d'infraestructures de recàrrega que permeti que aquests vehicles facin un ús de la xarxa viària en les mateixes condicions que els vehicles amb motors tèrmics.

Pel tal d'impulsar l'electrificació de la demanda ja s'han implantat alguns incentius, per exemple, a través dels objectius sectorials establerts a la Directiva sobre energia renovable, i en l'àmbit del transport a través de les normes de CO_2 per als vehicles, la Directiva sobre la infraestructura per als combustibles alternatius i la Directiva sobre vehicles nets. Tot i això, els reptes per a l'augment de l'electrificació es mantenen i caldrà continuar treballant en aquesta línia.

Com a conseqüència d'aquestes decisions, i segons les projeccions realitzades en la PROENCAT 2050, es preveu que a Catalunya l'electrificació de la calefacció en el sector residencial l'any 2050 sigui del 54 % i en el sector serveis, del 94 %. Es preveu que el pes de l'electricitat en el total del consum d'energia final en el sector residencial serà del 80 % i en el sector dels serveis, del 97 %.

La indústria també experimentarà un fort procés d'electrificació. En aquest sector, es preveu que l'electricitat passarà de tenir un pes del 40 % en el consum d'energia final de l'any 2017 al 94 % l'any 2050, com a conseqüència de forta reducció de la demanda per a la millora de l'eficiència dels processos industrials i pels canvis estructurals que es preveuen, i per la introducció de noves tecnologies elèctriques com ara les bombes de calor a mitjana i baixa temperatura, les calderes elèctriques o els forns elèctrics d'alta temperatura, per exemple.

El sector del transport tindrà comportaments diferents en els seus subsectors. Així, es preveu que l'any 2050 l'electrificació del transport terrestre (carretera i tren) sigui gairebé completa, del 99 %, mentre que en el transport aeri l'electricitat no hi tindrà cap contribució significativa, amb el coneixement i la situació actual. Es preveu que el transport marítim tindrà una participació testimonial de l'electricitat l'any 2050, inferior al 2 %.

També es preveu que el sector primari experimentarà una forta electrificació, passant del 16 % de l'any 2017 al 53 % de l'any 2050 degut, fonamentalment, a l'electrificació dels tractors i altra maquinària

agrícola, a la introducció de la bomba de calor a les granges i a l'electrificació dels vaixells de pesca.

4.13. Lluitar contra la pobresa energètica i defensar el consumidor vulnerable

En l'àmbit de la Unió Europea, la Directiva 2009/73/CE sobre normes comunes per al mercat interior del gas natural ja exigia als estats membres que adoptessin les mesures adequades per fer front a la pobresa energètica. Més recentment, la Directiva (UE) 2019/944 sobre normes comunes per al mercat interior de l'electricitat obliga els estats membres a definir la pobresa energètica i a avaluar el nombre de llars en situació de pobresa energètica, publicant els criteris en què es basa l'avaluació. Els estats membres han d'incloure en els seus plans nacionals d'energia i clima un objectiu indicatiu per a la reducció de la pobresa energètica, establir un calendari i esbossar les polítiques i els mesuraments pertinents.

Finalment, en el marc del paquet legislatiu «Fit for 55», es proposa la revisió de les directives d'eficiència energètica i d'eficiència energètica en els edificis, en les quals la lluita contra la pobresa energètica s'accentua mitjançant propostes executives.

A més, la proposta de reglament per a la creació del Fons Social per al Clima especifica que l'objectiu general del fons és contribuir a la transició cap a la neutralitat climàtica abordant l'impacte social de la inclusió de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle dels edificis i el transport per carretera a l'àmbit d'aplicació de la Directiva 2003/87/CE, per la qual s'estableix un règim per al comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle. L'objectiu específic del fons és donar suport a les llars vulnerables, les microempreses vulnerables i els usuaris del transport vulnerables mitjançant ajuts temporals i directes a la renda, i mesures i inversions destinades a augmentar l'eficiència energètica dels edificis, la descarbonització de la calefacció i la refrigeració dels edificis, inclosa la integració de l'energia renovable, i la garantia d'un accés millor a la mobilitat i el transport d'emissió zero i de baixa emissió.

En aquesta mateixa línia, l'estratègia contra la pobresa energètica (ENPE) aprovada pel Govern espanyol inclou una definició de pobresa energètica i de consumidor vulnerable: «La pobresa energètica és la situació en què es troba una llar on no poden ser satisfetes les necessitats bàsiques de subministraments d'energia, com a conseqüència d'un nivell d'ingressos insuficient i que, si escau, es pot veure agreujada per disposar d'un habitatge ineficient en energia». I Íntimament lligada a aquesta definició s'estableix la definició de consumidor vulnerable: «Consumidor vulnerable és el consumidor d'energia elèctrica o d'usos tèrmics que es troba en situació de pobresa energètica, i pot ser beneficiari de les mesures de suport establertes per les administracions».

L'ENPE estableix, a més, un objectiu per a cadascun dels indicadors de l'Observatori Europeu contra la Pobresa Energètica (EPOV): reduir els indicadors, com a mínim, el 25 % l'any 2025, buscant anar més enllà i assolint una reducció del 50 %, a través de quatre eixos: millorar el coneixement, millorar la resposta davant de la situació actual, crear un canvi estructural per reduir la pobresa energètica i posar en pràctica mesures de protecció per als consumidors i de conscienciació social.

La transició energètica de Catalunya ha de garantir l'abastament energètic a tota la població catalana amb suficiència, eficiència i qualitat, i assegurar un model energètic democràtic, sostenible, saludable i socialment inclusiu. Cal posar un èmfasi especial als segments més desafavorits econòmicament de la societat catalana, ja que la sostenibilitat del model energètic també implica la inclusió i la justícia social en la cobertura de les demandes energètiques bàsiques de les persones amb menys recursos econòmics.

D'acord amb la disposició final setena de la Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic, el Govern i, si escau, els ens locals, en l'àmbit de les competències respectives, han de garantir l'accés universal de tota la població a un consum mínim vital d'energia elèctrica i combustibles no carburants. Així, han de garantir que els consumidors en risc de pobresa energètica (consumidors vulnerables) tinguin dret a disposar d'uns subministraments energètics suficients per cobrir les seves necessitats bàsiques.

Cal desenvolupar normativa específica de cobertura assegurada del consum mínim vital d'energia de les famílies amb baixos recursos econòmics i per evitar talls de subministrament energètic en cas de situacions sobrevingudes, incloent-hi diferents mecanismes de finançament, en col·laboració amb les administracions locals i el tercer sector.

També cal desenvolupar altres mesures de caire estructural, en col·laboració amb les administracions, organitzacions sindicals i el tercer sector, com les associades a la implantació de solucions d'estalvi i eficiència energètica i d'aprofitament de les energies renovables en els habitatges amb famílies en situació de pobresa energètica.

4.14. Assegurar una transició justa i inclusiva

Combatre el canvi climàtic és fonamental per a Catalunya, un país altament vulnerable als seus efectes, i els impactes de l'augment de les temperatures, les precipitacions o les sequeres poden tenir efectes gravíssims sobre sectors com l'agricultura, la ramaderia, la silvicultura o el turisme, així com en la salut de la població.

La transició cap a la neutralitat climàtica és una oportunitat per millorar els sistemes productius i de transport, així com la realització dels serveis, perquè siguin molt més eficients en l'ús de recursos i ofereixin les solucions que necessita un món descarbonitzat. A més, generarà noves oportunitats de treball. Perquè la transició sigui socialment beneficiosa, en un país amb altes taxes de desocupació, aquesta transició ha de ser el motor de nous llocs de treball de qualitat.

Malgrat que, en general, la transició generarà nombroses oportunitats i beneficis, també pot provocar impactes negatius en àmbits específics. Per exemple, l'abandonament d'energies contaminants per altres de renovables pot suposar impactes sobre activitats localitzades en àrees i regions on aquestes activitats representen feines de qualitat amb un efecte tractor important i tenir un impacte demogràfic negatiu. Per això, el disseny de polítiques i mesures que estableixen objectius climàtics i ecològics han d'assolir els seus objectius, i optimitzar els efectes beneficiosos i mitigar els negatius.

Tot i que hi ha molts aspectes relacionats amb el desenvolupament d'una transició més justa i menys desigual en l'ecologització de les economies, com ara la lluita contra la pobresa energètica o la protecció al

consumidor, el que anomenem *transició justa* fa referència, únicament, als elements relacionats amb el suport a la transformació dels sectors econòmics i amb la generació i protecció de l'ocupació.

En el marc de la transició cap a la neutralitat climàtica, la transició energètica és la que està empenyent un canvi productiu més gran en els últims anys i la que s'accelerarà més en els propers anys. La neutralitat climàtica implica tenir un sistema energètic basat en energies renovables (elèctriques i tèrmiques), un augment de l'electrificació dels usos energètics (transport i tèrmic principalment), la millora de l'eficiència energètica i l'abandonament dels combustibles fòssils.

La descarbonització del sistema energètic a l'horitzó temporal 2050 suposa un desafiament formidable per a l'economia i la societat catalanes. En trenta anys s'haurà de produir una transformació qualitativa de la manera com els diferents actors estalvien, generen i consumeixen l'energia.

L'economia catalana està ben posicionada per aprofitar les oportunitats que ofereixen les energies renovables, les xarxes de distribució, l'eficiència energètica o la rehabilitació d'edificis, perquè hi ha un teixit empresarial fort, amb recursos humans i amb centres de recerca especialitzats i competitius. D'altra banda, hi ha un nombre important d'actors, grans i petites empreses, i fons d'inversió que esperen un escenari normatiu estable per planificar i realitzar les inversions necessàries.

Aquests canvis tindran repercussions significatives en l'ocupació, directa i indirecta, tant a escala sectorial com a escala geogràfica. En alguns casos, els canvis seran negatius, especialment a les zones dependents dels sectors amb un major impacte ambiental, on no hi hagi sectors econòmics alternatius. La pèrdua d'oportunitats d'ocupació comporta el desplaçament de població, especialment la població jove, i la pèrdua de capital humà. No obstant això, el problema més gran de la transició energètica no és la disminució del nombre total de llocs de treball. De fet, ben gestionada, la transició del sector energètic cap a les renovables serà un motor de creació de llocs de treball.
En general, les renovables requereixen més llocs de treball per MW, encara que les ràtios van lligades a la productivitat i difereixen molt d'un lloc a l'altre.

En el cas de Catalunya, la transició energètica tindrà una incidència directa en el model de negoci tradicional del sector elèctric, en la mobilitat de persones i de mercaderies, en la climatització dels edificis, en l'ús de l'energia en els sectors productius, etc. Els sectors que es veuran especialment afectats seran els associats als combustibles fòssils, l'energia nuclear, els sectors industrials intensius en energia o els afectats per profundes reconversions, com el sector de l'automòbil, per exemple. Cal assegurar que la transició energètica en aquests sectors es desenvolupi simultàniament a una transformació cap a nous processos de producció, i es puguin reubicar els treballadors afectats en llocs de feina qualificats relacionats amb les energies renovables, l'estalvi i l'eficiència energètica, o en les tecnologies lligades a la transició energètica en general.

La transició energètica ha de constituir una oportunitat contra la despoblació en els entorns rurals, per exemple, amb l'aprofitament dels recursos energètics renovables mitjançant iniciatives com les comunitats d'energies renovables, que fomenten l'ocupació en tot el territori,

especialment en l'entorn rural, i que permetrà fixar la seva població i diversificar la seva economia.

En aquesta línia d'actuació, el novembre del 2021 la Generalitat va crear un «Fons de Transició Nuclear» dotat amb 24 M€ anuals per al desenvolupament socioeconòmic i la transició energètica justa. Aquest fons finançarà accions de desenvolupament socioeconòmic i de transició energètica justa a les zones afectades pel futur tancament de les centrals nuclears en funcionament a Catalunya.

Igualment, cal garantir uns sistemes de protecció social adequats i una educació, una formació i un aprenentatge permanents inclusius, tenint en compte que la transició energètica no ha d'afectar negativament les persones amb rendes baixes.

L'Estratègia de Transició Justa és l'instrument d'àmbit estatal dirigit a optimitzar les oportunitats en activitat i ocupació de la transició ecològica cap a una economia baixa en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. A través d'aquesta s'identificaran i adoptaran mesures que garanteixin un tractament equitatiu i solidari a treballadors i territoris en aquesta transició.

En el marc d'aquesta estratègia s'ha proposat un conjunt de mesures organitzades en set eixos: impuls a la transició ecològica dels sectors econòmics; acompanyament específic a sectors estratègics industrials; reducció de la desigualtat i suport als consumidors; reactivació, polítiques actives d'ocupació verda i protecció social; formació professional verda; mesures d'R+D+i, i millora del coneixement sobre l'impacte de la transició ecològica a l'ocupació.

Els Convenis de Transició Justa seran la principal eina per lluitar en favor de la transició justa. En aquests convenis, a més de les Administracions, hi podran participar empreses, organitzacions dels sectors empresarials, organitzacions sindicals, universitats, centres educatius, associacions i organitzacions ambientals no governamentals i altres entitats interessades o afectades.

Els Convenis de Transició Justa tenen l'objectiu de mantenir i crear activitat i ocupació a les comarques afectades, a través de l'acompanyament a sectors i col·lectius en risc, la fixació de població als territoris rurals i la promoció d'una diversificació i especialització coherent amb el context socioeconòmic de cada zona.

Actualment no hi ha cap Conveni de Transició Justa a Catalunya perquè el seu disseny original està lligat al tancament de les mines de carbó, de centrals nuclears i de centrals termoelèctriques de carbó. Per tant, és possible que en el futur hi hagi convenis a Catalunya. No obstant, caldrà ampliar aquesta visió inicial dels convenis per altres efectes de la transició cap a la neutralitat climàtica a Catalunya, com, per exemple, la reconversió del complex petroquímic de Tarragona, l'impacte sobre tota la cadena de valor del sector de l'automoció, l'efecte sobre el sector de fabricació d'equips consumidors d'energia que utilitzen combustibles fòssils, etc.

Els Convenis de Transició Justa inclouran:

- Una avaluació de l'estat de vulnerabilitat de l'àrea geogràfica o el col·lectiu afectat.
- Compromisos de les parts participants al conveni, incloses les empreses beneficiàries de mesures de suport per a la transició.
- Mesures fiscals, de finançament, de suport a l'R+D+i, d'ocupació, de

protecció social i activitats formatives per incentivar l'adaptació dels treballadors, supeditades al compliment dels objectius establerts al conveni.

- Un calendari per a l'adopció de les mesures, amb objectius mesurables i mecanismes de seguiment.
- També podran incloure l'accés prioritari a una part o a la totalitat de la capacitat d'evacuació elèctrica, així com el dret prioritari a l'ús i el volum d'aigua d'aquelles concessions que quedin extingides després del tancament d'instal·lacions de generació d'energia elèctrica.

4.15. Minimitzar l'ús de territori per a usos energètics i preservar els usos de més valor

L'aposta que fa Catalunya per un model energètic renovable basat en recursos autòctons en l'horitzó de l'any 2050 constitueix un gran repte de futur. En el nou escenari basat en un equilibri entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica en l'àmbit de Catalunya i una producció d'energia elèctrica exclusivament d'origen renovable (fonamentalment, d'energia eòlica i solar fotovoltaica) que planteja la PROENCAT 2050, es maximitza la generació d'energia elèctrica a les teulades dels edificis (mitjançant l'autoconsum individual i col·lectiu) però també es requereix la implantació d'un gran nombre d'instal·lacions de generació d'energies renovables a terra, amb una conseqüent i significativa ocupació del sòl.

Així, d'acord amb la PROENCAT 2050, el 2030 caldrà incorporar 11,8 GW nous d'energies renovables, dels quals 8,4 GW estaran situats a terra (4,0 GW d'energia eòlica terrestre i 4.4 GW d'energia solar fotovoltaica). L'any 2050, la potència total instal·lada haurà de créixer fins als gairebé 62 GW, 18 vegades la potència instal·lada actualment. Així, l'any 2050 cal disposar de l'ordre de gairebé 33,2 GW d'energia solar fotovoltaica (19,4 GW a terra i 13,8 GW en teulades i zones antropitzades que no ocupen nou territori) i 23,1 GW d'energia eòlica terrestre.

En termes d'ocupació del territori, a l'horitzó de l'any 2050 aquesta implantació podria suposar l'ocupació addicional d'uns 800 km^2 en superfície actualment no urbanitzada, és a dir, el 2,5 % del territori català. Aquesta xifra és significativa, tenint en compte que actualment el total de la superfície urbanitzada de Catalunya és del 5,9 % del territori, però també és una xifra assumible i no impossible.

El càlcul d'ocupació de l'energia eòlica s'ha fet considerant un rati mitjà d'ocupació de 2,1 hectàrees per MW de potència instal·lada. Aquest rati té en compte els elements que poden afectar les activitats que es realitzaven abans en aquell mateix indret. Això inclou els aerogeneradors, les rases per al soterrament de les connexions elèctriques internes, la subestació de connexió amb la xarxa elèctrica pública i els espais per la sala de control, material de manteniment, etc.

Pel que fa específicament als aerogeneradors, la superfície considerada no és només l'ocupada per la base de la torre sinó que inclou un radi d'afectació al seu entorn equivalent a l'alçada total de la instal·lació (torre més pala). Segons aquest criteri, adquireix un gran protagonisme allò que es podria entendre com a zona de servitud associada als aerogeneradors. Amb tot,

no és un criteri representatiu de l'afectació directa en termes de transformació d'usos del sòl perquè la presència d'un aerogenerador no impedeix les activitats que es duen a terme amb una major freqüència en els emplaçaments habituals dels parcs eòlics (agricultura, pastures, etc.).

Pel que fa a l'estimació de l'ocupació del territori, en el cas de la fotovoltaica situada a terra, no s'ha tingut en compte que algunes activitats com la pastura d'animals pels terrenys amb instal·lacions fotovoltaiques o l'anomenada «agrovoltaica» poden ser compatibles amb els parcs fotovoltaics. Per tant, l'estimació del territori ocupat es correspon amb el 100 % de la superfície que ocupen les instal·lacions, que inclou els camins interns, les zones de seguretat fins a les tanques i l'ocupació dels captadors fotovoltaics i els elements de control i evacuació.

S'ha partit de dades reals de la superfície ocupada per les plantes fotovoltaiques presentades a la ponència ambiental fins el mes de juliol de 2021, que tenen una ocupació mitjana de 1,875 ha/MW. S'ha considerat, però, que la tecnologia fotovoltaica augmentarà la seva eficiència i anirà reduint les seves necessitats de superfície en el període 2020-2050. Per tant, s'ha aplicat un factor de 1,6 ha/MW.

Aquesta producció d'energia elèctrica d'origen renovable s'ha de desenvolupar de forma sinèrgica, flexible, equilibrada i harmònica a tres escales de demanda elèctrica en funció del seu nivell de consum i de tensió de subministrament: a petita escala (autoconsum individual i col·lectiu), mitjana escala (local) i gran escala (grans consumidors i demanda elèctrica de petits i mitjans consumidors no coberta amb la producció d'energia elèctrica a petita i mitjana escala). A més a més, cadascun d'aquests nivells ha d'incorporar sistemes d'emmagatzematge d'energia elèctrica adients al seu consum i tensió.

Encara que pugui semblar que el nou sistema de generació d'energia elèctrica amb energies renovables suposi un increment important d'ocupació del territori, la realitat és que el territori s'utilitza de forma molt més eficient que en el model energètic actual, ja que s'internalitza gran part de l'impacte del sistema energètic sobre l'ús del territori propi de Catalunya. El fet que el sistema energètic hagi requerit fins ara un ús aparentment tan baix del territori no és més que una conseqüència de l'externalització de la majoria dels impactes del nostre sistema energètic, fortament dependent d'uns combustibles fòssils i nuclears procedents d'explotacions energètiques en altres països, la utilització dels quals genera una sèrie d'impactes en el medi ambient que, si s'internalitzessin, també es podrien traduir en un important requeriment d'ocupació del territori.

Cal tenir present també que la densitat de potència (entesa com a energia produïda per unitat de superfície ocupada) de les tecnologies de producció d'energia elèctrica fòssils (cicles combinats de gas natural) i nuclear de què disposem actualment a Catalunya és molt més gran que les tecnologies basades en les energies renovables (eòlica, solar fotovoltaica…).

Igualment, cal esmentar també la petjada de carboni del nostre sistema energètic actual. Així, l'ús del territori necessari per internalitzar les nostres emissions de gasos amb efecte d'hivernacle és superior a tres vegades el territori català. Aquest fet demostra la gran eficiència d'un sistema basat en les energies renovables, que permet internalitzar els impactes del sistema energètic, amb un requeriment d'ocupació

del territori molt inferior al corresponent a la petjada de carboni actual.

D'altra banda, aquest model genera d'altres beneficis importants, com ara els aspectes associats a la salut de les persones, atès que millora molt notablement la qualitat de l'aire de les ciutats de Catalunya.

Aquesta aposta per la sobirania energètica de Catalunya coincideix amb el tarannà històric de la societat catalana enfront els reptes energètics que ha tingut el país en el passat, que s'ha pogut desenvolupar més o menys en funció de la disponibilitat dels seus recursos energètics a l'abast en cada període històric.

Només cal recordar que Catalunya ha estat pionera en la lluita per a l'autosuficiència energètica, explotant al màxim els seus potencials històrics existents, com ara l'energia hidroelèctrica o l'aprofitament energètic del carbó de baixa qualitat i poc abundant. Malgrat tot, s'ha hagut d'importar energia fòssil, en incrementar-se la demanda energètica per al desenvolupament econòmic i social del país, i la manca de recursos energètics autòctons suficients (petroli, gas natural i urani).

En aquest context, des de Catalunya tradicionalment s'han impulsat de forma decidida les infraestructures que permetessin l'aprofitament d'aquests recursos energètics. Com a exemple, es pot destacar la implantació, l'any 1914, de la primera línia subterrània a 50 kV, que també va ésser la primera línia subterrània d'aquesta tensió a tot Europa. Igualment, va ser pionera en l'adopció del nivell de tensió de 110 kV per a les línies aèries de transport d'energia elèctrica, com a conseqüència de la grandària i la ubicació dels aprofitaments hidràulics, la major part des quals es trobaven al Pirineu i la concentració del consum, especialment en la zona de Barcelona.

Cal tenir present també la importància històrica que ha tingut la disponibilitat d'energia per a les ubicacions industrials. Aquest és, per exemple, el cas concret de la indústria electroquímica de Flix (lligada a l'energia hidroelèctrica i al carbó) o, com a cas més general, la ubicació de les empreses tèxtils i metal·lúrgiques al llarg del recorregut dels principals rius catalans.

Així, en el passat, el model energètic català ha buscat un equilibri oferta-demanda que no sempre s'ha pogut assolir, degut a la manca de recursos propis d'energia fòssil suficients per cobrir la demanda energètica. En canvi, de cara al futur, el nou model energètic pot assolir aquest equilibri, desenvolupant el potencial renovable en generació d'energia elèctrica del nostre país, mitjançant la implantació al màxim de tecnologia solar fotovoltaica i eòlica a les diferents escales de la demanda energètica, tot mantenint tecnologia ja implementada en el passat, com és el cas de l'energia hidroelèctrica. Aquesta tecnologia pot tenir un paper fonamental com a sistema d'emmagatzematge d'energia elèctrica, ja sigui en les grans centrals hidràuliques amb embassament ja existents o en noves centrals de bombament hidroelèctric.

De fet, no hi ha gaires alternatives energètiques per fer front al repte del canvi climàtic des de Catalunya. El desenvolupament massiu dels recursos autòctons renovables de Catalunya (fonamentalment, sol, vent i aigua) per a la generació d'energia elèctrica suposa una ocupació significativa del territori, però assumible i compatible amb la resta d'activitats.

Així, caldrà encaixar totes les activitats que es duen a terme en el territori tenint en compte les seves prioritats i aplicant diversos principis, com ara aconseguir el màxim nivell de sobirania alimentària, evitar

concentracions excessives, mitigar l'impacte paisatgístic, preservar la biodiversitat, reduir els impactes mediambientals, etc. Però, d'altra banda, aquesta distribució de les instal·lacions d'aprofitament de les energies renovables arreu del territori garanteix també l'equilibri territorial i permet la igualtat d'oportunitats entre uns territoris i uns altres, donant senyals d'ubicació de generació d'activitat econòmica i generant llocs de treball locals. Igualment, obre la possibilitat de la participació d'agents locals i ciutadans en les inversions a dur a terme.

Hi ha una altra gran alternativa, consistent en un desenvolupament molt inferior del potencial renovable en generació d'energia elèctrica del país, tot comptant amb una forta importació d'energia elèctrica d'origen renovable procedent de l'exterior de Catalunya per assolir el necessari equilibri oferta-demanda. Aquesta alternativa suposaria una menor ocupació del territori, però una gran dependència energètica i tecnològica de l'exterior. Es passaria d'una gran dependència exterior dels combustibles fòssils i nuclears a una gran dependència exterior de la producció d'energia elèctrica amb energies renovables.

Aquesta no és una bona alternativa, ja que porta cap a un model energètic no desitjat, que va en contra del teixit industrial i social del país. Només en termes de seguretat, no es pot deixar que Catalunya depengui tant de l'exterior en un àmbit clau com l'energètic perquè, a més a més, deixaria el país en una situació pràcticament impossible de revertir en el futur.

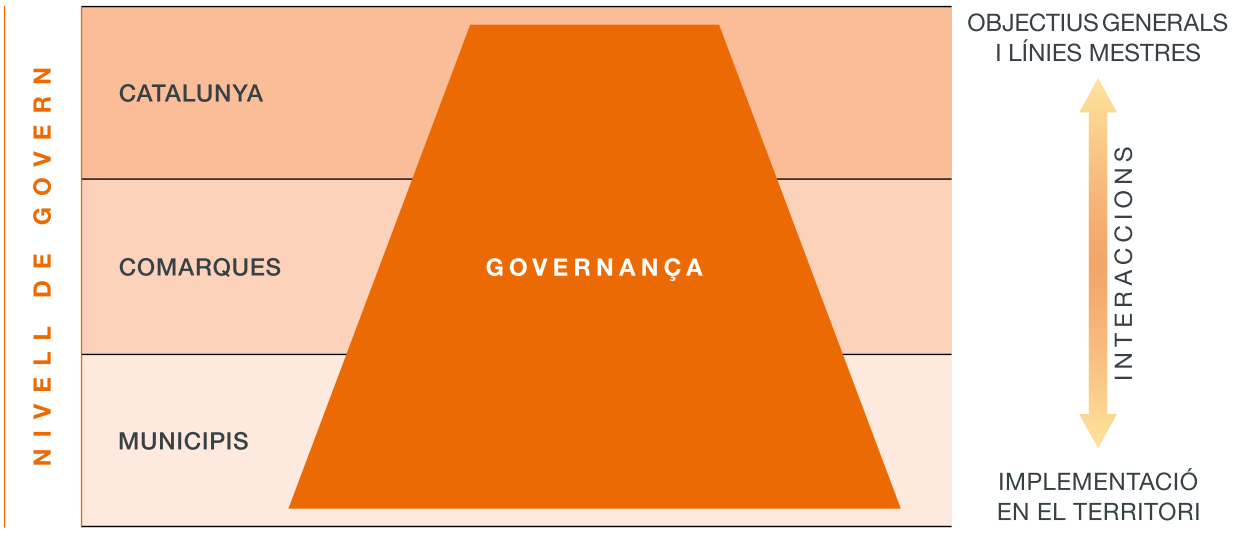
En definitiva, la transició energètica de Catalunya prevista a la PROENCAT 2050 té com a objectiu la sobirania energètica de Catalunya basada en les energies renovables autòctones i en la neutralitat climàtica. Aquesta sobirania energètica té els fonaments en la sobirania nacional de Catalunya i n'és un dels seus pilars fonamentals, com també ho són la sobirania econòmica i la sobirania alimentària. En resum, la transició energètica és una oportunitat única i una necessitat urgent i inajornable per fer front als reptes del canvi climàtic i enfortir el nucli dur de la sobirania general del país.

En aquest context, cal tenir present que la planificació territorial actual de Catalunya no disposa d'una planificació territorial sectorial que tingui en compte el repte que suposa disposar de l'elevada superfície necessària per a la captació i generació de renovables associada a la transició energètica. Per aquest motiu, tant l'acord del Govern de declaració d'emergència climàtica, aprovat el 14 de maig de l'any 2019, com el Decret Llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades, expliciten la necessitat d'elaborar una estratègia territorial per a la implantació de les instal·lacions d'energia renovable necessàries per desenvolupar la transició energètica a Catalunya.

Per això cal desenvolupar una governança adequada per a la implantació de les energies renovables en el territori, basada en l'aplicació del principi de subsidiarietat, tal com es mostra a la **figura 4.1**.

Així, es proposa un repartiment de competències entre els diferents nivells de l'Administració, de manera que el Govern fixarà els objectius generals i les línies mestres d'actuació per a la implantació de les energies renovables en el territori, mentre que l'Administració local determinarà els criteris específics d'actuació i les zones concretes on es podran dur a terme aquestes instal·lacions. Alhora, es comptarà amb un ampli mecanisme participatiu del territori en la presa de decisions mitjançant l'habilitació de canals de participació del teixit econòmic i social i de la ciutadania.

FIGURA 4.1. ESQUEMA DE LA GOVERNANÇA PER A LA IMPLANTACIÓ DE LES ENERGIES RENOVABLES EN EL TERRITORI



L'estratègia associada a aquesta governança es desenvoluparà mitjançant un instrument específic de planificació territorial, com és el Pla territorial sectorial per a la implantació de les energies renovables a Catalunya (PLATER). Aquest Pla es durà a terme d'acord amb l'anàlisi global i territorial dels recursos disponibles, de les capacitats del medi i de les necessitats energètiques previstes duta a terme en el marc de la PROENCAT 2050.

Per dur a terme aquesta governança del desplegament territorial de les energies renovables a Catalunya i desenvolupar el PLATER es compta amb els agents següents:

- Taula de Diàleg Social de les Energies Renovables (TDSR). Creada pel Decret Llei 24/2021, de 26 d'octubre, d'acceleració del desplegament de les energies renovables distribuïdes i participades. Aquesta Taula té com a objecte «l'estudi i la identificació, per a la posterior elevació a les administracions competents, de les propostes de mesures de compensació pública entre els territoris rurals i les zones urbanes densament poblades en què, un cop maximitzades les polítiques locals d'implantació d'energies renovables, no es pugui garantir assolir el 50 % de la seva demanda elèctrica amb generació elèctrica renovable de proximitat en l'horitzó de l'any 2030». A més d'aquest objectiu principal, la TDSR es preveu que també ajudi a la implantació de les energies renovables en el territori, participant en el procés d'elaboració del PLATER.
- Xarxa d'oficines comarcals de transició energètica. L'objectiu d'aquesta xarxa d'oficines comarcals és donar suport als municipis de cada consell comarcal per a la creació i el funcionament d'oficines d'impuls de la transició energètica a fi de col·laborar en la planificació i el disseny comarcal de la implantació de les energies renovables a Catalunya en el marc del desenvolupament del PLATER i prioritzar el model de generació renovable distribuïda i participativa. El treball d'aquestes oficines es realitzarà

en coordinació amb la Direcció General d'Energia i l'Institut Català d'Energia, del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya.

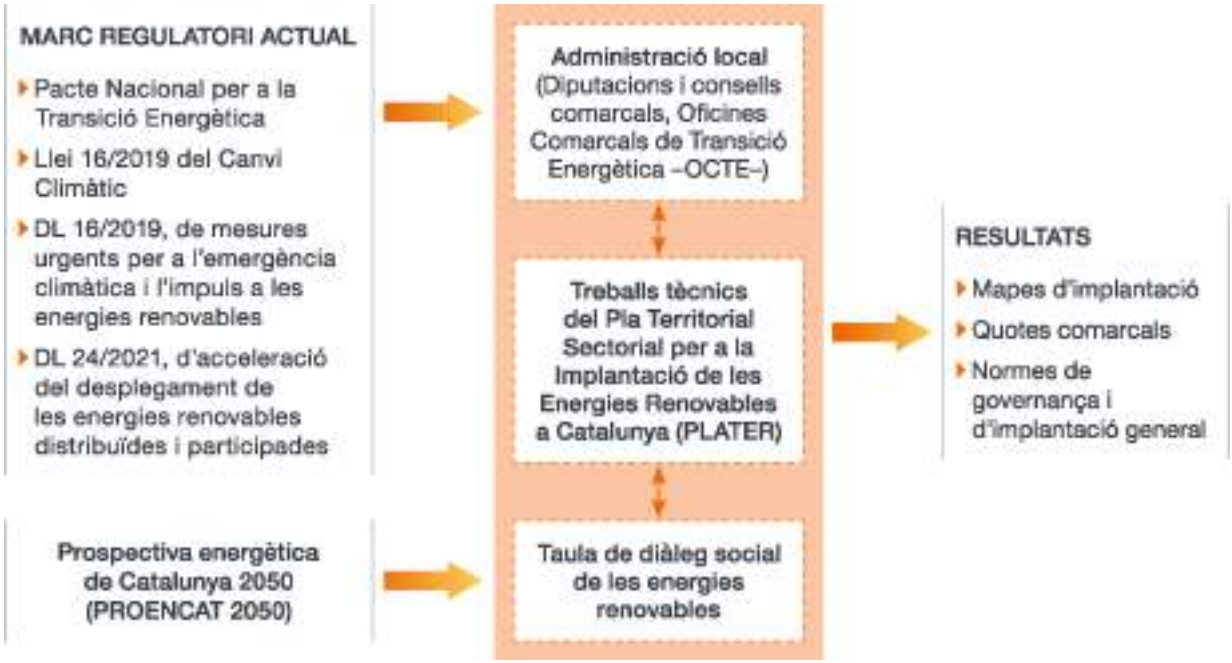
- Administració local (representants polítics de municipis, consells comarcals i diputacions).

La relació entre la Taula de Diàleg Social de les Energies Renovables, el Pla Territorial Sectorial per a la implantació de les energies renovables a Catalunya i les Oficines comarcals d'impuls de la transició energètica es mostra a la **figura 4.2**.

Els objectius del Pla territorial sectorial per a la implantació de les energies renovables a Catalunya seran els següents:

- Determinar les directrius generals de la distribució arreu del territori de les instal·lacions d'aprofitament de les energies renovables, fonamentalment eòlica i fotovoltaica, però també d'altres instal·lacions singulars (solar termoelèctrica, gran hidràulica, hidràulica reversible…), necessàries per fer efectiva la transició energètica a Catalunya, incloses les línies elèctriques d'evacuació i les instal·lacions d'emmagatzematge.
- Determinar les prioritats d'actuació i la definició d'estàndards i normes de distribució territorial necessàries per dur a terme aquesta implantació d'energia renovable en el territori, incloses les mesures que minimitzin els impactes derivats de l'elevada demanda de sòl que requereix.
- Concretar, si escau, l'obligació de reserva de sòl per a la instal·lació d'energies renovables necessària a llarg termini, així com per a les instal·lacions de transport, distribució i emmagatzematge d'energia elèctrica que requereixi el sistema elèctric.

FIGURA 4.2. ESQUEMA PER AL DESENVOLUPAMENT DEL PLATER



Per dur a terme el PLATER, a més dels criteris generals de la planificació territorial, es tindran en compte els següents principis rectors:

- → Suficiència: els resultats del Pla han de permetre la instal·lació del contingent renovable necessari per fer efectiva la transició energètica i la neutralitat climàtica a Catalunya, d'acord amb els resultats de la PROENCAT 2050 i dels pressupostos de carboni previstos a la llei 16/2017 del canvi climàtic.
- → Enfocament holístic: el Pla ha de tenir en compte tots els àmbits que poden ser afectats pel Pla, com ara els aspectes energètics, mediambientals, culturals, de paisatge, socials, econòmics, de desenvolupament industrial, de sobirania alimentària, biodiversitat… cercant un equilibri entre tots ells. En aquest sentit, s'utilitzaran les unitats del paisatge com a eina de referència bàsica per analitzar la capacitat d'absorció dels contingents renovables necessaris per part del territori.
- → Visió global: el resultat final no s'ha de construir exclusivament a partir dels resultats parcials obtinguts de l'anàlisi fragmentada en territoris més petits (municipis, comarques…), sinó que també requereix una anàlisi global per a tot Catalunya.
- → Cohesió territorial: el Pla, atenent a la ubicació concreta dels recursos renovables en el territori, ha de tenir en compte criteris de solidaritat intercomarcal per assolir els objectius a escala global. Igualment, ha de contribuir al reequilibri territorial i permetre la dinamització de l'activitat econòmica arreu de Catalunya.
- → Participació local: el Pla ha de comptar amb la participació de les administracions locals en tots aquests aspectes que afectin el seu territori, així com també del conjunt de la ciutadania.
- → Resiliència: la proposta final ha de tenir prou resiliència com per garantir la transició energètica en els escenaris més exigents (més alta penetració de les tecnologies basades en l'hidrogen, noves demandes energètiques singulars…), el consum d'energia de les tecnologies necessàries per reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle dels processos industrials (com ara la captura i el segrest de CO_2 o la captura, el segrest i l'ús de CO_2), així com preveure els objectius més estrictes que s'implantaran més enllà del 2050 (balanç negatiu d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle).

Per elaborar el PLATER s'adoptarà una filosofia de treball en sintonia amb els criteris establerts a la Llei 16/2017 del canvi climàtic i amb la darrera proposta de Directiva del Parlament Europeu i del Consell, per la qual es modifiquen la Directiva (UE) 2018/2001, relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables; la Directiva 2010/31/UE, relativa a l'eficiència energètica dels edificis, i la Directiva 2012/27/UE, relativa a l'eficiència energètica, notificada el 2 de juny de 2022 al Parlament Europeu per part de la Comissió Mixta per a la Unió Europea.

Aquesta nova filosofia es troba recollida també a la Recomanació (UE) 2022/822 de la Comissió de 18 de maig de 2022 sobre l'acceleració dels procediments de concessió de permisos per als projectes d'energies renovables i la facilitació dels contractes de compra d'electricitat, i està basada en una planificació estratègica territorial a dur a terme pels estats membres com a suport al desplegament més ràpid dels projectes d'energia renovable.

Així, a partir d'aquesta filosofia de zonificació del territori, el PLATER identificarà unes «zones disponibles per a les energies renovables» que consistiran en les zones terrestres necessàries per a la instal·lació de centrals de producció d'energia elèctrica amb tecnologia eòlica terrestre i fotovoltaica a terra que es requereixen per tal de satisfer la demanda d'energia elèctrica segons les previsions de la PROENCAT 2050. Aquestes zones seran proporcionals a l'evolució estimada i a la capacitat instal·lada total prevista per a tecnologia d'energies renovables establerta a la PROENCAT 2050 en els horitzons 2030, 2040 i 2050.

El PLATER abordarà només la ubicació en el territori de les instal·lacions de producció d'energia elèctrica d'origen renovable sense analitzar les instal·lacions de producció d'energia renovable tèrmica. Igualment, les instal·lacions d'energia renovable situades al mar (fonamentalment, l'eòlica marina) quedaran fora de l'abast del PLATER, ja que el seu desplegament en el territori s'atendrà a les directrius que estableixin els Plans d'Ordenació de l'Espai Marí (POEM).

Quant a la zonificació, i atès que la pràctica totalitat de la nova potència instal·lada amb una ocupació significativa del territori als horitzons 2030, 2040 i 2050 serà eòlica terrestre o fotovoltaica a terra, el PLATER es centrarà exclusivament en:

- → Eòlica terrestre i solar fotovoltaica a terra amb les instal·lacions d'emmagatzematge associades.
- → Grans passadissos de línies elèctriques d'alta tensió d'evacuació de producció elèctrica renovable.

Paral·lelament, es plantejaran normes i recomanacions per a la implantació territorial de les instal·lacions singulars d'altres tecnologies de producció d'energia elèctrica renovable previstes a la PROENCAT 2050 (biogàs, solar termoelèctrica i hidràulica reversible).

En definir les «zones disponibles per a les energies renovables», es tindrà en compte el següent:

a) La disponibilitat dels recursos d'energia renovable i el potencial de producció d'energia renovable de les diferents tecnologies eòlica i solar a les zones.

b) La demanda d'energia prevista.

c) La disponibilitat d'infraestructura de xarxa apropiada, d'emmagatzematge i altres eines de flexibilitat, o la possibilitat de crear aquesta infraestructura de xarxa i emmagatzematge.

d) El conjunt d'impactes sobre el territori de cada tecnologia: ambiental, paisatgístic, sobre l'agricultura, sobre el patrimoni cultural… En funció de l'impacte global, es classificaran les zones de manera que només s'admetin com a zones disponibles per a les energies renovables les que presentin un valor global d'impacte ambiental negligible, baix o moderat. Així, les zones disponibles per a les energies renovables es classificaran en:
   - Zones d'impacte negligible.
   - Zones d'impacte baix.
   - Zones d'impacte moderat.

Igualment, s'afavoriran els usos múltiples d'aquestes zones mitjançant l'aplicació de tecnologies que en permetin la compatibilitat amb altres usos, com ara l'agrovoltaica.

Específicament, les «zones disponibles per a les energies renovables» classificades com a zones d'impacte negligible es consideraran «zones propícies per a les

energies renovables», en línia amb la proposta de modificació de la Directiva d'energies renovables abans esmentada. Aquesta proposta defineix les «zones propícies per a les renovables» com les ubicacions específiques designades com a especialment adequades per a la instal·lació de centrals de producció d'energia a partir de fonts renovables que no siguin centrals de combustió de biomassa.

Igualment, la determinació d'aquestes zones propícies donarà compliment a les prioritats expressades a la Llei 16/2017 del canvi climàtic i als Decrets llei 16/2019 i 24/2021. En concret, s'atendrà a l'establert a l'article 19 («Energia») de la Llei del canvi climàtic quan assenyala que «les mesures que s'adoptin en matèria d'energia han d'anar encaminades a la transició energètica cap a un model cent per cent renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú, i concretament han d'anar encaminades a […] promoure les energies renovables, que s'han de desenvolupar, sempre que sigui possible, aprofitant espais ja alterats per l'activitat humana a fi de minimitzar l'ocupació innecessària del territori i prioritzar l'ocupació de les cobertes de les edificacions i altres construccions auxiliars, incloses les pèrgoles dels aparcaments de vehicles, i l'ocupació del sòl diferent del no urbanitzable, i, dins el sòl no urbanitzable, els espais agraris en desús».

En aquest sentit, el PLATER designarà aquestes zones terrestres propícies per a la implantació de l'energia eòlica i l'energia solar fotovoltaica, de manera que siguin zones suficientment homogènies en què no es prevegi que el desplegament d'aquestes tecnologies tingui un impacte mediambiental significatiu, tenint en compte les particularitats del territori seleccionat.

El PLATER establirà normes adequades aplicables a aquestes zones propícies per a les renovables, incloses les mesures de mitigació que s'han d'adoptar en relació amb la instal·lació de centrals d'energia renovable, les instal·lacions d'emmagatzematge d'energia associades, així com els actius necessaris per a la seva renovació i la connexió a la xarxa, per evitar o, si no és possible, reduir significativament els impactes mediambientals negatius que puguin sorgir.

Tal com s'ha esmentat abans, i d'acord amb la proposta de directiva, el PLATER es sotmetrà a una avaluació mediambiental específica de manera que els projectes situats a les zones propícies per a les renovables que compleixin les normes i mesures definides en el mateix PLATER puguin estar exempts, totalment o parcialment, de dur a terme una avaluació d'impacte ambiental a escala de projecte.

Igualment, el PLATER identificarà les modificacions necessàries en els procediments administratius aplicables als projectes de centrals d'energia renovable, connexió a la xarxa i instal·lacions d'emmagatzematge d'energia situats en aquestes zones per tal d'accelerar-los i simplificar-los.

Tant el procediment d'avaluació mediambiental específica dels projectes com els procediments administratius aplicables, es concretaran per a cada zona en funció de les normes i recomanacions que aprovi la Unió Europea, així com del seu posterior desenvolupament reglamentari tant en l'àmbit de la Unió Europea com de l'Estat espanyol.

Finalment, a partir d'aquestes zones es determinaran unes quotes comarcals mínimes d'implantació d'energia eòlica terrestre i energia solar fotovoltaica a terra per als horitzons 2030, 2040 i 2050.

4.16. Preservar la utilització de la biomassa per a usos tèrmics i com a matèria primera

En un entorn de foment de la bioeconomia circular, cal accelerar el desenvolupament i la implantació de solucions sostenibles i circulars de base biològica, de les quals depenen la modernització, la consolidació i la competitivitat de la indústria i del sector primari.

El desenvolupament i la implantació de noves cadenes de valor de les bioindústries, centrades en la utilització de recursos renovables que s'obtenen a partir de la producció primària (com ara cultius forestals orientats a la producció de matèria primera) i dels residus que es generen en els sectors forestal, agrícola, ramader, pesquer, etc., donaran lloc a l'elaboració d'un conjunt de solucions per transformar la biomassa en bioproductes, la qual cosa contribuirà a la modernització i la renovació de diversos sectors industrials i a la potenciació de les activitats relacionades amb la producció primària i la recuperació, el tractament i la transformació dels residus de la biomassa.

Cal impulsar amb decisió el sector dels bioproductes, ateses les seves beneficioses repercussions, i situar-lo en peu d'igualtat amb les indústries basades en els combustibles fòssils pel que fa a les condicions reglamentàries i de mercat, per exemple, desenvolupant nous estàndards i un etiquetatge que eliminin els colls d'ampolla que encara afecten les bioinnovacions.

Per tal d'impulsar la penetració al mercat i incrementar la confiança dels consumidors vers els bioproductes, cal que disposin d'informació fiable i comparable sobre el comportament i la petjada ambiental dels productes. Això contribuirà a la diversificació, el desenvolupament i la implantació de solucions de base biològica i facilitarà el desenvolupament de noves biorefineries sostenibles.

En aquest sentit, la PROENCAT 2050 preveu la construcció d'una biorefineria en el complex petroquímic de Tarragona, que produirà matèries primeres per a plantes d'olefines i altres empreses del sector químic i biocombustibles avançats per a sectors de difícil electrificació a partir de materials d'origen renovable i de residus.

En el cas de la biomassa forestal és fonamental que, en desenvolupar una economia sostenible i climàticament neutra, s'optimitzi l'ús de la fusta d'acord amb el principi d'ús en cascada. O sigui, que la biomassa llenyosa s'ha d'utilitzar en funció del seu valor afegit econòmic i ambiental més alt en l'ordre de prioritat següent: 1) productes derivats de la fusta, 2) prolongació de la vida útil, 3) reutilització, 4) reciclatge, 5) bioenergia i 6) eliminació. Quan no hi ha altres usos de la biomassa llenyosa que siguin econòmicament viables o apropiats des del punt de vista ambiental, la valoració energètica contribueix a reduir la generació d'energia a partir de fonts no renovables.

Això significa que la fusta s'ha d'utilitzar, en la mesura del possible, per a materials i productes de llarga durada que substitueixin els seus homòlegs fòssils amb emissions de carboni elevades, per exemple, en la

construcció d'edificis i en els mobles, si bé no tota la fusta és apta per a aquests usos.

També s'ha de tenir en compte que l'absorció de gasos amb efecte d'hivernacle pels boscos i els productes forestals tindran un paper essencial a l'hora d'assolir l'ambiciós objectiu d'absorció neta de la Unió Europea de 310 milions de tones equivalents de diòxid de carboni, tal com s'estableix a la proposta de revisió del Reglament sobre l'ús de la terra, el canvi d'ús de la terra i la silvicultura (LULUCF, per les seves sigles en anglès).

Quan no hi hagi altres usos de la biomassa que siguin econòmicament viables o apropiats des del punt de vista ambiental, la utilització energètica serà una possibilitat per valoritzar aquests recursos.

Per garantir tant els beneficis socioeconòmics com la sostenibilitat mediambiental de la biomassa, la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al foment de l'ús d'energia procedent de fonts renovables incloïa uns criteris de sostenibilitat millorats per a tots els tipus de biomassa amb finalitats energètiques, en relació amb el seu origen i la reducció de GEH respecte dels combustibles fòssils en tot el cicle de vida.

En el marc del paquet «Fit for 55», la Comissió Europea ha proposat la modificació d'aquesta directiva per elevar aquests requisits. Inclou criteris de sostenibilitat reforçats per a la bioenergia (biocarburants, biolíquids i combustibles de biomassa procedents de biomassa agrícola i forestal), que amplien el seu àmbit d'aplicació i les zones prohibides per al proveïment. Això implica prohibir, per exemple, l'abastament de biomassa forestal procedent de boscos primaris i limitar-la als boscos amb una elevada biodiversitat per garantir que no s'interfereix en les finalitats de protecció de la natura.

La proposta també inclou criteris de reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a les instal·lacions existents i amplia l'àmbit d'aplicació dels criteris de sostenibilitat i reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per abastar les instal·lacions de producció d'electricitat, calefacció o refrigeració amb una capacitat igual o superior a 5 MW tèrmics, en el cas dels combustibles sòlids derivats de la biomassa, i de 2 MW tèrmics en el cas dels combustibles gasosos derivats de la biomassa.

Més enllà d'aquestes limitacions creixents del marc legislatiu de la Unió Europea, la utilització energètica de la biomassa no serà prioritària a Catalunya en front de la producció d'aliments i de materials, deguda a la política agrícola de la Generalitat de Catalunya, i no es contemplen els conreus energètics avançats en l'horitzó de l'any 2050. Es preveu que es faci un ús energètic de la biomassa en l'entorn d'on es produeixi el recurs o ja s'estigui utilitzant tradicionalment. Aquesta opció evitarà costos de transformació i transport, i, en general, serà la millor opció des del punt de vista cost-eficient.

Així, es preveu que la biomassa es continuarà utilitzant per a usos tèrmics en els sectors residencial i dels serveis, principalment en calefacció i també per a la generació d'aigua calenta sanitària, però amb una presencia molt reduïda, de l'ordre del 6,3 % l'any 2050 (inclou el biogàs).

També es preveu una utilització de la biomassa per a usos tèrmics en els processos industrials, en els sectors més propers a l'obtenció i gestió d'aquests recursos, com poden ser els sectors de la fusta, el suro i els mobles, el sector agroalimentari, el sector del ciment, o el sector de la calç i el guix, però que, en el conjunt del consum final del sector, representen un percentatge insignificant.

En la PROENCAT 2050 no es contempla la generació elèctrica amb biomassa, només amb algunes excepcions relacionades amb la producció de biogàs o la hibridació d'instal·lacions solars termoelèctriques, en les quals pugui ser una opció cost-eficient, però es considera una opció testimonial.

Els gasos renovables d'origen biològic, i especialment el biogàs (obtingut a patir de residus orgànics), tindran un paper significatiu en l'aprofitament energètic dels residus de biomassa a Catalunya. Aquests gasos formen part de la solució per al desenvolupament de l'economia circular i per assolir la neutralitat climàtica el 2050, especialment en el curt i mitjà termini.

Es preveu que el biogàs s'utilitzarà tant en processos de combustió en els mateixos llocs on es produeixi, però també en ubicacions properes, mitjançant la distribució amb gasoductes locals no integrada en el sistema gasístic o en ubicacions més llunyanes, mitjançant l'*upgrading* a biometà i la posterior injecció en la xarxa pública de gas de Catalunya.

Aquest biometà també es podria utilitzar en el transport per carretera, fonamentalment, durant el procés d'electrificació que preveu la PROENCAT 2050 del consum final d'energia, en general, i del consum d'energia en el sector dels transports, en particular.

4.17. Fer un ús selectiu de l'hidrogen renovable

L'hidrogen renovable forma part de la solució per assolir la neutralitat climàtica el 2050 i desenvolupar cadenes de valor industrials innovadores i una economia verda d'alt valor afegit. L'hidrogen renovable està cridat a ser un valuós vector energètic per a usos finals en les aplicacions que presentin més dificultats d'electrificació i on sigui la solució més eficient en el procés de descarbonització, com ara en la indústria intensiva en la utilització d'hidrogen, ja sigui com a matèria primera o com a combustible, en alguns processos industrials d'alta temperatura, especialment en els forns, en el transport terrestre pesat de llarga distància o en el transport aeri i marítim, si se superen les grans incerteses que hi ha en aquests moments sobre la viabilitat d'utilitzar-lo en aquests sectors. A més, pot tenir un rol important com a instrument per a l'emmagatzematge energètic estacional.

Per a la utilització de l'hidrogen renovable a Catalunya cal crear un entorn favorable per a l'oferta i la demanda d'aquest tipus d'hidrogen. En la primera fase de desplegament, cal prioritzar els «valls o clústers d'hidrogen», on es concentri especialment la producció, la transformació i el consum aprofitant les economies d'escala, així com el desenvolupament de projectes pilot vinculats a l'aplicació en processos industrials i en el transport terrestre pesant de mercaderies a llargues distàncies.

La indústria que utilitza hidrogen com a matèria primera (refinatge de petroli, fertilitzants i productes químics, siderúrgic, entre d'altres) té un gran potencial per impulsar la producció d'hidrogen renovable a mitjà termini, però cal fomentar altres usos finals per a l'hidrogen en aquelles àrees on l'electrificació no sigui la solució més eficient o no sigui tècnicament possible a mitjà i llarg termini.

En la PROENCAT 2050 no es contempla un ús massiu i generalitzat de l'hidrogen renovable, perquè es considera que la cadena de transformacions de l'hidrogen verd necessària per a la seva utilització és

molt més llarga i, en conjunt, menys eficient que l'ús directe de l'electricitat generada amb energies renovables per a la majoria d'aplicacions.

No obstant, hi algunes aplicacions per les quals l'hidrogen verd podria ser una opció viable des del punt de vista de l'anàlisi de cost-eficiència. Els usos principals de l'hidrogen verd previstos seran, en primer lloc, la substitució de l'hidrogen gris (produït a partir de gas natural) en usos actuals o nous usos de futur associats a processos industrials i, en segon lloc, la utilització com a combustible en usos tèrmics industrials i del sector del transport terrestre, on l'alternativa de l'electrificació actualment es preveu de difícil aplicació.

Cal tenir en compte que una introducció significativa generalitzada de l'hidrogen verd en el conjunt de la demanda d'energia final de Catalunya requeriria un increment molt notable de la potència elèctrica instal·lada d'energies renovables, si es vol respectar el principi de la sobirania energètica de Catalunya amb energies renovables. A més, hi hauria un fort increment de l'ús de materials i de territori, i serien necessàries unes fortes inversions per adequar les infraestructures de gas natural actuals per al transport i distribució d'hidrogen verd i per construir nous hidroductes, que tindrien una utilització molt reduïda si l'evolució de la competitivitat de les tecnologies de l'hidrogen respecte de les tecnologies elèctriques manté la tendència actual, favorable a l'opció elèctrica.

Per tant, en la PROENCAT 2050 es preveu una utilització selectiva de l'hidrogen verd en les aplicacions que li són més favorables i que el fan més competitiu. En conseqüència, es preveu una producció d'hidrogen verd *in situ* o de proximitat en hubs industrials d'alt consum potencial i no es preveu la construcció d'hidroductes, excepte els de tipus local associats a demandes significatives.

Malgrat això, les incerteses actuals sobre el futur de l'hidrogen fan aconsellable que Catalunya participi en el desenvolupament de les tecnologies associades a la seva producció, transport i utilització i del coneixement associat, perquè pot ser un camp amb bones perspectives de futur des del punt de vista tecnològic, econòmic i de la creació de llocs de treball.

Catalunya té l'oportunitat d'assolir un bon posicionament en desenvolupament de tecnologies de producció i aprofitament de l'hidrogen renovable, impulsant la cadena de valor de l'hidrogen amb la creació de clústers tecnològics i projectes pilot a escala regional, i fomentant la innovació industrial.

Per aconseguir-ho, cal aprofitar el marc creat per l'Estratègia Europea de l'Hidrogen, que té l'objectiu d'impulsar la producció d'un milió de tones d'hidrogen renovables l'any 2024 i 10 milions de tones l'any 2030, en el conjunt de la Unió Europea, i de l'Hoja de Ruta del Hidrógeno, aprovada pel Govern de l'Estat espanyol.

4.18. Aprofitar la transició energètica per al desenvolupament empresarial i la creació de llocs de treball de qualitat

La transició energètica cap a la neutralitat climàtica suposa una veritable revolució econòmica, social i mediambiental que comportarà, entre d'altres, una transformació profunda dels nostres sectors

productius. La profunda descarbonització impulsada per la Unió Europea afectarà tots els sectors de l'economia catalana, així com les nostres relacions comercials amb la resta del món. La descarbonització profunda no només determinarà què produïm i com ho produïm, sinó també què consumim i com ho consumim. Tal i com es proposa a la PROENCAT 2050, en el nucli de la transició, l'estructura del nostre sistema energètic evolucionarà de manera radical, passant d'un model energètic fòssil i nuclear centralitzat a un nou model basat en l'eficiència energètica i les energies renovables, descentralitzat i centrat en la producció autòctona, la qual cosa permetrà reduir al mínim la nostra dependència de les importacions d'energia.

La transició ecològica brinda una gran oportunitat a la indústria europea i catalana, en tant que permetrà liderar el desenvolupament de mercats de noves tecnologies i productes nets. Així, aquesta transició ofereix l'oportunitat d'expandir l'activitat econòmica sostenible i intensiva en la creació d'ocupació. Hi ha als mercats mundials un considerable potencial de desenvolupament de tecnologies de baixes emissions i de productes i serveis sostenibles amb llocs de treball sostenibles, locals i ben remunerats. En aquest context, l'aposta per l'economia circular ofereix també un gran potencial addicional de creació d'activitats i llocs de treball nous.

La transició ecològica estimularà el creixement de nous sectors econòmics. Segons dades de la mateixa Unió Europea, l'«ocupació verda» ja representa quatre milions de llocs de treball a la Unió. La inversió addicional en la modernització industrial, la transformació energètica, l'economia circular, la mobilitat neta, la infraestructura associada a l'electrificació, i l'ús de combustibles renovables i la bioeconomia necessaris per assolir la neutralitat climàtica crearan noves oportunitats d'ocupació locals i d'alta qualitat. Les accions i les polítiques per assolir els objectius climàtics i energètics de la Unió Europea per al 2020 ja han aportat entre l'1 % i l'1,5 % de la mà d'obra de la Unió, i aquesta tendència continuarà.

Cal tenir present, no obstant, que mentre que el nombre de llocs de treball augmenta en determinats sectors, com ara el sector de la construcció, el sector primari o el sector de les energies renovables, aquesta transició resultarà difícil en altres sectors. Així, es veuran especialment afectats els àmbits econòmics que depenen de les activitats que s'espera que en el futur vagin en declivi o que s'hauran de transformar. Igualment, sectors que consumeixen molta energia, com l'acer, el ciment i els productes químics, així com la fabricació d'automòbils viuran un canvi cap a nous processos de producció que exigiran noves capacitats als treballadors.

Altres llocs de treball s'hauran de transformar i adaptar a la nova economia. La gestió del canvi exigeix que es tingui en compte que la força laboral es reduirà i envellirà a la Unió Europea i que serà reconvertida i formada amb noves capacitacions de manera creixent per raó dels canvis tecnològics, especialment la digitalització i l'automatització. Tot i que per a les petites i mitjanes empreses la transició representa una oportunitat, també genera problemes específics que han de ser abordats, com és l'accés a les capacitats i al finançament.

Així, la composició de l'ocupació entre sectors i subsectors es veurà afectada de manera significativa. La transició amb baixes emissions de carboni suposarà un augment significatiu de la facturació dels sectors implicats en les energies renovables

i l'eficiència energètica, amb augments de llocs de treball associats.

La generació de llocs de treball és un element clau que ha de formar part de les respostes en curs i de futur als desafiaments plantejats per les crisis econòmica i energètica. Les experiències a la Unió Europea i a la resta del món mostren el gran potencial de creació d'ocupació de les noves polítiques energètiques basades en l'estalvi i l'eficiència energètica, i en les energies renovables, tant en la producció d'equips com en la instal·lació, la gestió i el manteniment de les instal·lacions. La clau d'aquesta capacitat de generació de feina és la intensitat més gran del factor treball en aquestes activitats, ja que es calcula que, amb igualtat d'inversió, les energies renovables generen el doble de llocs de treball respecte de les energies fòssil i nuclear, i, a més, la majoria d'aquests llocs de treball són d'àmbit local. El mateix passa amb els llocs de treball relacionats amb l'eficiència energètica. Una característica particular és que la inversió en eficiència energètica és comparativament favorable per a la creació d'ocupació local, sovint associada a activitats del sector de la construcció.

Per tot això, es planteja la necessitat de dur a terme una estratègia específica a Catalunya, integrada amb la resta d'estratègies de la PROENCAT 2050, per tal de desenvolupar un teixit empresarial al voltant de la transició energètica cap a la neutralitat climàtica del nostre país, en el marc de les polítiques europees en aquest àmbit. La indústria i el sector empresarial català estan disposats a participar-hi, però necessiten previsibilitat i un marc regulador coherent, accés a les infraestructures i suport a la innovació.

Catalunya ha de saber aprofitar la solidesa de les estratègies de futur de què disposa en matèria de política energètica fixades a la PROENCAT 2050, amb un full de ruta ben clar i precís, que contribueixi a potenciar un sector energètic que ha de tenir un paper clau a l'hora d'endegar les transformacions que necessita l'economia catalana per sortir de la crisi i assegurar el creixement de futur, i, al mateix temps, lluitar contra el canvi climàtic.

Un dels objectius essencials serà estimular el desenvolupament de mercats pioners de productes i serveis climàticament neutres i circulars. Per això, dins d'aquesta estratègia, la política energètica que ha de desenvolupar l'Administració catalana vetllarà perquè la transició energètica promogui el creixement d'un nou sector empresarial energètic a Catalunya mitjançant la consolidació d'una indústria pròpia de tecnologia en energies renovables, la reconversió d'indústries com la de l'automoció, tot aprofitant les oportunitats que suscita la mobilitat sostenible, principalment els vehicles elèctrics, les possibilitats que obren la descarbonització dels sectors consumidors d'energia, les noves tecnologies d'emmagatzematge d'energia elèctrica o l'aposta per empreses i serveis lligats als àmbits d'estalvi i eficiència energètica, d'energies renovables i de la digitalització de l'energia. L'impuls a l'economia circular farà que sorgeixin noves oportunitats, per exemple, al voltant de la segona vida de les bateries i de nous models de negoci orientats a la recuperació i valorització dels residus procedents de l'emmagatzematge energètic.

En el sector dels edificis, la construcció d'edificis de consum d'energia gairebé nul i emissions zero, i la rehabilitació energètica dels edificis existents comportarà la necessitat de mà d'obra qualificada i nova activitat en el desenvolupament tecnològic en els materials del sector de la construcció d'edificis; de l'anàlisi del cicle de vida i de l'energia embeguda en aquests materials, i en el disseny, la fabricació, la gestió i el

manteniment de nous equipaments de consum d'energia.

Aquestes iniciatives poden convertir el sistema energètic en un potent motor de creixement. En aquest sentit, l'impuls de la competitivitat de l'energia ha de contemplar tots els factors que poden incidir-hi amb una perspectiva àmplia i transversal: innovació, capital humà, infraestructures, emprenedoria, etc.

En un marc del comerç internacional global, cal focalitzar els esforços pel desenvolupament empresarial cap a la potenciació de les capacitats existents del teixit productiu per tal que s'aportin solucions competitives a les noves necessitats. Cal aprofitar, no només la millora de funcionalitats i l'eficiència de les solucions.

Aquest nou sector empresarial energètic a Catalunya s'ha de basar en la creació de noves empreses amb alt potencial de creixement i de millora en el posicionament internacional de Catalunya en l'àmbit del coneixement i l'R+D+i en les tecnologies energètiques clau en els propers anys i que permetin augmentar les exportacions de tecnologies i/o serveis energètics avançats.

Pel que fa a l'estructura i al gruix empresarial, la transició energètica a Catalunya requereix un teixit empresarial potent al llarg de tota la cadena de valor del sector energètic. Cal disposar d'empreses en generació d'energia però també en la indústria de béns d'equipament energètic i en els serveis destinats a la generació d'energia elèctrica distribuïda, i l'estalvi i l'eficiència energètica. Aquestes empreses han de ser de totes les mides: grans empreses i pimes, però també un gruix empresarial d'empreses joves, dinàmiques, que aprofitin les oportunitats que sorgeixen en l'actualitat i que sorgiran en el futur.

Així, les estratègies de la Generalitat de Catalunya en aquest àmbit han de contribuir activament a consolidar el sector de l'energia com a oportunitat de desenvolupament econòmic i de reconversió i creació de feina qualificada i de qualitat, en especial pel que fa referència al desenvolupament de noves línies de negoci associades a la transició energètica en l'àmbit de l'estalvi i l'eficiència energètica, les energies renovables, l'emmagatzematge d'energia elèctrica i l'economia circular.

La Generalitat de Catalunya ha de liderar i/o participar conjuntament amb el sector privat en el desenvolupament de projectes estratègics que facilitin la col·laboració entre les empreses per aconseguir un sector energètic que generi ocupació, més competitiu, innovador i que no produeixi externalitats negatives, incloent-hi els instruments de suport a les *start-up*.

D'altra banda, cap tenir present que la transició ecològica només pot tenir èxit si compta amb la mà d'obra qualificada que necessita per seguir sent competitiva. L'educació i la formació són fonamentals per impulsar la conscienciació i les capacitats per a l'economia verda. També cal facilitar el desenvolupament de compromisos per a la reconversió i la millora dels coneixements professionals en tots els ecosistemes industrials.

4.19. Descarbonitzar els edificis i els serveis no associats a edificis. Edificis de consum gairebé nul (NZEB) i edificis de zero emissions. Rehabilitació generalitzada del parc d'edificis existents

Cal assegurar que les polítiques urbanístiques i d'ordenació del territori siguin coherents amb

els principis de la transició energètica i, en particular, impulsar la implantació de mesures d'estalvi i eficiència energètica i de producció d'energia elèctrica renovable en l'edificació amb l'objectiu que a l'horitzó de l'any 2050 la totalitat dels edificis de Catalunya siguin d'emissions zero, d'acord amb la modificació de la Directiva d'eficiència en els edificis que ha presentat la Comissió Europea en el marc del paquet legislatiu «Fit for 55». En aquesta proposta també s'inclou l'obligació que tots els edificis nous siguin d'emissions nul·les a partir de l'any 2030 i, si són edificis públics, a partir del 2027.

La minimització del consum energètic en la fase operativa dels edificis ha de ser un dels objectius principals en el disseny dels edificis. El disseny d'un nou edifici ha de reduir les necessitats de climatització mitjançant un bon aïllament de la pell de l'edifici, però també ha de maximitzar les aportacions naturals i ha d'afavorir l'aprofitament de les energies renovables que capten de manera eficient i garantir unes adequades condicions d'habitabilitat.

En la fase de disseny cal tenir present també la minimització del contingut energètic de la construcció dels edificis, amb una visió global d'anàlisi del cicle de vida. En aquest sentit, cal fomentar l'ús de tecnologies aplicades al món de l'edificació, com ara el disseny Building Information Modeling (BIM), tant per als nous edificis com per a rehabilitacions, i eines d'avaluació d'impacte ambiental com l'anàlisi del cicle de vida per contribuir a la reducció del consum d'energia incorporat en els materials.

És molt important impulsar la promoció i incorporació de matèries primeres renovables i d'origen natural (com fusta i suro) en els edificis nous, com a estratègies que contribuiran a la descarbonització del sector de l'edificació.

En el cas dels edificis existents, cal desenvolupar actuacions per a la millora de l'eficiència energètica mitjançant l'impuls decidit a la rehabilitació energètica d'edificis. En la proposta de modificació de la Directiva d'eficiència energètica en els edificis abans esmentada, es preveu centrar els esforços en els edificis que tenen una eficiència energètica més baixa i establir unes obligacions de millora de la seva qualificació energètica. Així, els edificis públics i no residencials de classe G hauran de millorar a classe F l'any 2027 i a classe E l'any 2030, i els edificis residencials de classe G hauran de millorar a classe F l'any 2030 i a classe E l'any 2033.

La major part dels edificis existents a Catalunya no són energèticament eficients: un 60 % del parc existent es va construir abans del 1980 i, malgrat que des de l'any 1977 ja existien les normes bàsiques de l'edificació, molts d'aquests edificis i dels que es van construir després són ineficients des d'un punt de vista energètic, amb les normes de construcció vigents actualment. Segons les dades de la certificació d'eficiència energètica d'edificis a Catalunya, el 34 % dels edificis certificats tenen una qualificació energètica F o G, i el 51 % tenen la qualificació E.

Pel que fa a la Unió Europea, només l'11 % del parc immobiliari és objecte d'un cert nivell de renovació cada any. Tot i això, en molt poques ocasions les obres de renovació aborden el rendiment energètic dels edificis. La taxa de renovació energètica anual ponderada és baixa, al voltant de l'1 %. A la Unió, les renovacions profundes que redueixen el consum d'energia almenys en un 60 % només es fan anualment al 0,2 % del parc immobiliari i, en algunes regions, les taxes de renovació energètica són pràcticament inexistents. A Catalunya, la situació no és gaire diferent, i la majoria dels edificis que hi ha avui en dia seguiran dempeus l'any 2050.

L'objectiu de la rehabilitació energètica d'edificis no és només reduir les factures d'energia i les emissions, sinó també crear moltes oportunitats i generar beneficis socials, ambientals i econòmics de gran abast. Amb la mateixa intervenció, es poden assolir uns edificis més sans, més ecològics, més accessibles, resilients a successos naturals extrems, interconnectats dins una xarxa local de calor i fred, i equipats amb punts de recàrrega per a l'electromobilitat i l'estacionament de bicicletes. Els edificis intel·ligents poden proporcionar dades essencials per a la planificació i els serveis urbans.

En aquest context, la Comissió Europea va aprovar una estratègia per desencadenar una onada de renovació d'edificis a per a la Unió Europea (COM(2020) 662 final), en el marc del Pacte Verd Europeu, mitjançant l'eliminació dels obstacles persistents a la renovació energètica i eficient en l'ús dels recursos, el suport a noves inversions durant un període de temps prolongat (començant amb els edificis públics i menys eficients), la incentivació de la digitalització i la creació d'oportunitats d'ocupació i creixement a tota la cadena de subministrament de la renovació.

L'Estat espanyol, donant compliment a la transposició de l'article 2 bis de la Directiva (UE) 2018/844, que modifica les Directives 2010/31/UE (relativa a l'eficiència energètica dels edificis) i 2012/27/UE (relativa a l'eficiència energètica), ha aprovat l'actualització de l'Estratègia a llarg termini per a la rehabilitació energètica al sector de l'edificació a Espanya (ERESEE 2020), per donar suport a la renovació del parc d'edificis residencials i no residencials, tant públics com privats, i transformar-los en parcs immobiliaris amb alta eficiència energètica i descarbonitzats abans del 2050, facilitant la transformació econòmicament rendible dels edificis existents en edificis de consum d'energia gairebé nul en primera instància i d'emissions zero posteriorment.

Els esforços en la rehabilitació energètica d'edificis s'han de centrar en la millora del comportament tèrmic de la pell de les edificacions i la millora de l'eficiència energètica de les instal·lacions. Així, a partir de la certificació energètica d'edificis, establirà obligacions de rehabilitació per als edificis més ineficients energèticament. En la projecció de la PROENCAT 2050 s'ha previst que l'any 2030 el 12,5 % del parc d'habitatges hauria estat objecte d'una rehabilitació profunda i que l'any 2050 aquest percentatge augmentarà fins al 50 %.

Pel que fa a l'equipament consumidor d'energia dels edificis, cal utilitzar instruments com l'establiment i l'exigència de normes de disseny i funcionament eficient, la renovació dels equips de consum energètic i l'etiquetatge energètic dels productes. També caldrà contemplar la instal·lació de punts de recàrrega de vehicle elèctric i d'emmagatzematge d'energia elèctrica en edificis. Igualment, i aprofitant la digitalització del sector de l'energia, s'ha d'avançar en el desenvolupament de sistemes de gestió integral automatitzada dels edificis.

La digitalització de la xarxa elèctrica permetrà treure el màxim rendiment de les instal·lacions; gestionar la recàrrega elèctrica intel·ligent dels vehicles elèctrics establint sinergies amb la producció, l'emmagatzematge i el consum en els edificis; compartir la producció entre els diversos usuaris o consumidors d'edificis veïns; facilitar informació als consumidors sobre els seus comportaments, perfils i hàbits de consum energètic, i participar en els serveis d'ajust del sistema elèctric.

També s'ha d'abordar la descarbonització a llarg termini vinculada als consums

energètics dels processos específics del sector serveis diferents dels consums energètics dels edificis, tenint en compte que la seva problemàtica tècnica, econòmica i mediambiental en relació a la reducció de gasos d'efecte hivernacle, tant d'origen energètic com no energètic, és diferent a la dels serveis associats als edificis.

En el sector dels serveis s'ha de fer la distinció entre els consums energètics lligats als edificis i els que no ho estan. Hi ha alguns subsectors del sector dels serveis els consums energètics dels quals no estan lligats intrínsecament als edificis o que estan relacionats majoritàriament als serveis que presten, com ara les estacions de depuració d'aigües residuals, les incineradores de residus sòlids urbans, les bugaderies industrials, els serveis TIC, etc. En aquests casos, de manera similar al sector industrial, en el qual els consums associats als edificis no són els més importants, cal centrar-se en els consums energètics associats a les seves activitats relacionades amb la prestació del servei.

4.20. Impulsar l'emmagatzematge d'electricitat (bombament i bateries)

L'aposta de la PROENCAT 2050 per les energies renovables autòctones per la generació d'electricitat i per l'electrificació de la demanda d'energia final necessita un sistema elèctric molt flexible per tal d'integrar les tecnologies de generació d'electricitat no gestionables (principalment, solar fotovoltaica, i eòlica terrestre i marina) de manera rendible i mantenint uns nivells adequats de seguretat de subministrament.

Els serveis d'ajust (balanç, no freqüència i restriccions tècniques) i la necessitat de desenvolupar mercats de capacitat prenen una rellevància molt gran en front d'una generació d'energia elèctrica renovable majoritàriament no gestionable en els diversos horitzons temporals (molt curt, curt, diari, setmanal i estacional).

Les principals solucions candidates d'aquests sistemes de flexibilitat són les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns, la gestió de la demanda, les tecnologies de generació d'electricitat gestionables i flexibles, i l'emmagatzematge.

L'emmagatzematge aportarà flexibilitat en tots els terminis: el temps de descàrrega típic de les bateries es mesura en hores; el de la hidroelèctrica de bombament, d'hores a dies; el de la hidroelèctrica de regulació, d'hores a mesos, i, en alguns casos, el de les centrals amb embassaments més grans pot oferir períodes d'acumulació estacionals. Mentre que l'hidroelèctrica de bombament és clarament una tecnologia d'emmagatzematge, l'hidroelèctrica amb embassament té un paper més ambigu però en el llarg termini haurà de funcionar com una tecnologia d'emmagatzematge. Actualment, ambdós tipus de central funcionen en els mercats diari/intradiari i en els mercats de servei d'ajust. Finalment, la integració dels sistemes elèctrics, quan es veu com una solució d'emmagatzematge, té un temps de descàrrega que li permet contribuir a satisfer les necessitats de flexibilitat estacional.

Els sistemes d'emmagatzematge poden estar ubicats en diversos punts del sistema, oferint solucions diferents. L'autoconsum compartit i l'emmagatzematge darrere del comptador modificaran substancialment la gestió energètica dels consumidors d'electricitat (edificis, indústries, etc.), que es convertiran en clients actius o prosumidors,

i del conjunt del sistema elèctric. Els consumidors intercanviaran l'electricitat amb la xarxa de distribució de manera bidireccional i amb flexibilitat temporal gràcies a l'emmagatzematge. Això farà més complexa la gestió de l'energia d'aquests consumidors, cosa que farà necessari dedicar més recursos a la gestió energètica, ja sigui internament o mitjançant empreses de serveis energètics (ESE).

Dins de l'emmagatzematge darrere el comptador també s'ha de tenir en compte la utilització de les bateries dels vehicles elèctrics connectats a la xarxa. La prioritat per utilitzar l'energia emmagatzemada en les bateries dels vehicles elèctrics serà el funcionament del vehicle quan faci falta. Molt probablement, les bateries dels vehicles professionals o de transport de mercaderies contribuiran només d'una manera molt puntual a facilitar la gestió del sistema elèctric i en determinades situacions de risc. No obstant, també hi ha molts vehicles que no s'utilitzen amb la mateixa freqüència i que podrien posar a disposició del sistema la seva capacitat d'emmagatzematge si el marc tecnicoeconòmic ho afavoreix.

La PROENCAT 2050 fa un aposta per les dues principals tecnologies d'emmagatzematge d'electricitat actuals: les bateries i el bombament hidroelèctric. Així, preveu que l'any 2050 hi haurà instal·lada una capacitat d'emmagatzematge amb bateries de 3.500 MW, tant en sistemes d'emmagatzematge a gran escala com en sistemes petits, darrere el comptador.

En la PROENCAT 2050 s'han tingut en compte dos tipus de bateries electroquímiques. D'una banda, les bateries electroquímiques clàssiques, de caràcter altament modular i que es poden construir a partir d'una gran varietat de materials (base de liti, alta temperatura o base de sodi, plom níquel, metall aire o níquel). És una tecnologia ja àmpliament estesa a escala mundial i connectada a la xarxa, i amb unes grans perspectives de futur.

D'altra banda, s'han tingut en compte les bateries de flux redox que presenten una àmplia varietat de combinacions d'electròlits, si bé les més desenvolupades són les basades en química del vanadi (VRFB), amb gran rapidesa de resposta de càrrega/descàrrega i amb un nombre de cicles de càrrega/descàrrega molt superior a altres tipus de bateries. És una tecnologia en evolució, amb un baix cost i una vida útil llarga, que la fa molt interessant per a aplicacions estacionàries, connectades a la xarxa de transport o distribució.

L'altra principal tecnologia d'emmagatzematge és el bombament hidroelèctric, una tecnologia ben coneguda i totalment madura. Tot i que ja hi ha instal·lacions d'aquest tipus a Catalunya (534 MW), la PROENCAT 2050 aposta per multiplicar per 7 aquesta capacitat, fins als 3.734 MW.

L'emmagatzematge d'energia mitjançant bombament és una de les tecnologies d'emmagatzematge més madures, i gràcies a la seva eficiència i flexibilitat està implantada a gran escala a tot Europa. Actualment, suposa més del 90 % de la potència d'emmagatzematge instal·lada a escala europea.

Les plantes de bombament requereixen condicions d'emplaçament molt específiques per ser viables, com ara una conformació adequada del terreny, la diferència d'elevació entre els embassaments i la disponibilitat d'aigua per a l'operació. Addicionalment, l'obra civil que requereixen pot presentar un elevat impacte ambiental. Per això hi ha un gran potencial de reaprofitament d'instal·lacions hidroelèctriques, mitjançant

l'agregació de nous sistemes de bombament, ja sigui entre dos embassaments existents, o entre un embassament existent i un nou embassament fora de la llera del riu. També hi ha la possibilitat d'implantar sistemes de bombament amb els dos embassaments nous.

Les centrals hidroelèctriques de regulació també tindran un paper en la gestió del sistema elèctric en el futur, especialment les que disposen de grans embassaments, de caràcter plurianual. Malgrat això, en la PROENCAT 2050 no s'ha previst la construcció de cap nova central hidroelèctrica degut a l'elevat aprofitament del seu potencial a Catalunya.

4.21. Adequar l'Administració de la Generalitat de Catalunya en l'àmbit energètic a les necessitats de la transició energètica

L'actuació i el capteniment de les Administracions públiques són fonamentals perquè es dugui a terme un canvi de paradigma energètic com el que és necessari en aquests moments. No només pels recursos públics que poden aportar per impulsar noves tecnologies o noves maneres de fer les coses, o per la capacitat de conscienciar els diferents actors envers la necessitat de la descarbonització.
La transició energètica abraça les activitats pròpies del cicle energètic, generació, transport, distribució, emmagatzematge i consum d'energia, alguns àmbits que en són propers, com el medi ambient, l'R+D+i i l'economia, i, també molts altres àmbits que tradicionalment no han estat tan propers però que hi estan totalment connectats, com, per exemple, la gestió del territori, l'agricultura i la ramaderia, la gestió forestal, la planificació hidrològica, la formació i el benestar social.

El Govern de la Generalitat de Catalunya ha de coordinar totes aquestes visions i sensibilitats diferents perquè totes són necessàries per aconseguir la transició cap a la neutralitat climàtica i donar a la problemàtica energètica la importància estratègica que ha de tenir en el marc de la seva acció de govern.

Sense una acció decidida, coordinada, eficaç i eficient per part de la Generalitat de Catalunya, la transició energètica no es produirà, es produirà amb retard o no serà completa. Per tant, és imprescindible adequar l'estructura, els recursos i el funcionament de la Generalitat de Catalunya al repte de la transició energètica.

Hi ha tres aspectes clau en aquesta estratègia, que es comenten a continuació:

Impuls a la Comissió Interdepartamental del Canvi Climàtic

L'Administració de la Generalitat ja disposa d'un organisme per facilitar la transversalitat de les polítiques relacionades amb l'àmbit de l'energia, la Comissió Interdepartamental del Canvi Climàtic. Cal impulsar el funcionament d'aquest organisme i donar-li el pes polític que necessita per realitzar una tasca tan rellevant en la transició cap a la neutralitat climàtica.

Les accions a desenvolupar en el marc d'actuació de l'energia i el canvi climàtic requereixen en molts casos una intensa coordinació interdepartamental. A tall d'exemple, se'n poden esmentar les següents: l'assoliment d'una mobilitat més sostenible, la construcció o rehabilitació d'edificis que incorpori criteris d'estalvi i eficiència energètica

i d'introducció d'energies renovables, una planificació territorial que redueixi la dependència energètica i afavoreixi la reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, una gestió de la biomassa que integri el seu aprofitament energètic en la política forestal o les accions exemplaritzants de la Generalitat de Catalunya en el conjunt d'equipaments i serveis públics per tal d'incorporar l'estalvi i l'eficiència energètica, la introducció d'energies renovables i la reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.

Simplificació administrativa

Actualment, la tramitació administrativa dels projectes en general i d'aprofitament de les energies renovables en particular té una durada excessivament llarga i és especialment preocupant a Catalunya, on és massa habitual que la tramitació administrativa dels projectes superi els 8 anys. Això genera una incertesa molt gran, perquè els projectes queden aturats en una espècie de llim del qual no se sap quan sortiran.

Quan es diu que hi ha la necessitat de posar en marxa una simplificació administrativa no es fa referència, només, al fet que els procediments siguin el més simples possible, sinó que també vol dir que siguin àgils i durin el menor temps possible.

El retard en l'execució dels projectes suposa l'encariment de la promoció. Hi ha un risc de tramitació administrativa, lligat a terminis o tràmits que dilaten o generen incertesa en l'obtenció de permisos sense aportar necessàriament millores o garanties de tipus ambiental o social, o d'adaptació al territori.

En aquests moments en què s'està donant un fort impuls a la transició energètica i que s'estan fixant objectius cada vegada més agosarats en terminis més curts, aquesta realitat és molt preocupant i una de les barreres més importants per aconseguir els objectius marcats.

D'altra banda, els procediments administratius actuals no es troben, en general, adaptats i dissenyats per contemplar el desplegament d'instal·lacions híbrides on convisquin diverses tecnologies de generació d'energia renovable que posin en valor les oportunitats per a la integració al territori que suposen noves tecnologies o models d'organització.

Per tant, cal millorar els procediments administratius amb l'objectiu d'agilitzar els projectes i evitar als promotors càrregues innecessàries. S'han de revisar la tramitació de projectes d'instal·lacions renovables noves (projectes híbrids, per abocament a xarxa o autoconsum, impacte sobre el territori) i les barreres o els buits normatius que impedeixen la participació de les comunitats d'energies renovables, les comunitats ciutadanes d'energia i les comunitats de gasos renovables en el sistema.

És evident que per agilitzar els procediments administratius és imprescindible que l'Administració de la Generalitat estigui dimensionada adequadament per assolir el repte de la transició energètica. Cal assegurar que els recursos econòmics i, sobretot, els recursos humans de què disposa l'Administració siguin els adients tant en quantitat com en especialització.

La simplificació administrativa també ha d'arribar a les activitats d'R+D+i. Els tràmits burocràtics i les càrregues administratives poden resultar limitants i no faciliten una resposta àgil i efectiva davant els constants canvis i novetats que es produeixen en aquests camps. A més, aquestes barreres provoquen fugida de talents i de coneixement, en competir a escala

internacional amb universitats i centres de recerca amb més mitjans i finançament.

Les accions estratègiques que s'han tingut en compte són:

- Simplificació i agilització dels procediments administratius per a la concessió de les autoritzacions per a instal·lacions noves i per a la repotenciació de projectes existents.
- Actualització dels procediments administratius perquè incloguin la tramitació de projectes d'hibridació amb diverses tecnologies renovables.
- Desenvolupar mecanismes per a l'autorització administrativa de projectes de tipus experimental.

Actuació exemplaritzant de la Generalitat de Catalunya

Les administracions públiques i, en concret, l'Administració pública catalana han de servir d'exemple de bones pràctiques de gestió de l'energia davant els ciutadans i les empreses del país. Això implica introduir, com abans millor, criteris d'eficiència energètica i d'ús de les energies renovables en els procediments de licitació pública i realitzar inversions per renovar equips i modernitzar o rehabilitar edificis públics amb els criteris més exigents de sostenibilitat energètica, fins i tot més enllà de les obligacions ja establertes en aquests àmbits.

Les Administracions públiques han d'assumir una responsabilitat proactiva en matèria de promoció de l'eficiència energètica, tot liderant el procés de transició energètica cap a una economia descarbonitzada l'any 2050. A tall d'exemple, el Pla de Contractació Pública Ecològica i de l'Administració General de l'Estat fomenta l'ús de criteris d'estalvi i eficiència energètica en els procediments de contractació de béns, serveis i edificis per part de les administracions públiques.

En l'àmbit de la Unió Europea, la proposta de Directiva COM(2021) 558 final, que modifica la Directiva d'eficiència energètica, estableix clarament que el sector públic ha de liderar la millora de l'eficiència energètica i que el consum total d'energia final de tots els organismes públics en conjunt es redueixi almenys en un 1,7 % cada any, en comparació amb el consum corresponent a dos anys abans que aquesta Directiva entri en vigor. Pel que fa als edificis públics, aquest esborrany de directiva proposa que cada any es renovi el 3 % de la superfície dels edificis propietat dels organismes públics, de manera que es converteixin en edificis de zero emissions.

Així mateix, la Directiva (UE) 2019/1161, per la qual es modifica la Directiva 2009/33/CE relativa a la promoció de vehicles de transport per carretera nets i energèticament eficients, obliga els poders adjudicataris de les Administracions públiques a disposar d'un nombre mínim de vehicles nets a les seves flotes.

Una altra possibilitat de les Administracions públiques de donar impuls a la transició energètica és la compra pública de tecnologia innovadora (CPTI), que consisteix en la compra d'un bé o servei que no existeix al moment de l'adquisició, però que es pot desenvolupar en un període de temps raonable.

Aquesta compra requereix el desenvolupament de tecnologia nova o millorada per complir els requisits demanats per l,adquirent. La compra pública precomercial (CPP) és una contractació de serveis de recerca i desenvolupament, íntegrament remunerada

per l'entitat contractant, caracteritzada pel fet que el comprador públic no es reserva els resultats de l'R+D per al seu propi ús en exclusiva, sinó que comparteix amb les empreses els riscos i beneficis de l'R+D necessària per desenvolupar solucions innovadores que superin les que hi ha disponibles al mercat.

Cal que la Generalitat de Catalunya també impulsi iniciatives semblants mitjançant la difusió d'informació, models de plecs i licitacions, i manuals de bones pràctiques. Una acció clau a desenvolupar per assolir els objectius proposats en aquest àmbit és la centralització de la gestió energètica dels seus edificis i instal·lacions, afavorint i dinamitzant el mercat de les empreses de serveis energètics orientades als estalvis energètics. Així, es proposa l'existència d'un interlocutor únic per a la gestió energètica a la Generalitat de Catalunya, que centralitzi la coordinació i supervisió de totes les tasques que duu associades.

També serà una acció clau el màxim desenvolupament del potencial dels edificis de la Generalitat de Catalunya per a l'aprofitament de les energies renovables, especialment la generació d'electricitat amb sistemes fotovoltaics. També fora convenient que un únic organisme fos l'encarregat de dur a terme aquesta iniciativa.

Les accions estratègiques que s'han tingut en compte en la PROENCAT 2050, són:

- Disseny i implementació de nous acords marc de compra d'energia 100 % renovable, així com introducció de sistemes d'autoconsum renovable en edificis públics.
- Anàlisi del disseny i la implementació de subhastes centralitzades per a la compra d'electricitat d'origen renovable a llarg termini, provinent de noves instal·lacions.
- Ajuts per a la compra pública de tecnologia innovadora.
- Ajuts per a la compra pública precomercial.
- Creació d'un gestor energètic únic dels edificis de la Generalitat de Catalunya (ICAEN).
- Creació d'una empresa pública per al desenvolupament del potencial de generació d'energies renovables en els edificis de la Generalitat de Catalunya.

4.22. Creació de l'observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica

Cal que la Generalitat de Catalunya disposi d'un sistema de guaita que faci el seguiment, l'anàlisi i la previsió de les variacions dels principals factors que influeixen en el sistema energètic català i en la transició cap a la neutralitat climàtica. Per dur a terme aquesta tasca, es proposa la creació d'un observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica, que tindrà diversos àmbits d'actuació.

En primer lloc, l'objectiu d'aquest observatori és fer el seguiment del desenvolupament del marc regulatori que afecta d'alguna manera la transició cap a la neutralitat climàtica i participar en aquest desenvolupament normatiu d'una manera activa. Un sistema de guaita ha d'incorporar el seguiment de l'evolució del marc regulatori, ja que la transició vers la neutralitat climàtica es desenvoluparà en un escenari objectiu de tipus normatiu, en el qual els objectius a assolir i les principals estratègies i mesures per assolir-los estaran determinats, en gran

mesura, pel marc normatiu, tant en l'àmbit de la Unió Europea i de l'Estat espanyol com en l'àmbit català. Un exemple dels canvis que es poden produir en el marc regulatori, i que cal seguir, és el paquet «Fit For 55», que incrementa els objectius de reducció d'emissions GEH fins al 55 % respecte de l'any 1990.

D'altra banda, l'evolució preocupant de la concentració de GEH a l'atmosfera, que augmenta de manera sostinguda amb uns efectes sobre el clima cada vegada més importants, i l'impacte de la guerra d'Ucraïna sobre la seguretat de subministrament, que ha fet evident la necessitat de reduir la dependència energètica de la Unió Europea, poden fer que es produeixi un avançament en l'objectiu d'assolir la neutralitat climàtica, abans de l'any 2050. Cal estar preparat per anticipar-se a aquests canvis normatius, que poden abraçar tant aspectes energètics com altres no relacionats amb l'energia, per participar-hi activament i amb coneixement, per traslladar-los de la manera més ràpida possible a la realitat de la societat catalana.

En segon lloc, l'observatori ha de fer un seguiment exhaustiu de l'evolució dels paràmetres tecnicoeconòmics de les tecnologies energètiques, especialment de les que es consideren claus per a la transició energètica i per aconseguir la neutralitat climàtica. Aquest seguiment ha d'incloure una mirada a llarg termini que ha de contemplar l'elaboració d'una prospectiva tecnològica centrada, també, en les tecnologies que més poden contribuir a la transició energètica. La prospectiva tecnològica es tindrà en compte en les revisions periòdiques de la PROENCAT i dels corresponents plans d'acció.

Finalment, l'observatori farà el seguiment de la transició energètica i l'evolució real de Catalunya cap a la neutralitat climàtica mitjançant l'avaluació del compliment de les estratègies a llarg termini i de la planificació vigent en cada moment i fent recomanacions de revisar-les si l'evolució no és l'adequada.

S'ha de fer un seguiment i una actualització de les estratègies energètiques a llarg termini de Catalunya (la PROENCAT), de la planificació a mitjà termini en l'àmbit energètic (els Plans de l'Energia de Catalunya (PEC)) i de la programació energètica que es vagi aprovant mitjançant els plans d'acció a curt termini d'una manera coordinada i coherent amb les revisions de les estratègies i els plans d'acció estatals i europeus. Per tant, cal un mecanisme de control i seguiment que contempli les evolucions de l'entorn a escala mundial, europea, espanyola i catalana, per tal d'adequar les estratègies a llarg termini i la planificació, si s'escau, a les variacions d'aquests entorns.

Per fer aquest seguiment cal analitzar les evolucions de les principals variables que defineixen el sistema energètic català, internes i externes, a partir d'un conjunt d'indicadors que facilitin l'avaluació qualitativa i quantitativa de l'evolució cap a l'objectiu global de la transició cap a la neutralitat climàtica i cap als objectius en cadascun dels sectors i àmbits definits en la planificació.

Per coherència amb les revisions de les estratègies i la planificació d'àmbit estatal i de la Unió Europea, la PROENCAT es revisarà cada 10 anys o quan sigui necessari perquè s'hagin produït canvis significatius en l'escenari normatiu o en les projeccions a futur a escala internacional o interna de Catalunya.

Coincidint amb les revisions dels PNIEC, els Plans de l'Energia de Catalunya (PEC)

s'actualitzaran també cada 10 anys. No obstant, és convenient fer una revisió en profunditat a la meitat d'aquest període, o sigui, cada 5 anys.

En paral·lel als informes de situació del Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima, que els estats membres hauran d'elaborar cada 2 anys, es realitzaran uns informes de seguiment del compliment dels objectius dels Plans de l'Energia de Catalunya cada 2 anys.

Per fer aquest seguiment i acomplir amb les obligacions d'elaboració d'informes recollides en el Reglament (UE) 2018/1999 sobre la governança de la Unió de l'Energia i l'Acció per al Clima, caldrà definir un conjunt d'indicadors adequat als diversos horitzons temporals.

En el marc d'aquestes revisions periòdiques de la PROENCAT i del PEC, l'observatori actualitzarà l'avaluació del potencial de les energies renovables i del potencial d'estalvi i eficiència energètica a Catalunya.

Per dur a terme aquestes tasques s'ha de posar en marxa l'observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica amb les competències i els recursos necessaris.

5

RESULTATS PRINCIPALS

5.1. Introducció

Tal com es mostra a la figura 5.1, el sistema energètic català es pot desglossar en tres subsistemes diferenciats (assenyalats en color taronja a la figura).

Sectors d'ús final de l'energia

És el conjunt dels sectors consumidors finals d'energia (primari, indústria, serveis, transport i domèstic), ja sigui per a usos energètics com no energètics. En total, l'any 2019 aquests consumidors van utilitzar 17.679,8 ktep[1] (el 69,7 % del consum d'energia primària de Catalunya), dels quals 14,446,7 ktep (el 56,9 % del consum d'energia primària) van ser en usos energètics i 3.233,1 ktep en usos no energètics (el 12,7 % del consum d'energia primària), fonamentalment per a la producció d'etilè i propilè per a la fabricació de primeres matèries plàstiques.

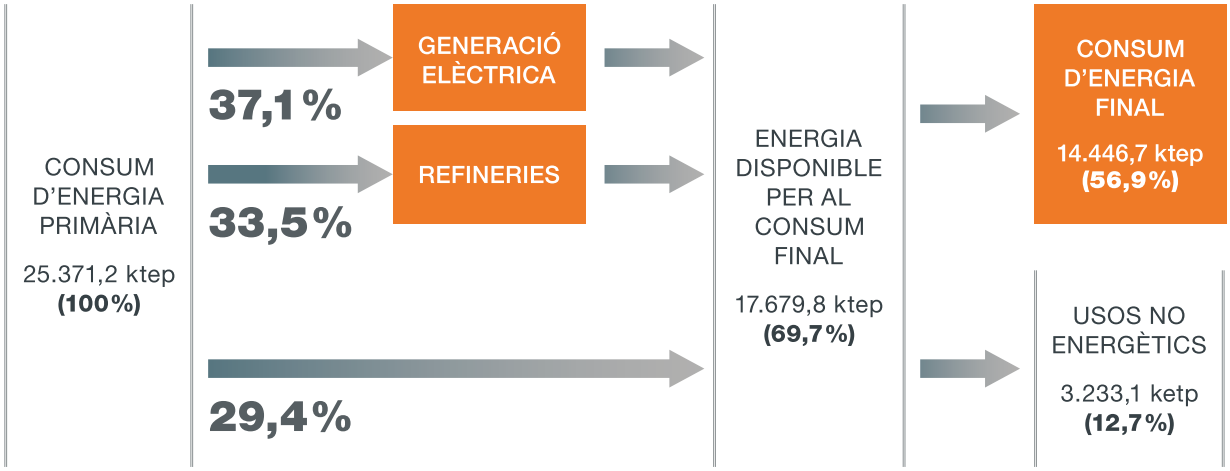
Cal recordar que, seguint les recomanacions de la metodologia de balanços energètics d'Eurostat i per permetre una comparació més fàcil amb les previsions energètiques de la Unió Europea, a la PROENCAT 2050 els consums d'energia associats a les plantes d'olefines catalanes s'han incorporat al consum d'energia del sector industrial, a diferència dels balanços energètics de Catalunya publicats per l'ICAEN, on aquests consums es troben a l'apartat relatiu a consums propis del sector energètic.

Sector de producció d'energia elèctrica

Inclou totes les centrals de producció d'energia elèctrica, ja sigui amb fonts d'energia fòssil, nuclear o energies renovables. L'any 2019 va utilitzar 9.405,3 ktep (el 37,1 % del consum d'energia primària de Catalunya) per produir 4.072,5 ktep d'energia elèctrica

[1] Cal recordar que, seguint les recomanacions de la metodologia de balanços energètics d'Eurostat i per permetre una comparació més fàcil amb les previsions energètiques de la Unió Europea, a la PROENCAT 2050 els consums d'energia associats a les plantes d'olefines catalanes s'han incorporat al consum d'energia del sector industrial a diferència dels balanços energètics de Catalunya publicats per l'ICAEN, on aquests consums es troben a l'apartat relatiu a consums propis del sector energètic.

FIGURA 5.1. ESQUEMA SIMPLIFICAT DEL SISTEMA ENERGÈTIC CATALÀ PER A L'ANY 2019



Sector de producció de combustibles per a usos energètics i no energètics a refineries i plantes d'olefines

És un sector de gran rellevància a Catalunya degut a l'existència del complex petroquímic de Tarragona, un dels més grans de tota la Mediterrània, que tracta al voltant dels 8.500 ktep anuals de productes energètics (el 33,5 % del consum d'energia primària de Catalunya).

La neutralitat climàtica requereix reconvertir cadascun d'aquests subsistemes cap a la neutralitat climàtica. És a dir, el repte és descarbonitzar el sistema de generació elèctrica, però també el consum d'energia final dels diversos sectors consumidors (indústria, transport, domèstic, serveis i primari), així com també el sector de producció de combustibles. També, en aquest procés de transformació cap a descarbonització del conjunt del sistema energètic català, cal tenir present que aquests subsistemes canviaran la mida. Per exemple, com es presentarà més endavant, el sector de producció elèctrica augmentarà significativament, mentre que la producció de combustibles es reduirà.

5.2. Principals motors econòmics i demogràfics

A la taula 5.1 es mostren alguns dels factors clau per al desenvolupament econòmic i demogràfic que s'han tingut en consideració en els dos escenaris de treball.

TAULA 5.1. EVOLUCIÓ DELS PRINCIPALS FACTORS ECONÒMICS I DEMOGRÀFICS DELS ESCENARIS EN EL PERÍODE 2017-2050

	Increment període 2017-2050	
Factor	**Anual**	**Global**
PIB	1,5 %	62,1 %
VAB primari	1,1 %	42,3 %
VAB indústria	2,0 %	90,5 %
VAB serveis	1,4 %	59,8 %
Població	0,4 %	15,2 %
Habitatges principals	0,7 %	24,9 %

Les principals hipòtesis sobre població, llars, producte interior brut (PIB) i valor afegit brut (VAB) dels diversos sectors econòmics són les mateixes en els dos escenaris de treball (escenari de referència i escenari objectiu).

Pel que fa a l'evolució de la població, s'han emprat les dades corresponents a l'escenari mitjà de les darreres projeccions de població elaborades per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) per al període 2021-2071[2], tant a escala global de Catalunya com a escala comarcal. D'acord amb aquestes dades, la població catalana augmentarà lleugerament: un 15,2 % en el període 2017-2050.

No obstant això, es preveu que el nombre de llars creixi de manera significativa, principalment a causa de la tendència cap a famílies més petites i llars unifamiliars. Per elaborar aquestes previsions s'han utilitzat les darreres projeccions de llars desenvolupades també per IDESCAT per al període 2018-2048 a partir del seu escenari de població mitjà[3]. Aquestes projeccions s'han adaptat i ampliat basant-se en les darreres projeccions de població d'IDESCAT per arribar a l'any 2050. Així, l'increment previst en el nombre de llars se situa en un 24,9 % en el període 2017-2050.

El creixement previst del PIB en el període del 2017-2050 és important; el PIB, en termes constants, serà un 62,1 % superior al nivell de l'any 2017. El creixement econòmic per a les properes tres dècades i mitja es preveu que es mantingui al voltant de l'1,5 % de mitjana, en línia amb els creixements previstos a llarg termini en les darreres previsions energètiques de la Unió Europea per al conjunt de la Unió i per a l'Estat espanyol.

La producció industrial augmentarà a un ritme lleugerament superior al creixement global del PIB, atenent les polítiques catalanes de reindustrialització que s'estan duent a terme i que es mantindran de cara al futur. Així, el VAB industrial es preveu que creixi un 90,5 % en el període 2017-2050, la qual cosa suposa un creixement mitjà anual del 2,0 %.

El creixement del VAB dels sectors serveis i primari serà més moderat, d'un 1,4 % i 1,1 % de mitjana anual, respectivament. En el cas del sector primari, es combina una aposta per a la potenciació del sector com a factor clau de la sobirania alimentària de Catalunya i, alhora, la necessitat d'avançar cap a una alimentació més saludable i menys emissora de gasos amb efecte d'hivernacle, fet que es preveu que tingui un impacte significatiu en el VAB del subsector ramader.

Finalment, cal esmentar que hi ha d'altres factors que són també molt importants per determinar el consum d'energia d'alguns sectors, com és el cas de la mobilitat de persones i mercaderies en el sector del transport. En aquest cas, cal tenir present que l'evolució de la mobilitat global i la mobilitat motoritzada de persones i mercaderies forma part intrínseca del canvi de model previst a la transició energètica i de les mesures d'estalvi i eficiència energètica a aplicar, que són molt diferents en els dos escenari de treball. Per aquest motiu, l'evolució prevista d'aquests factors s'exposarà més endavant dins l'anàlisi sectorial dels resultats dels dos escenaris de treball.

[2] La projecció de població a Catalunya realitzada per l'IDESCAT es pot consultar en aquest **enllaç**.

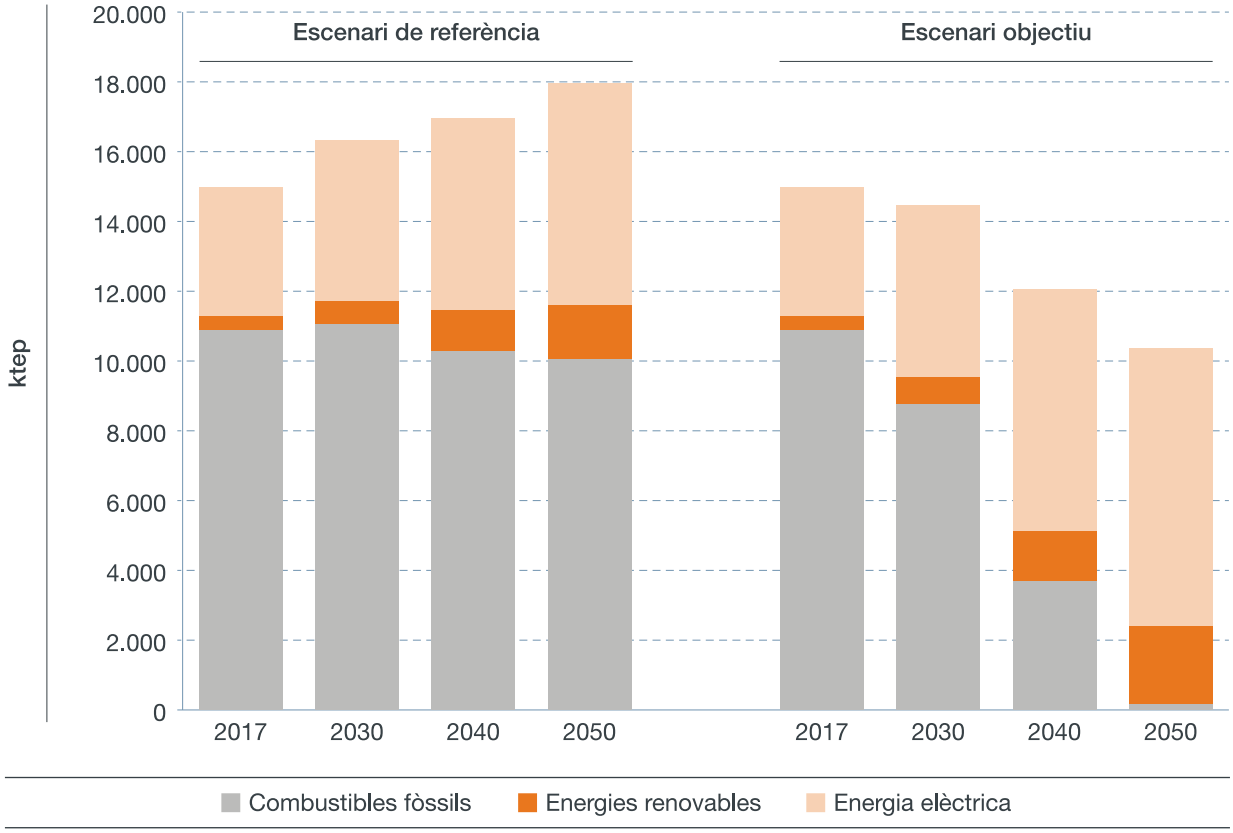
[3] La projecció del nombre de llars a Catalunya realitzada per l'IDESCAT es pot consultar en aquest **enllaç**.

5.3. Sectors d'ús final

Com a resum de les anàlisis sectorials desenvolupades a la PROENCAT 2050, a la figura 5.2 es mostren els resultats totals del consum d'energia final.

En l'escenari de referència, en el període 2017-2050 el consum total d'energia final s'incrementa en un 19,8 %, de manera continuada en tot el període, impulsat pel creixement del PIB (un 1,5 % anual en aquest període), malgrat la important reducció prevista de la intensitat energètica (un 26,1 % en tot el període, equivalent a una reducció del 0,9 % anual). En aquest escenari es redueix molt lleugerament el consum de combustibles fòssils (-7,6 %), amb un increment del consum final de gas natural (+18,5 %) i una important reducció del consum de productes derivats del petroli (-18,3 %), i s'incrementa notablement el pes dels combustibles renovables (+253,2 %). També s'incrementa significativament el consum d'energia elèctrica (+71,4 %), degut a un procés moderat d'electrificació de la demanda energètica final, de forma que l'energia elèctrica passa de representar el 24,8 % de la demanda d'energia final l'any 2017 al 35,4 % l'any 2050.

FIGURA 5.2. CONSUM TOTAL D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA EN EL PERÍODE 2017-2050



En l'escenari objectiu, el consum d'energia final assoleix el pic abans de l'any 2025 i cau de forma moderada fins a un nivell que l'any 2030 està un 3,3 % per sota dels nivells de l'any 2017, i es redueix de forma molt més accelerada a les dues dècades següents, amb una disminució del consum d'energia final del 30,7 % l'any 2050 respecte del consum de l'any 2017 (equivalent a un 1,1 % anual).

En aquest escenari cal destacar la pràctica eliminació del consum de combustibles fòssils (només representa l'1,5 % del consum final d'energia de l'any 2050), mentre que l'energia elèctrica s'incrementa un 114,6 % en aquest període, i passa a representar el 76,6 % del consum final d'energia). D'altra banda, les energies renovables augmentarien un 402,9 % en aquest període 2017-2050.

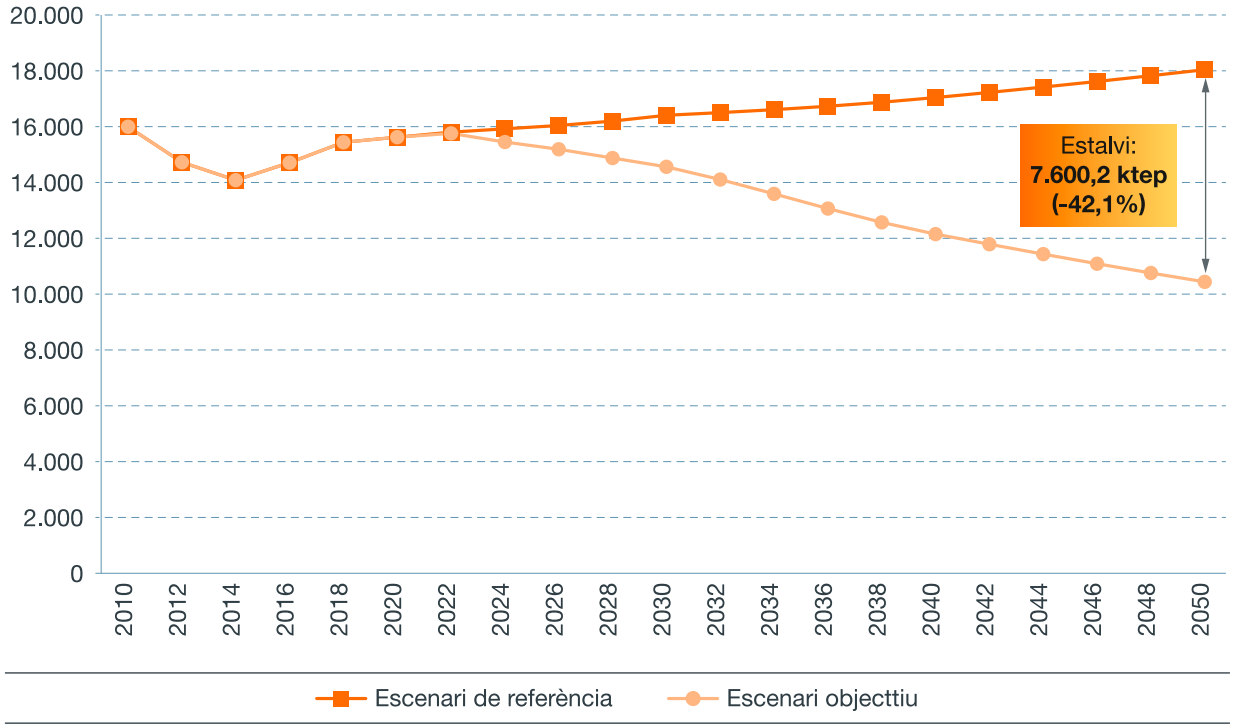
TAULA 5.2. CONSUM TOTAL D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	**2030**	**2040**	**2050**	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**
TOTAL	**15.058,5**	**16.407,1**	**17.041,4**	**18.039,7**	**15.058,5**	**14.560,7**	**12.150,4**	**10.439,5**
Carbó	21,9	25,0	26,2	27,0	21,9	20,2	0,0	0,0
Petroli	7.782,6	7.456,0	6.781,3	6.357,4	7.782,6	6.105,7	2.720,6	158,2
Gas natural	2.968,7	3.448,3	3.342,4	3.518,7	2.968,7	2.519,3	877,5	0,0
Residus no renovables	103,6	115,5	132,0	146,6	103,6	96,5	73,5	0,0
Biomassa	165,0	202,1	218,0	232,9	165,0	232,3	249,7	246,9
Solar tèrmica	30,5	50,9	60,6	68,6	30,5	52,4	65,6	70,0
Residus renovables	41,0	46,7	49,8	49,4	41,0	42,2	39,2	27,2
Gasos renovables	10,5	85,3	464,6	796,0	10,5	118,1	525,2	987,6
Líquids renovables	206,3	322,1	422,4	454,0	206,3	390,3	628,5	948,0
Energia elèctrica	3.728,5	4.655,2	5.544,1	6.389,0	3.728,5	4.983,7	6.970,7	8.001,7
TOTAL	**15.058,5**	**16.407,1**	**17.041,4**	**18.039,7**	**15.058,5**	**14.560,7**	**12.150,4**	**10.439,5**
Combustibles fòssils	10.876,7	11.044,8	10.281,9	10.049,7	10.876,7	8.741,6	3.671,6	158,2
Energies renovables	453,3	707,1	1.215,4	1.601,1	453,3	835,4	1.508,2	2.279,7
Energia elèctrica	3.728,5	4.655,2	5.544,1	6.389,0	3.728,5	4.983,7	6.970,7	8.001,7

Comparant l'evolució de l'escenari de referència i l'escenari objectiu, l'estalvi energètic assolit l'any 2050 en l'escenari objectiu és de 7.600,2 ktep (diferència entre els dos escenaris), equivalent a un 42,1 %, tal com es representa a la **figura 5.3**. El sector industrial és el sector que més contribueix a aquest estalvi energètic, amb un estalvi energètic de 3.659,2 ktep, que representa el 48,1 % de l'estalvi global. El segueixen els sectors del transport, amb 2.550,0 ktep (33,6 % del total); el domèstic, amb 930,7 ktep (12,2 % del total); el dels serveis, amb 348,6 ktep (4,6 % del total), i el primeri, amb 111,8 ktep (1,5 % del total).

Aquesta important reducció del consum d'energia final, que s'assoleix malgrat un increment global del PIB del 62,1 %, és deguda fonamentalment a la millora de l'eficiència energètica. Com ja s'ha esmentat anteriorment, un dels principis vertebradors de l'escenari objectiu és una alta eficiència energètica. L'evolució de la intensitat energètica, que millora un 57,2 % en el període 2017-2050 (vegeu la **taula 5.3**), mostra com es desacobla el creixement econòmic de l'evolució del consum d'energia final en tots els sectors consumidors.

FIGURA 5.3. CONSUM TOTAL D'ENERGIA FINAL EN ELS DOS ESCENARIS ANALITZATS PER AL PERÍODE 2017-2050



TAULA 5.3. VARIACIONS PREVISTES EN EL CONSUM D'ENERGIA, EN ELS PRINCIPALS FACTORS DESENCADENANTS DEL CONSUM D'ENERGIA (PIB, VAB, HABITATGES PRINCIPALS) I EN LA INTENSITAT ENERGÈTICA PELS DIVERSOS SECTORS DE CONSUM D'ENERGIA FINAL

Sector	Consum d'energia	Factor (PIB/VAB/habitatges)		Intensitat energètica
TOTAL	**-30,7 %**	**62,1 %**	**PIB**	**-57,2 %**
Primari	-6,1 %	42,3 %	VAB sectorial	-34,0 %
Indústria	-9,3 %	91,6 %	VAB sectorial	-52,7 %
Transport	-50,6 %	62,1 %	PIB	-69,5 %
Serveis	-19,0 %	59,8 %	VAB sectorial	-49,3 %
Domèstic	-37,1 %	24,9 %	Habitatges principals	-49,6 %

La contribució més important a la disminució del consum d'energia final en l'escenari objectiu la fa el sector del transport, que redueix el seu consum d'energia en un 50,6 % en el període 2017-2050[4], seguit del sector domèstic, que redueix el seu consum final en un 37,1 %, i del sector serveis, que el redueix un 19,0 %.

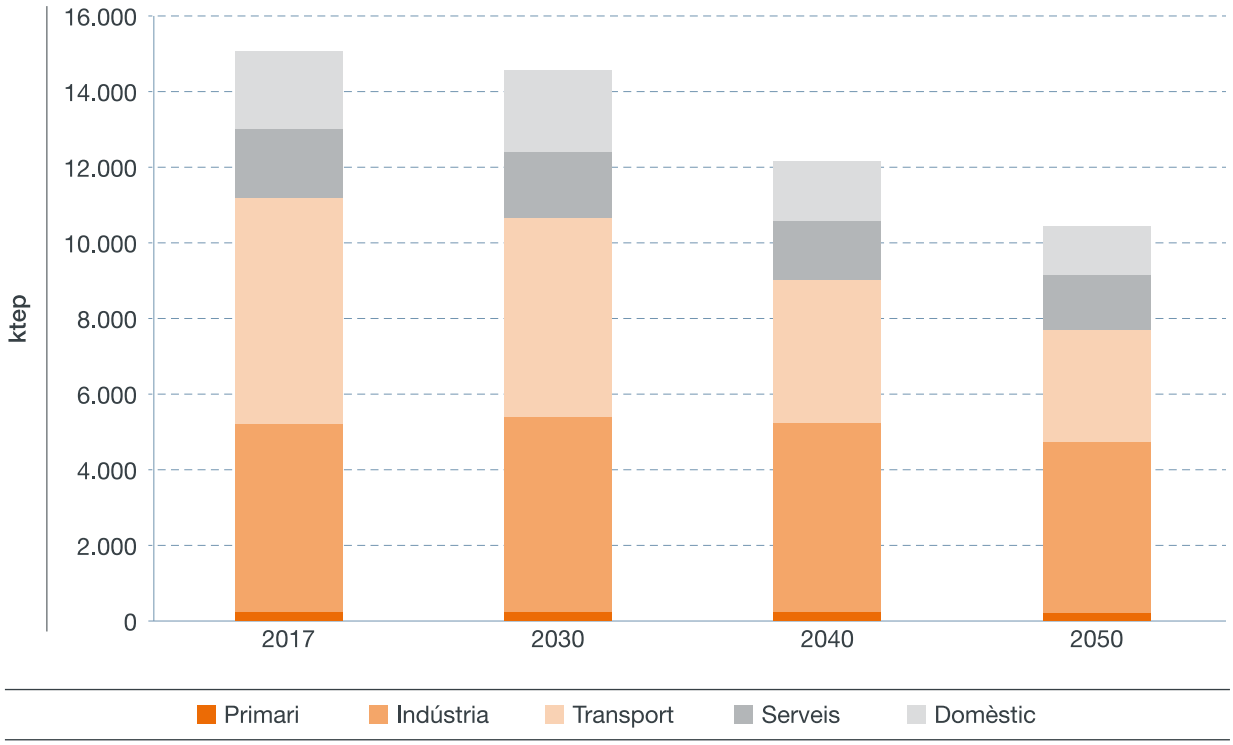
Tal com es pot veure a la taula 5.4 i a la figura 5.4, en l'escenari objectiu hi ha canvis molt importants en l'estructura sectorial del consum d'energia final, que són un reflex de la millora de la intensitat energètica i de l'evolució dels factors de creixement del consum (PIB, VAB, nombre de habitatges, etc.) de cada sector.

TAULA 5.4. EVOLUCIÓ DEL PES DE CADA SECTOR SOBRE EL CONSUM D'ENERGIA DE L'ESCENARI OBJECTIU PER AL PERÍODE 2017-2050

Sector	2017	2030	2040	2050
Primari	1,4 %	1,6 %	1,8 %	1,9 %
Indústria	33,1 %	35,5 %	41,3 %	43,2 %
Transport	39,9 %	36,1 %	31,0 %	28,4 %
Serveis	12,1 %	12,0 %	12,8 %	14,1 %
Domèstic	13,5 %	14,9 %	13,0 %	12,3 %

[4] Inclou el transport terrestre, el transport aeri i el transport marítim de cabotatge.

FIGURA 5.4. CONSUM TOTAL D'ENERGIA FINAL PER SECTORS DE L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050



Així, cal destacar que el sector industrial incrementa de manera notable el seu pes dins el consum d'energia final, passant del 33,1 % l'any 2017 al 43,2 % l'any 2050, mentre que el sector transport el redueix notablement del 39,9 % de l'any 2017 al 28,4 % de l'any 2050. De fet, el sector industrial passa a ser el principal consumidor d'energia final poc després de l'any 2030, mentre que el sector del transport passa a la segona posició.

La resta de sectors (primari, serveis i domèstic) no canvien gaire el seu pes en l'any 2050 respecte als seus valors actuals.

D'altra banda, cal destacar també que en l'escenari objectiu l'estructura detallada de les fonts d'energia emprades per al consum d'energia final canvia de forma radical, tal com es mostra a la **taula 5.5** i la **figura 5.5**.

TAULA 5.5. EVOLUCIÓ DEL PES DE LES DIFERENTS FORMES D'ENERGIA FINAL DE L'ESCENARI OBJECTIU PER AL PERÍODE 2017-2050

Font d'energia	2017	2030	2040	2050
Carbó	0,1 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %
Petroli	51,7 %	41,9 %	22,4 %	1,5 %
Gas natural	19,7 %	17,3 %	7,2 %	0,0 %
Residus no renovables	0,7 %	0,7 %	0,6 %	0,0 %
Biomassa	1,1 %	1,6 %	2,1 %	2,4 %
Solar tèrmica	0,2 %	0,4 %	0,5 %	0,7 %
Residus renovables	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Gasos renovables	0,1 %	0,8 %	4,3 %	9,5 %
Líquids renovables	1,4 %	2,7 %	5,2 %	9,1 %
Energia elèctrica	24,8 %	34,2 %	57,4 %	76,6 %

FIGURA 5.5. ESTRUCTURA DEL CONSUM TOTAL D'ENERGIA FINAL DE L'ESCENARI OBJECTIU PER FORMES D'ENERGIA EN EL PERÍODE 2017-2050

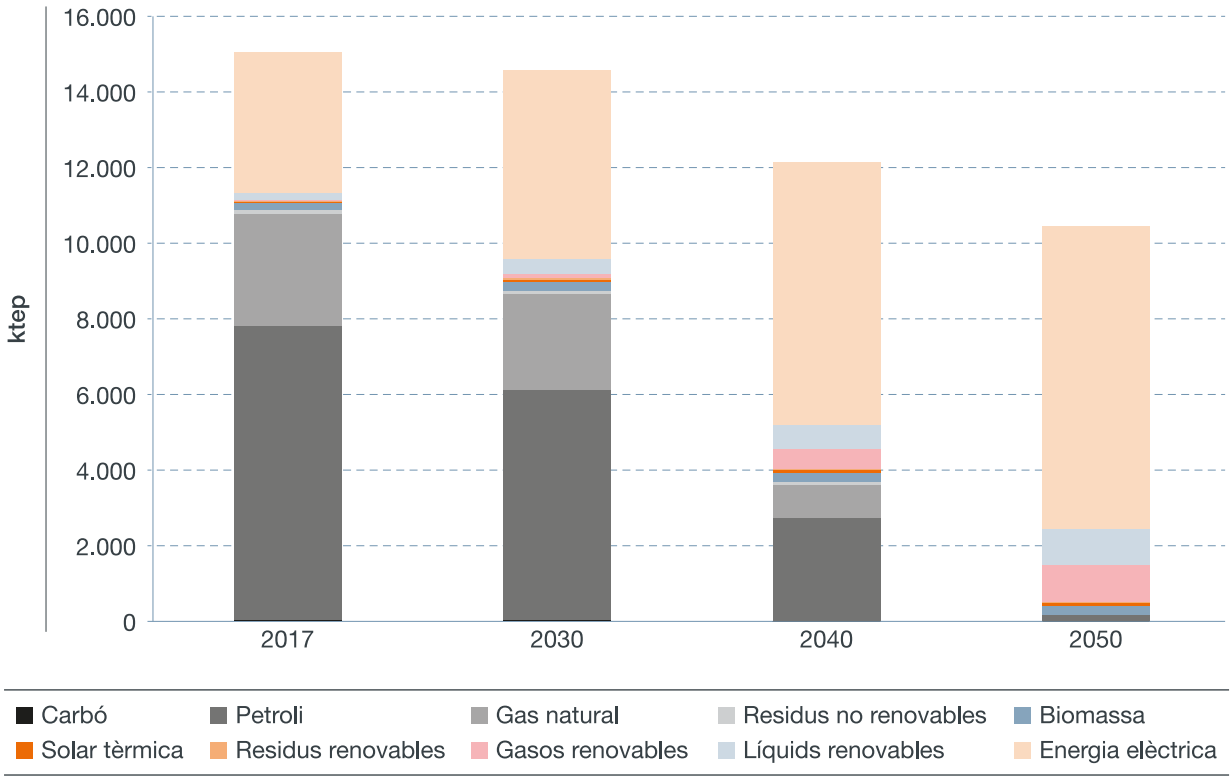
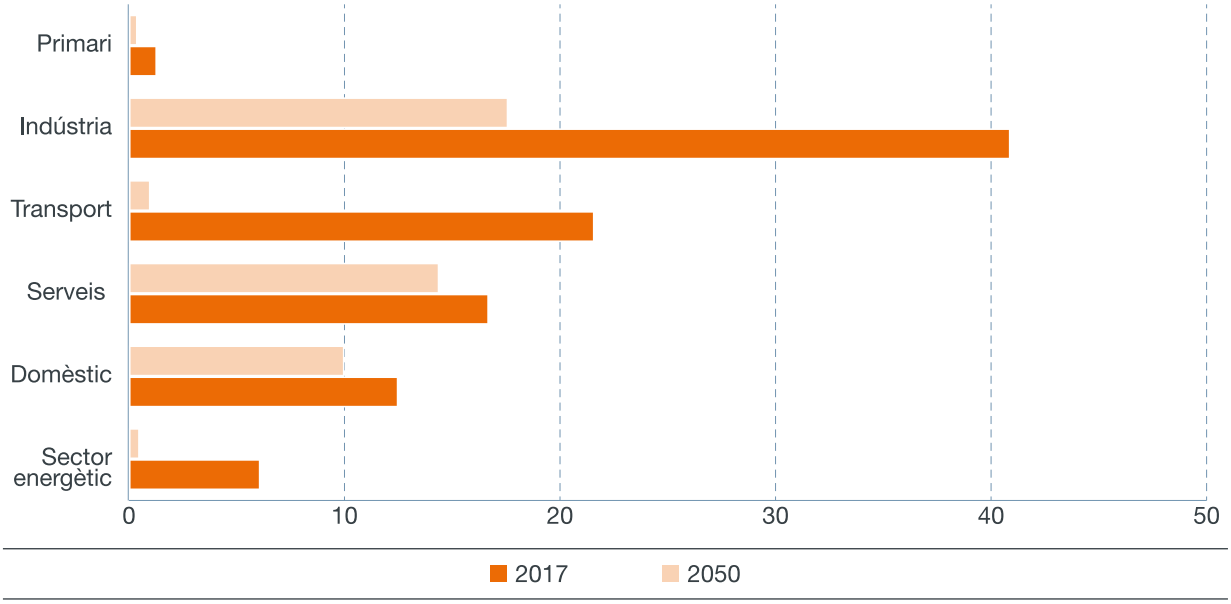


FIGURA 5.6. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA ELÈCTRICA ENTRE 2017 I 2050 PELS DIVERSOS SECTORS DE L'ESCENARI OBJECTIU



TAULA 5.6. EVOLUCIÓ DEL GRAU D'ELECTRIFICACIÓ DE LA DEMANDA ENERGÈTICA I DEL CONSUM D'ENERGIA ELÈCTRICA ENTRE EL 2017 I EL 2050 PELS DIVERSOS SECTORS DE L'ESCENARI OBJECTIU

	Grau d'electrificació de la demanda energètica (%)		Consum d'energia elèctrica (TWh)		Increment del consum d'energia elèctrica en el període 2017-2050 (%)
Sector	**2017**	**2050**	**2017**	**2050**	
TOTAL	**24,0 %**	**77,8 %**	**43,9**	**99,2**	**126,1 %**
Consum final	**24,8 %**	**76,6 %**	**43,4**	**93,0**	**114,6 %**
Primari	15,7 %	53,4 %	0,4	1,3	220,2 %
Indústria	30,3 %	78,0 %	17,6	40,9	133,0 %
Transport	1,5 %	62,6 %	1,0	21,6	1.969,4 %
Serveis	67,9 %	97,5 %	14,4	16,7	16,3 %
Domèstic	42,0 %	84,0 %	10,0	12,5	25,7 %
Sector energètic	**7,0 %**	**100,0 %**	**0,5**	**6,1**	**1.102,7 %**

Així, tal com es mostra a la figura 5.6 i a la taula 5.6, el consum total d'energia elèctrica s'incrementa per 2,26 en el període 2017-2050 i passa dels 43,9 TWh (3.772,4 ktep) l'any 2017 als 99,2 TWh (8.529,7 ktep) l'any 2050. Aquest increment és degut a l'important grau d'electrificació de la demanda energètica previst l'any 2050 en tots els sectors consumidors. Globalment, l'any 2050 l'energia elèctrica representa el 77,8 % de la demanda d'energia conjunta dels consumidors finals i del sector energètic, quan actualment és només del 24,0 %.

En resum, el consum final d'energia de l'escenari objectiu es basa en tres components principals:

- Millores molt importants en l'eficiència energètica en tots els sectors, que donen com a resultat un desacoblament entre el creixement econòmic previst i l'evolució del consum d'energia final en tots els sectors consumidors.
- Implantació massiva de fonts d'energia lliures de carboni a tots els sectors, ja sigui directament, mitjançant l'ús de combustibles renovables o indirectament, utilitzant energia elèctrica d'origen renovable. A cada sector, la contribució de les diverses fonts d'energia lliures de carboni és diferent en funció de les característiques específiques del consum energètic del sector, però a l'horitzó 2050 pràcticament tot el consum d'energia final està lliure d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, exceptuant el transport marítim i aeri, tal com ja s'ha esmentat abans.
- L'electrificació de la demanda tèrmica és un factor clau en tots els sectors consumidors d'energia final. A més a més, es produeix un desenvolupament ràpid d'aquesta electrificació, que l'any 2030 ja ha incrementat en deu punts el seu pes actual i el 2040 ja supera el 57,4 % del consum global d'energia final i assoleix el 76,6 % l'any 2050. Aquesta electrificació accelerada de la demanda final es complementa amb la implantació de combustibles renovables i destaquen, a més dels ja emprats actualment com la biomassa o la solar tèrmica, els nous combustibles renovables com ara l'hidrogen produït a partir d'energia elèctrica d'origen renovable que s'utilitza en aquelles usos i sectors on l'electrificació de la demanda tèrmica no és cost-efectiva (determinats sectors industrials, transport terrestre pesant de mercaderies, etc.).

5.4. Producció d'energia elèctrica

En els dos escenaris analitzats (escenari de referència i escenari objectiu), la producció d'energia elèctrica mostra un creixement important en tot el període 2017-2050, impulsada per la demanda d'energia elèctrica creixent que s'ha indicat anteriorment.

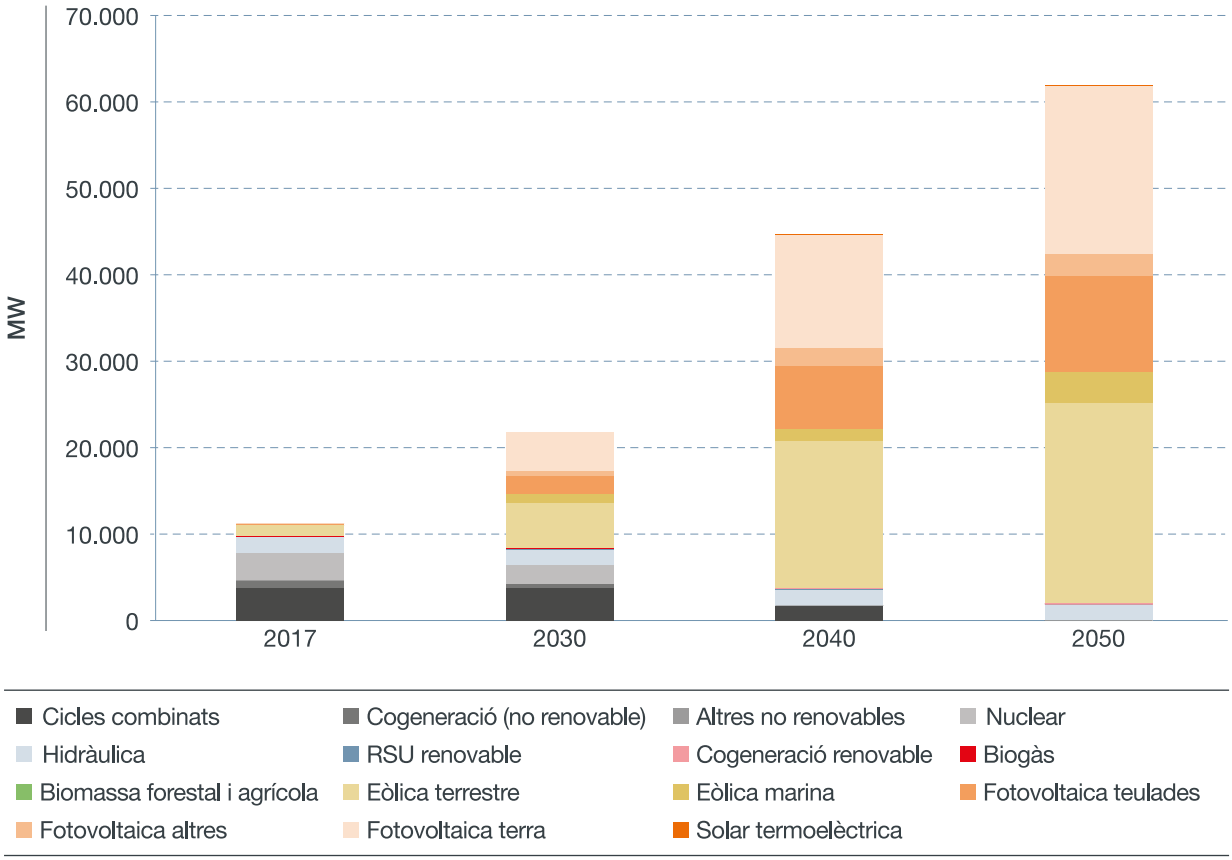
Per cobrir aquesta demanda d'energia elèctrica es preveu una transformació total del sistema elèctric català i la implantació massiva de sistemes de generació d'energia elèctrica d'origen renovable, tal com es mostra a la taula 5.7 a la figura 5.7.

A partir d'aquesta potència instal·lada i la demanda elèctrica horària prevista, s'ha modelitzat la producció d'energia elèctrica a l'escenari objectiu. A la figura 5.8 i la taula 5.8 es mostren els resultats d'aquesta previsió de la producció d'energia elèctrica per al període 2017-2050.

TAULA 5.7. POTÈNCIA ELÈCTRICA INSTAL·LADA A L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050 (EN MW)

	Escenari objectiu			
	2017	**2030**	**2040**	**2050**
Total (sense emmagatzematge)	**11.286,5**	**21.757,8**	**44.667,1**	**61.861,8**
Energies no renovables	**7.809,1**	**6.349,5**	**1.699,9**	**0,0**
Cicles combinats	3.714,2	3.714,2	1.699,9	0,0
Cogeneració no renovable	826,0	470,2	0,0	0,0
Altres no renovables	122,2	50,7	0,0	0,0
Nuclear	3.146,9	2.114,4	0,0	0,0
Energies renovables	**3.477,4**	**15.408,4**	**42.967,2**	**61.861,8**
Hidràulica	1.825,5	1.825,8	1.825,8	1.825,8
RSU renovable	26,2	26,2	26,2	0,0
Cogeneració renovable	0,0	72,0	122,4	122,4
Biogàs	60,1	65,4	68,4	75,0
Biomassa forestal i agrícola	4,0	4,0	4,0	0,0
Eòlica	1.268,7	6.234,2	18.439,0	26.636,0
Terrestre	1.268,7	5.234,2	16.939,0	23.136,0
Marina	0,0	1.000,0	1.500,0	3.500,0
Fotovoltaica	268,6	7.156,5	22.431,5	33.152,7
Teulades	181,5	2.185,2	7.275,9	11.144,4
Altres	0,0	512,6	2.026,6	2.614,0
Terra	87,2	4.458,8	13.129,0	19.394,3
Solar termoelèctrica	24,3	24,3	50,0	50,0
Emmagatzematge	**534,0**	**2.234,0**	**4.034,0**	**7.234,0**
Hidràulica de bombament	534,0	2.034,0	3.534,0	3.734,0
Bateries	0,0	200,0	500,0	3.500,0

FIGURA 5.7. POTÈNCIA ELÈCTRICA INSTAL·LADA A L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050 (EN MW)



Així, els trets més significatius del canvi experimentat per al sector de generació d'energia elèctrica a l'escenari objectiu en el període d'anàlisi 2017-2050 es poden sintetitzar en:

Increment global de la potència instal·lada

La potència instal·lada es multiplica per més de cinc, i passa de 11.286,5 MW l'any 2017 (sense tenir en compte les centrals hidroelèctriques de bombament) a 61.861,8 MW l'any 2050.

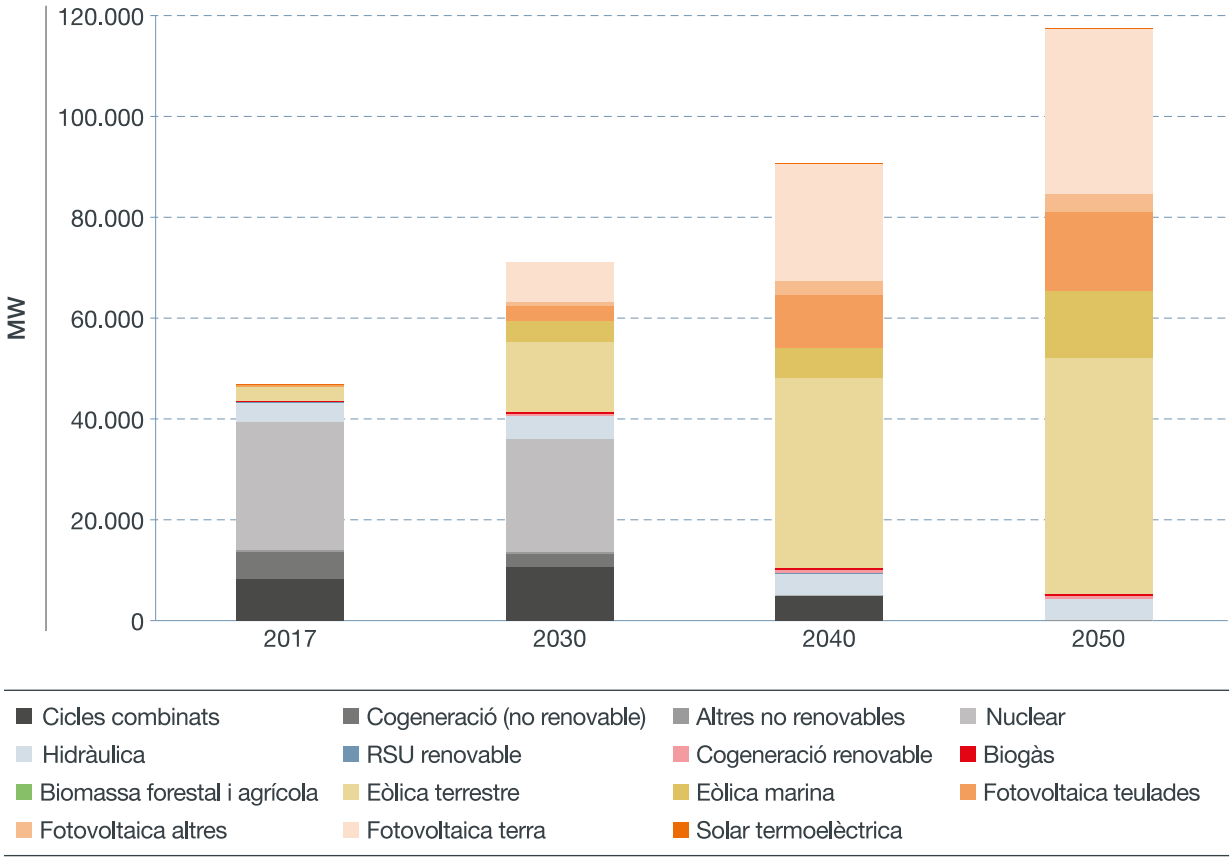
Increment global de la producció bruta d'energia elèctrica

La producció bruta d'energia elèctrica es multiplica per 2,5, i passa de 46.910,3 GWh l'any 2017 (sense tenir en compte les centrals hidroelèctriques de bombament) a 117.472,9 GWh l'any 2050. Aquest increment és notablement inferior al de la potència instal·lada (que es multiplica per 5,5), atès que el nombre d'hores de funcionament de les instal·lacions eòliques i solars fotovoltaiques previstes estan limitades per la disponibilitat dels recursos naturals (radiació solar i vent). Així, les hores d'utilització mitjana anual de la potència instal·lada es redueixen de 4.156,3 hores l'any 2017 a 1.899,0 hores l'any 2050.

TAULA 5.8. PRODUCCIÓ BRUTA D'ENERGIA ELÈCTRICA EN EL PERÍODE 2017-2050 (EN GWh)

	Escenari objectiu			
	2017	**2030**	**2040**	**2050**
Total	**46.910,3**	**71.088,4**	**90.674,3**	**117.472,9**
Energies no renovables	**39.343,8**	**36.003,0**	**4.913,7**	**0,0**
Cicles combinats	8.193,6	10.552,3	4.913,7	0,0
Cogeneració no renovable	5.319,0	2.680,4	0,0	0,0
Altres no renovables	579,1	238,3	0,0	0,0
Nuclear	25.252,0	22.532,1	0,0	0,0
Energies renovables	**7.566,5**	**35.085,4**	**85.760,5**	**117.472,9**
Hidràulica (inclou bombament)	3.762,8	4.438,0	4.358,1	4.216,1
RSU renovable	174,7	104,7	91,6	0,0
Cogeneració renovable	0,0	410,4	697,7	685,4
Biogàs	191,4	266,6	323,0	350,9
Biomassa forestal i agrícola	19,4	16,0	14,0	0,0
Eòlica	2.885,5	18.115,2	43.695,2	60.068,3
Terrestre	2.885,5	13.965,2	37.595,7	46.710,6
Marina	0,0	4.150,0	6.099,4	13.357,8
Fotovoltaica	428,9	11.639,1	36.384,5	51.964,7
Teulades	265,8	3.111,6	10.360,6	15.599,3
Altres	0,0	733,0	2.898,0	3.674,5
Terra	163,2	7.794,5	23.125,9	32.690,9
Solar termoelèctrica	103,7	95,4	196,5	187,4

FIGURA 5.8. PRODUCCIÓ BRUTA D'ENERGIA ELÈCTRICA EN EL PERÍODE 2017-2050 (EN GWh)



Generació d'energia elèctrica d'origen nuclear

En l'escenari objectiu, d'acord amb els principis vertebradors de la PROENCAT 2050, es considera que no s'instal·larà cap nova central nuclear durant el període d'anàlisi i que els tres grups nuclears actualment existents a Catalunya es tancaran d'acord amb el calendari pactat entre els propietaris de les centrals i Enresa:

- → Ascó 1: 01/10/2030
- → Ascó 2: 01/09/2032
- → Vandellòs 2: 01/02/2035

Generació d'energia elèctrica d'origen fòssil

A l'escenari objectiu es preveu que les centrals actualment existents de cicle combinat de gas natural tancaran una vegada finalitzi la seva vida útil, que s'ha estimat en 30 anys. D'acord amb aquest criteri, durant el període analitzat estarien disponibles nou grups de generació el 2030, quatre el 2040 i cap grup l'any 2050. Igualment, es considera que no s'instal·larà en el futur més potència d'aquesta tecnologia.

Quant a les instal·lacions de cogeneració amb combustibles fòssils, es preveu que

una part s'acollirà a plans RENOVE i, entre aquestes instal·lacions, una part significativa es reconvertirà a cogeneració basada en combustibles renovables. La resta d'instal·lacions es preveu que tanquin una vegada finalitzada la seva vida útil regulatòria fixada en 25 anys.

Pel que fa a la resta d'instal·lacions de generació d'energia elèctrica amb combustibles fòssils, cal tenir present que tenen un pes molt petit (122,2 MW) i majoritàriament són també instal·lacions provinents de l'antic règim especial de producció d'energia elèctrica, actualment acollides al règim de retribució econòmica específica. Es considera que es tancaran una vegada finalitzi la seva vida útil. A partir d'aquest criteri, l'any 2040 es preveu que ja no hi hagi cap instal·lació d'aquestes característiques funcionant a Catalunya.

Pes de les energies renovables en el mix elèctric

A l'horitzó 2050, tota la potència instal·lada serà renovable, en contrast amb la situació actual, en què la potència instal·lada renovable suposa només el 30,8 % de la potència total. La transició serà molt ràpida, de manera que l'any 2030 aquest percentatge serà del 70,8 % i l'any 2040 arribarà al 96,2 %.

En termes de producció d'energia elèctrica, l'evolució és també molt ràpida. Així, l'any 2017, la producció d'energia elèctrica renovable és el 16,1 % del total, mentre que l'any 2030 es preveu que sigui del 50,8 % (complint amb l'objectiu establert en la Llei 16/2017 del canvi climàtic) i l'any 2040, del 88,7 %.

Les instal·lacions de producció d'energia elèctrica amb energies renovables no gestionables (eòlica i solar fotovoltaica) constituiran la part més important del mix elèctric de futur. Així, l'any 2050, el 95,4 % de la producció d'energia elèctrica provindrà de centrals eòliques i solars fotovoltaiques no gestionables, mentre que actualment aquesta xifra arriba escassament al 7,1 %.

Mix renovable

Les energies solar fotovoltaica i eòlica terrestre són complementàries. La primera té un cost de generació inferior, i el seu patró de producció s'acobla més al perfil de demanda elèctrica del consumidor domèstic, encara que té la limitació que, si no hi ha radiació solar, no pot produir. Per contra, l'energia eòlica té un cost de generació una mica superior, encara que competitiu, i pot generar electricitat a qualsevol hora del dia, però té una alta volatilitat. En un territori petit, la producció d'unitats d'una mateixa tecnologia solen comportar-se de manera similar (hi ha una alta correlació entre elles), per això és convenient realitzar-ne una combinació òptima amb la finalitat de compensar dèficits d'una amb superàvits de l'altra.

En el cas de l'energia eòlica, a mesura que augmenta la seva penetració el cost de generació per unitat de potència és major, ja que les noves localitzacions tenen menor recurs eòlic. En el cas de la solar fotovoltaica, aquest efecte és menor perquè el recurs (radiació solar) és més homogeni en el territori.

Finalment, l'energia solar fotovoltaica terrestre ocupa menor extensió per unitat de potència que l'eòlica terrestre, però, a canvi, per a una capacitat instal·lada global reduïda, la producció per unitat de superfície és menor que la de l'eòlica terrestre. A mesura que augmenta la capacitat instal·lada, els rendiments de l'eòlica es redueixen, mentre que els de la solar fotovoltaica es mantenen: hi ha un punt d'inflexió a partir del qual la producció

per unitat de superfície de la generació solar fotovoltaica és superior a la de l'eòlica.

A partir de les anàlisis realitzades en el marc de la PROENCAT 2050, es dedueix que el mix òptim per a Catalunya a l'horitzó de l'any 2050 és disposar d'una potència de generació d'energia elèctrica no gestionable molt equilibrada entre eòlica i solar fotovoltaica (44 % de potència eòlica i 56 % de potencia solar fotovoltaica). En termes de producció d'energia elèctrica, la proporció és 54 % eòlica i 46 % solar fotovoltaica per al mateix any 2050.

A partir d'aquest mix, a l'escenari objectiu es contempla que l'any 2050 el sistema elèctric català disposarà de 33,2 GW d'energia solar fotovoltaica i de 26,6 GW d'energia eòlica. Un criteri bàsic de la PROENCAT 2050 és la minimització de l'ocupació del territori. Per aquest motiu s'ha prioritzat, en funció del potencial existent i de les característiques de la demanda elèctrica, la instal·lació de solar fotovoltaica en teulades i en espais antropitzats associats a infraestructures viaries, embassaments, etc. Així, en l'escenari objectiu, l'any 2050, es preveu que s'hagin instal·lat 11,1 GW solars fotovoltaics en teulades i 2,6 GW en espais antropitzats. L'objectiu d'implantació d'energia solar fotovoltaica en teulades (11,1 GW) representa el 60 % del potencial existent, una xifra molt elevada, atesa l'existència d'edificis on serà difícil ubicar aquestes instal·lacions a la pràctica (edificis desocupats, ruïnosos, etc.).

Altres tecnologies renovables

Pel que fa a la resta de tecnologies de producció d'energia elèctrica renovable, en primer lloc, cal apuntar que no es contempla l'increment de la potència hidràulica instal·lada. Si que es té en compte que aquestes instal·lacions seran gestionades de manera diferent, prioritzant l'òptim funcionament del sistema elèctric, atès que tindran un paper molt important com a emmagatzematge estacional.

També es contempla el manteniment d'un reduït grup d'instal·lacions de cogeneració amb combustibles renovables associats bàsicament a sectors industrials que disposin de residus/subproductes renovables susceptibles d'emprar com a combustible.

Finalment, a l'escenari objectiu no es contempla la producció d'energia elèctrica amb biomassa per ser més cost-eficient el seu ús en consum final d'energia (consum tèrmic directe).

Emmagatzematge

Tradicionalment, l'energia elèctrica ha de generar-se en tot moment d'acord amb la demanda elèctrica. Degut a això, les energies renovables de naturalesa no gestionable, com l'eòlica o la solar fotovoltaica, requereixen el suport de sistemes d'emmagatzematge per integrar-se, evitar abocaments d'energia en períodes de menor demanda i proporcionar major eficiència i seguretat al sistema elèctric. Així, l'emmagatzematge elèctric es posiciona com una solució fonamental per aconseguir la transició energètica, ja que permet flexibilitzar la producció d'energia renovable i garantir la seva integració en el sistema.

L'energia eòlica i la solar fotovoltaica tenen un paper clau en la transició energètica per la seva escalabilitat, tant en el medi terrestre com en el marí, i en les pròximes dècades es presenciarà el seu desenvolupament a gran escala, d'acord amb els objectius establerts en els diversos plans de clima i energia en l'àmbit europeu, nacional i regional. Per tant, donar suport a aquestes tecnologies, assegurant que els sistemes

de la xarxa estiguin equilibrats i contribuint a aprofitar al màxim la producció renovable, serà fonamental per la consecució d'un sistema elèctric descarbonitzat.

Com a conseqüència, els sistemes d'emmagatzematge poden aportar valor a qualsevol punt de la cadena de subministrament elèctric. En el context de la transició energètica, amb la disminució del nombre de centrals elèctriques que utilitzen combustibles fòssils, els serveis auxiliars del sistema, com el control de freqüència, hauran de ser proporcionats per noves tecnologies. Els sistemes d'emmagatzematge ofereixen excel·lents propietats per dur a terme aquestes tasques, especialment en el cas de les bateries, degut a que presenten una resposta extremadament ràpida i una gran escalabilitat.

En aquest àmbit cal distingir entre diferents escales temporals d'emmagatzematge elèctric. Així, cal contemplar, per una banda, la necessitat d'emmagatzematge diari per a l'equilibri de la demanda i l'oferta elèctrica en el cicle dia-nit. Igualment es planteja una necessitat anàloga a escala setmanal i/o mensual, quan cal cobrir les necessitats d'energia elèctrica en períodes de diversos dies seguits amb baixa insolació i poc vent. I, finalment, els sistemes elèctrics 100 % renovables han de contemplar l'emmagatzematge estacional per poder traspassar l'energia elèctrica sobrant en els mesos d'estiu als mesos d'hivern. Aquest darrer tipus d'emmagatzematge és el que planteja més problemes tècnics, ateses les característiques dels sistemes d'emmagatzematge elèctric actuals i previstos en el futur.

A la PROENCAT 2050 s'han analitzat les diferents tecnologies d'emmagatzematge elèctric. D'una banda, s'han contemplat les principals tecnologies que actualment permeten transformar i emmagatzemar energia elèctrica de manera eficient, com són les centrals hidroelèctriques de turbinació-bombeig, l'emmagatzematge tèrmic i les bateries. Addicionalment s'han inclòs a l'anàlisi els cicles combinats d'hidrogen.

El bombeig hidroelèctric és el sistema d'emmagatzematge a gran escala que s'utilitza actualment amb major èxit. A Catalunya hi ha 534 MW de potència d'aquesta tecnologia i a llarg termini (2050) podrien instal·lar-se'n més. La limitació principal pel desenvolupament d'aquest tipus de solucions és la disponibilitat d'ubicacions òptimes i l'impacte ambiental.

En l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 es contempla l'ampliació de la capacitat d'emmagatzematge amb 3.200 MW addicionals de potència de bombeig hidràulic a partir dels projectes ja existents que es troben en fase d'estudi més avançada (projecte Raimats-Gironès a Riba-roja o reversibilitat del sistema Sau-Susqueda).

Dins l'emmagatzematge tèrmic s'han contemplat les centrals solars termoelèctriques amb emmagatzematge de sales foses. Aquestes centrals poden despatxar electricitat fora de la corba de producció solar, ja sigui durant la nit o inclús durant tot el dia, encara que la seva major utilitat és emmagatzemar durant les hores diürnes per exportar energia al sistema en les hores nocturnes, complementàries a la tecnologia solar fotovoltaica.

A l'escenari objectiu no es contempla aquesta opció com una solució efectiva per a l'emmagatzematge d'energia elèctrica, ja que no és una solució cost-eficient comparada amb les bateries.

Les bateries són dispositius que emmagatzemen energia en forma de

compostos químics capaços de generar càrrega elèctrica. Els principals avantatges de les bateries són la seva rapidesa de resposta (de l'ordre de mil segons), la seva facilitat d'instal·lació i escalabilitat, i, finalment, els múltiples beneficis que poden aportar a les instal·lacions renovables a les quals vagin associades.

A l'escenari objectiu es contempla la instal·lació de 3.500 MW de potència d'emmagatzematge elèctric amb bateries connectades a diferents nivells de tensió.

Com a tecnologia de futur, també s'han analitzat els cicles combinats d'hidrogen verd. Es tracta d'una tecnologia que es troba en fase de desenvolupament. Aquestes centrals funcionarien com a dispositius d'emmagatzematge, generant-se hidrogen amb els excedents de producció elèctrica, que seria utilitzat posteriorment per produir novament electricitat. Com major sigui la capacitat de producció d'hidrogen per electròlisis, major serà l'emmagatzematge d'energia, en permetre aprofitar més excedents de generació.

Aquesta solució permetria l'emmagatzematge a llarg termini, sempre que es disposi de localitzacions per emmagatzemar l'hidrogen a gran escala. De manera similar a l'emmagatzematge de gas natural en formacions geològiques, l'emmagatzematge d'hidrogen requeriria dipòsits adequats en els quals emmagatzemar el gas, com ara jaciments mineralògics esgotats, aqüífers o cavernes de sal pròxims a les regions consumidores d'hidrogen.

Les dificultats tècniques, econòmiques i mediambientals que planteja aquesta tecnologia, associades al fet que hi ha solucions més cost-eficients, com ara les tecnologies mixtes emmagatzematge-interconnexions, fan que l'emmagatzematge d'hidrogen no es contempli a l'escenari objectiu.

Interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns

Tal com ja s'ha esmentat a l'apartat anterior, en l'escenari objectiu, el subministrament elèctric es basa principalment en fonts de producció d'energia elèctrica variables, com l'energia eòlica i la solar fotovoltaica. L'equilibri continu entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica requerirà capacitats d'emmagatzematge addicionals i també capacitats de transport augmentades entre països i regions.

Hi haurà un compromís entre capacitats d'emmagatzematge i de seguretat més descentralitzades, i una major integració i intercanvi entre sistemes elèctrics a tota la Unió Europea. Els treballs realitzats en el marc de la PROENCAT 2050 mostren que una integració dels sistemes elèctrics a escala global i una major cooperació entre els sistemes veïns redueixen significativament els costos econòmics, la necessitat d'emmagatzematge d'energia elèctrica i les pèrdues energètiques associades. Aquests resultats són molt similars als obtinguts per d'altres estudis desenvolupats a escala de la Unió Europea.

D'acord amb aquests criteris, s'ha considerat que el nivell d'interconnexió de Catalunya amb els sistemes veïns seria de 11.265 MW el 2030, 12.315 MW el 2040 i 13.365 MW el 2050. Per a l'any 2030, el valor correspon a la capacitat actual (8.730 MW) més els desenvolupaments d'infraestructura de xarxa inclosos en la planificació elèctrica 2021-2026 de Red Elèctrica de España per a Catalunya. Els nivells d'interconnexió proposats són coherents amb els objectius que ha establert la Unió Europea per aconseguir una major seguretat del subministrament energètic.

Mercats elèctrics

Es preveu una transició progressiva del mercat marginalista actual, que s'hauria d'anar fent més petit progressivament, cap a un nou disseny de doble mercat, amb un mercat base, amb contractes a mitjà i llarg termini, i un mercat de serveis de balanç, amb una doble vessant: a curt i molt curt termini, i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a llarg termini en aquest darrer cas. Aquest mercat es basarà en els costos reals de generació o servei associat (gestió de la demanda, interrompibilitat, emmagatzematge, etc.), i serà molt més transparent.

5.5. Resta del sector energètic

Pel que fa a la resta del sector energètic, es preveu una transformació radical del sector energètic català en l'àmbit de les refineries i plantes d'olefines basat en la bieconomia i la utilització de residus i subproductes renovables.

Aquesta transformació es caracteritza per:

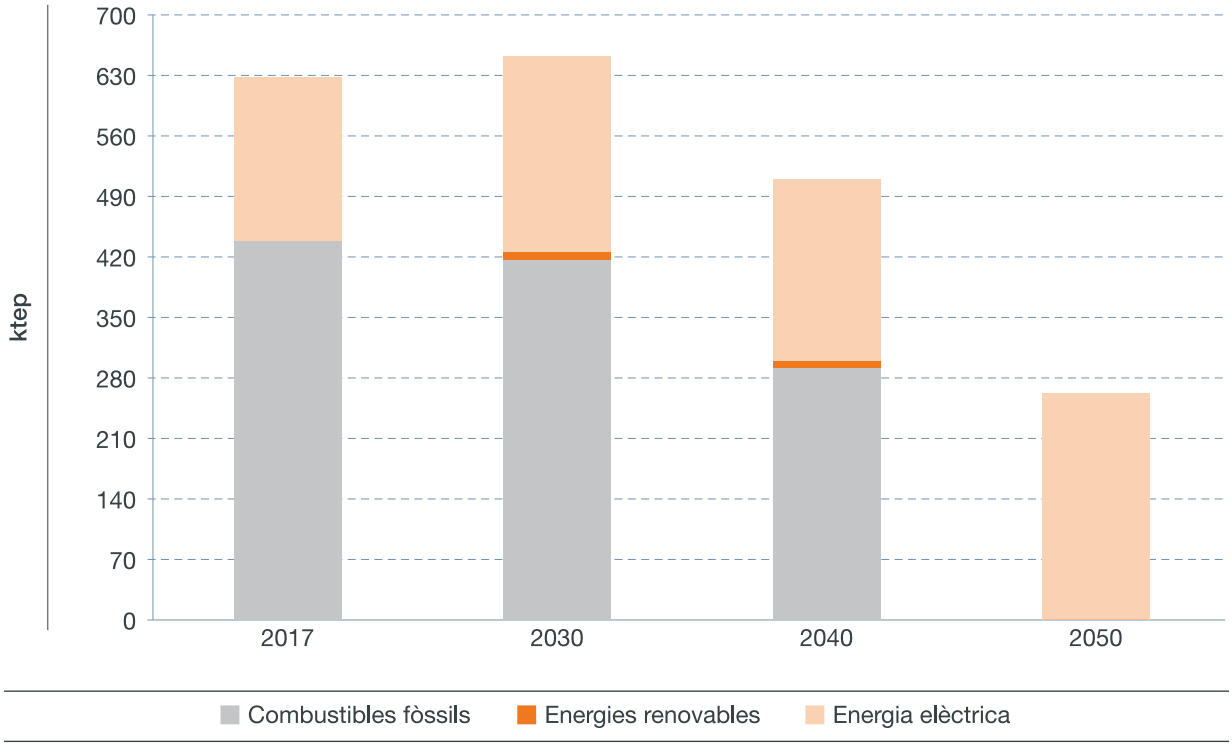
- Conversió de la refineria de REPSOL cap a una biorefineria de matèries primeres renovables (residus i subproductes renovables). La capacitat de producció prevista de la nova biorefineria seria del 20 % de la refineria actual.
- Manteniment de les plantes d'olefines actualment existents amb una capacitat de producció a l'horitzó 2050 de dues terceres parts de la capacitat actual. Canvi a matèries primeres renovables (bionaftes i bioGLP), fonamentalment, d'importació.
- Incorporació d'una planta de fabricació de metanol d'origen renovable a partir de residus renovables i H_2 verd.

A partir d'aquests criteris, a la **figura 5.9** i la **taula 5.9** es mostra l'evolució dels consums propis del sector energètic a l'escenari objectiu per al període 2017-2050.

Com es pot observar a la **taula 5.9** i **figura 5.9**, els consums propis del sector energètic es redueixen notablement en el període 2017-2050 degut fonamentalment a la reestructuració prevista del sector, sobretot en l'àmbit del refinatge de petroli, que redueix de manera molt significativa la seva capacitat de producció. A més a més, aquesta reestructuració comporta també l'electrificació pràcticament total de la demanda energètica del sector.

Finalment, malgrat que, d'acord amb la comptabilitat dels balanços energètics, no forma part dels consums propis del sector energètic sinó dels anomenats «consums en transformació», és important ressenyar el consum creixent d'energia elèctrica per a producció d'hidrogen verd per a l'ús final i per al mateix sector energètic. Així, a l'horitzó 2050 està previst el consum addicional de 4,6 TWh d'energia elèctrica per proveir d'hidrogen verd determinats usos energètics, com ara el transport terrestre pesant de mercaderies o alguns subsectors industrials. Aquest consum representa un 4,2 % de la demanda total d'energia elèctrica.

FIGURA 5.9. CONSUMS PROPIS DEL SECTOR ENERGÈTIC EN L'ESCENARI OBJECTIU PER AL PERÍODE 2017-2050



TAULA 5.9. CONSUMS PROPIS DEL SECTOR ENERGÈTIC EN L'ESCENARI OBJECTIU PER AL PERÍODE 2017-2050

	Escenari objectiu			
	2017	**2030**	**2040**	**2050**
TOTAL	**627,6**	**651,8**	**510,4**	**262,1**
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	99,2	71,6	53,7	0,0
Gas natural	338,4	344,1	236,7	0,0
Residus no renovables	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomassa	0,0	0,0	0,0	0,0
Solar tèrmica	0,0	0,0	0,0	0,0
Residus renovables	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasos renovables	0,0	9,8	8,4	0,0
Líquids renovables	0,0	0,0	0,0	0,0
Energia elèctrica	189,9	226,4	211,6	262,1
TOTAL	**627,6**	**651,8**	**510,4**	**262,1**
Combustibles fòssils	437,7	415,7	290,4	0,0
Energies renovables	0,0	9,8	8,4	0,0
Energia elèctrica	189,9	226,4	211,6	262,1

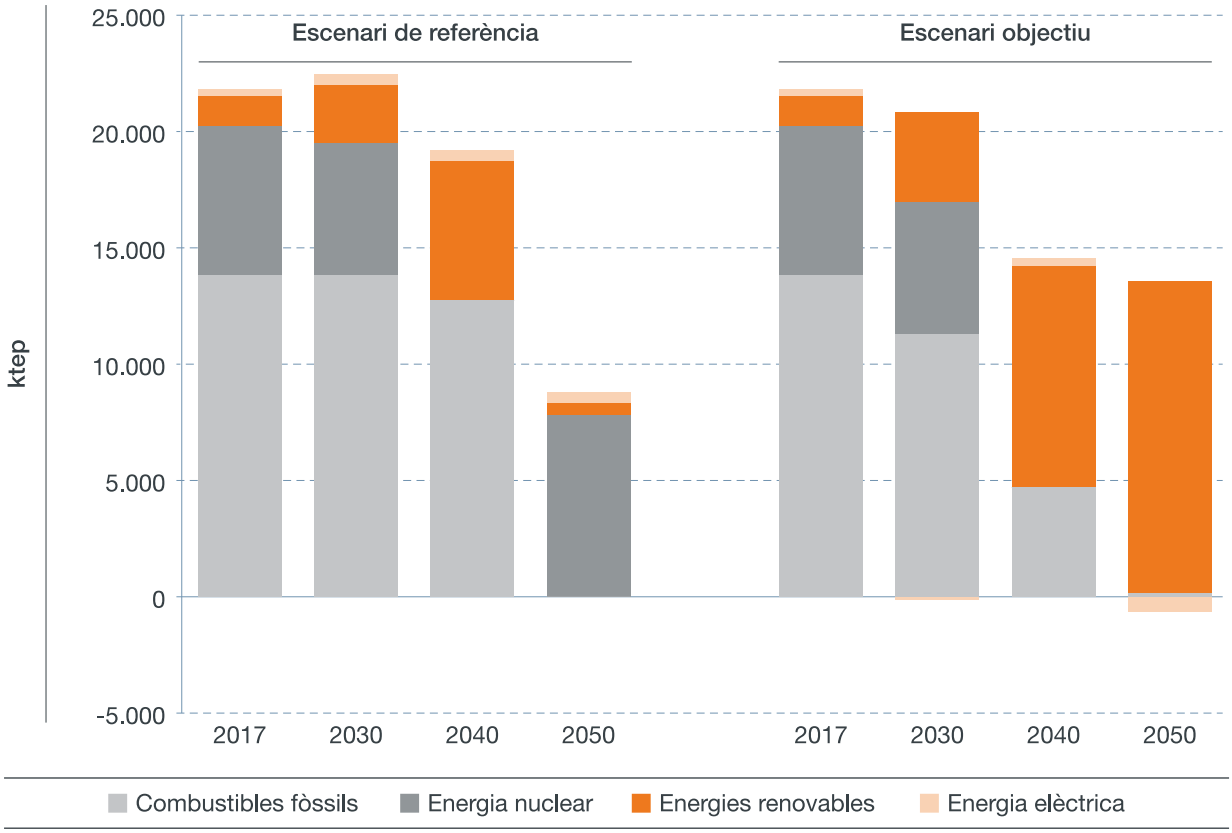
5.6. Consum d'energia primària

A la figura 5.10, la figura 5.11 i la taula 5.10 es mostren els principals resultats de l'evolució del consum d'energia primària (sense usos no energètics) en els dos escenaris prospectius (escenari de referència i escenari objectiu). Com es pot veure a les figures i a la taula, en l'escenari de referència, el consum total d'energia primària es redueix un 12,8 % en el període 2017-2050. Aquesta reducció es produeix fonamentalment en la dècada 2030-2040 i es manté pràcticament estable *a posteriori*. En aquest escenari, els combustibles fòssils suposen el 59,1 % del conjunt del consum d'energia primària, mentre que els combustibles renovables representen el 40,9 %.

D'altra banda, a l'escenari objectiu el consum d'energia primària es redueix un 40,9 % (1,6 % anual), degut a les mesures ja comentades abans de potenciació de l'estalvi i l'eficiència energètica, l'electrificació de la demanda tèrmica i la implantació d'energies renovables en el consum final i la producció d'energia elèctrica. En aquest sentit, cal

destacar que la intensitat energètica primària, és a dir, el consum d'energia primària per unitat de PIB, es redueix un 63,6 % en el període 2017-2050, la qual cosa suposa un canvi de paradigma en el consum energètic a Catalunya.

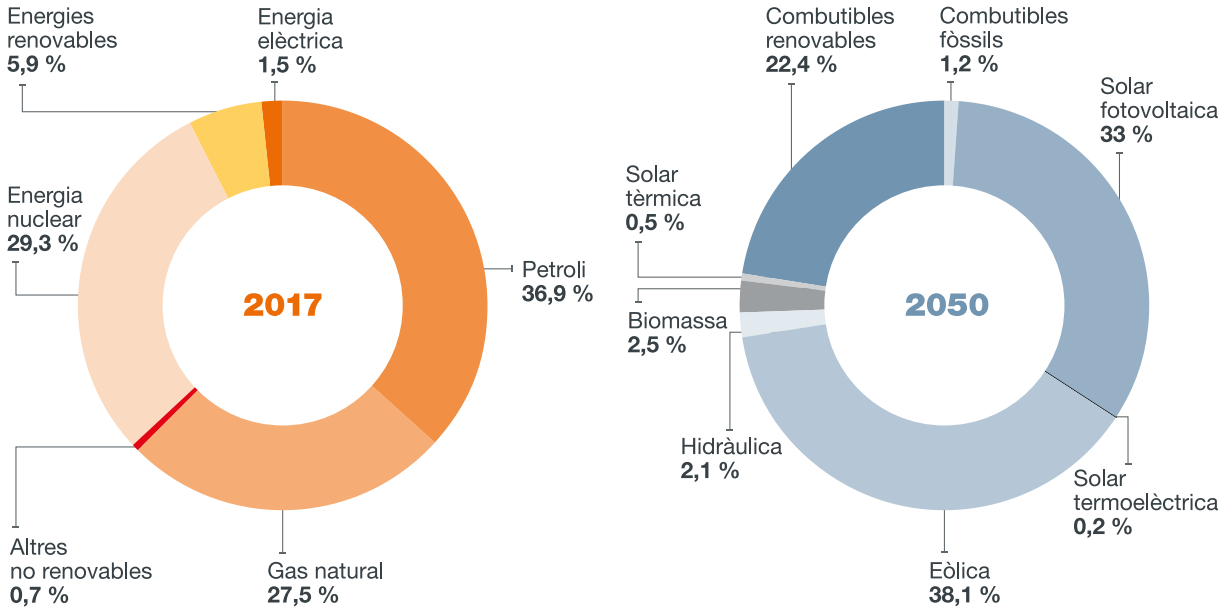
FIGURA 5.10. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA (SENSE USOS NO ENERGÈTICS) EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA 5.10. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA (SENSE USOS NO ENERGÈTICS) EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
Font d'energia	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**
TOTAL	**21.833,8**	**22.492,3**	**19.191,6**	**19.585,8**	**21.833,8**	**20.699,0**	**14.541,9**	**12.899,3**
Carbó	21,9	25,0	26,2	27,0	21,9	20,2	0,0	0,0
Petroli	8.063,7	7.473,8	6.806,6	6.370,1	8.063,7	6.166,7	2.734,2	158,2
Gas natural	5.616,5	6.166,9	5.770,4	4.733,3	5.616,5	4.954,3	1.892,1	0,0
Residus no renovables	133,2	142,9	132,0	146,6	133,2	123,6	73,5	0,0
Energia nuclear	6.388,8	5.699,3	0,0	0,0	6.388,8	5.699,3	0,0	0,0
Solar fotovoltaica	36,9	600,6	1.884,6	2.741,0	36,9	1.001,0	3.129,1	4.469,0
Solar termoelèctrica	11,0	15,0	15,0	14,3	11,0	15,0	30,9	29,4
Eòlica	248,2	739,0	2.486,8	3.109,6	248,2	1.557,9	3.757,8	5.165,9
Hidràulica	323,3	302,4	297,0	287,3	323,3	302,4	297,0	287,3
Biomassa	194,7	239,6	254,8	263,7	194,7	288,7	349,2	338,6
Solar tèrmica	30,5	50,9	60,6	68,6	30,5	52,4	65,6	70,0
Residus renovables	180,9	579,4	978,9	814,5	180,9	981,8	2.181,3	2.930,0
Gasos renovables	54,8	33,6	342,4	698,9	54,8	57,9	156,9	188,8
Líquids renovables	206,3	-86,6	-332,5	-197,1	206,3	-396,5	-460,6	-86,1
Energia elèctrica	323,1	510,4	469,0	508,0	323,1	-125,6	335,1	-651,8
TOTAL	**21.833,8**	**22.492,3**	**19.191,6**	**19.585,8**	**21.833,8**	**20.699,0**	**14.541,9**	**12.899,3**
Fòssils	13.835,3	13.808,6	12.735,1	11.277,1	13.835,3	11.264,7	4.699,8	158,2
Nuclear	6.388,8	5.699,3	0,0	0,0	6.388,8	5.699,3	0,0	0,0
Energies renovables	1.286,6	2.473,9	5.987,5	7.800,8	1.286,6	3.860,6	9.507,0	13.392,9
Energia elèctrica	323,1	510,4	469,0	508,0	323,1	-125,6	335,1	-651,8

FIGURA 5.11. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA (SENSE USOS NO ENERGÈTICS) A L'ESCENARI OBJECTIU PER ALS ANYS 2017 I 2050



D'altra banda, a la figura 5.11 es mostra l'estructura del consum d'energia primària (sense usos no energètics) a l'escenari objectiu per als anys 2017 i 2050. A la figura es fa palès el canvi radical de l'estructura del sistema energètic català, que passa d'un sistema fòssil-nuclear a un nou sistema completament diferent dominat per les energies renovables amb un ampli ventall de tecnologies implicades.

5.7. Producció d'energia primària i dependència energètica

A la taula 5.11 es mostren els principals resultats de l'evolució de la producció d'energia primària a Catalunya en l'escenari objectiu de la prospectiva. A la mateixa taula també es mostra la dependència energètica de Catalunya en aquest escenari objectiu, calculada sense tenir en compte l'energia emprada per a usos no energètics. El càlcul de la dependència energètica s'ha fet amb dues variants: considerant que l'energia nuclear és autòctona i, per tant, incloent-la dins la producció d'energia primària a Catalunya (d'acord amb els criteris internacionals d'elaboració de balanços energètics), o considerant que no és autòctona i sense incloure-la en el càlcul del grau de dependència energètica.

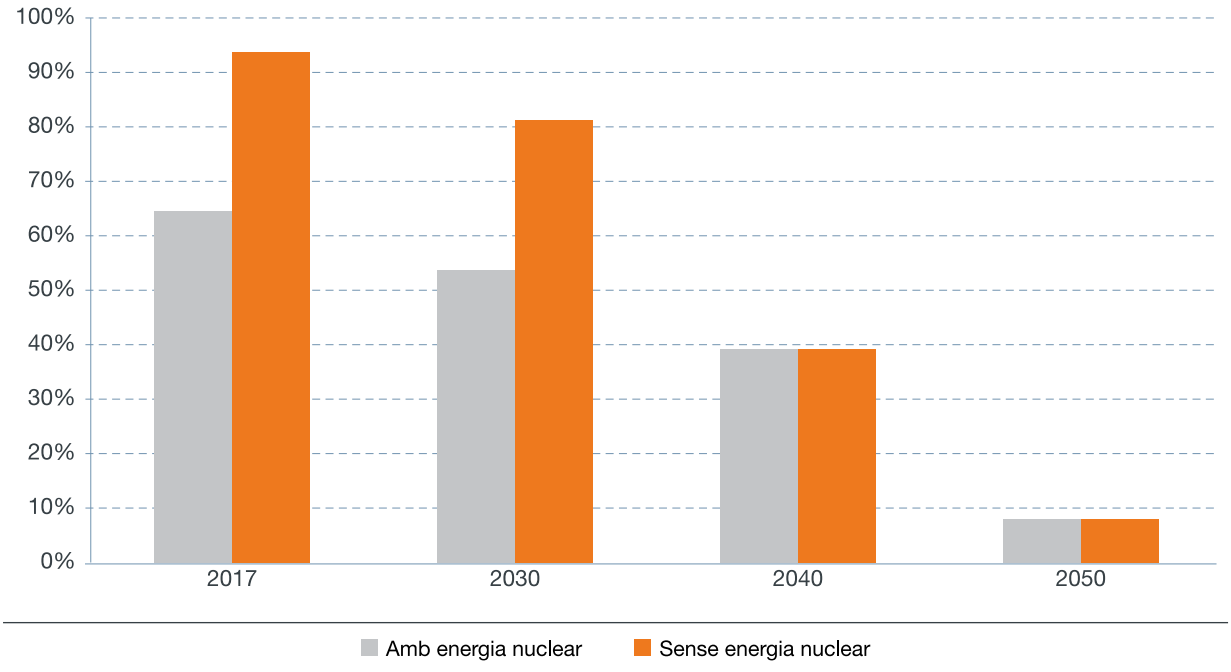
TAULA 5.11. EVOLUCIÓ DE LA PRODUCCIÓ D'ENERGIA PRIMÀRIA PER A L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050

Font d'energia	2017	2030	2040	2050
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	121,6	0,0	0,0	0,0
Gas natural	2,2	0,0	0,0	0,0
Residus no renovables	133,2	55,6	33,1	0,0
Energia nuclear	6.388,8	5.699,3	0,0	0,0
Solar fotovoltaica	36,9	1.001,0	3.129,1	4.469,0
Solar termoelèctrica	11,0	15,0	30,9	29,4
Eòlica	248,2	1.557,9	3.757,8	5.165,9
Hidràulica	323,3	302,4	297,0	287,3
Biomassa	194,7	288,7	349,2	338,6
Solar tèrmica	30,5	52,4	65,6	70,0
Residus renovables	180,9	441,8	981,6	1.318,5
Gasos renovables	54,8	153,9	196,3	207,2
Líquids renovables	26,5	0,0	0,0	0,0
Energia elèctrica	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	**7.752,6**	**9.568,0**	**8.840,4**	**11.885,9**
Dependència energètica(*)				
Incloent-hi l'energia nuclear	64,5 %	53,8 %	39,2 %	7,9 %
Sense incloure-hi l'energia nuclear	93,8 %	81,3 %	39,2 %	7,9 %

(*) Sense tenir en compte els usos no energètics.

La figura 5.12 mostra clarament que Catalunya té actualment una dependència energètica molt elevada i està molt exposada a les decisions estratègiques d'altres països i actors que l'afecten. La sobirania energètica basada en les energies renovables que es proposa en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 eliminarà aquesta dependència energètica exterior, que passarà del 93,8 % de l'any 2017 al 7,9 % de l'any 2050, si es considera que l'energia nuclear no és una font energètica autòctona. La reducció de la dependència energètica mitigarà els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada vegada més freqüents i més intensos.

FIGURA 5.12. EVOLUCIÓ DE LA DEPENDÈNCIA ENERGÈTICA DE CATALUNYA (SENSE USOS NO ENERGÈTICS) PER A L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050



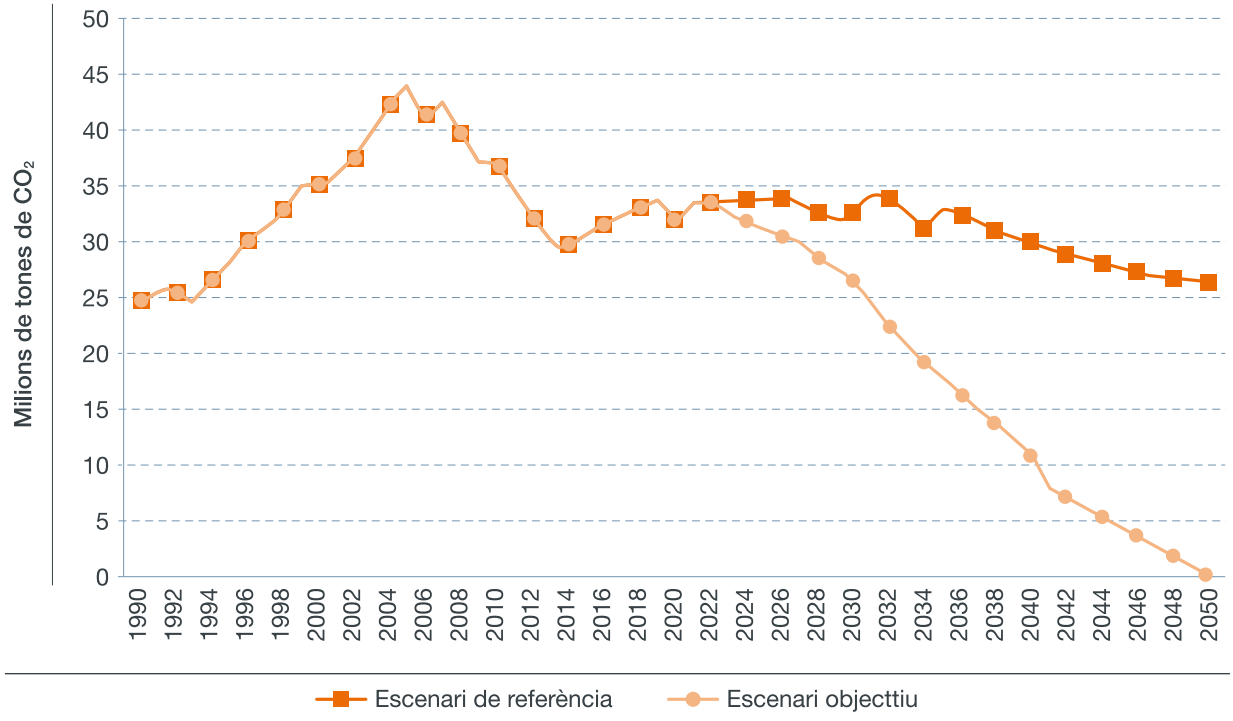
5.8. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle

Els càlculs de les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia es van basar en el saldo total del consum d'energia final, l'ús d'energia en els sectors energètics i el subministrament total d'energia primària. Així, la **figura 5.13** mostra l'evolució de les emissions de CO_2 degudes a l'energia en el període 1990-2050 en els dos escenaris de treball (escenari de referència i escenari objectiu).

A l'escenari de referència, les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia es mantenen estables fins a l'any 2030, amb una lleugera tendència a la baixa en les dècades posteriors. Així, l'any 2030, les emissions de CO_2 suposen uns 32,7 milions de tones, que és un 29,6 % per sobre dels nivells de 1990. L'any 2050, les emissions assoleixen un nivell d'aproximadament 26,5 milions de tones, un 5,0 % superior a les emissions de l'any 1990 i, per tant, encara lluny de qualsevol objectiu de reducció d'emissions de CO_2.

Cal destacar, per tant, que a l'escenari de referència, que presenta més del 90 % de producció elèctrica renovable i una reducció de la intensitat energètica final del 26 %, no s'assoleix la neutralitat climàtica. Per aconseguir-ho cal desenvolupar alhora i al màxim nivell totes les estratègies previstes a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050.

FIGURA 5.13. EVOLUCIÓ DE LES EMISSIONS DE CO_2 DEGUDES A L'ENERGIA EN EL PERÍODE 1990-2050



Tal com es mostra a la figura anterior i a la **taula 5.12**, en l'escenari objectiu les emissions de CO_2 degudes a l'energia es van reduint progressivament des de l'any 2017 fins a l'any 2050, en què assoleixen un valor pràcticament nul. L'any 2050, el sistema energètic català s'haurà descarbonitzat gairebé completament a partir, fonamentalment, d'una millora molt significativa de l'eficiència energètica i del canvi a les energies renovables. Només es preveu l'emissió de 49,2 milers de tones de CO_2 associades a la combustió de combustibles fòssils en el sector del transport aeri (querosè d'aviació).

Tot i que en aquest escenari objectiu els nivells d'emissions de CO_2 es redueixen pràcticament a zero en tots els sectors, l'evolució d'aquestes emissions és molt diferent per a cada sector. Així, en termes absoluts, en l'horitzó 2030 les reduccions d'emissions de CO_2 més significatives es produeixen en el sector del transport, gràcies sobretot a la ràpida electrificació del transport terrestre de persones i de la generació d'energia elèctrica, degut a la també ràpida implantació de nova generació elèctrica d'origen renovable, fonamentalment, eòlica i solar fotovoltaica.

En el període 2030-2040, el sector del transport i de la generació d'energia elèctrica continuen una ràpida reducció d'emissions de CO_2 i s'afegeixen la resta de sectors en desenvolupar-se en la seva totalitat les mesures d'estalvi i eficiència energètica, i d'utilització de combustibles renovables previstes. Així, l'any 2040 el sector terciari es troba pràcticament descarbonitzat (cal recordar també que aquest sector ja té actualment un molt

elevat grau d'electrificació) i la resta de sectors tenen un nivell d'emissions de CO_2 notablement inferiors a les actuals, exceptuant el sector energètic associat al refinatge de petroli, que encara no ha iniciat la reconversió profunda cap a un sistema basat en biorefineries i en la utilització de residus i subproductes renovables. Aquesta reconversió es produeix en el període 2040-2050, i es completa, alhora, la plena descarbonització de tots els sectors consumidors d'energia.

TAULA 5.12. EVOLUCIÓ DE LES EMISSIONS DE CO_2 DEGUDES A L'ENERGIA EN L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 1990-2050

		Escenari objectiu			
Sector	**1990**	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**
Emissions de CO_2 (milers de tones)					
TOTAL	**25.227,0**	**32.580,0**	**26.589,7**	**10.932,6**	**49,2**
Primari	637,8	521,6	510,1	291,0	0,0
Indústria	9.912,3	8.772,5	7.817,2	4.233,0	0,0
Transport	9.191,5	12.944,5	9.268,6	3.101,0	49,2
Terciari	1.054,6	1.420,7	672,8	44,6	0,0
Domèstic	1.954,3	2.736,0	2.566,4	794,1	0,0
Energètic	509,7	1.049,3	991,3	693,3	0,0
Generació d'energia elèctrica	1.966,7	5.135,4	4.763,4	1.775,5	0,0
Variació d'emissions respecte a l'any 1990					
TOTAL		**29,1 %**	**5,4 %**	**-56,7 %**	**-99,8 %**
Primari		-18,2 %	-20,0 %	-54,4 %	-100,0 %
Indústria		-11,5 %	-21,1 %	-57,3 %	-100,0 %
Transport		40,8 %	0,8 %	-66,3 %	-99,5 %
Terciari		34,7 %	-36,2 %	-95,8 %	-100,0 %
Domèstic		40,0 %	31,3 %	-59,4 %	-100,0 %
Energètic		105,9 %	94,5 %	36,0 %	-100,0 %
Generació d'energia elèctrica		161,1 %	142,2 %	-9,7 %	-100,0 %

Finalment, cal ressaltar que les trajectòries de les emissions de CO_2 per als dos escenaris de treball contemplats (escenari de referència i escenari objectiu) i l'evolució temporal de les contribucions sectorials a la reducció d'emissions de CO_2 previstes a l'escenari objectiu permeten obtenir algunes conclusions estratègiques de cara al futur.

Així, en l'àmbit sectorial, el sector de generació d'energia elèctrica i el sector del transport són sectors clau degut al seu pes actual de les seves emissions de CO_2, per les seves possibilitats de reducció més ràpida de les emissions, i per les seves interaccions mútues (mobilitat elèctrica, etc.).

El sectors residencial i de serveis també tenen una gran interacció amb el sector de la generació elèctrica (implantació de bombes de calor, etc.), però els ritmes de renovació de l'equipament energètic i de rehabilitació dels edificis fan que les reduccions d'emissions de CO_2 evolucionin a un ritme inicialment més lent.

D'altra banda, els diferents sectors industrials requereixen una gran atenció molt especial degut a l'elevat valor de les seves emissions de CO_2 i de les incerteses existents encara dins el ventall de tecnologies i estratègies a desenvolupar per la seva descarbonització, a més a més dels canvis estructurals necessaris a abordar en els subsectors industrials clau.

Igualment, per assolir plenament els resultats previstos a l'escenari objectiu serà de vital importància dissenyar estratègies i polítiques adequades que reflecteixin els cicles de substitució, la inèrcia i els terminis necessaris per a la implantació de les tecnologies energètiques que han de permetre la descarbonització dels diferents sectors consumidors d'energia, així com potenciar la recerca i la innovació tecnològica associades a aquestes tecnologies.

Finalment, i com ja s'ha comentat abans, els resultats de la PROENCAT 2050 mostren que, per assolir l'objectiu de reduir a pràcticament zero les emissions de CO_2 relacionades amb l'energia, no és suficient una renovació tecnològica basada en l'estalvi i l'eficiència energètica i les energies renovables, sinó que caldrà portar a terme una transformació radical del nostre sistema econòmic i social, apoderant ciutadans i empreses en la presa de decisions, canviant hàbits de consum, etc., i, en definitiva, desenvolupant de manera conjunta i al màxim nivell totes les estratègies previstes a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050.

5.9. Inversions associades a l'escenari objectiu

Inversions en generació d'electricitat

En el marc de la PROENCAT s'ha fet una estimació de les inversions necessàries per a la transició energètica. Per fer-ho, s'ha partit dels costos d'inversió de cada una de les tecnologies de generació i d'emmagatzematge d'electricitat actual, que s'han projectat als horitzons 2030, 2040 i 2050.

Per a algunes tecnologies molt madures o que no continuaran presents en el parc de generació s'ha considerat un cost d'inversió estable al llarg del període. Les tecnologies que encara estan en desenvolupament o que experimentaran un increment molt significatiu del seu mercat a escala internacional, tindran una tendència a la baixa dels costos d'inversió.

En la **taula 5.13** es pot veure els valor mitjà del CAPEX d'aquestes tecnologies en els períodes 2017-2030, 2030-2040 i 2040-2050.

Les tecnologies que experimentaran una major reducció dels costos d'inversió són les eòliques i les solars, i també l'emmagatzematge amb bateries. Es preveu que la reducció del CAPEX de l'eòlica marina sigui d'un 40 % al llarg del període, mentre que la reducció esperada de l'eòlica terrestre serà més modesta, del 5,9 %, perquè és una tecnologia molt més madura.

En canvi, es preveu que les tecnologies solars tinguin unes reduccions notables dels costos d'inversió, al voltant del 20 % segons la tecnologia.

TAULA 5.13. EVOLUCIÓ DEL CAPEX DE LES TECNOLOGIES GENERACIÓ I D'EMMAGATZEMATGE D'ELECTRICITAT

CAPEX (M€/MW)	2017-2030	2030-2040	2040-2050	Variació 2050/17
Altres no renovables	2,20	2,20	2,20	0,00 %
Cogeneració no renovable	0,88	0,88	0,88	0,00 %
Nuclear	4,00	4,00	4,00	0,00 %
Eòlica *offshore*	2,50	2,00	1,50	-40,00 %
Eòlica terrestre	0,85	0,83	0,80	-5,88 %
Solar PV en teulada	0,75	0,66	0,54	-28,64 %
Solar PV a terra	0,60	0,55	0,49	-18,33 %
Solar PV altres	0,91	0,80	0,71	-21,98 %
Cogeneració renovable	0,88	0,88	0,88	0,00 %
Biomassa	2,50	2,50	2,50	0,00 %
Biogàs	2,20	2,20	2,20	0,00 %
RSU renovable	2,20	2,20	2,20	0,00 %
Cicle combinat de GN	0,85	0,85	0,85	0,00 %
Hidràulica fluent	2,25	2,25	1,85	-17,78 %
Hidràulica no plurianual	1,70	1,70	1,70	0,00 %
Hidràulica plurianual	1,80	1,80	1,80	0,00 %
Solar TE	3,50	3,20	2,70	-22,86 %
Emmagatzematge	0,30	0,28	0,25	-16,67 %
Bombament	2,00	2,00	2,00	0,00 %

Aplicant els CAPEX mitjans de cada període a la potència instal·lada en cada període, s'obté l'import de les inversions per a cada tecnologia. El resultat es pot veure a la **taula 5.14**.

S'estima que la inversió necessària en generació elèctrica i emmagatzematge en l'horitzó 2050 serà de 51.511 M€.

La tecnologia responsable de la major part de les inversions en generació i emmagatzematge és la eòlica terrestre, amb 17.985 M€ fins al 2050, que representa un 33,6 % del total. A continuació, es situa la tecnologia solar fotovoltaica a terra, que, amb 10.462 M€, representa el 29,7 %.

TAULA 5.14. INVERSIONS ESTIMADES EN GENERACIÓ I EMMAGATZEMATGE D'ELECTRICITAT PER PERÍODES

Inversió (M€)	2017-30	2030-40	2040-50	2017-50	%
Altres no renovables	0	0	0	**0**	0,0 %
Cogeneració no renovable	0	0	0	**0**	0,0 %
Nuclear	0	0	0	**0**	0,0 %
Eòlica *offshore*	2.500	1.000	3.000	**6.500**	5,4 %
Eòlica terrestre	3.371	9.656	4.958	**17.985**	33,6 %
Solar PV en teulada	1.503	3.375	2.070	**6.948**	16,8 %
Solar PV a terra	2.623	4.769	3.070	**10.462**	29,7 %
Solar PV altres	466	1.217	417	**2.100**	4,0 %
Cogeneració renovable	63	44	0	**108**	0,2 %
Biomassa	0	0	0	**0**	0,0 %
Biogàs	12	7	15	**33**	0,0 %
RSU renovable	0	0	0	**0**	0,0 %
Cicle combinat	0	0	0	**0**	0,0 %
Hidràulica fluent	1	0	0	**1**	0,0 %
Hidràulica no plurianual	0	0	0	**0**	0,0 %
Hidràulica plurianual	0	0	0	**0**	0,0 %
Solar TE	0	82	0	**82**	0,0 %
Emmagatzematge	60	83	750	**893**	5,4 %
Bombament	3.000	3.000	400	**6.400**	4,9 %
TOTAL	**13.598**	**23.233**	**14.680**	**51.511**	**100,0 %**

A part d'aquests dues tecnologies, destaquen les inversions necessàries en instal·lacions solars fotovoltaiques en teulades, que, amb 6.948 M€, representen el 16,8 % del total.

Inversions en infraestructures de transport i distribució d'electricitat

En l'annex D es pot veure la síntesi dels treballs realitzats per al dimensionament dels reforços de la xarxa elèctrica i les inversions estimades, que es recullen en la taula 5.15. Cal advertir que les inversions en el reforçament de la xarxa de distribució en mitjana i baixa tensió són una aproximació orientativa. En el model de xarxa utilitzat per analitzar la viabilitat tècnica del sistema elèctric no s'ha treballat amb la infraestructura de distribució en mitjana i baixa tensió.

TAULA 5.15. INVERSIONS ESTIMADES PER AL REFORÇ DE LES XARXES DE TRANSPORT I DISTRIBUCIÓ D'ELECTRICITAT

M€	Línies	Transformadors	Subestacions	Total
Transport	2.785	142	370	3.297
Distribució AT	509	43	13	565
Distribució MT/BT(*)				9.394
TOTAL				**13.256**

(*) Estimació orientativa.

Estimació de les inversions en estalvi i eficiència energètica

La valoració de les inversions en equips de generació d'electricitat i en millores a les xarxes elèctriques de transport i distribució correspon al desenvolupament de l'escenari objectiu. És a dir, es valoren totes les inversions a dur a terme en el període 2017-2050, d'acord amb el camí establert en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050.

En canvi, per estimar les inversions en estalvi i eficiència energètica, només s'han de tenir en compte les inversions diferencials entre els escenaris de referència i objectiu. Les inversions associades a la renovació natural d'equips consumidors d'energia i a les mesures de millora de l'eficiència energètica ja incloses en l'escenari de referència no són inversions lligades a la PROENCAT 2050.

Així, per comptabilitzar adequadament la inversió associada a la PROENCAT 2050 quan hi ha una renovació natural dels equips en l'escenari de referència, no es comptabilitza el cost total de les inversions associades a l'escenari objectiu, sinó només el sobrecost d'inversió d'aquests equips eficients respecte d'un equip convencional.

Les inversions referents a l'estalvi i l'eficiència energètica no han d'incloure determinades inversions que tenen objectius no específicament associats a l'àmbit energètic i que formen part

d'altres planificacions sectorials. Per exemple, no es comptabilitzen les inversions en infraestructures associades al transport (desenvolupament de noves infraestructures associades al canvi modal o de noves infraestructures de transport col·lectiu com ara tren, metro o autobús).

Per tot això, per fer una avaluació prou acurada de les inversions en eficiència energètica, cal dissenyar amb molt de detall les accions a desenvolupar. Aquest treball de detall és propi de l'elaboració d'un pla d'acció i no d'una prospectiva a llarg termini com és la PROENCAT 2050.

En la PROENCAT 2050 es preveuen canvis molt profunds, tant dels hàbits com de les maneres de fer del conjunt de la societat, que ha d'afrontar un repte tan gran com és assolir la neutralitat climàtica de Catalunya. Es produiran canvis disruptius que afectaran la utilització de l'energia, com l'evolució de l'economia catalana cap a una economia circular o l'adaptació del complex petroquímic de Tarragona al desenvolupament d'una biorefineria i als canvis de matèries primeres i de productes que això comportarà, que fan molt difícil una estimació acurada de les inversions en eficiència energètica.

Només per disposar d'una aproximació orientativa, s'ha fet una estimació de les inversions en eficiència energètica extrapolant els resultats dels plans d'eficiència energètica que han elaborat França, el Regne Unit, Alemanya, Itàlia, Espanya i Turquia al cas de Catalunya.

El resultat d'aquesta estimació és que les inversions en eficiència energètica associades a la PROENCAT 2050 seran de l'ordre dels 15.000 M€.

Inversions per a la utilització de renovables tèrmiques

Les inversions necessàries per a l'aprofitament de les renovables tèrmiques que es preveuen en la PROENCAT 2050 s'han estimat a partir del cost de les tecnologies d'aprofitament. S'ha valorat l'increment de 39,5 ktep/any en la utilització de l'energia solar tèrmica, de 81,9 ktep de biomassa i de 203,4 ktep de biogàs, considerant que el 25 % d'aquesta quantitat s'utilitzarà mitjançant xarxes locals de biogàs.

Amb aquestes consideracions, l'estimació de les inversions necessàries per a l'aprofitament de les energies renovables tèrmiques és de 4.594 M€.

Inversions totals

En la taula 5.16 es recullen les estimacions de les inversions associades a la PROENCAT 2050. El total és de 84.361 milions d'euros.

TAULA 5.16. INVERSIONS TOTALS ASSOCIADES A LA PROENCAT 2050

	Inversions totals (M€)
Inversions en generació d'electricitat	51.511
Inversions en infraestructures de la xarxa elèctrica	13.256
Inversions en estalvi i eficiència	15.000
Inversions en utilització de renovables tèrmiques	4.594
TOTAL	**84.361**

6

RESUM I CONCLUSIONS

6.1. Introducció

La Prospectiva energètica de Catalunya 2050 (PROENCAT 2050) s'ha elaborat en el marc de La Llei 16/2017, del canvi climàtic, i les bases per a la transició energètica del Pacte Nacional per a la Transició Energètica (PNTE), que estableixen els principis i objectius del nou sistema energètic català per dur a terme la profunda transformació del model energètic que propugna la Llei del canvi climàtic i que reclama la societat catalana a través de la Taula d'Entitats del Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya.

L'objectiu principal és assolir un model energètic basat al 100 % en les energies renovables com a molt tard l'any 2050, si és possible tècnicament, mediambientalment i econòmicament. Per poder assolir aquest objectiu ha estat necessari elaborar la PROENCAT 2050 per definir aspectes clau del nou sistema energètic català a llarg termini que no es poden concretar en el PNTE i en la Llei del canvi climàtic.

Així, la PROENCAT 2050 és el document que fixa les visions de futur del sistema energètic de Catalunya a llarg termini, amb l'objectiu de facilitar la presa de decisions en matèria de política energètica a mitjà i llarg termini. La PROENCAT 2050 defineix les estratègies que cal implantar per assolir aquests objectius, fa una previsió numèrica de l'oferta i de la demanda energètica, i n'avalua l'impacte econòmic i mediambiental i analitza la viabilitat tècnica del sistema elèctric en l'horitzó de 2050.

Les tasques més significatives de la PROENCAT 2050 han estat:

- Exercici general de prospectiva estratègica en l'horitzó de l'any 2050.
- Prospectiva de les principals tecnologies energètiques en l'horitzó de l'any 2050.
- Caracterització tècnica i econòmica del potencial de les energies renovables a Catalunya.
- Modelització de la demanda energètica dels diferents sectors consumidors.
- Modelització de l'oferta d'energia a Catalunya tant per a usos elèctrics com tèrmics.
- Realització dels balanços energètics anuals complerts per al període 2017-2050.
- Simulació de despatx d'energia elèctrica en diverses opcions del mix de generació i en diversos horitzons temporals.
- Previsió del desenvolupament necessari de la infraestructura elèctrica tenint en

consideració els criteris de seguretat i fiabilitat establerts.

→ Simulació dels fluxos d'electricitat en quatre situacions particulars del despatx per tal de verificar el compliment dels criteris de seguretat i fiabilitat.

6.2. Els principis vertebradors de l'escenari objectiu

La PROENCAT 2050 es basa en un conjunt de principis vertebradors de l'escenari objectiu (normatiu), que venen fixats en les bases normatives i els documents de prospectiva de referència descrits en el capítol 2. Els principis vertebradors constitueixen el marc en el qual s'han desenvolupat les estratègies, que es comenten en detall en el capítol 4.

En la taula 6.1 es recullen els 12 principis vertebradors de l'escenari objectiu.

A continuació, es descriuen breument els principis vertebradors de l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050:

TAULA 6.1. PRINCIPIS VERTEBRADORS DE L'ESCENARI OBJECTIU DE LA PROENCAT 2050

1	Assolir la neutralitat climàtica l'any 2050
2	Abandonar el model energètic fòssil-nuclear
3	Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables
4	Minimitzar l'ocupació del territori
5	Apoderar ciutadans i empreses, i impulsar la transformació social
6	Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular
7	Posar en primer lloc l'eficiència energètica
8	No deixar ningú enrere
9	Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials
10	Assegurar un subministrament d'energia assequible i segur
11	Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament
12	Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació

1. Assolir la neutralitat climàtica l'any 2050

El principal objectiu de la PROENCAT 2050 és contribuir a assolir la neutralitat climàtica de Catalunya l'any 2050 en la part que li correspon al cicle energètic: les emissions de CO_2 de Catalunya associades al cicle energètic l'any 2050 seran gairebé nul·les, es reduiran un 99,8 % respecte a les de 1990 (49,2 milers de tones). Aquest valor tan reduït permet reservar la pràctica totalitat dels embornals naturals de GEH (sector «Ús de la terra, canvis d'ús de la terra i silvicultura», LULUCF per les seves sigles en anglès) per compensar les emissions de GEH de la resta de sectors (emissions no associades

a l'energia dels processos industrials, agricultura, ramaderia i residus), facilitant la neutralitat climàtica de Catalunya.

Les emissions de GEH que resten l'any 2050 corresponen al consum romanent de combustibles fòssils dels sectors del transport marítim i aeri. Aquests sectors es regulen a escala internacional i, per tant, trobar una solució a les seves emissions de GEH requereix una estratègia a escala mundial, que va més enllà de la Unió Europea i de Catalunya. Per tant, a la PROENCAT 2050 s'han aplicat les estratègies i els objectius plantejats per la Unió Europea en el context internacional per a aquests sectors.

2. Abandonar el model energètic fòssil-nuclear

El Pacte Nacional per a la Transició Energètica i la Llei 16/2017 del canvi climàtic ja van establir l'objectiu d'abandonar progressivament l'ús dels combustibles fòssils i l'energia nuclear a Catalunya. La PROENCAT 2050 ha confirmat la viabilitat tècnica i econòmica d'aquest objectiu.

3. Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables

Catalunya, actualment, té una dependència energètica molt elevada i està exposada a les decisions estratègiques d'altres països i actors que l'afecten. La sobirania energètica amb energies renovables eliminarà aquesta dependència energètica exterior (passarà del 93,8 % actual al 7,9 % l'any 2050, sense usos no energètics) i mitigarà els efectes dels conflictes geoestratègics relacionats amb l'energia, cada vegada més freqüents i més intensos.

Les energies renovables tèrmiques tenen un potencial limitat a Catalunya i tenen altres usos prioritaris a l'energètic, però les energies renovables per a la generació d'electricitat tenen uns recursos suficients per assegurar el desenvolupament de Catalunya i ja són plenament competitives. Per tant, es donen les condicions per fer una aposta radical pel desenvolupament de les energies renovables autòctones a Catalunya, fonamentalment les lligades a la producció d'energia elèctrica.

4. Minimitzar la ocupació del territori

L'aposta pel desenvolupament a gran escala de les energies renovables, que tenen una petjada ecològica molt inferior a les energies fòssil i nuclear, només suposarà una ocupació addicional del 2,5 % del territori de Catalunya. En la PROENCAT 2050, l'ocupació de territori s'ha minimitzat fent una aposta decidida per la generació distribuïda d'energia elèctrica amb energies renovables sobre teulades i altres ubicacions que no impliquen una major utilització del territori.

Caldrà encaixar totes les activitats que es duen a terme en el territori tenint en compte les seves prioritats i aplicant diversos principis, com ara aconseguir la sobirania alimentària, evitar concentracions excessives, mitigar l'impacte paisatgístic, preservar la biodiversitat, reduir els impactes mediambientals, etc.

5. Apoderar ciutadans i empreses, i impulsar la transformació social

La transició energètica suposa una transformació social que implicarà canvis en la vida diària de les persones i la presa de decisions en les empreses. Perquè aquests canvis es produeixin cal que els ciutadans i les empreses s'apoderin i se sentin realment protagonistes de la transformació.

Els nous models de consumidors i productors, com les comunitats ciutadanes d'energia o les comunitats d'energies renovables, basats en l'apoderament dels ciutadans i les empreses, afavoriran el

desenvolupament d'un model energètic renovable, participatiu i democràtic, que alhora permetrà lluitar millor contra la pobresa energètica.

6. Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular

La transició cap a la neutralitat climàtica anirà acompanyada del desenvolupament d'una economia moderna, eficient en l'ús dels materials, competitiva i amb un menor consum d'energia. A més, la transició ha de protegir la salut i el benestar dels ciutadans, i ha de ser justa i integradora. Catalunya aposta per una reindustrialització de la seva economia, per continuar sent una de les principals regions industrials d'Europa.

La nova economia serà fortament circular, aprofitant bona part dels residus i/o subproductes, i procurant que tots les productes es puguin reutilitzar, reparar o reciclar. S'implantarà una fiscalitat energètica que afavoreixi la reducció de l'ús de materials.

L'any 2050 el consum d'energia final serà un 30,7 % inferior al consum de l'any 2017, i el consum d'energia primària, un 40,9 % inferior. La intensitat energètica final a Catalunya es reduirà en un 57,2 % i la intensitat energètica primària, en un 62,6 % en aquest mateix període.

7. Posar en primer lloc l'eficiència energètica

El principi de «primer, l'eficiència energètica» és un principi general que cal tenir en compte en tots els sectors, més enllà del sistema energètic. Les solucions d'eficiència energètica s'han de considerar la primera opció quan es prenguin decisions en matèria de tota mena de polítiques, planificacions i inversions.

Una vegada reduïdes les necessitats de bens i serveis, i aplicades les tecnologies i els sistemes més eficients energèticament, cal assegurar que la resta del cicle energètic (distribució, transport i generació) també sigui el més eficient possible energèticament. En el cas de l'electricitat, cal promoure l'autoconsum i, quan no sigui possible, solucions de gestió compartida de proximitat mitjançant xarxes de distribució i transport intel·ligents que permetin aplicar mesures d'eficiència energètica, generació d'energia elèctrica i emmagatzematge individuals i col·lectius.

8. No deixar ningú enrere

La transició energètica cap a la neutralitat climàtica ha d'assegurar que tots els ciutadans puguin exercir el seu dret a disposar d'un subministrament d'energia prestant un especial èmfasi a la lluita contra la pobresa energètica. Cal establir els objectius que permetin garantir el consum mínim vital d'energia necessari per a tots els consumidors vulnerables, erradicant la pobresa energètica en el mitjà termini.

La transició ha de ser justa. S'han d'aprofitar totes les oportunitats que ofereix la mateixa transició energètica per millorar i assegurar els llocs de treball dels sectors econòmics que es veuran afectats per la transició energètica i no deixar ningú enrere.

9. Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials

Tenint en compte la resta dels principis vertebradors, cal apostar per les tecnologies que tenen unes millors prestacions des del punt de vista dels àmbits de l'energia, el medi ambient i els materials, de manera simultània.

Així, a la PROENCAT s'ha apostat per una electrificació elevada de l'economia, per utilitzar les renovables tèrmiques on tinguin més valor, per una utilització selectiva de l'hidrogen verd renovable i per considerar que els combustibles i materials sintètics no són una opció estratègica per a Catalunya.

10. Assegurar un subministrament d'energia assequible i segur

El subministrament energètic ha de ser assequible i segur per als ciutadans i les empreses. L'energia és un factor de cost per a l'economia i, per tant, com més se'n redueixi el cost, millor. Si volem assolir la neutralitat climàtica, mantenint el benestar i la salut dels ciutadans sense deixar ningú enrere, és imprescindible que la nostra economia sigui competitiva i, per tant, que el subministrament energètic sigui assequible.

En aquest sentit, el mix elèctric previst a la PROENCAT 2050 comporta un cost mitjà de generació elèctrica (en termes de *Levelized Cost of Energy* (LCOE)) de 52,5 €/MWh per a l'any 2050.

11. Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament

En el nou sistema elèctric, les xarxes hauran de ser intel·ligents per permetre la gestió de la demanda i de la generació distribuïda de proximitat i per facilitar el desenvolupament de les comunitats d'energies renovables i les comunitats ciutadanes d'energia.

La transició energètica ens portarà del model centralitzat actual a un model descentralitzat, participatiu i democràtic. Caldrà implantar l'emmagatzematge d'electricitat a quatre nivells (consumidor individual, comunitats locals, associat a xarxes de distribució i transport, i grans sistemes singulars —bombament hidroelèctric, centrals hidroelèctriques de regulació, etc.—) i una elevada cooperació amb els sistemes elèctrics veïns, per a la gestió dels desajustos diaris, setmanals i estacionals entre la generació i la demanda.

12. Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació

El desenvolupament tecnològic i la innovació és un element clau per al desenvolupament social i econòmic a mitjà i llarg termini. Algunes de les tecnologies necessàries per a la transició energètica ja són madures avui en dia, però n'hi ha d'altres que són molt incipients.

Caldrà treballar en el desenvolupament de bateries, energia eòlica marina, biocombustibles i biomaterials avançats, aplicacions de la bomba de calor de mitjana temperatura a la indústria, emmagatzematge estacional d'electricitat, hidrogen verd, circularitat dels materials, etc., per mencionar-ne algunes.

Catalunya ha protagonitzat la recerca i la innovació de les noves tecnologies, i aprofitat els beneficis ambientals, socials i econòmics que se'n poden aconseguir.

6.3. Estratègies en àmbit energètic

A partir dels principis vertebradors s'ha desenvolupat un conjunt d'estratègies que, mitjançant el joc d'hipòtesis sobre les variables principals del sistema energètic de Catalunya, han permès obtenir les projeccions numèriques de l'oferta i la demanda d'energia en l'horitzó de l'any 2050 que es mostren en Capítol 5. Aquestes estratègies s'aplicaran de manera immediata i durant la transició energètica que culminarà l'any 2050, en la definició de les polítiques, la

planificació i dels plans d'acció que redactarà i aplicarà la Generalitat de Catalunya en els diferents horitzons 2030, 2040 i 2050.

S'han inclòs dues estratègies de caràcter «intern» de la Generalitat de Catalunya per adequar el funcionament de l'Administració a les necessitats de la transició energètica i per a la creació d'un observatori de seguiment.

Les estratègies estan relacionades amb els principis vertebradors, segons es pot veure en la **taula 6.3**.

TAULA 6.2. ESTRATÈGIES EN L'ÀMBIT ENERGÈTIC DE LA PROENCAT 2050

1	Desplegar les energies renovables a gran escala.
2	Reduir el consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic.
3	Establir la fiscalitat, el finançament i altres mecanismes de mercat adequats per a la transició energètica.
4	Impulsar l'economia circular i la bioeconomia.
5	Descarbonitzar el sector primari.
6	Apoderar els ciutadans i les empreses com a protagonistes del sistema energètic.
7	Orientar l'R+D+i i la formació dels professionals de l'àmbit energètic cap a la transició energètica.
8	Implantar una mobilitat neta, segura i connectada.
9	Impulsar i descarbonitzar el sector industrial.
10	Apostar per l'autoconsum elèctric i la generació d'electricitat de proximitat.
11	Redissenyar el sistema elèctric. Protagonisme de la xarxa de distribució. Suport mutu amb els sistemes veïns.
12	Electrificar l'economia.
13	Lluitar contra la pobresa energètica i defensar el consumidor vulnerable.
14	Assegurar una transició justa i inclusiva.
15	Minimitzar l'ús de territori per a usos energètics i preservar els usos de més valor.
16	Preservar la utilització de la biomassa per a usos tèrmics i com a matèria primera.
17	Fer un ús selectiu de l'hidrogen renovable.
18	Aprofitar la transició energètica per al desenvolupament empresarial i la creació de llocs de treball de qualitat.
19	Descarbonitzar els edificis i els serveis no associats a edificis. Edificis de consum gairebé nul (NZEB) i edificis de zero emissions. Rehabilitació generalitzada del parc d'edificis existents.
20	Impulsar l'emmagatzematge d'electricitat (bombament i bateries).
21	Adequar l'administració de la Generalitat de Catalunya en l'àmbit energètic a les necessitats de la transició energètica.
22	Creació de l'observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica.

TAULA 6.3. RELACIONS DE DEPENDÈNCIA I INFLUÈNCIA ENTRE ELS PRINCIPIS VERTEBRADORS I LES ESTRATÈGIES DE LA PROENCAT 2050

Influència/Dependència

- Forta (3,4)
- Mitjana (1,2)
- Dèbil i molt dèbil (0)

ESTRATÈGIES	PRINCIPIS	1 Assolir la neutralitat climàtica l'any 2050	2 Abandonar el model energètic fòssil-nuclear	3 Aconseguir la sobirania energètica amb energies renovables	4 Minimitzar l'ocupació del territori	5 Apoderar ciutadans i empreses, i impulsar la transformació social	6 Desenvolupar una economia pròspera, moderna, competitiva i circular	7 Posar en primer lloc l'eficiència energètica	8 No deixar ningú enrere	9 Aplicar el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials	10 Assegurar un subministrament d'energia assequible i segur	11 Dissenyar un nou sistema elèctric i el seu funcionament	12 Apostar decididament per la recerca, el desenvolupament i la innovació
Desplegar les energies renovables a gran escala	1												
Reduir el consum d'energia sense reduir el benestar i el creixement econòmic	2												
Establir la fiscalitat, el finançament i altres mecanismes de mercat adequats per a la transició energètica	3												
Impulsar l'economia circular i la bioeconomia	4												
Descarbonitzar el sector primari	5												
Apoderar els ciutadans i les empreses com a protagonistes del sistema energètic	6												
Orientar l'R+D+i i la formació dels professionals de l'àmbit energètic cap a la transició energètica	7												
Implantar una mobilitat neta, segura i connectada	8												
Impulsar i descarbonitzar el sector industrial	9												
Apostar per l'autoconsum elèctric i la generació d'electricitat de proximitat	10												
Redissenyar el sistema elèctric. Protagonisme de la xarxa de distribució. Suport mutu amb els sistemes veïns	11												
Electrificar l'economia	12												
Lluitar contra la pobresa energètica i defensar el consumidor vulnerable	13												
Assegurar una transició justa i inclusiva	14												
Minimitzar l'ús de territori per a usos energètics i preservar els usos de més valor	15												
Preservar la utilització de la biomassa per a usos tèrmics i com a matèria primera	16												
Fer un ús selectiu de l'hidrogen renovable	17												
Aprofitar la transició energètica per al desenvolupament empresarial i la creació de llocs de treball de qualitat	18												
Descarbonitzar els edificis i els serveis no associats a edificis. Edificis de consum gairebé nul (NZEB) i edificis de zero emissions. Rehabilitació generalitzada del parc d'edificis existents.	19												
Impulsar l'emmagatzematge d'electricitat (bombament i bateries)	20												
Adequar l'administració de la Generalitat de Catalunya en l'àmbit energètic a les necessitats de la transició energètica	21												
Creació de l'observatori de la transició energètica i la neutralitat climàtica	22												

Com es pot veure a la taula 6.3, les dues estratègies de caràcter intern de la Generalitat de Catalunya tindrien una influència/dependència transversal de tots els principis vertebradors.

6.4. Recull de resultats de les projeccions de la demanda d'energia el 2050

Consum final

- En l'escenari objectiu, el consum final d'energia a Catalunya experimentarà una **reducció del 30,7 %** en el període 2017-2050, passant dels 15.058,7 ktep l'any 2017 als 10.439,5 ktep el 2050. Això representa una reducció anual mitjana del -1,1 %.
- En l'escenari de referència, el consum final experimentaria un **augment del 19,8 %** en el mateix període i se situaria en els 18.039,7 ktep l'any 2050.
- Malgrat que l'escenari de referència ja inclou totes les mesures d'estalvi i eficiència energètica posades en funcionament fins a l'any 2020, l'estalvi de l'escenari objectiu respecte de l'escenari de referència l'any 2050 és de 7.600 ktep, que significa un **estalvi del 42,1 %**.
- El **sector industrial** passarà a ser el sector amb un major consum final d'energia l'any 2050. Passarà de representar el 33,1 % del total l'any 2017 **al 43,2 % l'any 2050**.
- El **sector dels transports**, que era el principal consumidor d'energia l'any 2017 amb el 39,9 % del total, l'any 2050 se situa en segon lloc, amb un **28,4 %** del total. Els sectors domèstic, serveis i primari tenen un pes en el balanç de consum d'energia final l'any 2050 semblant al que tenien l'any 2017.
- Pel que fa al consum d'energia final per formes d'energia, els **productes derivats del petroli**, que eren les fonts energètiques més utilitzades l'any 2017 amb un 72,2 % del total, pràcticament desapareixen l'any 2050, amb un **1,5 %** del total. Aquest petit consum del 2050 és degut a la utilització de querosè per al transport aeri, un sector amb dificultats per trobar alternatives als combustibles fòssils.
- En canvi, degut al procés d'electrificació de l'economia, el pes de l'**electricitat** ha augmentat des del 24,8 % del 2017 al **76,6 %** l'any 2050. Les energies renovables tèrmiques també experimenten un creixement important, i passen del 3 % de l'any 2017 al **21,8 %** l'any 2050, gràcies a la participació del líquids renovables (principalment, bioquerosè) i dels gasos renovables (principalment, biogàs de refineria i plantes d'olefines, hidrogen i biogàs).

Intensitat energètica final

- Es produeix una reducció molt significativa de la demanda d'energia, malgrat que s'ha previst un creixement de l'economia de l'1,5 % anual al llarg del període, que implica un **creixement del PIB del 62,1 %** en el període 2017-2050.
- La PROENCAT 2050 aposta per fer un ús molt eficient de l'energia. Es desacobla el creixement econòmic de l'evolució del consum d'energia en tots els sectors, de manera que la **intensitat energètica** de Catalunya es **redueix en un 57,2 %**. Així, l'any 2050, l'economia catalana necessitarà un 57,2 % menys d'energia que la que utilitza actualment per produir una unitat de PIB.

TAULA 6.4. MILLORA DE LA INTENSITAT ENERGÈTICA PER SECTORS

Sector	Consum d'energia	Factor (PIB/VAB/habitatges)		Intensitat energètica
TOTAL	**-30,7 %**	**PIB**	**62,1 %**	**-57,2 %**
Primari	-6,1 %	VAB sectorial	42,3 %	-34,0 %
Indústria	-9,3 %	VAB sectorial	91,6 %	-52,7 %
Transport	-50,6 %	PIB	62,1 %	-69,5 %
Serveis	-19,0 %	VAB sectorial	59,8 %	-49,3 %
Domèstic	-37,1 %	Habitatges principals	24,9 %	-49,6 %

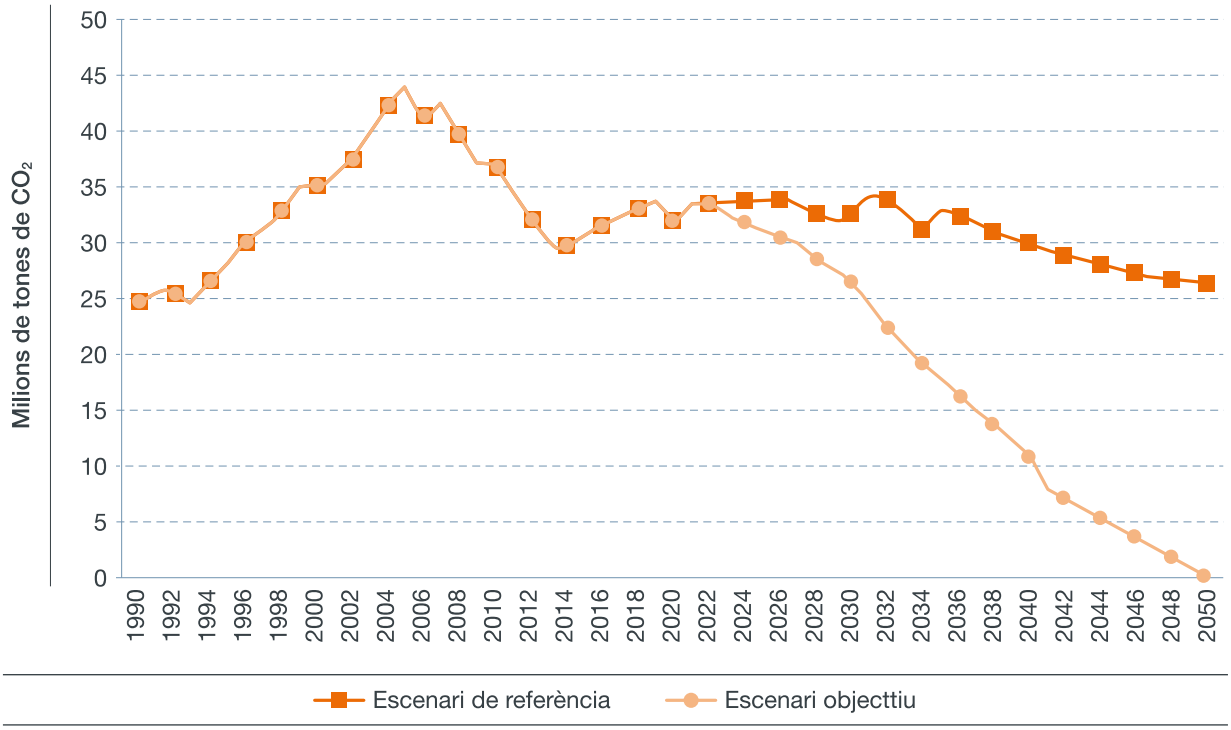
Consum d'energia primària

- En el període 2017-2050, el consum d'energia primària a Catalunya es redueix de 21.833,8 ktep l'any 2017 a 12.899,3 ktep l'any 2050, sense tenir en compte el consum de productes energètics per a usos no energètics. Això representa una **reducció del 40,9 %**, equivalent a una reducció anual de l'1,6 %.
- Aquesta reducció del consum d'energia primària és deguda, principalment, a la **reducció del consum d'energia final** i a la **pràctica desaparició de les pèrdues** en la generació d'electricitat.
- Es produeix un canvi radical en les formes d'energia en el balanç d'energia primària. Així, l'any 2017, els combustibles fòssils, nuclears i residus no renovables representaven el 93,7 % del total. L'any 2050, en primer lloc, es situa l'**energia eòlica**, amb **un 38,1 %**, i, a continuació, l'energia **solar fotovoltaica**, amb **un 33,0 %**, i els **combustibles renovables**, amb **un 22,4 %**.
- El conjunt de les energies renovables representa el **98,8 %** del consum d'energia primària de Catalunya l'any 2050.

Emissions de CO_2 del cicle energètic

- En l'escenari objectiu, les emissions de CO_2 degudes al cicle energètic a Catalunya es **redueixen en un 99,8 %** en el període 1990-2050, que passen dels 25,2 milions de tones l'any 1990 a només 49,2 milers de tones l'any 2050.
- Si bé l'any 2050 les emissions d'origen energètic no són nul·les, es pot dir que **Catalunya assoleix la neutralitat climàtica l'any 2050 pel que fa al cicle energètic**, tenint en compte que el petit romanent d'emissions es deu a la utilització de combustibles fòssils en el transport aeri, i Catalunya no té capacitat d'intervenir en aquesta decisió.
- En l'escenari de referència, que preveu una producció elèctrica renovable del 90 % i una reducció de la intensitat energètica del 26 %, **no s'assoleix la neutralitat climàtica**. Per aconseguir-ho, cal desenvolupar alhora, i al màxim nivell, totes les estratègies previstes en l'escenari objectiu.

FIGURA 6.1. EVOLUCIÓ DE LES EMISSIONS DE CO_2 D'ORIGEN ENERGÈTIC EN ELS DOS ESCENARIS CONSIDERATS



Dependència energètica

- Actualment, igual que l'any 2017, Catalunya té una dependència energètica molt elevada, del **93,8 %**, si es considera que l'energia nuclear no és una font energètica autòctona.
- Si es considera que l'energia nuclear és autòctona, d'acord amb els criteris internacionals d'elaboració de balanços energètics, la dependència energètica de l'any 2017 seria del **64,5 %**, igualment, un valor molt elevat.
- Una elevada dependència energètica exposa Catalunya a les decisions estratègiques d'altres països i actors que l'afecten.
- La decisió d'aconseguir la **sobirania energètica basada en les energies renovables autòctones** que es proposa en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 eliminarà aquesta dependència energètica exterior, que passarà a ser del 7,9 % l'any 2050.

6.5. Configuració del sistema elèctric català en l'horitzó 2050

Demanda d'energia elèctrica

- La demanda total d'electricitat de Catalunya passa dels 43,9 TWh de l'any 2017 als **99,2 TWh** del 2050. Això representa que la demanda d'electricitat **es multiplica per 2,26**, a un ritme de creixement mitjà del 2,1 % anual al llarg del període 2017-2050.

- El **sector industrial** es manté com el sector més consumidor d'electricitat. La demanda d'aquest sector l'any 2050 es preveu que sigui de **40,9 TWh**, un **41,3 %** del total. La demanda d'electricitat d'aquest sector es multiplicarà per 2,3.
- El segon major consumidor d'electricitat l'any 2050 serà el **sector dels transports**, amb **21,6 TWh**, un **21,8 %** del total. Aquest sector tenia un consum d'electricitat molt petit l'any 2017 (1 TWh) degut, fonamentalment, al subsector ferroviari. El creixement és espectacular degut a l'electrificació del transport per carretera.
- El sector energètic també experimenta un increment molt important del consum d'energia elèctrica, que passa dels 0,5 TWh de l'any 2017 als 6,1 TWh del 2050.

TAULA 6.5. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA ELÈCTRICA PER SECTORS EN L'ESCENARI OBJECTIU (TWh)

	2017	2030	2040	2050
Consum final	**43,4**	**58,0**	**81,1**	**93,0**
Primari	0,4	0,5	0,9	1,3
Indústria	17,6	23,1	33,9	40,9
Transport	1,0	6,4	16,6	21,6
Serveis	14,4	16,7	17,3	16,7
Domèstic	10,0	11,3	12,4	12,5
Sector energètic	**0,5**	**3,2**	**4,9**	**6,1**
TOTAL	**43,9**	**61,1**	**86,0**	**99,2**

Potència instal·lada

- La potència elèctrica instal·lada a Catalunya l'any 2050 serà de **61.862 MW**. Aquesta xifra **multiplica per 5,5** la potència elèctrica instal·lada l'any 2017.
- Es preveu que l'any 2030 es mantingui el parc de generació amb cicles combinats de gas natural i ja hagi tancat un grup nuclear (Ascó 1). L'any 2040 només quedaran en funcionament 4 grups de cicles combinats de gas natural, amb una potència de 1.670 MW, i ja hauran tancat totes les centrals nuclears de Catalunya.
- En el període 2017-2050, Catalunya **perdrà els 7.809 MW** de potència instal·lada en tecnologies fòssils, nuclears i altres no renovables, i **haurà d'instal·lar 58.384 MW** nous de tecnologies de generació d'electricitat amb energies renovables, que s'afegiran als **3.478 MW** instal·lats actualment.
- L'any 2050, el **100 % de la potència instal·lada de generació d'electricitat a Catalunya serà renovable**.
- La tecnologia amb una major potència instal·lada l'any 2050 serà la solar fotovoltaica, amb **33.153 MW**, que representaran el **53,6 %** del total. La PROENCAT 2050 dona prioritat a instal·lar aquesta tecnologia en emplaçaments ja antropitzats.
- Es preveu que una **tercera part** de la potència solar fotovoltaica s'instal·larà en teulades (11.144 MW) i un **7,9 %** (2.614 MW), en altres ubicacions, com ara infraestructures viàries, embassaments, sòl industrial no utilitzat, etc. La PROENCAT 2050 proposa fer una utilització molt elevada del potencial en aquestes ubicacions.
- Es preveu que s'instal·lin **19.394 MW** de la tecnologia solar fotovoltaica a terra, principalment en matollars, superfícies de cultius herbacis de secà, prats i herbassars, i altres sòls amb cultius abandonats o erosionats, prioritzant la sobirania alimentària. S'estima una ocupació d'aquests sòls en **31.380 ha**,

tot i que es poden compatibilitzar altres activitats amb la producció d'electricitat amb energia solar fotovoltaica.

- La segona tecnologia amb una major potència instal·lada l'any 2050 serà l'eòlica, amb **26.636 MW**, que representaran el **43,1 %** del total. Es preveu que s'instal·lin 3.500 MW de potència en eòlica marina i la resta, 23.136 MW, en eòlica terrestre.
- L'energia eòlica es desenvolupa, en general, en zones forestals, més ventoses degut a la presència d'elevacions del terreny i muntanyes. L'ocupació de territori que es preveu d'aquesta tecnologia és de **48.447 ha**, però amb una compatibilitat molt alta amb altres activitats de tipus agrícola o forestal.
- L'energia hidràulica **no augmentarà** la potència instal·lada en el període 2017-2050, i mantindrà els **1.826 MW** instal·lats actualment. La resta de tecnologies tindran un pes molt petit en el total.

Producció bruta

- La producció bruta d'electricitat a Catalunya l'any 2050 serà de **117.473 GWh**. Aquesta xifra multiplica per 2,5 la producció bruta d'electricitat de l'any 2017.
- La producció bruta d'electricitat amb energies no renovables, que l'any 2017 representava el 83,9 % del total, baixa lleugerament l'any 2030 (es redueix en un 8,5 %), té una forta davallada en l'horitzó 2040 (es redueix un 87,5 % respecte del 2017) i ja **ha desaparegut l'any 2050**.
- La producció bruta amb energies renovables es multiplica per **15,5**, i passa dels 7.566 GWh del 2017 als 117.473 GWh del 2050.
- L'any 2050, el **100 % de la generació d'electricitat a Catalunya serà renovable**. L'evolució és també molt ràpida. L'any 2017, la producció d'energia elèctrica renovable és el 16,1 % del total, mentre que l'any 2030 es preveu que sigui del 50,8 % (es compleix l'objectiu establert en la Llei 16/2017 del canvi climàtic) i l'any 2040, del 88,7 %.
- La principal tecnologia de generació d'electricitat l'any 2050 serà l'**eòlica**, que, amb una producció de **60.068 GWh**, representarà el **51,1 %** del total. Un 77,8 % d'aquesta producció correspondrà a l'eòlica terrestre, i la resta, un 22,2 % a l'eòlica marina.
- La generació d'electricitat amb la tecnologia solar fotovoltaica, amb **51.965 GWh**, representarà el 44,2 % del total. Cal destacar que les **instal·lacions en ubicacions ja antropitzades** tindran una producció bruta de **19.274 GWh**, que representaran **el 16,4 % de la producció bruta d'electricitat a Catalunya l'any 2050**.

Emmagatzematge

- La potència d'emmagatzematge d'energia elèctrica a Catalunya augmentarà des dels 534 MW l'any 2017 fins als **7.234 MW** l'any 2050, en multiplicar-se per 13,5.
- La capacitat d'emmagatzematge en centrals hidràuliques de turbinació-bombament passarà dels 534 MW instal·lats actualment als 3.734 MW. O sigui, es preveu que **s'afegeixin 3.200 MW** en nous projectes en l'horitzó del 2050.
- Es preveu que en l'horitzó del 2050 s'instal·lin **3.500 MW** de potència d'emmagatzematge en bateries.

6.6. Sobre la viabilitat tècnica i econòmica d'un sistema elèctric 100 % renovable l'any 2050 a Catalunya

- El parc de generació i d'emmagatzematge establert en la configuració de generació adoptada **asseguraria la cobertura de la demanda d'energia elèctrica a Catalunya l'any 2050** amb un equilibri adequat entre el cost de generació, l'ocupació de territori, els vessaments, el volum dels intercanvis amb els sistemes elèctrics veïns, la potència ferma disponible en el sistema i la inèrcia del parc de generació.
- Caldrà desenvolupar reforços a les xarxes de transport i distribució per assegurar que, amb la solució de generació adoptada, el subministrament es produirà **amb els nivells de qualitat i fiabilitat exigibles**.
- La viabilitat de l'electrificació plantejada per al 2050 dependrà del reforçament de les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns i del reforçament de la xarxa interna d'aquests sistemes. **Disposar d'un nivell suficient d'interconnexions és imprescindible perquè un sistema elèctric 100 % renovable a Catalunya sigui viable**.
- El cost mitjà de generació en l'horitzó 2050 no serà gaire elevat, d'uns **52,5 €/MWh**, però no estarà totalment cobert pel preu resultant d'un mercat marginalista en cap dels horitzons temporals.
- Per tant, cal plantejar **l'evolució del mercat marginalista actual cap a un disseny de doble mercat**, amb un mercat base amb contractes a llarg termini i un mercat de serveis d'ajust amb la doble vessant de curt i molt curt termini, i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a termini en aquest darrer cas.

6.7. Resum de les inversions necessàries per a la transició energètica

- Les inversions associades a la PROENCAT 2050 per a la producció d'electricitat, la utilització d'energies renovables tèrmiques, el reforçament de les xarxes elèctriques de transport i distribució i per a mesures de millora de l'estalvi, i l'eficiència energètica són de **84.361 M€**.
- Les inversions en sistemes de **generació d'electricitat** representen la major part de les inversions necessàries, amb un **61,1 %**. Les inversions en **estalvi i eficiència energètica** també són molt rellevants, ja que representen el **17,8 %** del total. No obstant, cal tenir en compte les dificultats per estimar aquestes inversions.

TAULA 6.6. INVERSIONS TOTALS ASSOCIADES A LA PROENCAT 2050

Inversions en generació d'electricitat	51.511 M€
Inversions en infraestructures de la xarxa elèctrica	13.256 M€
Inversions en estalvi i eficiència	15.000 M€
Inversions en utilització de renovables tèrmiques	4.594 M€
TOTAL	**84.361 M€**

6.8. Conclusions

Conclusions generals

És possible assolir la neutralitat climàtica relacionada amb l'energia l'any 2050

La PROENCAT 2050 preveu una reducció del 98,8 % de les emissions de CO_2 degudes al cicle energètic respecte de l'any 1990. Les emissions de CO_2 d'origen energètic seran només de 49,2 milers de tones, generades exclusivament en el transport aeri. Aquest valor tant reduït permet reservar la pràctica totalitat dels embornals naturals de GEH al sector de l'ús de la terra, el canvi de l'ús de la terra i la silvicultura (UTCUTS, o LULUCF, en les seves sigles en anglès) per compensar les emissions de GEH de la resta de sectors (emissions no associades a l'energia dels processos industrials, agricultura, ramaderia i residus), i facilitar la neutralitat climàtica global de Catalunya.

Un sistema energètic català 100 % renovable, autòcton, eficient i competitiu és possible

La PROENCAT 2050 confirma la viabilitat tècnica i econòmica de l'objectiu establert a la Llei del Canvi Climàtic d'abandonar completament l'ús dels combustibles fòssils i l'energia nuclear a Catalunya l'any 2050. Així, la PROENCAT 2050 mostra que és viable un sistema energètic gairebé sense emissions de CO_2 i sense generació de residus radioactius, que utilitza fonamentalment energies renovables autòctones, que redueix dràsticament la seva dependència energètica (del 94,2 % l'any 2017 al 7,9 % l'any 2050), que millora molt la seva eficiència energètica tant en consum final com en transformació i que assegurarà uns preus de l'energia assequibles en el futur.

El tancament de les centrals nuclears en els terminis acordats és possible

El tancament progressiu de la generació d'electricitat amb centrals nuclears d'acord amb el calendari actualment previst (Ascó I l'any 2030, Ascó II l'any 2032 i Vandellòs II l'any 2034), és possible posant en marxa nova generació d'electricitat amb energies renovables, augmentant la capacitat dels sistemes d'emmagatzematge, reforçant les interconnexions amb les sistemes elèctrics veïns i aplicant mesures de gestió de la demanda.

Es desacoblarà el creixement econòmic del consum d'energia i es reduirà el consum d'energia per càpita d'una manera dràstica

Malgrat que es preveu un creixement del PIB del 63,4 % en el període 2017-2050, el consum d'energia final es reduirà en un 30,7 % i el consum d'energia primària (sense els usos no energètics) en un 40,9 % l'any 2050. Per tant, es desacoblarà el creixement econòmic del consum d'energia, amb una millora de la intensitat energètica final de l'economia catalana del 57,2 % i de la intensitat energètica primària del 63,6 % en aquest període.

Igualment, es preveu una reducció del consum d'energia final per càpita del 40 % i del consum d'energia primària per càpita del 47 % en el període 2017-2050.

S'aplica el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient en l'àmbit de l'energia, el medi ambient i els materials

En desenvolupar l'escenari objectiu des del punt de vista de les tecnologies, s'ha aplicat estrictament el principi de neutralitat tecnològica cost-eficient. És a dir, s'ha considerat que les tecnologies energètiques que s'implantaran en aquest horitzó seran les que, amb el coneixement actual, ofereixen

unes millors prestacions en els aspectes energètic, medi ambiental i d'ús de materials.

Així, a la PROENCAT 2050 l'electrificació es considera la primera opció. En segon lloc, s'ha apostat per la utilització amb finalitats no energètiques d'hidrogen d'origen renovable (hidrogen verd) i biomaterials avançats. Allà on no és possible l'electrificació, s'aposta per utilitzar les renovables tèrmiques tradicionals de proximitat on tinguin més valor, els biocombustibles i biocarburants avançats (a partir de primeres matèries sense afectació en l'alimentació humana i animal), que en alguns casos necessiten de l'hidrogen verd com a matèria primera, i per una utilització selectiva de l'hidrogen verd renovable com a combustible. Es considera que els combustibles i materials sintètics neutres climàticament (a partir de CO_2 de l'aire o biogènic i hidrogen verd) no són una opció estratègica per a Catalunya, degut al seu pitjor comportament en els àmbits energètic, ambiental i d'ús de materials.

Es produirà una forta electrificació de l'economia

En aplicació del principi de neutralitat tecnològica cost-eficient, la PROENCAT 2050 preveu una forta electrificació de l'economia. Les tecnologies de generació d'electricitat a Catalunya, com ara l'eòlica o la solar, tenen uns potencials energètics molt elevats, permeten cobrir les necessitats futures d'energia de la societat catalana, i ja són plenament competitives. A més, les tecnologies elèctriques de consum tenen uns rendiments energètics i unes capacitats de regulació molt bons. La introducció d'algunes tecnologies elèctriques com ara els vehicles elèctrics o les bombes de calor tindran un efecte disruptiu en la reducció de la demanda d'energia. Es preveu que entre el 2017 i el 2050 el consum final d'electricitat es multipliqui per 2,3 i passi de representar el 24,8 % del consum d'energia final l'any 2017 al 76,6 % l'any 2050.

Disposar d'un sector elèctric 100 % renovable no és suficient per assolir la neutralitat climàtica

Si s'aposta per un parc de generació 100 % renovable però es mantenen els nivells actuals d'electrificació i d'utilització de les energies renovables tèrmiques, no s'assolirà l'objectiu de la neutralitat climàtica a Catalunya, tal i com es posa de manifest, a tall d'exemple, en l'escenari de referència de la PROENCAT 2050. En aquest escenari, les emissions de CO_2 degudes a l'energia l'any 2050 seran superiors a les de l'any 1990, malgrat que es preveu una reducció de la intensitat energètica del 26 % i que la generació d'energia elèctrica amb energies renovables serà el 90 % del total. Per tant, si es vol assolir la neutralitat climàtica l'any 2050, s'ha d'electrificar la demanda al màxim nivell possible amb energia elèctrica 100 % renovable, donat que no hi ha disponibilitat de recursos d'energies tèrmiques renovables suficients per assolir-la per sí soles. No s'ha de perdre de vista un tema cabdal com és situar al màxim nivell l'aposta per l'estalvi i la millora de l'eficiència energètica, el canvi d'hàbits i el protagonisme i compromís de la societat amb la transició energètica, tal i com es preveu a l'escenari objectiu.

La transició energètica tindrà impactes, però molt menors que els beneficis

La transició energètica basada exclusivament en energies renovables autòctones comporta impactes territorials, ambientals, paisatgístics i socials, entre d'altres. Les estratègies de la PROENCAT 2050 es basen en minimitzar aquests impactes al màxim amb l'objectiu d'assolir la neutralitat

climàtica i la sobirania energètica amb energies renovables l'any 2050.

S'ha de tenir en compte que el model energètic fòssil-nuclear actual té uns impactes molt més elevats, que estan majoritàriament externalitzats a nivell territorial. Així, segons els resultats obtinguts en un estudi encarregat pel CADS l'any 2005, la petjada ecològica del cicle energètic a Catalunya era de 1,6 ha/habitant. Per tant, per internalitzar els impactes del cicle energètic a Catalunya, amb el model energètic fòssil-nuclear existent l'any 2005, caldria disposar d'un territori d'uns 110.000 km^2, unes 3,4 vegades l'extensió de Catalunya.

Davant l'emergència climàtica, cal tenir en compte que el cost de la no-acció no es assumible per les generacions actuals i futures.

Amb la transició energètica es contribueix a reduir els problemes derivats del canvi climàtic, com ara els canvis en els règims de temperatura i pluges, la reducció de la disponibilitat d'aigua o la desertificació, que poden afectar greument activitats econòmiques com l'agricultura o el turisme, i la mateixa habitabilitat de les nostres ciutats.

Es produirà una ocupació addicional moderada del territori

La neutralitat climàtica i la sobirania energètica basades en les energies renovables comporten una ocupació addicional del territori de Catalunya. Davant d'aquesta realitat, la PROENCAT 2050 es fixa com a objectiu clau minimitzar l'ocupació de territori, fent una aposta decidida per la generació distribuïda d'energia elèctrica amb energies renovables situades en teulades i altres ubicacions que no impliquen una major utilització del territori. Així, es preveu que l'ocupació addicional de territori per a la implantació de 58,4 GW de nova potència de generació elèctrica amb energies renovables serà de 79.827 ha, que representa un 2,5 % del territori de Catalunya. Aquesta superfície equival, per exemple, al 19 % de la superfície total de matollars de Catalunya. És una ocupació significativa però assumible que no exclou el manteniment de les activitats que s'hi realitzen actualment.

Es manté l'objectiu d'assolir la sobirania alimentària i de respectar al màxim la biodiversitat

La tecnologia eòlica no té una incompatibilitat rellevant amb el sector primari. La tecnologia solar fotovoltaica pot tenir una afectació més significativa, però s'estan desenvolupant solucions per minimitzar-la, sobretot en el camp de l'agrovoltaica.

Fins i tot en el cas que tota la potència solar fotovoltaica en terra s'instal·lés en sòl agrícola (es preveu que també ho faci en matollars, prats i cultius abandonats), l'ocupació fora de 31.380 ha, un 8 % de la superfície actual dedicada als cultius herbacis de secà a Catalunya.

Un tema cabdal, tant en els emplaçaments eòlics com en els fotovoltaics a terra, és el manteniment al màxim nivell possible de la biodiversitat.

Els ciutadans i les empreses seran protagonistes de la transició energètica

L'objectiu de la PROENCAT 2050 és desenvolupar un model energètic que, a més a més de ser renovable, sigui participatiu i democràtic, amb un fort component d'apoderament social.

Cal que els ciutadans i les empreses s'apoderin i se sentin realment protagonistes de la transició energètica. Aquesta transició s'ha de basar en un model fortament descentralitzat,

que ha de facilitar l'apoderament de la ciutadania i les empreses, que passen a ser consumidores actives amb la possibilitat de consumir, generar, emmagatzemar i vendre energia elèctrica, al mateix temps que gestionen el seu consum o comparteixen energia tèrmica mitjançant xarxes de fred i calor i xarxes locals de gasos renovables.

Les comunitats d'energies renovables i les comunitats ciutadanes d'energia seran un element clau per a l'apoderament de la ciutadania, les pimes i les autoritats locals que hi participin. Aquestes comunitats energètiques afavoriran la transició d'un model energètic centralitzat com l'actual a un model molt més descentralitzat i que alhora facilitarà l'aplicació de noves estratègies per lluitar contra la pobresa energètica.

Conclusions en l'àmbit del consum final

Cal un gran esforç en la renovació energètica d'edificis

L'any 2050, la totalitat dels edificis de Catalunya ha de ser d'emissions nul·les. A més, tots els edificis nous hauran de ser d'emissions nul·les a partir del 2030 i, si són edificis públics, aquesta obligació s'avança al 2027. D'altra banda, un 60 % dels edificis existents actualment a Catalunya no són energèticament eficients perquè es van construir abans del 1980. La PROENCAT 2050 preveu que l'any 2030 el 12,5 % del parc d'habitatges haurà estat objecte d'una rehabilitació profunda, i que l'any 2050 aquest percentatge augmentarà fins al 50 %.

Es produirà una forta electrificació dels sectors dels serveis i domèstic

L'any 2017, els sectors domèstic i serveis eren els que tenien un major percentatge d'electrificació, amb un 42,0 % i un 67, 9 % del consum final d'energia de cada sector respectivament. Malgrat això, es preveu que l'any 2050 aquests percentatges augmentin fins al 97,5 % en el sector dels serveis i al 84 % en el sector domèstic. L'electrificació es produirà fonamentalment en els usos de calefacció i aigua calenta sanitària, mitjançant la introducció massiva de la bomba de calor en substitució de les calderes i escalfadors de combustibles fòssils. El percentatge que no s'electrifica correspon a la utilització d'energies renovables tèrmiques com ara el biogàs, la biomassa o la solar tèrmica.

S'aposta per un aprofitament energètic selectiu de la biomassa en usos específics i de proximitat

La biomassa s'ha d'utilitzar en primer lloc per a l'alimentació, en segon lloc per a la producció de biomaterials, i en tercer i últim lloc per a la producció d'energia. Per prioritzar la sobirania alimentària, en coherència amb la política agrícola de la Generalitat de Catalunya, no es contemplen nous conreus energètics en l'horitzó de l'any 2050.

Es prioritza que la utilització energètica de la biomassa es faci en l'entorn d'on es produeixi el recurs o ja s'estigui utilitzant tradicionalment. Aquesta opció evitarà costos de transport i, en general, serà l'opció millor des del punt de vista cost-eficient.

Millorarà molt notablement l'eficiència energètica en el transport terrestre de persones i mercaderies

Es preveu que la demanda de mobilitat de persones augmenti un 39 % en el període 2017-2050, a un ritme mitjà de l'1 % anual degut principalment a l'increment de la població, al creixement econòmic previst i al transvasament dels desplaçaments amb avió de curta i mitja distància cap al transport terrestre, fonamentalment ferroviari. Malgrat això, la promoció

de sistemes que permeten reduir les necessitats de transport com, per exemple, el teletreball o la teleassistència social, la major utilització del transport col·lectiu i de la mobilitat no motoritzada, contribuiran de manera significativa a la reducció de la demanda de mobilitat. Aquests canvis estructurals i d'hàbits, així com els canvis tecnològics profunds associats a l'electrificació del sector, faran que el consum final d'energia degut a la mobilitat de les persones es redueixi un 68,9 % en el període 2017-2050.

Pel que fa la mobilitat de les mercaderies, es preveu que augmenti en un 10 % en el període 2017-2050, que representa un increment anual mig del 0,3 %. Aquest increment és degut fonamentalment a l'augment de l'activitat econòmica previst en aquest període. Alhora, l'aposta per l'increment de la participació del ferrocarril en el transport de mercaderies, que passa del 1,85 % de l'any 2017 al 35 % de l'any 2050, i la gairebé total electrificació dels modes de transport de mercaderies faran que el consum final d'energia degut a la mobilitat de mercaderies es redueixi en un 51,3 % en el període 2017-2050.

S'implantarà el vehicle elèctric massivament en el transport per carretera

En les projeccions realitzades en la PROENCAT 2050, s'ha suposat que el parc de vehicles en el transport per carretera s'electrificarà totalment, tant en el transport de persones com de mercaderies, llevat d'una petita participació de camions de gran tonatge i llarg recorregut, que utilitzaran hidrogen verd. Es preveu, també, el desenvolupament d'una infraestructura adequada de recàrrega de vehicles elèctrics que permeti que aquests vehicles facin un ús de la xarxa viària en les mateixes condicions que els vehicles amb motors tèrmics.

S'intensificarà la utilització del tren en el transport de persones i mercaderies

La PROENCAT 2050 dona prioritat al sector ferroviari com a alternativa competitiva i eficaç al transport per carretera, tant de persones com de mercaderies. En les projeccions realitzades, s'ha previst que el percentatge de tones*km de mercaderies transportades en tren augmentarà de menys del 2 % de l'any 2017 al 35 % l'any 2050. Es preveu que el transport ferroviari sigui totalment elèctric.

Un sector industrial amb una alta eficiència energètica

En la línia del Pacte Nacional per a la Indústria, la PROENCAT 2050 preveu un rellançament de l'economia productiva en general a Catalunya, amb especial èmfasi en el procés de reindustrialització, que farà que la indústria passi de representar el 17 % al 20 % del VAB de l'economia catalana l'any 2050.

Per aconseguir-ho, la indústria catalana ha d'apostar per l'estalvi i l'eficiència energètica introduint les tecnologies energètiques més eficients i les energies renovables des de la perspectiva de la doble transició, ecològica i digital. Alhora, ha de portar al màxim nivell estratègic l'economia circular en els processos productius per tal d'assolir una forta eficiència de l'ús dels recursos materials i energètics. En conseqüència, la intensitat energètica del sector industrial es reduirà en un 52,4 % en el període 2017-2050.

Una indústria fortament electrificada amb energia elèctrica 100 % renovable i sense emissions de CO_2 d'origen energètic

La PROENCAT 2050 preveu que es produirà una forta electrificació del sector industrial, que passarà del 30,3 % de l'any 2017 al 78 % l'any 2050. Aquest procés es basarà en els

canvis tecnològics que es produiran en els processos industrials i en la renovació de les tecnologies energètiques. Una qüestió estratègica és la introducció de la bomba de calor a mitjana i baixa temperatura en els processos industrials. El consum d'energia tèrmica de l'any 2050 correspon fonamentalment a la utilització de biogàs de refineria i plantes d'olefines, hidrogen verd i, en menor mesura, la biomassa sòlida, biogàs i altres residus renovables. Això farà que l'any 2050 les emissions de CO_2 d'origen energètic del sector industrial siguin nul·les.

La bomba de calor tindrà un paper disruptiu

La bomba de calor és una tecnologia que tindrà un paper disruptiu en la transició energètica. És una tecnologia que aprofita l'energia gratuïta de l'ambient o calors residuals per aportar o treure energia d'un sistema, i que té un rendiment que habitualment supera el 300 %, molt més elevat que el de les tecnologies alternatives com ara les calderes. Aquesta tecnologia, que en alguns casos es pot realitzar mitjançant instal·lacions de geotèrmia, és aplicable a múltiples usos com ara la climatització d'edificis, l'aigua calenta sanitària o els usos industrials per a aplicacions en baixa i mitja temperatura, i el seu ventall d'aplicació encara augmentarà molt en el futur lligat als avenços tecnològics en aquest àmbit.

Com a exemple significatiu, en la PROENCAT 2050 es preveu que les bombes de calor s'implantin de manera generalitzada amb una presencia a més del 82 % dels habitatges pel que fa a les tecnologies de calefacció, i del 62 % per a les tecnologies d'aigua calenta sanitària. Evidentment, aquesta tecnologia també serà responsable del 100 % del consum de refrigeració en edificis.

El sector primari no tindrà emissions de CO_2 d'origen energètic

La PROENCAT 2050 preveu que les emissions de CO_2 d'origen energètic del sector primari siguin nul·les l'any 2050, l'energia elèctrica serà la principal font energètica del sector, amb un 53,4 % del seu consum d'energia final, i les energies renovables tèrmiques representaran el 46,6 %. Aquesta forta participació de les renovables tèrmiques, fonamentalment el biodièsel avançat, el biogàs i la biomassa sòlida, és deguda a què aquests recursos estan directament associats al sector primari.

Cal tenir present que en la descarbonització del sector primari el tema clau són les vies de reducció de les emissions de gasos amb efecte hivernacle no energètiques dels sectors agrícola i ramader (emissions de CH_4 i N_2O) que són molt difícils d'abatre.

Conclusions en l'àmbit del sistema elèctric

Canvi de paradigma en el funcionament del sistema elèctric

L'escenari aposta de la PROENCAT 2050 representa un canvi de paradigma en la gestió del necessari equilibri entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica. Suposa l'evolució d'un sistema molt centralitzat en la generació elèctrica amb un elevat nivell de gestió del seu parc, cap a un sistema molt més descentralitzat i basat en un gran nombre de generadors no gestionables i amb uns perfils de producció específics (dia-nit, estacionals,…) que no s'ajusten fàcilment a les variacions de la demanda elèctrica.

Es passa d'un sistema elèctric que assoleix l'equilibri permanent entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica fonamentalment en base a la capacitat d'adaptació de l'oferta, a un nou sistema on aquest ajustament continu

entre oferta i demanda s'ha de gestionar de forma molt més complexa: mecanismes de gestió de la demanda elèctrica, sistemes d'emmagatzematge a diferents escales i amb diferents àmbits temporals (emmagatzematge diari, setmanal i estacional), interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns per importar/exportar energia en els moments de dèficit/superàvit de potència, etc…

La transició cap a la neutralitat climàtica també requereix infraestructures intel·ligents, especialment en el sector elèctric. Donat que es preveu una elevada electrificació de l'economia, caldrà construir un sistema de xarxes elèctriques completament diferent pel que fa al seu disseny, a la seva implantació territorial i al seu funcionament, que garanteixi el subministrament d'electricitat amb la qualitat, seguretat i preu que la societat necessita.

El disseny de les xarxes elèctriques i del seu funcionament en l'horitzó de l'any 2050 és un repte de primera magnitud. Les xarxes hauran d'unir una oferta molt més elevada i més distribuïda que l'actual, fonamentalment no gestionable, amb una demanda d'electricitat que es multiplicarà per 2,3 degut a l'elevada electrificació de la demanda.

Les xarxes de transport i distribució experimentaran un revolució en tota regla, augmentant la seva intel·ligència i millorant les interrelacions entre les xarxes de transport i de distribució. Aquesta intel·ligència ha de facilitar el desplegament eficient de la generació, l'emmagatzematge i la gestió de la demanda, i ha de permetre l'optimització de l'autoconsum, de la generació de proximitat i de l'emmagatzematge a nivell de consumidor.

Necessitat d'una anàlisi horària del sistema elèctric català

Aquest nou sistema elèctric futur basat en tecnologies de generació d'energia elèctrica no gestionable, emmagatzematge i alta electrificació de la demanda, s'ha de basar en anàlisis horàries de generació, emmagatzematge en diferents horitzons temporals i demanda en els diferents nivells de tensió i a nivell territorial.

En aquest sentit, per avaluar la viabilitat del sistema elèctric català en l'horitzó 2050, s'ha desenvolupat un complex sistema de simulació horària del funcionament del sistema elèctric català i s'ha analitzat a fons el pes relatiu entre la tecnologia eòlica i solar fotovoltaica per a minimitzar fonamentalment les necessitats d'emmagatzematge estacional estiu-hivern.

Com a resultat d'aquesta anàlisi de viabilitat, el sistema elèctric català 2050 assegura la cobertura de la demanda d'energia elèctrica amb un equilibri adequat entre el cost de generació, l'ocupació de territori, els vessaments d'energia, el volum dels intercanvis amb els sistemes elèctrics veïns, la potència instal·lada i la capacitat d'emmagatzematge a diferents escales temporals (diari, setmanal, estacional).

La generació d'electricitat es distribueix per tot el territori

La generació d'electricitat té actualment una elevada concentració territorial, ja que només tres comarques (la Ribera d'Ebre, el Baix Camp i el Barcelonès) són responsables del 71 % de la producció d'electricitat de Catalunya, degut a la ubicació actual de les centrals nuclears i dels cicles combinats de gas natural.

El parc de generació previst per a l'any 2050 estarà molt més repartit pel territori, atenent a la distribució del potencial de les tecnologies eòlica terrestre i solar fotovoltaica. Així, per assolir el 71 % de la generació d'electricitat de l'any 2050, es

necessitaran les 16 comarques amb una major producció. S'estima que hi haurà més de 500.000 instal·lacions de generació d'electricitat repartides per tot el territori.

La generació distribuïda d'energia elèctrica a petita i mitjana escala no és suficient per cobrir la demanda

La PROENCAT 2050 prioritza la ubicació de noves plantes fotovoltaiques en teulades o en altres emplaçaments ja antropitzats, com les infraestructures viàries i ferroviàries, els embassaments, el sòl industrial no utilitzat, etc. Es maximitzen les instal·lacions en aquests emplaçaments i, com a conseqüència, es desenvolupa una part molt important del seu potencial. Així, malgrat que es preveu que la producció solar fotovoltaica en aquests emplaçaments representi el 37,1 % de la producció total d'electricitat amb solar fotovoltaica, només representarà el 16,4 % de la producció d'electricitat a Catalunya l'any 2050.

El preu de la generació d'energia elèctrica serà competitiu a mig i llarg termini (2030-2050)

Les energies renovables són molt competitives per a la generació d'electricitat i aniran reduint el seu cost a mig i llarg termini (2030-2050). Amb el mix de generació que s'estableix a la PROENCAT 2050, s'estima que el cost mitjà de generació serà de 63,7 €/MWh l'any 2030, 55,6 €/MWh l'any 2040, i 52,5 €/MWh l'any 2050. Cal assegurar que aquests costos competitius es traslladin adequadament als consumidors finals mitjançant una nova regulació dels mercats elèctrics.

Cal desenvolupar un nou mercat elèctric

Actualment, el mercat elèctric ja no té un funcionament eficient i el tindrà encara menys en el futur amb un parc de generació que cada vegada més es basarà en tecnologies amb uns costos fixos molt elevats i uns costos variables molt baixos. Per tant, cal canviar el mercat marginalista actual per un nou disseny de doble mercat, amb un mercat base amb contractes a llarg termini, i un mercat de serveis d'ajust amb la doble vessant de curt i molt curt termini i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a termini en aquest darrer cas.

Implantació generalitzada de l'acumulació d'energia elèctrica amb bateries

Els sistemes d'emmagatzematge d'electricitat permeten adaptar les corbes d'oferta i demanda, evitar abocaments en períodes de menor demanda, i proporcionar més eficiència i seguretat al sistema elèctric.

El paper de les bateries en el futur sistema elèctric 100 % renovable de Catalunya serà molt important com a sistema d'emmagatzematge diari/setmanal per la rapidesa de resposta, la facilitat d'instal·lació i l'escalabilitat. Es preveu la implantació de 200 MW de potència en bateries l'any 2030; 500 MW, l'any 2040, i 3.500 MW, l'any 2050. La implantació serà més ràpida fonamentalment a mesura que es vagin tancant els grups tèrmics nuclears i de gas natural i es vagi incorporant la nova potència renovable no gestionable.

Necessitat de disposar de nous sistemes de bombament hidroelèctric i de mantenir el parc hidroelèctric actual

El bombament hidroelèctric és el sistema d'emmagatzematge diari/setmanal a gran escala que s'ha utilitzat amb més èxit en el passat i que jugarà un paper fonamental en el futur. A Catalunya hi ha actualment 534 MW de potència instal·lada d'aquesta tecnologia, i es preveu que en l'horitzó de 2050 se n'instal·laran 3.200 MW més fins arribar als 3.734 MW. Això no comportarà la construcció de nous grans

embassaments a les lleres dels rius, sinó entre embassaments existents actualment a les lleres del riu, entre un embassament existent i un nou embassament fora de la llera del riu, o amb els dos embassaments fora de la llera del riu. En cap cas aquests embassaments fora de la llera del riu seran grans embassaments.

Addicionalment, cal mantenir el parc hidroelèctric actual amb embassament en funcionament a Catalunya (uns 1.400 MW), ja que és també un actiu molt valuós per la seva gestionabilitat i com a element de regulació dels equilibris estacionals entre l'oferta i la demanda energètica. Aquest parc s'haurà de gestionar d'una manera diferent a l'actual, donada la seva rellevància en un mix de generació d'energia elèctrica amb un fort component no gestionable.

Es proposa una solució al repte de l'acumulació estacional d'electricitat

Uns dels reptes que cal abordar amb un sistema elèctric basat al 100 % amb energies renovables, majoritàriament no gestionables i estacionals, són els desequilibris estacionals a llarg termini (primavera-tardor) entre oferta i demanda.

En la PROENCAT 2050, en una primera fase s'ha dimensionat la potència total del sistema perquè no es produeixin dèficits de generació que no es puguin solucionar amb mesures de gestió de la demanda, i s'ha analitzat quina és la combinació d'energia eòlica marina i terrestre i solar fotovoltaica que minimitzi aquests desequilibris.

En una segona fase, es proposa una solució als desequilibris estacionals romanents mitjançant la gestió de les interconnexions elèctriques amb els sistemes veïns i de la hidràulica amb embassament, i de la gestió addicional de la demanda (interrompibilitat, variació de temperatures de consigna de la climatització, etc.).

Importància de les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns

Dimensionar adequadament les interconnexions del sistema elèctric català amb els sistemes veïns serà molt important en coherència amb les evolucions previstes del sistema elèctric europeu, en el que les tecnologies renovables no gestionables tindran una quota molt elevada.
El desenvolupament òptim de les xarxes de transport s'ha de basar en la cooperació entre els sistemes elèctrics regionals per gestionar les situacions de dèficit o excedent molt elevats. La PROENCAT 2050 preveu que les interconnexions elèctriques amb els sistemes de la resta d'Espanya i de França augmentin fins a 13.365 MW, un 53 % superior a l'actual, i que també serà necessari gestionar aquestes interconnexions d'una altra manera, més adequada a les situacions de desequilibri entre l'oferta i la demanda que en el futur es produiran amb més freqüència.

Serà necessari ampliar i reforçar les xarxes elèctriques

El procés d'electrificació massiva de la demanda d'energia a Catalunya que es planteja per al 2050 requerirà canvis molt rellevants en les dimensions i l'estructura de les xarxes elèctriques. Respecte de la situació del 2017, la demanda es multiplicarà per 2,3 i la potència instal·lada, per 5,5. Cal fer una transició d'un sistema de generació centralitzat a un altre desplegat pel territori d'acord amb la disponibilitat del recursos. Això farà que els fluxos d'electricitat puguin canviar de direcció durant les diferents hores del dia i les estacions de l'any, la qual cosa augmenta la necessitat de reforçar i

ampliar les xarxes elèctriques. S'ha estimat que les inversions necessàries acumulades en l'horitzó 2050 seran de 13.256 M€.

Conclusions en la resta del sector energètic

Es preveu la substitució de les actuals refineries de petroli per biorefineries

La PROENCAT 2050 proposa el manteniment de l'activitat química al camp de Tarragona amb la instal·lació de biorefineries, que substituiran les actuals refineries de petroli, i l'ús de primeres matèries renovables avançades per alimentar les plantes d'olefines per a la fabricació de plàstics en el complex petroquímic de Tarragona.

L'hidrogen tindrà una utilització selectiva

La PROENCAT 2050 no contempla un ús massiu i generalitzat de l'hidrogen renovable, perquè es considera que la cadena de transformacions de l'hidrogen verd és menys eficient que l'ús directe de l'electricitat generada amb energies renovables per a la majoria d'aplicacions. Els usos principals que es preveuen seran la substitució de l'hidrogen gris com a matèria primera en processos industrials, i la utilització com a combustible en usos tèrmics en certs sectors industrials i en el transport pesant per carretera a llarga distància, on l'alternativa de l'electrificació actualment es preveu difícil. Així, es preveu una utilització selectiva de l'hidrogen verd en les aplicacions que li són més favorables i que el fan més competitiu. Es preveu una producció d'hidrogen verd in situ o de proximitat en hubs industrials d'alt consum potencial i no es preveu la construcció d'hidroductes, excepte els de tipus local associats a demandes significatives. Es preveu una producció d'unes 90.000 tones d'hidrogen verd a Catalunya l'any 2050.

Més enllà de la PROENCAT 2050

La PROENCAT 2050 és un treball en contínua revisió i aprofundiment

Les estratègies de la PROENCAT 2050 s'han elaborat en base a les perspectives actuals de l'evolució futura del canvi climàtic, de la geopolítica, de l'entorn econòmic i social, de les tecnologies, etc. És, per tant, un treball que caldrà adaptar i revisar periòdicament fent un seguiment de les evolucions dels factors esmentats anteriorment.

Per altra banda, és també un treball precursor. Com a tal, a més d'aportar valuoses respostes sobre com pot ser el futur sistema energètic català, també obre molts interrogants que cal abordar en estudis futurs més detallats. La transició energètica és un camí per desenvolupar un nou paradigma del sistema energètic, per passant d'un model fòssil-nuclear a un model renovable, que obliga a replantejar-lo i reimaginar-lo completament.

Entre moltes altres, es planteja la necessitat de desenvolupar nous treballs per aprofundir en àmbits d'actuació com ara la gestió de la demanda, l'optimització del disseny i de la gestió dels diferents tipus d'emmagatzematge d'energia elèctrica, sobretot els estacionals, l'anàlisi de vulnerabilitats i l'anàlisi de mecanismes que aportin més resiliència al sistema, els fulls de ruta de descarbonització sectorial, el desenvolupament de mercats elèctrics i de gasos renovables de tipus local, el comportament del sistema energètic enfront a una meteorologia extrema, l'anàlisi de sistemes elèctrics de tipus local, des del punt de vista de l'oferta, de la demanda i de les xarxes, etc.

El camí de la transició energètica cap a la neutralitat climàtica és molt estret

Hi ha un consens científic molt elevat a nivell mundial i, fins i tot, en l'àmbit polític respecte de l'amenaça que representa el canvi climàtic per a la humanitat i per al propi planeta.

El sisè informe d'avaluació del Panell Intergovernamental per al Canvi Climàtic (IPCC), conclou que la situació és alarmant i que cal actuar de manera immediata. Segons aquest informe, «*el canvi climàtic és una amenaça per al benestar humà i la salut del planeta. Qualsevol retard addicional en l'acció global concertada perdrà la breu finestra que es tanca ràpidament per garantir un futur viable*».

La situació és crítica perquè «el desenvolupament resilient al clima ja és un repte als nivells actuals d'escalfament global. Les perspectives es limitaran encara més si l'escalfament supera l'1,5 °C i pot ser que no sigui possible si l'escalfament supera els 2 °C.

L'Agència Internacional de l'Energia (AIE), en el seu informe «*Net Zero by 2050: a Roadmap for the Global Energy Sector*», presentat el mes de maig de 2021, descriu les condicions essencials perquè el sector energètic mundial assoleixi les emissions netes de CO_2 zero l'any 2050. En aquest informe, l'AIE afirma taxativament que «*assolir les emissions netes zero a nivell mundial l'any 2050 és un objectiu crític i formidable*» i que «*el camí cap a les emissions netes zero és estret: mantenir-s'hi requereix el desplegament immediat i massiu de totes les tecnologies energètiques netes i eficients disponibles*».

S'han de posar les condicions per fer possible la transició sense deixar ningú enrere

Les dificultats per tirar endavant la necessària transició energètica cap aquesta neutralitat climàtica són molt grans. Així, la mateixa AIE, en el resum executiu del seu «*World Energy Outlook 2022*» alerta de les tendències actuals en un «*món immers en la primera crisi energètica mundial —desencadenada per la invasió russa d'Ucraïna—*», que afecten sobretot als segments de població més pobres. Així, l'AIE destaca que «*la crisi ha avivat les pressions inflacionistes i ha generat un risc imminent de recessió, a més d'uns enormes beneficis per als productors de combustibles fòssils: 2 bilions de dòlars respecte als ingressos nets del 2021. L'augment dels preus de l'energia també està incrementant la inseguretat alimentària en moltes economies en desenvolupament, i la càrrega més pesada recau en les llars més pobres, on una major part dels ingressos es destinen a energia i aliments. És probable que uns 75 milions de persones que només recentment han aconseguit accés a l'electricitat perdin la capacitat de pagar-la, cosa que significa que, per primera vegada des que comencem a fer aquest seguiment, el nombre total de persones a tot el món sense accés a l'electricitat hagi començat a augmentar. I gairebé 100 milions de persones podrien tornar a dependre de la llenya per cuinar en comptes d'optar per opcions més netes i saludables».*

Alguns dels canvis que s'estan produint en el sistema climàtic ja no tenen marxa enrere. Tanmateix, alguns canvis es

podrien frenar i d'altres es podrien aturar limitant l'escalfament. Les estratègies que proposa la PROENCAT 2050 estan d'acord amb la magnitud d'aquest repte i amb la urgència amb la què s'ha d'abordar. Algunes són molt difícils de dur a terme si no hi ha consens: unitat d'acció de tots els agents socials, cooperació, disponibilitat de recursos i la dedicació necessària. La PROENCAT 2050 fa la hipòtesi implícita de que aquesta unitat d'acció es produirà perquè l'alternativa no és admissible.

En aquest context mundial, és més important que mai desenvolupar a Catalunya totes les estratègies que es fixen a la PROENCAT 2050 amb la màxima urgència, el màxim impuls i de forma simultània. No ens podem permetre arribar tard a la neutralitat climàtica i no podem deixar ningú enrere.

ANNEXOS

ANNEX A
BREU RESUM METODOLÒGIC

La PROENCAT 2050 s'ha dut a terme mitjançant un enfocament basat en escenaris. El desenvolupament d'escenaris ofereix la possibilitat d'avaluar de manera transparent les implicacions, les interaccions i els efectes globals de les estratègies de política energètica i climàtica, i permet valorar el compliment a Catalunya dels objectius europeus i de l'Estat espanyol en matèria d'eficiència energètica.

L'anàlisi realitzada es basa en dos escenaris:

→ Escenari de referència. En aquest escenari, es mantenen les polítiques energètiques i climàtiques implementades fins a l'any 2020, però no es duen a terme les polítiques necessàries per assolir la neutralitat climàtica l'any 2050. És un escenari de contrast de l'escenari objectiu que serveix per posar de manifest el gran esforç que s'ha de fer, inclòs un canvi de paradigma energètic, per assolir la neutralitat climàtica l'any 2050.

→ Escenari objectiu. L'escenari objectiu és un escenari normatiu en el qual Catalunya assoleix la neutralitat climàtica l'any 2050, en compliment dels objectius en matèria d'energia i canvi climàtic fixats a les bases de Pacte Nacional per a la Transició Energètica (PNTE) i a la Llei 16/2017 del canvi climàtic, i tenint en compte també els compromisos europeus i de l'Estat espanyol en matèria de canvi climàtic.

El desenvolupament d'aquest escenari es basa en el conjunt de principis vertebradors que s'esmenten en el Capítol 3. En aquest sentit, l'escenari objectiu es construeix a partir dels principis normatius continguts en l'article 2 de la Llei 16/2017, del canvi climàtic, i la resta de bases normatives i documents de prospectiva de referència descrit en el Capítol 2 d'aquest document, que, fonamentalment, són els següents:

- Reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i la vulnerabilitat als impactes del canvi climàtic, afavorir la transició cap a una economia neutra en emissions de gasos amb efecte d'hivernacle competitiva, innovadora i eficient en l'ús de recursos.
- Contribuir a la transició cap a una societat en què el consum de combustibles fòssils tendeixi a ésser nul, amb un sistema energètic descentralitzat i amb energies 100 % renovables, fonamentalment de proximitat, amb l'objectiu d'aconseguir un model econòmic i energètic no dependent dels combustibles fòssils ni nuclears el 2050.

La modelització dels dos escenaris de la Prospectiva energètica s'ha basat fonamentalment en models propis desenvolupats per l'Institut Català d'Energia (ICAEN) a partir de les fonts estadístiques pròpies, com a responsable

de l'elaboració de les estadístiques energètiques de Catalunya. També s'han utilitzat dades extretes de fonts bibliogràfiques i de treballs específics desenvolupats aquest darrers anys en el marc de la PROENCAT 2050.

Les tasques desenvolupades més significatives de la PROENCAT 2050 han estat:

- Exercici general de prospectiva estratègica en l'horitzó de l'any 2050.
- Prospectiva de les principals tecnologies energètiques en l'horitzó de l'any 2050, tant d'oferta com de demanda.
- Caracterització tècnica i econòmica del potencial de les energies renovables a Catalunya.
- Modelització de la demanda energètica dels diferents sectors consumidors.
- Modelització de l'oferta d'energia, fonamentalment, de la generació d'energia elèctrica amb energies renovables i del sector de les refineries les plantes d'olefines amb primeres matèries renovables.
- Modelització de les corbes horàries de generació i de demanda d'energia elèctrica.
- Anàlisi de la viabilitat tècnica i econòmica d'un sistema elèctric basat exclusivament en les energies renovables i amb una molt alta participació d'energies renovables no gestionables. Aquesta anàlisi inclou l'estudi de la topologia bàsica de la xarxa d'alta tensió necessària per atendre la demanda elèctrica de futur.

També s'ha fet una revisió d'una àmplia gamma d'altres estudis sobre previsions energètiques i d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle desenvolupats aquests darrers anys per la Unió Europea i diversos estats de referència, com ara Alemanya, França, Països Baixos, Dinamarca, França, etc., principalment les associades al paquet europeu «Fit for 55», així com els principals treballs oficials de l'Estat espanyol en aquest àmbit: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2030 (PNIEC 2030) i l'Estrategia de Descarbonización a Largo plazo 2050 (ELP 2050).

L'electrificació de la demanda energètica amb electricitat d'origen renovable serà molt elevada en el nou sistema energètic català del futur degut a l'elevat potencial de les tecnologies de generació d'energia elèctrica amb energies renovables a Catalunya, molt superior al potencial de les energies renovables per a usos tèrmics, i per l'elevada eficiència energètica associada a les tecnologies elèctriques en general i d'algunes en concret, com les bombes de calor o el vehicle elèctric. Per tant, l'anàlisi del sector elèctric és una peça fonamental de la modelització, i per això s'han emprat models de simulació altament especialitzats de la generació, l'emmagatzematge i la demanda d'energia elèctrica per nivell horari desagregat, nivell territorial (escala comarcal) i nivell de tensió.

Així, tal com es mostra a la **taula A.1**, cada sector energètic s'ha desglossat en els seus principals subsectors, usos de l'energia i fonts d'energia, i en el cas de l'energia elèctrica s'han considerat perfils horaris específics para a cada grup d'anàlisi diferenciant també quatre nivells diferents de tensió: baixa tensió i mitjana tensió (inferior a 110 kV), i alta tensió, de 110-132 kV, 220 kV i 400 kV. Aquesta anàlisi s'ha fet tant a escala global de Catalunya com a escala comarcal.

TAULA A.1. TRETS PRINCIPALS DELS MODELS DE LA DEMANDA ENERGÈTICA EMPRATS

Sector	Subsectors	Usos	Fonts energètiques	Nivells de tensió
Primari	3	5	3	4
Indústria	17	3	3	4
Transport	6	1	3	4
Serveis	13	7	10	4
Domèstic	3	12	10	4
Energètic	1	3	3	4
TOTAL	**43**	**31**		

Els diferents resultats dels treballs s'han integrat i s'han fet coherents mitjançant un model prospectiu integral desenvolupat per l'ICAEN en els seus anteriors estudis de prospectiva i que s'ha ampliat significativament per a l'anàlisi desenvolupada en aquesta prospectiva, especialment pel que fa a la modelització horària de la generació i la demanda d'electricitat renovable.

Com a informació de partida s'han utilitzat les sèries cronològiques històriques dels balanços energètics de Catalunya dels anys 1990 al 2019, elaborades i publicades per l'Institut Català d'Energia i l'inventari d'emissions de gasos d'efecte hivernacle 1990-2019 publicat per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Cal remarcar també que en aquesta previsió energètica s'ha pres l'any 2017 com a any base d'anàlisi, tot i que el darrer any del qual es disposa d'informació completa del balanç energètic és el 2019. El motiu principal d'aquesta tria és la necessitat d'emprar informació de base molt detallada (com, per exemple, la demanda elèctrica horària dels diferents tipus de consumidors) que només es disposa per a l'any 2017, així com la necessitat d'integrar informació dels diversos estudis desenvolupats per l'ICAEN en el marc de la PROENCAT 2050, alguns dels quals es van elaborar en referència a l'any 2017.

Per a tots els càlculs s'utilitzen les definicions i classificacions estadístiques, i els jocs de coeficients de conversió a poder calorífic inferior (PCI) emprats per l'Eurostat en la seva darrera metodologia de balanços energètics. Cal advertir que aquest joc de coeficients és diferent de l'utilitzat fins ara per a l'elaboració dels balanços energètics de Catalunya. L'única diferència és que a la PROENCAT 2050 no es té en compte la contribució de les energies ambientals derivada de la utilització de la bomba de calor (aerotèrmia, hidrotèrmia, geotèrmia) en els diversos sectors consumidors.

El motiu és que no es disposa d'informació fiable de la utilització de les energies ambientals i que tant a les directives europees actualment vigents com a la proposta de noves directives del programa «Fit for 55» tampoc no es té en compte aquesta contribució en la determinació dels objectius europeus en matèria d'eficiència energètica.

En l'avaluació dels objectius d'energies renovables sí que s'incorpora l'energia de l'ambient aprofitada per les bombes de calor amb un rendiment mínim (factor de rendiment estacional; SPF, en les seves sigles en anglès).

En la comptabilització de l'energia primària no s'inclou el calor de l'ambient i tampoc s'inclou el consum del transport marítim internacional (exportació —búnquers marítims) i el consum de productes energètics per a usos no energètics. No obstant, sí que s'inclou el consum del transport aeri internacional en el càlcul de l'energia primària.

D'acord amb aquesta metodologia, tampoc es considera el consum d'energia i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle del transport marítim internacional. Malgrat això, el consum d'energia i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle associades s'han modelitzat igualment, encara que de manera separada.

Finalment, cal destacar que, seguint les recomanacions de la metodologia de balanços energètics de l'Eurostat i per permetre una comparació més fàcil entre les previsions energètiques de la Unió Europea i la PROENCAT 2050, els consums d'energia associats a les plantes d'olefines catalanes s'han incorporat al consum d'energia del sector industrial a diferència dels balanços energètics de Catalunya publicats, on aquests consums es troben a l'apartat relatiu a consums propis del sector energètic. Aquest és un canvi significatiu, atès que el consum energètic d'aquestes plantes va ser de 1.236 ktep l'any 2017.

ANNEX B
RESULTATS SECTORIALS DE LA PROSPECTIVA ENERGÈTICA EL 2050

B.1. Sector industrial

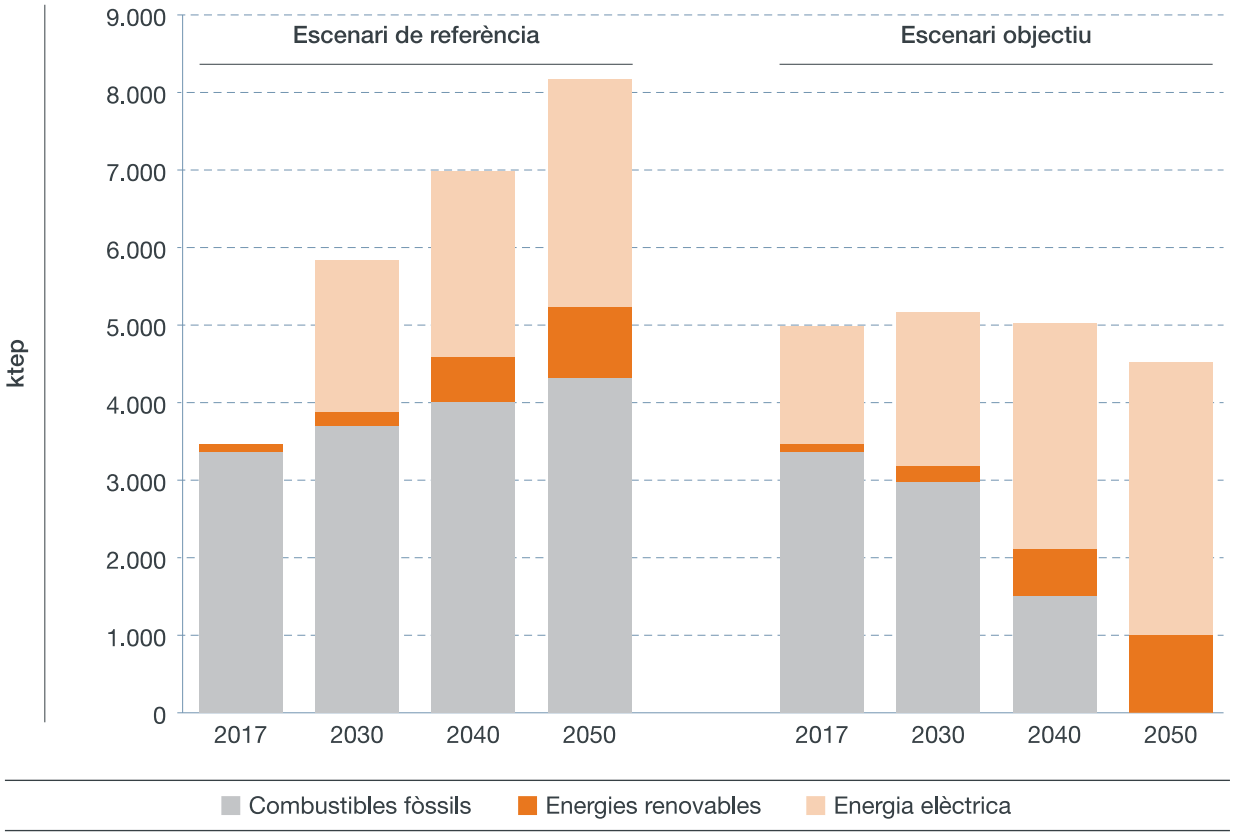
L'any 1990, el sector de la indústria era el principal consumidor final d'energia, amb un consum de 4.570,2 ktep[5], que representava el 43,6 % del consum final total d'energia d'aquell any. Aquesta situació es va mantenir fins a l'any 1999. A partir de l'any 2000, malgrat que el consum d'energia del sector industrial va continuar augmentant fins a l'any 2005, va deixar de ser el principal sector consumidor i va ser superat pel sector del transport. Posteriorment, la crisi econòmica ha comportat una forta reconversió del sector industrial català, que ha reduït el seu consum energètic fins al 31,1 % del total del consum final l'any 2019, mantenint-se, malgrat tot, en segona posició. Així, el consum final d'energia del sector industrial l'any 2005 va ser de 6.165,0 ktep, i l'any 2019, de 4.851,5 ktep, un 5,4 % superior al consum energètic de l'any 1990.

Tanmateix, la indústria continua sent el major consumidor d'energia elèctrica de tots els sectors consumidors finals d'energia. El 39,1 % del consum final d'energia elèctrica de l'any 2019 va correspondre als consumidors industrials, i el 33,8 %, als consumidors del sector serveis, que se situen en segon lloc. Igualment, el sector industrial és el major consumidor final de gas natural, amb més del 59,2 % del total, i també representa gairebé la totalitat del consum de combustibles sòlids utilitzats en consum final.

Tal com es mostra a la **figura B.1.1**, en l'escenari de referència es preveu que la demanda energètica final del sector industrial vagi creixent impulsada pel creixement del VAB industrial, malgrat la reducció prevista de la intensitat energètica. Així, el consum final total d'energia augmenta un 64,4 % en el període 2017-2050. En aquest mateix escenari, es preveu que el consum de combustibles fòssils s'incrementi en un 28,4 % en aquest mateix període, amb un estancament i una lleugera reducció del consum de productes petrolífers a partir de l'any 2040. El consum de combustibles renovables s'incrementa de forma més significativa, i es multiplica per més de vuit en aquest mateix període 2017-2050. Finalment, el consum elèctric pràcticament es dobla en el període 2017-2050, i passa d'un consum de 1.511,4 ktep l'any 2017 a un consum de 2.938,9 ktep l'any 2050, degut a un lleuger increment de l'electrificació del sector, que passa del 30,6 % de l'any 2017 al 36,0 % de l'any 2050.

[5] Cal recordar que, seguint les recomanacions de la metodologia de balanços energètics de l'Eurostat i per permetre una comparació més fàcil amb les previsions energètiques de la Unió Europea, a la PROENCAT 2050 els consums d'energia associats a les plantes d'olefines catalanes s'han incorporat al consum d'energia del sector industrial, a diferència dels balanços energètics de Catalunya publicats per l'ICAEN, on aquests consums es troben a l'apartat relatiu a consums propis del sector energètic.

FIGURA B.1.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA A LA INDÚSTRIA EN EL PERÍODE 2017-2050



Quant a l'escenari objectiu, cal destacar que el seu consum energètic total previst per a l'any 2050 (4.514,7 ktep) és un 9,3 % inferior al consum de l'any 2017, malgrat que l'increment del VAB industrial és del 90,5 % en aquest mateix període. Aquesta reducció del consum d'energia del sector és possible gràcies a la millora de la seva intensitat energètica, que és del 52,7 % en el període 2017-2050, és a dir, que es preveu que per produir una unitat de producte l'any 2050 es consumeixi menys de la meitat d'energia que l'any 2017 (vegeu la **taula B.1.1**).

Així, l'ús d›energies renovables en l'escenari objectiu, que l'any 2019 representen el 2,2 % del consum d'energia del sector, augmentarà i arribarà al 4,1 % el 2030, al 12,0 % el 2040 i al 22,0 % el 2050.

A més dels combustibles renovables ja emprats actualment, com la biomassa o l'energia solar tèrmica, es preveu la utilització de nous combustibles renovables, com ara els gasos renovables subproductes de determinats processos industrials a la indústria química (plantes d'olefines) i l'hidrogen verd produït a partir d'energia elèctrica d'origen renovable.

La utilització de la biomassa s'incrementa un 17,9 % en el període 2017-2050 i arriba als 77,2 ktep l'any 2050, que representen un 1,7 % de la demanda energètica total del sector industrial.

TAULA B.1.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA A LA INDÚSTRIA EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**4.980,3**	**5.841,2**	**6.977,0**	**8.173,9**	**4.980,3**	**5.164,6**	**5.022,6**	**4.514,7**
Carbó	21,9	25,0	26,2	27,0	21,9	20,2	0,0	0,0
Petroli	1.425,5	1.399,4	1.417,4	1.322,4	1.425,5	1.316,2	845,4	0,0
Gas natural	1.811,5	2.157,1	2.439,8	2.816,3	1.811,5	1.541,1	592,7	0,0
Residus no renovables	99,2	110,8	127,1	146,6	99,2	92,3	69,8	0,0
Biomassa	65,5	80,4	91,6	104,9	65,5	83,3	85,0	77,2
Solar tèrmica	0,5	0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,9	1,1
Residus renovables	37,5	43,0	46,1	49,4	37,5	39,0	36,5	27,2
Gasos renovables	7,4	68,1	440,7	767,5	7,4	87,1	478,6	887,7
Líquids renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Energia elèctrica	1.511,4	1.957,0	2.387,4	2.938,9	1.511,4	1.984,9	2.913,8	3.521,6
TOTAL	**4.980,3**	**5.841,2**	**6.977,0**	**8.173,9**	**4.980,3**	**5.164,6**	**5.022,6**	**4.514,7**
Combustibles fòssils	3.358,0	3.692,2	4.010,5	4.312,3	3.358,0	2.969,8	1.507,8	0,0
Energies renovables	110,9	192,0	579,1	922,7	110,9	209,9	601,0	993,1
Energia elèctrica	1.511,4	1.957,0	2.387,4	2.938,9	1.511,4	1.984,9	2.913,8	3.521,6

Els combustibles renovables més importants en el sector industrial en el futur seran els gasos renovables provinents principalment de processos de la indústria química, que arribaran a representar el 19,7 % del consum energètic total del sector industrial l'any 2050.

L'hidrogen verd començarà a tenir un pes significatiu a partir del 2040, i assoleix una quota en el consum total d'energia industrial del 2,4 % l'any 2050. Aquest hidrogen renovable pot ser clau en el procés de descarbonització en alguns sectors industrials intensius en energia, principalment, el sector del ciment o la indústria metal·lúrgica, i també en aquells sectors en els qual l'electrificació sigui de difícil aplicació en l'àmbit tècnic i/o de cost-eficiència.

B.2. Sector domèstic

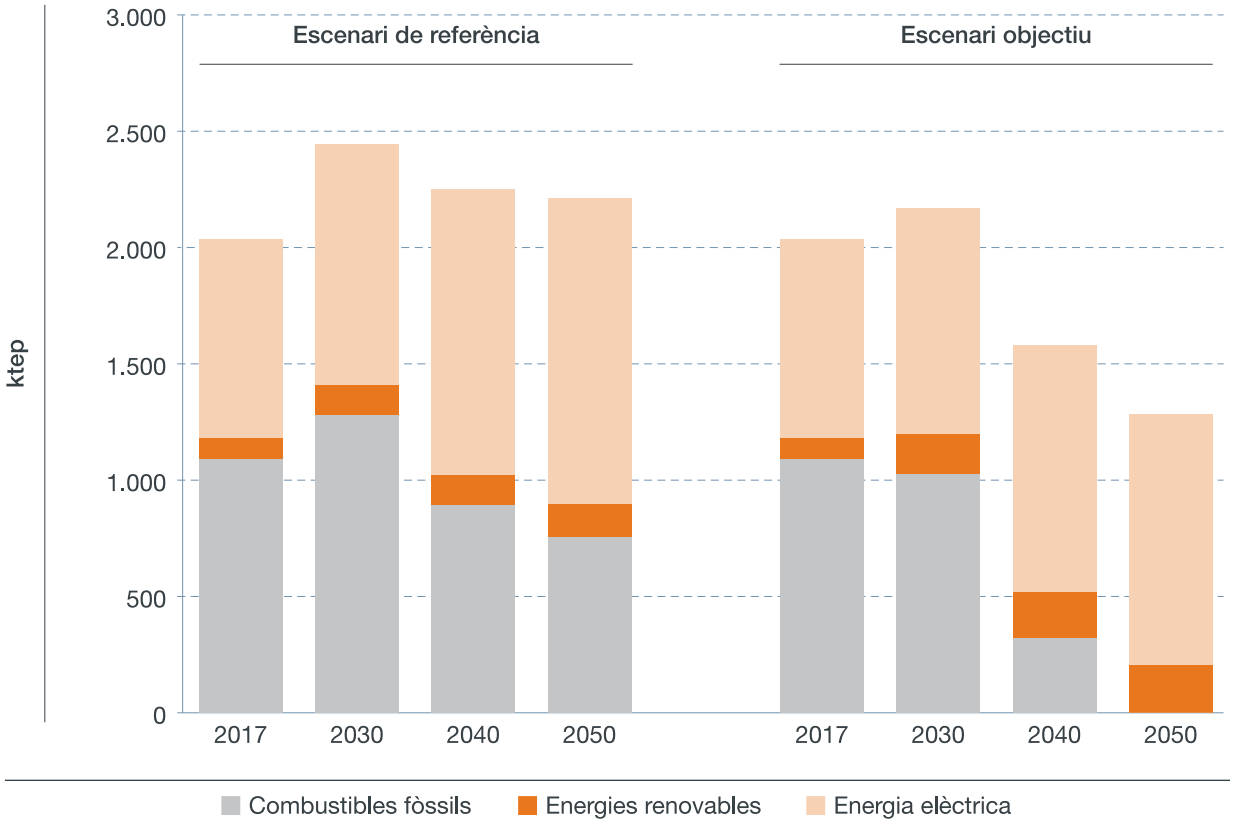
En l'escenari de referència, el consum final d'energia augmenta lleugerament en el període 2017-2030 a causa de l'augment de la població, de la reducció de l'ocupació mitjana dels habitatges, de l'increment de mida de l'espai habitable, de l'augment de la penetració de nous electrodomèstics, etc., que no es pot compensar amb el nivell d'implantació de les millores previstes de

l'eficiència energètica. Tanmateix, per al període posterior al 2030, es preveu una disminució moderada del consum final d'energia de les llars. Així, el pic de consum s'aconseguirà el 2030 amb un valor de 2.444,1 ktep, que és un 20,0 % superior al consum del sector de l'any 2017. A partir de l'any 2030, el consum final d'energia del sector disminueix lleugerament: l'any 2040 és un 10,5 % per sobre del nivell de l'any 2017, i després s'estanca fins al 2050.

El patró de consum del sector residencial està dominat per les aplicacions de climatització (calefacció i refrigeració), aigua calenta sanitària i cuina, que representen gairebé el 70 % del consum total d'energia final. Els electrodomèstics i la il·luminació representen aproximadament el 25 % del consum total d'energia final a les llars, i el 5 % restant correspon a d'altres usos integrats en el sector, com ara els consums energètics col·lectius de les comunitats de veïns: enllumenat d'escala i garatge, ascensor, etc.

L'energia elèctrica és la principal font d'energia del sector l'any 2017, amb un 42,0 % de la demanda energètica total de l'any 2017, però representa només el 17,8 % de la demanda energètica per a la climatització dels habitatges. En l'escenari de referència, l'energia elèctrica és la font energètica que experimenta un creixement més marcat en l'horitzó de 2050.

FIGURA B.2.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR DOMÈSTIC EN EL PERÍODE 2017-2050



Es preveu que, en aquest escenari, el consum d'electricitat a les llars l'any 2030 estigui un 21,0 % per sobre del nivell de l'any 2017 i un 54,0 % per sobre l'any 2050. En canvi, es preveu que el consum de gas natural augmenti un 14,9 % en el període 2017-2023, però després disminueixi de manera que l'any 2050 el consum de gas natural en el sector domèstic sigui un 25,4 % inferior al valor de l'any 2017.

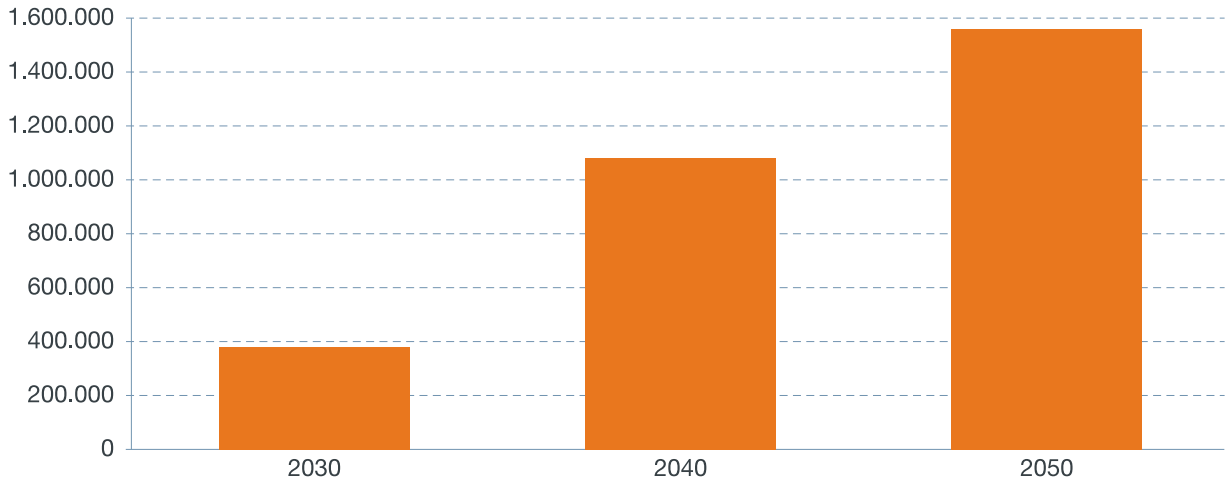
D'altra banda, en l'escenari de referència, el consum de productes petroliers es mantindria pràcticament estable en el període 2017-2030 i es reduiria de manera molt notable a partir de l'any 2030. Es preveu que l'any 2030 el consum de productes petrolífers del sector serà un 3,0 % superior al de l'any 2017 i l'any 2050, un 44,1 % inferior al del 2017.

Pel que fa a la utilització directa de fonts d'energia renovable en el sector residencial, es preveu que en l'escenari de referència el seu pes sobre el consum total d'energia final vagi augmentant del 4 % de l'any 2017 al 6,2 % previst per a l'any 2050 (vegeu la figura B.2.1 i la taula B.2.1).

TAULA B.2.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR DOMÈSTIC EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**2.037,1**	**2.444,1**	**2.251,7**	**2.212,4**	**2.037,1**	**2.170,0**	**1.582,0**	**1.281,7**
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	309,7	318,9	217,1	173,2	309,7	253,3	73,2	0,0
Gas natural	780,5	961,9	674,1	582,6	780,5	772,5	245,8	0,0
Residus no renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomassa	69,2	89,5	90,1	90,6	69,2	120,1	134,0	137,4
Solar tèrmica	21,1	36,8	42,4	47,2	21,1	39,3	50,8	54,5
Residus renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasos renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	13,7	13,2
Líquids renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Energia elèctrica	856,6	1.036,9	1.228,0	1.318,8	856,6	971,2	1.064,5	1.076,6
TOTAL	**2.037,1**	**2.444,1**	**2.251,7**	**2.212,4**	**2.037,1**	**2.170,0**	**1.582,0**	**1.281,7**
Combustibles fòssils	1.090,2	1.280,8	891,3	755,8	1.090,2	1.025,8	319,1	0,0
Energies renovables	90,3	126,4	132,4	137,8	90,3	173,0	198,5	205,1
Energia elèctrica	856,6	1.036,9	1.228,0	1.318,8	856,6	971,2	1.064,5	1.076,6

FIGURA B.2.2. PREVISIÓ DE L'EVOLUCIÓ DEL NOMBRE TOTAL D'HABITATGES REHABILITATS EN L'ESCENARI OBJECTIU



Pel que fa a l'escenari objectiu, el consum total d'energia final en el sector domèstic s'incrementa molt lleugerament en el període 2017-2030, de manera que l'any 2030 és un 6,5 % superior al consum de l'any 2017. Així, l'any 2030 el consum energètic de les llars és de 2.170,0 ktep, un 11,2 % per sota del nivell de l'escenari de referència. El 2050 el consum final d'energia es redueix en un 37,1 % respecte al nivell de l'any 2017, un 42,1 % inferior al de l'escenari de referència, malgrat l'increment previst del nombre d'habitatges principals, que és del 24,9 % en el període 2017-2050.

Aquesta reducció tan important de la demanda d'energia final en el període 2017-2050 és deguda al fet que, en l'escenari objectiu, els estàndards d'eficiència energètica per a la construcció d'edificis nous es basen en els estàndard d'energia gairebé zero, i que es preveu que aproximadament el 50 % del parc d'habitatges existents l'any 2020 s'hagi sotmès a una rehabilitació profunda per assolir estàndards d'emissions gairebé nul·les (vegeu **figura B.2.2**).

L'ús dels combustibles derivats del petroli i del gas natural en el sector residencial s'elimina gradualment fins a l'any 2050. Malgrat tot, l'augment del consum d'energia elèctrica l'any 2050, impulsat per l'increment del parc d'aparells electrodomèstics i una participació majoritària en el mercat de la climatització residencial, es limita a un 25,7 % per sobre dels nivells del 2017. És a dir, un 18,4 % per sota del consum previst per a l'escenari de referència l'any 2050, malgrat el major grau d'electrificació de la demanda tèrmica previst en l'escenari objectiu (el 84,0 % de la demanda energètica del sector).

D'altra banda, l'aportació directa total de les energies renovables és el 8,0 % del total del consum final d'energia l'any 2030 i del 16,0 % l'any 2050, amb un increment del consum del 127,2 % en el període 2017-2050.

En l'escenari objectiu, l'ús de l'energia solar per a aigua calenta i calefacció augmenta en 2,6 vegades entre el 2017 i el 2050, i assoleix una participació del 4,3 % del consum total d'energia final residencial

l'any 2050. Paral·lelament, la biomassa és l'altra font d'energia renovable directa més important del sector residencial, amb una quota del 5,5 % del consum total d'energia final el 2030 i el 10,7 %, el 2050.

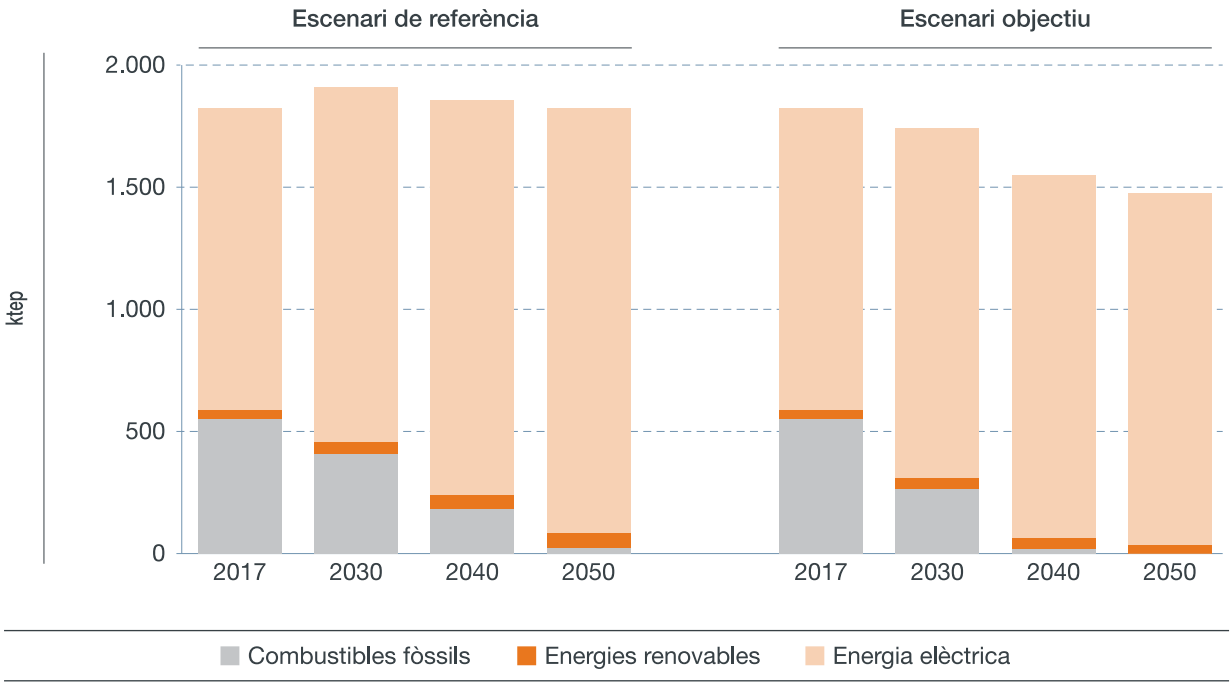
B.3. Sector serveis

En l'escenari de referència, el consum final d'energia del sector serveis augmenta molt lleugerament entre el 2017 i el 2030, en un 4,8 %, i es redueix posteriorment, per assolir l'any 2050 un valor similar al de l'any 2017, d'acord amb les previsions de creixement econòmic del sector serveis i les millores de l'eficiència energètica a implantar en aquest escenari (vegeu la **figura B.3.1** i la **taula B.3.1**). Així, el consum final d'energia del sector l'any 2050 és de 1.823,8 ktep, un 0,1 % per sobre del nivell de l'any 2017.

L'única font d'energia convencional amb una tendència de creixement constant en el període 2017-2050 en l'escenari de referència és l'energia elèctrica, amb una demanda que es preveu que creixi un 17,6 % del 2017 el 2030 i uns 40,8 punts percentuals en el total del període del 2017 al 2050. Per a la resta de combustibles convencionals, tant el petroli com el gas natural aniran disminuint el seu consum en tot el període analitzat, fins a arribar l'any 2050 a una reducció del seu consum respecte a l'any 2017 del 99,7 % en el cas dels combustibles derivats del petroli i del 93,8 % en el cas del gas natural.

D'altra banda, en l'escenari de referència, el consum de combustibles renovables en el sector serveis s'incrementa en un 41,8 % l'any 2030 i un 75,8 %, l'any 2050, respecte als valors de l'any 2017.

FIGURA B.3.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR SERVEIS EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA B.3.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR SERVEIS EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**1.822,2**	**1.909,7**	**1.855,2**	**1.823,8**	**1.822,2**	**1.741,3**	**1.551,0**	**1.475,2**
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	207,6	130,5	33,7	0,6	207,6	85,6	0,0	0,0
Gas natural	338,4	270,8	141,6	20,8	338,4	174,4	16,5	0,0
Residus no renovables	4,4	4,7	4,9	0,0	4,4	4,2	3,7	0,0
Biomassa	19,6	24,8	28,3	30,3	19,6	21,3	20,5	18,5
Solar tèrmica	8,9	13,6	17,7	20,5	8,9	12,6	14,0	14,5
Residus renovables	3,5	3,7	3,7	0,0	3,5	3,2	2,7	0,0
Gasos renovables	2,9	7,3	10,0	10,5	2,9	6,9	4,4	3,6
Líquids renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Energia elèctrica	1.236,9	1.454,2	1.615,3	1.741,1	1.236,9	1.433,0	1.489,2	1.438,7
TOTAL	**1.822,2**	**1.909,7**	**1.855,2**	**1.823,8**	**1.822,2**	**1.741,3**	**1.551,0**	**1.475,2**
Combustibles fòssils	550,4	406,0	180,2	21,4	550,4	264,2	20,2	0,0
Energies renovables	34,9	49,5	59,7	61,3	34,9	44,0	41,5	36,6
Energia elèctrica	1.236,9	1.454,2	1.615,3	1.741,1	1.236,9	1.433,0	1.489,2	1.438,7

Pel que fa a l'escenari objectiu, el consum final d'energia del sector serveis es preveu que es redueixi en un 4,4 % l'any 2030 i un 19,0 % el 2050, en relació amb el consum de l'any 2017. Això significa una reducció del 8,8 % i del 19,1 % respecte als valors previstos en l'escenari de referència per als mateixos anys 2030 i 2050.

El consum d'energia elèctrica s'incrementa un 15,9 % en el període 2017-2030 per estabilitzar-se en el període 2030-2050, malgrat la creixent electrificació prevista de la demanda tèrmica degut a la implantació de tecnologies que permeten desenvolupar bona part dels potencials d'estalvi energètic del sector. Així, l'any 2050 el consum previst d'energia elèctrica del sector se situa en els 1.438,7 ktep, un 16,3 % superior al consum de l'any 2017 i un 17,4 % inferior al consum de l'any 2050 en l'escenari de referència.

Els combustibles fòssils (derivats de petroli i gas natural) s'eliminaran gradualment el 2050, i el pes dels combustibles renovables (principalment, energia solar tèrmica i biomassa) augmentaran fins al 2,7 % el 2030 i al 2,5 % el 2050.

Bona part del consum energètic del sector serveis està associat a la climatització d'edificis, malgrat que dins el sector també es troben nombroses activitats amb consums energètics importants no lligats als edificis, com poden ser l'enllumenat públic; els sistemes de telecomunicacions; el tractament de residus; la distribució d'aigua, gas i electricitat; les bugaderies, etc.

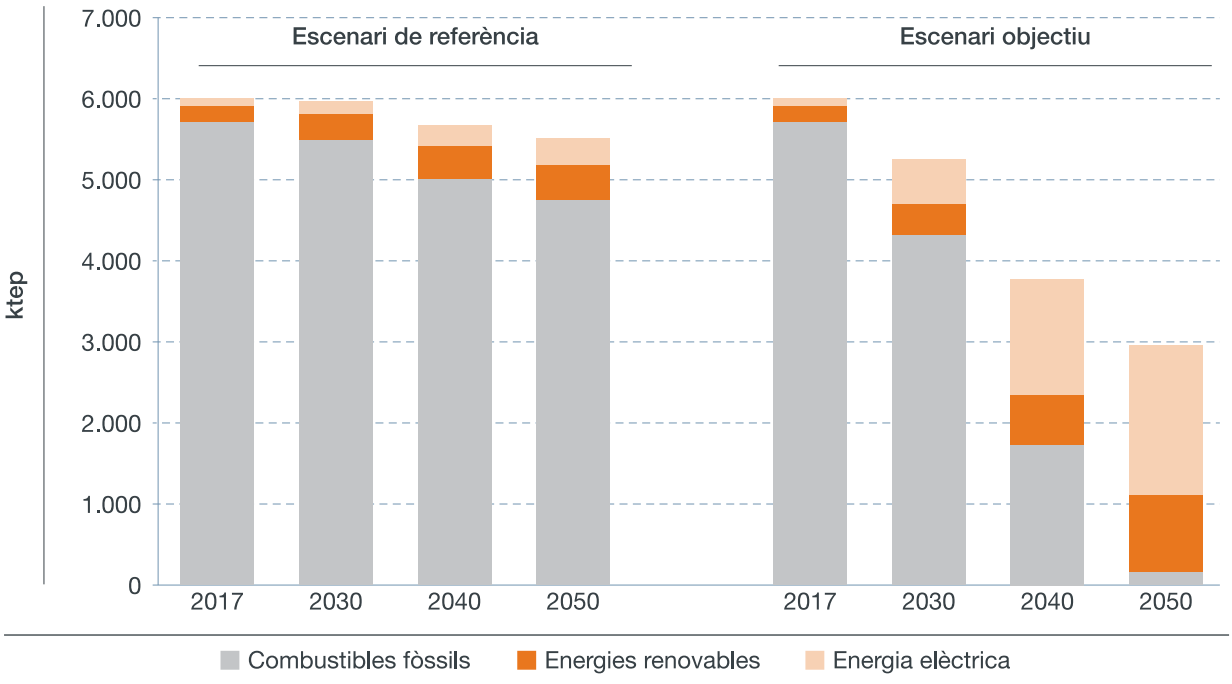
Així, el pes del consum d'energia per a la climatització (calefacció i refrigeració) sobre el consum total del sector és del 42,8 % l'any 2017, valor molt semblant al del sector domèstic (45,5 %). No obstant, cal tenir present que el sector serveis està molt electrificat actualment, amb un percentatge de consum d'energia elèctrica que representa el 67,9 % del consum final total del sector. Si es consideren només els combustibles, la demanda energètica de climatització amb combustibles (fòssils i renovables) suposa el 47,7 % del consum de combustibles del sector domèstic, mentre que en el sector serveis aquest percentatge arriba al 73,0 % de la demanda total de combustibles.

Aquest fet s'ha de tenir molt present en analitzar la previsió de l'evolució de la demanda energètica del sector, ja que determinades mesures previstes a l'escenari objectiu, com ara l'aposta per la rehabilitació profunda dels edificis, tindran un impacte diferent en el sector domèstic que en el sector serveis.

B.4. Sector transport

El sector transport és el major consumidor d'energia, i representa el sector de major creixement de demanda energètica en els darrers anys. A més a més, el sector transport és el segon sector que més contribueix a les emissions de GEH, amb un 39,7 % l'any 2017.

FIGURA B.4.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR TRANSPORT EN EL PERÍODE 2017-2050



El creixement actual del consum d'energia per al transport no és sostenible, i representa un gran repte per a l'assoliment de l'objectiu de la neutralitat climàtica.
En l'escenari de referència, el consum final d'energia del sector només es redueix un 8,1 % respecte del consum del 2017. Malgrat que en aquest escenari el pes de l'electricitat es multiplica per 4, només assoleix un 6 % l'any 2050. La participació de les energies renovables passa del 3,4 % de l'any 2017 al 8,0 % de l'any 2050. Tot i la reducció del pes dels combustibles fòssils, que passen del 95 % de l'any 2017 al 86 % de l'any 2015, aquests són la principal font energètica utilitzada en el sector, amb molta diferència.

La **figura B.4.1** i la **taula B.4.1** presenten l'evolució prevista del consum final d'energia en el sector transport en l'horitzó 2050, tant per a l'escenari de referència com per a l'escenari objectiu.

En termes globals, el consum final d'energia en el sector transport en l'escenari objectiu es redueix un 12,5 % el 2030 respecte del consum de l'any 2017, i en un 50,6 % l'any 2050.

TAULA B.4.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR TRANSPORT EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**6.002,6**	**5.975,7**	**5.677,9**	**5.514,7**	**6.002,6**	**5.253,7**	**3.771,6**	**2.964,7**
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	5.680,0	5.443,7	4.926,6	4.658,1	5.680,0	4.294,3	1.711,6	158,2
Gas natural	26,6	45,9	74,4	87,2	26,6	19,4	15,9	0,0
Residus no renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomassa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solar tèrmica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Residus renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasos renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,2	38,8
Líquids renovables	206,3	317,4	413,4	439,4	206,3	385,7	610,5	911,4
Energia elèctrica	89,7	168,6	263,6	330,1	89,7	554,1	1.429,3	1.856,3
TOTAL	**6.002,6**	**5.975,7**	**5.677,9**	**5.514,7**	**6.002,6**	**5.253,7**	**3.771,6**	**2.964,7**
Combustibles fòssils	5.706,6	5.489,6	5.000,9	4.745,3	5.706,6	4.313,6	1.727,5	158,2
Energies renovables	206,3	317,4	413,4	439,4	206,3	386,0	614,8	950,2
Energia elèctrica	89,7	168,6	263,6	330,1	89,7	554,1	1.429,3	1.856,3

La contribució de l'electricitat al consum final d'energia en el sector del transport augmenta de l'1,5 % l'any 2017 al 10,5 % el 2030, i al 62,6 % el 2050. En termes absoluts, la demanda d'electricitat del sector del transport augmenta per un factor de 20 des de l'any 2017 a l'any 2050. L'augment en el consum d'energia elèctrica en el transport terrestre (tant per carretera com per ferrocarril) fins a l'any 2050 és equivalent a 1.766,6 ktep (20,5 TWh), que correspon a una quota del 22 % del consum total d'electricitat dels sectors d'ús final el 2050.

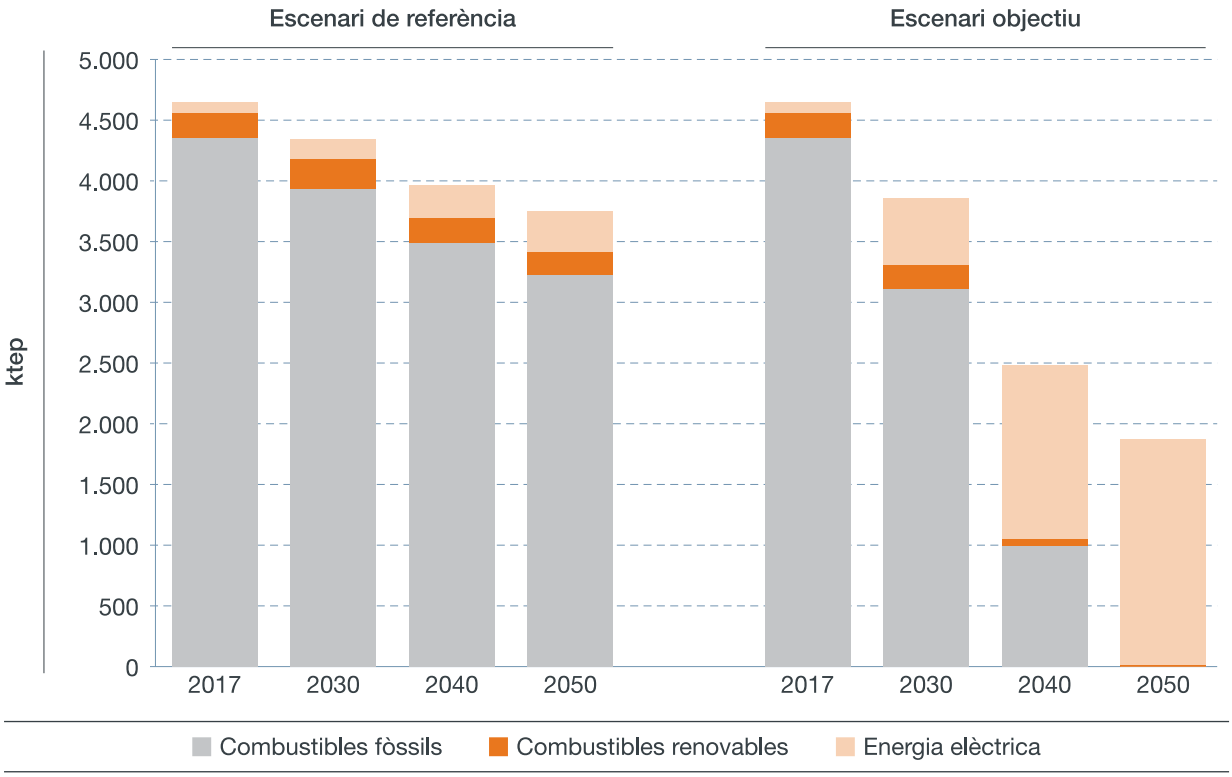
En aquest escenari objectiu, la proporció de les energies renovables en la demanda total d'energia final del sector del transport també s'eleva significativament, del 3,4 % de l'any 2017 al 7,3 % el 2030, i el 32,1 % el 2050, amb una gran contribució del bioquerosè i dels combustibles líquids sintètics destinats a l'aviació.

Els apartats següents detallen els principals resultats de la prospectiva dels diferents subsectors del sector dels transports:

Transport terrestre

La figura B.4.2 i la taula B.4.2 presenten l'evolució del consum d'energia en el transport terrestre (per carretera i per ferrocarril) en l'horitzó 2050, per a l'escenari de referència i per a l'escenari objectiu.

FIGURA B.4.2. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL EN EL TRANSPORT TERRESTRE EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA B.4.2. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA FINAL EN EL TRANSPORT TERRESTRE EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**4.645,3**	**4.345,3**	**3.958,9**	**3.744,9**	**4.645,3**	**3.855,8**	**2.482,9**	**1.870,1**
Derivats del petroli	4.323,0	3.893,7	3.430,2	3.161,3	4.323,0	3.094,9	988,5	0,0
Gas natural	26,3	41,0	54,7	61,6	26,3	15,3	0,0	0,0
Líquids renovables	206,3	242,1	210,5	191,9	206,3	191,7	61,4	0,0
Gasos renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	13,8
Energia elèctrica	89,7	168,6	263,6	330,1	89,7	554,1	1.429,3	1.856,3
TOTAL	**4.645,3**	**4.345,3**	**3.958,9**	**3.744,9**	**4.645,3**	**3.855,8**	**2.482,9**	**1.870,1**
Combustibles fòssils	4.349,3	3.934,7	3.484,8	3.222,9	4.349,3	3.110,1	988,5	0,0
Combustibles renovables	206,3	242,1	210,5	191,9	206,3	191,7	65,1	13,8
Energia elèctrica	89,7	168,6	263,6	330,1	89,7	554,1	1.429,3	1.856,3

En l'escenari de referència, el consum final d'energia associat al transport terrestre es redueix de manera continuada en tot el període 2017-2050, i assoleix una reducció del 19,4 % en aquest període, com a conseqüència d'una reducció de la mobilitat de persones i de mercaderies, de millora de l'eficiència energètica del conjunt de mitjans de transport utilitzats (turismes, furgonetes, camions, etc.), així com també d'una lenta penetració de la mobilitat elèctrica.

En l'escenari objectiu, la reducció del consum final d'energia en el transport terrestre és del 59,7 % en el període 2017-2050. Principalment, aquest fet és degut a què, en aquest escenari, es duu a terme un procés d'electrificació molt important, de manera que en l'horitzó 2050 l'electrificació és completa en aquest escenari, a excepció d'una part dels camions per al transport de mercaderies, els quals s'ha previst que funcionin amb hidrogen verd, provinent de fonts energètiques renovables.

Pel que fa a la mobilitat de les persones, es preveu que en l'escenari objectiu la mobilitat de persones augmenti un 39 % en el període 2017-2050 (vegeu la **figura B.4.3**). El creixement mitjà és d'un 1 % anual, inferior al creixement mitjà previst del PIB en aquest període, de l'1,5 % anual. El contrast de l'augment de la mobilitat de persones amb la reducció del gairebé el 60 % del consum final d'energia en transport terrestre indica el gran esforç de millora de l'eficiència energètica en aquest sector.

Els dos factors clau que contribueixen a aquesta millora de l'eficiència energètica són l'electrificació gairebé total del parc de vehicles i el foment de l'ús del transport col·lectiu, que es preveu que passi del 25 % de la mobilitat de persones l'any 2017 a un 44 % l'any 2050.

Pel que fa a la mobilitat de mercaderies, en la figura B.4.4 es pot veure que es preveu un creixement moderat, d'un 10,4 % en el període 2017-2050, seguint la tendència històrica de correlació entre el creixement del PIB i de la mobilitat de mercaderies. El creixement anual mitjà és de l'1 %.

Aquest increment moderat de la mobilitat de mercaderies es tradueix en una reducció molt important del consum final d'energia degut, fonamentalment, a l'important creixement del transport de mercaderies en tren, que passarà del 2 % del total l'any 2017 al 35 % l'any 2050.

FIGURA B.4.3. EVOLUCIÓ DE LA MOBILITAT TERRESTRE DE PERSONES (MILIONS DE PERSONES PER QUILÒMETRE) EN L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050

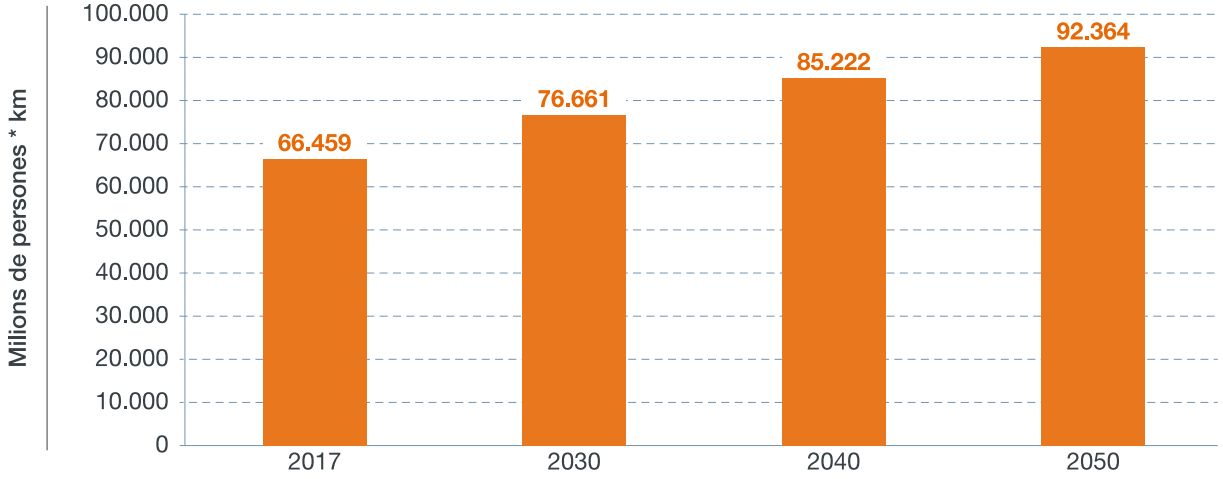
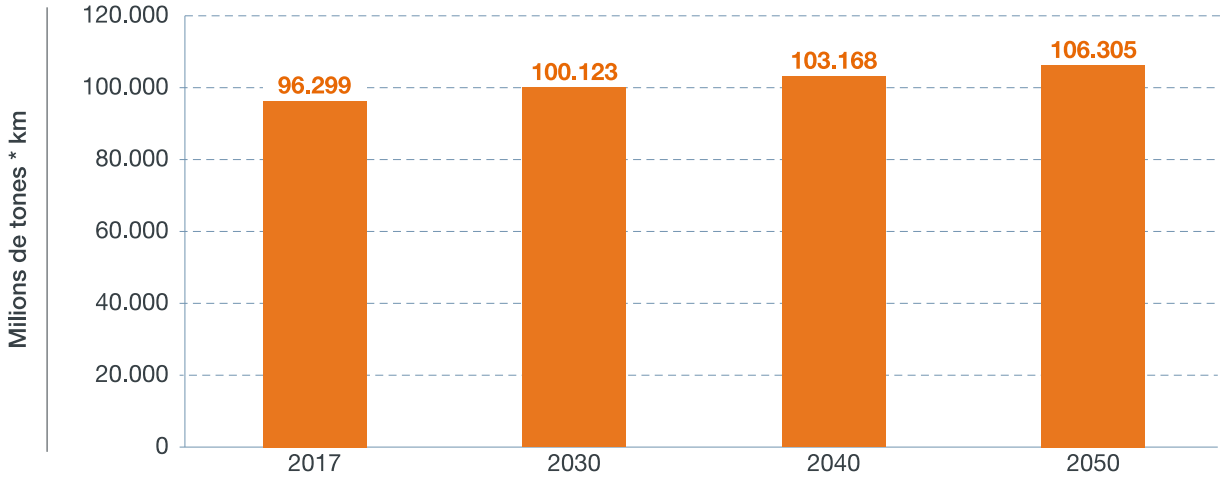


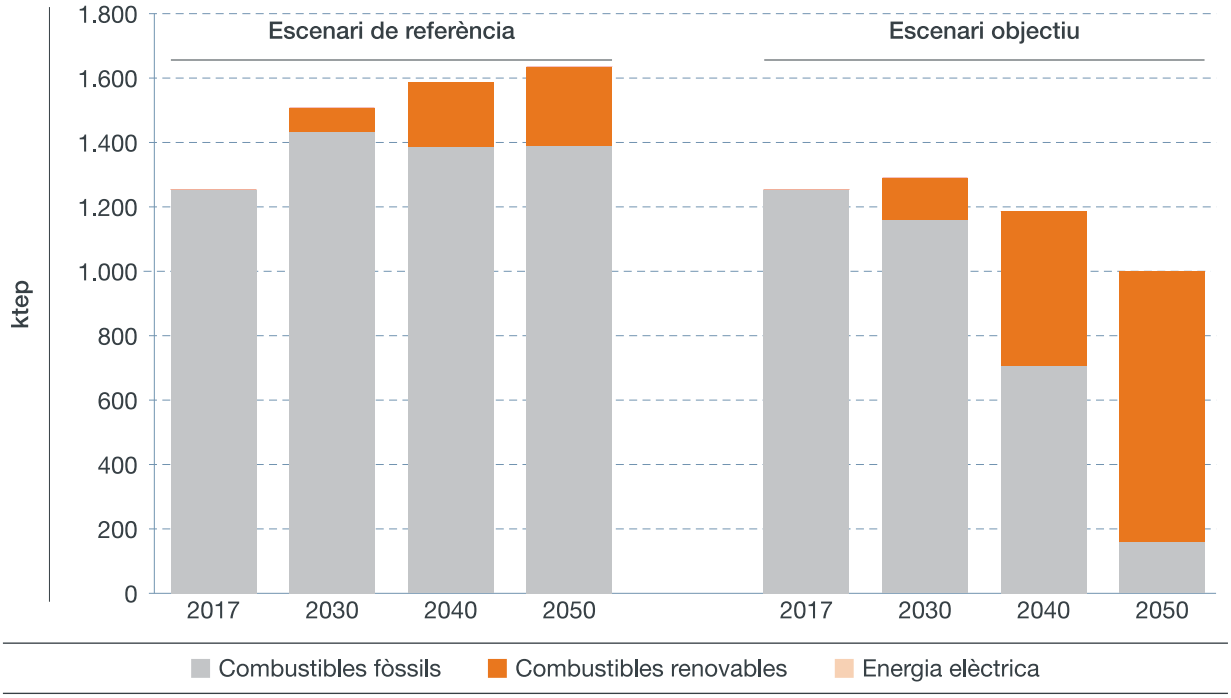
FIGURA B.4.4. EVOLUCIÓ DE LA MOBILITAT TERRESTRE DE MERCADERIES (MILIONS DE TONES PER QUILÒMETRE) EN L'ESCENARI OBJECTIU EN EL PERÍODE 2017-2050



Aviació

El sector de l'aviació ha presentat en els darrers anys taxes molt elevades d'increment d'activitat, amb el conseqüent impacte en relació amb el consum d'energia, el qual prové directament de recursos energètics derivats del petroli. Així, en el període 2009-2019, l'increment de querosè d'aviació ha estat del 30,6 % (equivalent al 2,7 % anual).

FIGURA B.4.5. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA EN EL SECTOR DE L'AVIACIÓ EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA B.4.3. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA EN EL SECTOR DE L'AVIACIÓ EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**1.253,4**	**1.507,3**	**1.587,7**	**1.635,1**	**1.253,4**	**1.290,5**	**1.185,3**	**999,8**
Derivats del petroli	1.253,4	1.431,9	1.384,9	1.389,8	1.253,4	1.158,2	705,7	158,2
Líquids renovables	0,0	75,4	202,9	245,3	0,0	132,3	479,6	841,6
TOTAL	**1.253,4**	**1.507,3**	**1.587,7**	**1.635,1**	**1.253,4**	**1.290,5**	**1.185,3**	**999,8**
Combustibles fòssils	1.253,4	1.431,9	1.384,9	1.389,8	1.253,4	1.158,2	705,7	158,2
Combustibles renovables	0,0	75,4	202,9	245,3	0,0	132,3	479,6	841,6
Energia elèctrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pel que fa a les previsions de futur, la figura B.4.5 i la taula B.4.3 presenten el consum d'energia en l'horitzó 2050 per a aquest subsector i per als dos escenaris analitzats.

Per a l'escenari de referència, en relació amb el transport aeri, aquest sector presenta una tendència de creixement. Concretament, respecte al 2017, presenta un increment del 20,3 % fins al 2030 i un 30,5 % fins al 2050. El combustible principal emprat continuarà sent el querosè d'origen fòssil, amb un ús creixent de bioquerosè a partir de l'any 2040, assolint una participació del 15,0 % el 2050.

En relació amb l'escenari objectiu, el transport aeri presenta una tendència de reducció del consum energètic del 20 % en el període 2017-2050. En aquest escenari es redueix la necessitat de mobilitat per via aèria respecte de l'escenari de referència, atès que una part dels vols de curta distància es traslladen al transport ferroviari. A més a més de la reducció de la mobilitat, també es considera una millora l'eficiència energètica dels avions, la qual contribueix, a més, a disminuir el consum d'energia del sector. Finalment, cal destacar la utilització de combustibles d'origen renovable (combustibles líquids sintètics d'origen renovable i bioquerosè), especialment a partir de l'any 2040, que arriba a representar el 84,2 % del consum d'energia d'aquest sector l'any 2050.

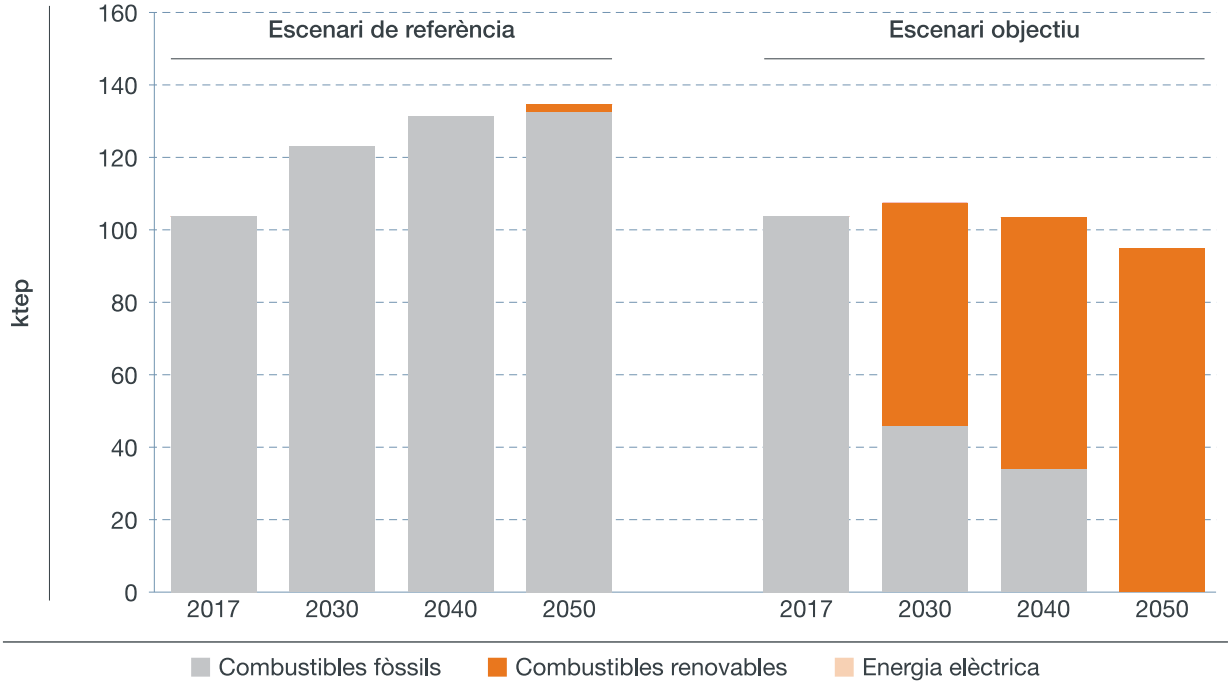
Transport marítim de cabotatge

En relació amb el consum d'energia del transport marítim de cabotatge, la figura B.4.6 i la taula B.4.4 presenten el consum d'energia en l'horitzó 2050 per a aquest subsector i per als dos escenaris analitzats.

Per a l'escenari de referència, el transport marítim de cabotatge presenta una tendència de creixement similar al d'anys anteriors. En aquest sentit, en aquest escenari, el creixement en el període 2017-2050 és del 29,8 %, amb un consum d'energia encara basat pràcticament en combustibles derivats del petroli en l'any 2050.

En canvi, en l'escenari objectiu, el transport marítim de cabotatge presenta una lleugera tendència de reducció del consum energètic (percentatge de reducció en el període 2017-2050). Igualment, cal indicar que en l'any 2050 s'arriba a un consum d'energia plenament descarbonitzat, fonamentat en energies renovables, concretament basat en biodièsel i biogàs provinent de processos de refineria.

FIGURA B.4.6. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA EN EL SECTOR DEL TRANSPORT MARÍTIM DE CABOTATGE EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA B.4.4. EVOLUCIÓ DEL CONSUM D'ENERGIA EN EL SECTOR DEL TRANSPORT MARÍTIM DE CABOTATGE EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	2030	2040	2050	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**103,8**	**123,1**	**131,2**	**134,7**	**103,8**	**107,4**	**103,3**	**94,8**
Derivats del petroli	103,5	118,2	111,5	106,9	103,5	41,2	17,4	0,0
Gas natural	0,3	4,9	19,7	25,6	0,3	4,5	16,4	0,0
Líquids renovables	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	61,8	69,6	69,8
Gasos renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
TOTAL	**103,8**	**123,1**	**131,2**	**134,7**	**103,8**	**107,4**	**103,3**	**94,8**
Combustibles fòssils	103,8	123,1	131,2	132,5	103,8	45,7	33,8	0,0
Combustibles renovables	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	61,8	69,6	94,8
Energia elèctrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

B.5. Sector primari

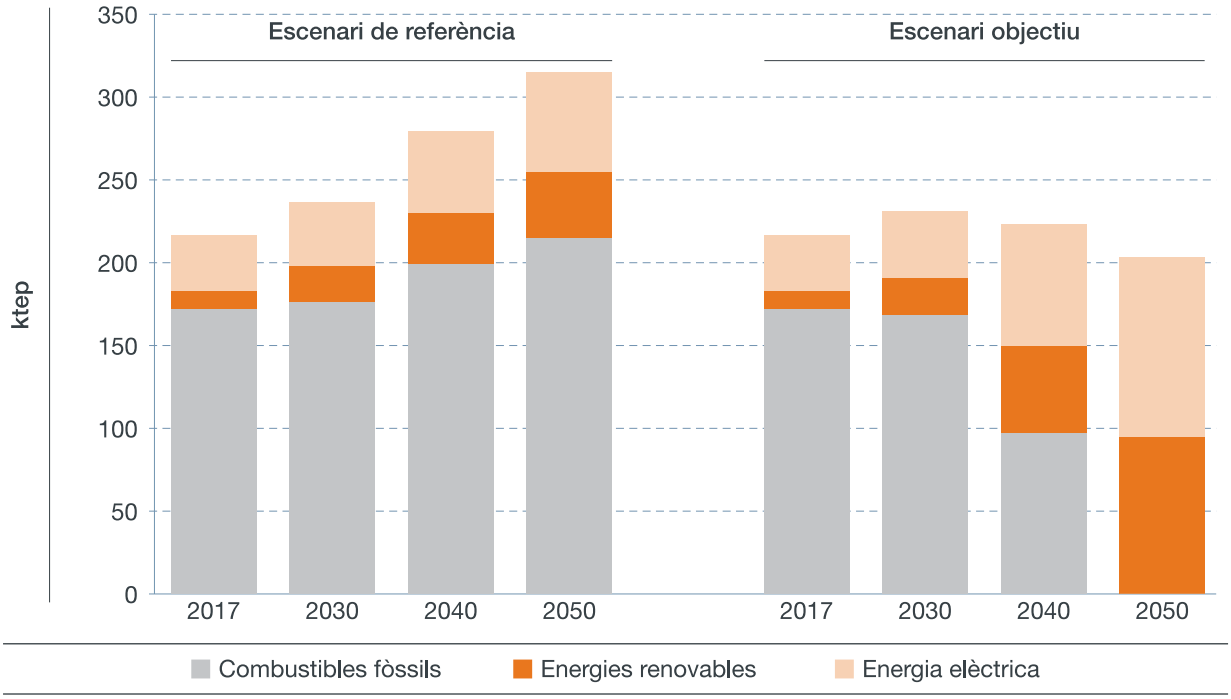
El consum energètic del sector primari està dominat fonamentalment per la demanda energètica associada a la maquinaria agrícola, la pesca i la ramaderia porcina, que, conjuntament, representen aproximadament el 70 % del consum total d'energia final del sector. La resta d'activitats agrícoles i ramaderes i la piscicultura representen pràcticament el 30 % restant del consum energètic del sector.

La figura B.5.1 i la taula B.5.1 presenten el consum d'energia final del sector primari per al període 2017-2050 en els dos escenaris analitzats.

En l'escenari de referència, el consum final d'energia del sector primari augmenta de manera significativa en el període 2017-2050 a causa sobretot de l'augment de l'activitat del sector. Així, es preveu que el consum final d'energia del sector l'any 2030 sigui un 9,3 % superior al consum energètic de l'any 2017 i un 45,6 % superior l'any 2050.

El consum de productes derivats del petroli, principal font d'energia del sector, augmenta moderadament però de manera contínua. Es preveu que el consum de productes petroliers en el sector primari l'any 2030 estigui un 2,6 % per sobre del nivell de l'any 2017 i un 25,3 % per sobre l'any 2050. Igualment, també es preveu que el consum d'energia elèctrica augmenti un 13,4 % en el període 2017-2030, i després continuï augmentant de forma important degut a l'electrificació del sector i l'increment de l'activitat, de manera que l'any 2050 es preveu que el consum d'energia elèctrica en el sector primari sigui un 77,8 % superior al valor de l'any 2017.

FIGURA B.5.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR PRIMARI EN EL PERÍODE 2017-2050



TAULA B.5.1. CONSUM D'ENERGIA FINAL PER FONTS D'ENERGIA AL SECTOR PRIMARI EN EL PERÍODE 2017-2050

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
	2017	**2030**	**2040**	**2050**	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**
TOTAL	**216,3**	**236,3**	**279,6**	**315,0**	**216,3**	**231,2**	**223,2**	**203,2**
Carbó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Petroli	159,8	163,4	186,5	203,1	159,8	156,4	90,4	0,0
Gas natural	11,7	12,6	12,4	11,8	11,7	11,8	6,6	0,0
Residus no renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomassa	10,7	7,4	8,0	7,1	10,7	7,6	10,2	13,8
Solar tèrmica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Residus renovables	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasos renovables	0,2	9,8	13,9	18,0	0,2	10,2	24,2	44,2
Líquids renovables	0,0	4,6	9,0	14,6	0,0	4,6	17,9	36,6
Energia elèctrica	33,9	38,5	49,8	60,3	33,9	40,5	73,8	108,6
TOTAL	**216,3**	**236,3**	**279,6**	**315,0**	**216,3**	**231,2**	**223,2**	**203,2**
Combustibles fòssils	171,5	176,0	199,0	214,9	171,5	168,2	97,0	0,0
Energies renovables	10,9	21,8	30,8	39,8	10,9	22,5	52,4	94,6
Energia elèctrica	33,9	38,5	49,8	60,3	33,9	40,5	73,8	108,6

D'altra banda, es preveu que el consum de gas natural es mantingui pràcticament estable en el conjunt del període 2017-2050. Així, es preveu que l'any 2030 el consum de gas natural del sector sigui un 7,5 % superior al de l'any 2017 i l'any 2050 sigui un 0,8 % superior al d'aquest mateix any 2017.

Pel que fa a la utilització directa de fonts d'energia renovable en el sector primari, es preveu que en l'escenari de referència el seu pes sobre el consum total d'energia final vagi augmentant del 5,0 % de l'any 2017 al 12,6 % previst per a l'any 2050 (vegeu la **figura B.5.1** i la **taula B.5.1**).

Pel que fa a l'escenari objectiu, el consum total d'energia final en el sector primari s'incrementa molt lleugerament en el període 2017-2030, de manera que l'any 2030 és un 6,9 % superior al consum de l'any 2017. Així, l'any 2030 el consum energètic del sector és de 231,2 ktep, un 2,2 % per sota del nivell de l'escenari de referència. Del 2030 al 2050 el consum final d'energia es redueix en un 6,1 % respecte al nivell de l'any 2017, amb un consum 35,5 % inferior al previst a l'escenari de referència, malgrat l'increment previst del PIB del sector, que és del 42,3 % en el període 2017-2050.

L'ús dels combustibles derivats del petroli i del gas natural en el sector primari s'elimina gradualment fins a l'any 2050. La forta electrificació de la demanda tèrmica del sector fa que el consum d'energia elèctrica augmenti de forma molt important en tot el període 2017-2050, de manera que l'any 2050 sigui més del triple que el consum d'energia elèctrica de l'any 2017. El grau d'electrificació també augmenta de forma molt important, passant del 15,7 % de l'any 2017 al 53,4 % de l'any 2050.

D'altra banda, l'aportació directa total de les energies renovables suposa el 9,7 % del total del consum d'energia final de l'any 2030 i el 46,6 % de l'any 2050, amb un consum energètic l'any 2050 que suposa multiplicar gairebé per nou el consum de l'any 2017.

ANNEX C
MODELITZACIÓ DE LA DEMANDA D'ENERGIA

C.1. Introducció

La modelització de la demanda d'energia utilitzada en els dos escenaris de la PROENCAT 2050 s'ha basat fonamentalment en models propis desenvolupats per l'Institut Català d'Energia a partir de les fonts estadístiques pròpies, com a responsable de l'elaboració de les estadístiques energètiques de Catalunya. També s'han utilitzat dades extretes de fonts bibliogràfiques i de treballs específics desenvolupats aquests darrers anys en el marc de la PROENCAT 2050.

Així, s'ha desagregat el consum final d'energia dels sectors i subsectors en els diferents usos propis de cada sector i les fonts d'energia utilitzades en cada un d'ells, segons els balanços energètics de Catalunya de l'any 2017, publicat per l'ICAEN.

A partir d'aquesta informació, i mitjançant els models propis de l'ICAEN, s'ha fet la projecció als horitzons 2030, 2040 i 2050 a partir dels seus inductors principals, com són l'evolució de la producció de béns i serveis i de la població, els canvis tecnològics i estructurals previstos i les estratègies adoptades en cada sector, entre d'altres. Això ha permès obtenir el consum final d'energia per a cada sector i subsector en aquests horitzons, desglossat en els seus principals usos i fonts d'energia.

D'altra banda, i tal com s'ha comentat a bastament en aquest document, l'electrificació de la demanda energètica amb electricitat d'origen renovable serà molt elevada en el nou sistema energètic català del futur. Això és degut a l'elevat potencial de les tecnologies de generació d'energia elèctrica amb energies renovables a Catalunya, molt superior al potencial de les energies renovables per a usos tèrmics, i per l'elevada eficiència energètica associada a les tecnologies elèctriques en general i d'algunes en concret, com les bombes de calor o el vehicle elèctric.

Per tant, l'anàlisi detallada de la demanda d'energia elèctrica és una peça fonamental de la modelització del consum energètic, i per això s'han emprat models de simulació altament especialitzats per caracteritzar la demanda d'energia elèctrica sectorial i subsectorial per nivell horari i desagregat per nivell territorial (escala comarcal), i per nivell de tensió.

Així, la demanda d'energia elèctrica de cada sector energètic s'ha desglossat en els seus principals subsectors i usos de l'energia, i s'han considerat perfils horaris específics para a cada grup d'anàlisi, diferenciant també quatre nivells de tensió: baixa tensió i mitjana tensió (inferior a 110 kV), i alta tensió de 110-132 kV, 220 kV i 400 kV. Aquesta anàlisi s'ha fet tant a escala global de Catalunya com a escala comarcal.

A partir de les dades disponibles a l'ICAEN i de la informació obtinguda de la recerca

d'estudis realitzats en l'àmbit internacional i de la bibliografia especialitzada, s'han elaborat les sèries horàries de consum final d'energia elèctrica per a cada un dels sectors i subsectors per a l'any base, 2017. La informació disponible també s'ha utilitzat per construir les sèries horàries de subsectors dels quals no es disposava d'informació suficient i per construir les sèries horàries associades als usos que actualment són tèrmics, principalment per calefacció i cuina, en els sectors domèstic i dels serveis.

Els perfils horaris del 2017 s'han fet evolucionar als horitzons 2030, 2040 i 2050 a partir de la substitució tecnològica i de la progressiva electrificació dels usos de l'energia que actualment tenen una forta participació de les energies tèrmiques.

S'ha modelitzat també la distribució comarcal del consum d'energia elèctrica de cada sector i subsector a partir de les dades del consum d'energia de l'any 2017 per comarques de què disposa l'ICAEN, tenint en compte la importància del vector elèctric en el consum final d'energia a l'horitzó 2050 i la necessitat de disposar d'aquesta informació territorialitzada per poder analitzar la viabilitat del sistema elèctric català 100 % renovable l'any 2050. Així mateix, per als sectors dels quals es disposa de prou informació també s'ha fet una estimació de la distribució comarcal del consum de combustibles.

Per a la seva projecció en els horitzons 2030, 2040 i 2050 no s'han considerat efectes estructurals en la localització física de la demanda energètica, és a dir, no s'han contemplat canvis d'emplaçament de consumidors, ubicació de nous consumidors o baixes de consumidors presents l'any base (2017) que comportin un canvi en l'estructura intercomarcal del consum energètic. Així, l'evolució de la distribució comarcal de la demanda d'energia elèctrica és conseqüència, només, de l'evolució dels diversos subsectors consumidors, pel que fa a l'increment o la disminució del consum, i a la major o menor implantació de noves tecnologies d'electrificació i/o altres tecnologies de descarbonització de la demanda energètica, i a la major o menor presència d'aquests subsectors en cada comarca.

En aquest sentit, en els apartats següents es descriuen els aspectes concrets de la modelització del consum energètic i de la construcció de les sèries horàries de demanda d'energia elèctrica per a cada un dels sectors, així com les seves projeccions en els horitzons 2030, 2040 i 2050.

C.2. Sector primari

Consum final d'energia

A partir del balanç d'energia final de Catalunya del 2017, publicat per l'ICAEN i diversos estudis i models realitzats prèviament, s'ha desagregat el consum final d'energia del sector primari en tres subsectors, segons es pot veure a la taula C.2.1:

TAULA C.2.1. DESAGREGACIÓ DEL SECTOR PRIMARI PER SUBSECTORS

Sector	Subsector
Primari (3 subsectors)	Ramaderia
	Agricultura
	Pesca

Pel que fa a la desagregació del consum d'energia per usos, s'ha distingit entre consum d'energia per a maquinària agrícola, vaixells de pesca, climatització i altres usos.

El consum d'energia del sector primari s'ha estimat a partir de les dades disponibles del consum de les instal·lacions agrícoles i ramaderes, l'ús de la maquinària agrícola i l'operativa dels vaixells de pesca al territori català.

Una vegada es disposa dels balanços de consum final d'energia desagregats a escala subsectorial, s'ha fet la projecció d'aquests balanços als horitzons 2030, 2040 i 2050 a partir dels seus inductors principals, com són l'evolució de l'activitat econòmica real de cada subsector (avaluada a partir de les variacions en volum del valor afegit brut a preus constants), l'evolució del rendiment energètic de les diferents tecnologies i el procés de substitució dels combustibles fòssils actuals per combustibles renovables (biocombustibles líquids, biogàs i biomassa) i electricitat.

Distribució territorial del consum final

La distribució comarcal del consum d'electricitat i de combustibles s'ha estimat a partir dels censos d'explotacions agrícoles i ramaderes, i del registre de maquinària agrícola del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural i de les dades de consum d'energia elèctrica i de combustibles a escala municipal i per sectors de què disposa l'ICAEN. La ràtio comarcal de cada subsector s'ha mantingut en tot el període, ja que no es preveuen canvis estructurals entre unes comarques i les altres al llarg del temps.

Perfil horari del consum d'electricitat

L'elaboració dels perfils horaris de consum d'energia elèctrica s'ha realitzat de manera diferenciada per a cadascuna de les activitats del sector primari.

En el cas de les explotacions agrícoles i ramaderes, es disposa de perfils horaris reals de les empreses amb un consum d'energia elèctrica més elevat. El conjunt d'aquests perfils s'ha assignat al conjunt de totes les explotacions d'aquest tipus, tant per a l'any base com en les projeccions futures.

No obstant, aquests perfils no inclouen el comportament de la maquinària agrícola elèctrica, que actualment no tenen cap presència en el sector. Per construir els perfils de demanda d'electricitat en el futur de la maquinària agrícola, s'ha tingut en compte l'operativa habitual d'aquest tipus de maquinària, considerant que és una activitat fonamentalment diürna, més concentrada al matí que a la tarda.

A partir d'aquesta consideració, s'ha fet la hipòtesi que la càrrega de les bateries d'aquests equips es realitzaria d'acord amb un criteri d'optimització econòmica, aprofitant els períodes horaris en què el preu de l'electricitat és més baix.

Pel que fa als vaixells de pesca, la construcció del perfil s'ha realitzat tenint en compte l'horari laboral dels dos grans tipus de pesca que es realitza a Catalunya, d'encerclament (nocturn) i d'arrossegament (diürn). S'ha suposat que els processos de càrrega es realitzaran de manera optimitzada en els períodes de descans, tenint en compte els senyals de preus del mercat elèctric.

En tots els casos s'ha distingit entre dies feiners i dies festius.

C.3. Sector industrial

Consum final d'energia

El consum final d'energia en el sector industrial s'ha desagregat en 17 subsectors, que es recullen en la **taula C.3.1**.

Pel que fa a la desagregació del consum d'energia per usos, s'ha distingit entre consum

d'energia per a processos industrials (comuns i específics de cada subsector), climatització i transport intern (vagonetes, toros…).

TAULA C.3.1. DESAGREGACIÓ DEL SECTOR INDUSTRIAL PER SUBSECTORS

Sector	Subsector
Industrial (17 subsectors)	Extractives no energètiques
	Siderúrgia i foneria fèrrica
	Metal·lúrgia no fèrrica
	Transformats metàl·lics
	Ciment
	Vidre
	Altres productes minerals no metàl·lics
	Químic
	Alimentació, begudes i tabac
	Tèxtil i confecció
	Cuir i calçat
	Fusta, suro i mobles de fusta
	Pasta de paper, paper i cartró
	Arts gràfiques
	Transformats del cautxú
	Transformats plàstics
	Indústria diversa

El consum d'electricitat del conjunt del sector industrial i dels seus disset subsectors s'ha estimat a partir de les dades disponibles de les grans empreses del sector industrial, de l'Estadística del consum energètic del sector industrial (ECESI) i d'informació addicional recopilada per l'Institut Català d'Energia, analitzant-ne la possible evolució futura, d'acord amb:

- Les previsions de l'evolució de la producció industrial de cada subsector, avaluada a partir de les previsions de les variacions en volum del producte interior brut industrial i del valor afegit brut dels diferents subsectors.
- Les estimacions de millora de l'eficiència energètica: vegetativa, per mesures elèctriques i tèrmiques, reducció de les pèrdues, millora en l'aïllament dels edificis d'ús industrial, etc.
- Les estimacions de millores estructurals i canvis de procés en els diferents subsectors.
- El desenvolupament del procés de substitució dels consums tèrmics fòssils per energia elèctrica i combustibles renovables.

Distribució territorial del consum final

La distribució comarcal del consum final d'energia en el sector industrial s'ha estimat a partir de la informació del consum energètic dels establiments industrials dels que l'ICAEN en fa un seguiment individualitzat, principalment mitjançant l'Enquesta del consum d'energia en el sector industrial (ECESI), i de la distribució comarcal del consum d'electricitat i combustibles per municipis i sectors de què disposa l'ICAEN.

El repartiment comarcal de la informació agregada de cada subsector s'ha mantingut constant al llarg del període, però els consums individuals s'han projectat individualment.

Perfil horari del consum d'electricitat

En el cas del sector industrial, l'ICAEN disposa dels perfils horaris reals de 1.535 establiments industrials. El conjunt del consum d'aquestes sèries horàries representa el 95 % del consum d'electricitat de la indústria l'any 2017 a Catalunya.

Evidentment, aquesta és una font molt bona i és la base de la construcció de les sèries de cada un dels sectors industrials. A més a més, s'ha treballat individualment amb els perfils reals dels 117 consumidors industrials més significatius d'electricitat de Catalunya.

La projecció dels perfils horaris en els horitzons 2030, 2040 i 2050 es basa en les previsions de l'evolució del procés d'electrificació i de la millora dels processos industrials en cada un dels sectors.

C.4. Sector serveis

Consum final d'energia

La modelització del sector dels serveis s'ha desagregat en els 13 subsectors que es recullen a la **taula C.4.1**.

TAULA C.4.1. DESAGREGACIÓ DEL SECTOR DELS SERVEIS PER SUBSECTORS

Sector	Subsector
Serveis (13 subsectors)	Comerç
	Oficines
	Hotels
	Restaurants
	Educació i recerca
	Sanitat i serveis socials
	Emmagatzematge
	Instal·lacions esportives i recreatives
	Bugaderies industrials
	Distribució d'energia i aigua
	Audiovisuals
	Tractament de residus
	Altres

Pels que fa a la desagregació del consum d'energia per usos de cada subsector, s'ha distingit entre consum d'energia per a calefacció, refrigeració, enllumenat, aigua calenta sanitària, equipament i altres usos.

El consum final d'energia de cadascun d'aquests subsectors l'any 2017 s'ha modelitzat a partir de les dades procedents de les Estadístiques energètiques de Catalunya, que elabora l'ICAEN, i de la informació del consum d'energia per a cada tipus d'edifici, obtinguda mitjançant estudis previs de caracterització del consum d'energia de diversos realitzats anteriorment per l'ICAEN i per altres organismes d'àmbit internacional, i a partir de la informació disponible de consumidors individuals.

La seva evolució en els horitzons 2030, 2040 i 2050 s'ha construït en funció de:

- Les previsions de l'evolució de l'activitat econòmica de cada subsector, avaluada a partir de les previsions de les variacions en volum del valor afegit brut del sector serveis i dels seus diferents subsectors.
- Les previsions de l'evolució de la població de Catalunya.
- Les previsions de construcció de nous edificis i de rehabilitació d'edificis existents i de la millora de l'eficiència energètica que això implica.
- Les estimacions de millores en el rendiment energètic de les diferents tecnologies energètiques utilitzades a cada subsector del sector serveis.
- L'increment de les necessitats de calefacció i la reducció de les necessitats de refrigeració degut al canvi climàtic.
- El desenvolupament del procés de substitució dels consums tèrmics fòssils per energia elèctrica i combustibles renovables.

Distribució territorial del consum final

S'ha desagregat el consum final d'energia elèctrica del sector dels serveis, a partir de la distribució comarcal del consum d'electricitat dels 13 subsectors que s'han treballat separadament. La informació parteix dels agregats de consum d'electricitat per municipis i sectors de què disposa l'ICAEN.

Perfil horari del consum d'electricitat

L'elaboració dels perfils horaris s'ha realitzat d'acord amb els perfils individuals del 2017 disponibles a l'ICAEN dels diferents subsectors, completats amb perfils que s'han recollit de fonts de prestigi reconegut que s'han adaptat a la realitat del sector a Catalunya. També s'han construït els perfils horaris de la demanda tèrmica.

La projecció dels perfils horaris als horitzons 2030, 2040 i 2050 s'ha realitzat tenint en compte les previsions d'electrificació de la demanda tèrmica de cada subsector i dels canvis previstos en els hàbits de funcionament (com, per exemple, la progressiva obertura dels comerços en el cap de setmana) i d'altres canvis estructurals. En substituir la demanda tèrmica per elèctrica s'ha tingut en compte el comportament diferent de les tecnologies emprades. Per exemple, en substituir una caldera de gas natural, el consum horari no és el mateix si la tecnologia que la substitueix és una bomba de calor perquè treballa amb un dipòsit d'acumulació.

C.5. Sector domèstic

Consum final d'energia

En la modelització del consum final d'energia en el sector domèstic, s'ha tingut en compte si els habitatges són de primera o segona residència, i, també, els consums associats al sector domèstic, com són els ascensors i garatges comunitaris, la il·luminació de les escales i altres zones comunes, etc.

TAULA C.5.1. DESAGREGACIÓ DEL SECTOR DOMÈSTIC PER SUBSECTORS

Sector	Subsector
Domèstic	Primera residència
	Segona residència
	Altres consums associats al sector domèstic

En el cas dels habitatges de primera i segona residència, s'ha fet una desagregació del consum d'energia pels diferents usos de cada subsector, separant el consum d'energia dels següents elements:

- Calefacció
- Refrigeració
- Aigua calenta sanitària
- Cuina
- Enllumenat
- Electrodomèstics (nevera, rentadora, assecadora, rentavaixelles, televisió, microones i altres equips elèctrics)
- Usos auxiliars

Per dur a terme la modelització del sector, en primer lloc s'ha desagregat el consum final d'energia en el sector domèstic per al 2017 en els subsectors recollits en la taula C.5.1. Posteriorment, se n'ha projectat l'evolució futura, considerant:

- Les projeccions de població i habitatges realitzades per l'Institut Català d'Estadística en l'horitzó 2050.

- Les previsions d'evolució de la renda per càpita derivades de l'escenari econòmic considerat (creixement del 1,5 % anual del PIB).
- La influència del factor socioeconòmic sobre la demanda d'energia a les llars.
- Els nous estàndards de construcció d'edificis adoptats, la rehabilitació d'edificis prevista i la millora de l'eficiència energètica dels habitatges que això implica.
- Les estimacions de millores en el rendiment energètic de les diferents tecnologies.
- L'increment de les necessitats de calefacció i la reducció de les necessitats de refrigeració degut al canvi climàtic.
- El desenvolupament del procés de substitució dels consums tèrmics fòssils per energia elèctrica i combustibles renovables.

Distribució territorial del consum final d'energia

La distribució comarcal del consum final d'energia en el sector domèstic s'ha estimat a partir de la distribució comarcal dels habitatges principals i secundaris, i de les projeccions que ha fet l'Institut d'Estadística de Catalunya fins al 2050 i de la projecció dels graus-dia de calefacció i refrigeració i de la presència d'aquests equipaments en els habitatges en l'horitzó 2050.

Perfil horari del consum d'electricitat

Per construir el perfil horari del sector domèstic per al 2017, s'ha partir de les dades disponibles a l'ICAEN, corresponents als totals de consums horaris per les tarifes de l'actual grup tarifari 2. Després, s'ha desagregat aquest perfil pels diferents usos a partir de la informació obtinguda d'estudis a escala internacional que s'han adaptar a la realitat i les circumstàncies del sector domèstic a Catalunya. Com en el cas del sector serveis, també s'han construït els perfils horaris de demanda d'energia tèrmica pels usos de calefacció, aigua calenta sanitària i cuina.

Com en altres sectors, la projecció d'aquest perfil del 2017 als horitzons 2030, 2040 i 2050 s'ha construït, bàsicament, a partir de les previsions d'electrificació en aquests horitzons. Com en el sector dels serveis, en substituir la demanda tèrmica per elèctrica s'ha tingut en compte el comportament diferent de les tecnologies emprades.

C.6. Sector transport

Consum final d'energia

Par modelitzar el consum final d'energia i fer les projeccions al 2030, 2040 i 2050 del sector dels transports, s'ha desglossat aquest sector en quatre àmbits que es podrien considerar sectors independents, segons es pot veure a la **taula C.6.1**.
A més, el transport terrestre de persones i mercaderies s'ha dividit en dos subsectors corresponents al transport per carretera i al transport ferroviari. Igualment, el transport marítim s'ha desglossat també en dos subsectors: transport marítim de cabotatge i transport marítim internacional. Cal tenir present que el transport marítim internacional no s'ha inclòs en els balanços energètics de Catalunya, d'acord amb la metodologia fixada per Eurostat.

Pel que fa al transport terrestre de persones, la modelització del consum final d'energia de 2017 s'ha basat en la informació dels consums energètics del sector procedents de les Estadístiques energètiques de Catalunya, que elabora

l'ICAEN, i de la informació estadística i els estudis que ha realitzat el Departament de Territori. Així, s'ha treballat la informació disponible per obtenir la mobilitat en persones*km dels usuaris del transport públic, desagregat en carretera (autobusos urbans, interurbans i altres com ara els escolars i discrecionals) i en tren (metro, rodalies, regionals i tramvia). La mobilitat de persones per carretera amb transport privat s'ha construït a partir de l'Enquesta de mobilitat quotidiana i altres fonts estadístiques, i s'ha desagregat per modes (cotxe, moto i furgoneta). A partir de les enquestes i estadístiques existents, s'ha desagregat la mobilitat de persones en quatre tipus de mobilitat: obligada, comercial, oci i altres.

TAULA C.6.1. DESAGREGACIÓ DEL SECTOR DELS TRANSPORTS PER SUBSECTORS

Sector	Subsector
Transport terrestre de persones	Carretera
	Ferrocarril
Transport terrestre de mercaderies	Carretera
	Ferrocarril
Transport marítim	Cabotatge
	Internacional(*)
Transport aeri	Transport aeri

(*) S'ha modelitzat el consum d'energia del transport marítim internacional, però no s'ha inclòs als balanços energètics de Catalunya, d'acord amb la metodologia d'Eurostat.

Una vegada es disposa de la mobilitat, s'han aplicat paràmetres de repartiment de mobilitat, d'ocupació mitjana i de consums específics dels diferents modes de transport per estimar el consum final d'energia del transport de persones per carretera.

Les projeccions en els horitzons 2030, 2040 i 2050 de la mobilitat s'han fet de manera desagregada per a cada tipus de mobilitat:

- Mobilitat obligada: en funció de la població ocupada i del valor afegit brut per càpita, amb un ajust degut a la introducció del teletreball.
- Comercial: en funció del valor afegit brut del sector serveis, amb un ajustament a causa de la digitalització de l'economia i el desenvolupament del comerç electrònic.
- Oci: en funció de la renda disponible.
- Altres: en funció de la població total, així com la població major de 65 anys (cura personal de les persones grans).

També s'han projectat el repartiment d'aquesta mobilitat per modes de transport tenint en compte les directrius i els objectius plantejats en matèria de transport de persones (foment del transport públic i de la mobilitat no motoritzada), l'evolució de l'ocupació en els diferents modes, i l'evolució de l'eficiència energètica dels vehicles i de l'electrificació, que en el transport de terrestre de persones s'ha considerat del 100 % l'any 2050.

Pel que fa al transport terrestre de mercaderies, l'estimació de mobilitat del 2017 s'ha basat en estudis i informació estadística disponible com, per exemple, l'enquesta permanent del transport de mercaderies. La mobilitat de mercaderies (tn*km) s'ha desagregat en quatre tipus:

- Intern: origen i destí a Catalunya.
- Estatal: de Catalunya a la resta de l'Estat i a la inversa.
- Internacional: de Catalunya a Portugal i altres estats europeus, i a la inversa.

→ De pas: transport que no té origen ni destí a Catalunya, però que circula per les carreteres catalanes i consumeix energia a Catalunya.

Aquestes dades de mobilitat s'han desagregat, al seu torn, en els diversos modes de transport (furgoneta, camió i tren), i, aplicant les dades disponibles a la bibliografia sobre l'ocupació dels vehicles i els seus consums específics respectius, s'ha modelitzat el consum final d'energia del transport terrestre de mercaderies de l'any 2017.

Per estimar el consum final d'energia en els horitzons 2030, 2040 i 2050, s'ha partit de la projecció de la mobilitat de mercaderies estimada a partir de l'evolució prevista del VAB i de la població de Catalunya. També s'han projectat els canvis de mode de transport (es preveu un fort increment del transport de mercaderies amb tren, que passarà de l'1,85 % l'any 2017 al 35 % l'any 2050), l'evolució de l'ocupació i de l'eficiència energètica dels vehicles utilitzats, i el procés d'electrificació.

Pel que fa a l'electrificació, s'ha previst que sigui gairebé total a l'horitzó 2050 (l'electricitat representa el 98,8 % del consum final d'energia del transport de mercaderies l'any 2050). S'ha estimat que un 10 % de la mobilitat de mercaderies de pas per carretera utilitzarà hidrogen verd.

Pel que fa al transport marítim, el consum final d'energia l'any 2017 s'ha obtingut de la informació estadística sobre consums energètics de què disposa l'ICAEN. En aquest subsector, el 100 % de la demanda correspon actualment a combustibles fòssils. El sector s'ha desagregat en transport marítim de cabotatge i internacional. Com ja s'ha comentat abans, el consum energètic associat al transport marítim internacional no forma part del consum final d'energia de Catalunya, d'acord amb la metodologia de càlcul dels balanços energètics fixada per Eurostat, però aquests vaixells s'alimenten d'energia en els ports catalans i, per tant, caldrà fer-hi arribar aquesta energia, ja siguin combustibles renovables o electricitat, en l'horitzó de 2050.

Les projeccions de la demanda en els horitzons 2030, 2040 i 2050 s'ha realitzat a partir de l'evolució prevista del PIB de Catalunya i de la millora prevista del consum específic dels vaixells.

El consum d'energia elèctrica en el sector marítim es preveu que es produeixi únicament per l'alimentació dels vaixells quan estan estacionats a port. D'acord amb la metodologia d'Eurostat, aquest consum que correspon al sector dels serveis i no al sector dels transports. Per aquest motiu, no apareix energia elèctrica en el consum del sector marítim en tot el període prospectiu.

Finalment, pel que fa al transport aeri, el consum final d'energia s'ha obtingut de la informació estadística sobre consums energètics de què disposa l'ICAEN. El consum total del sector aeri, ja sigui local o internacional, sí que forma part del consum final d'energia de Catalunya. Per a aquest sector, tot el consum de l'any 2017 correspon a combustibles fòssils.

Les projeccions de la demanda en els horitzons 2030, 2040 i 2050 s'ha realitzat a partir de l'evolució prevista del PIB de Catalunya, de l'evolució de la demanda de transport de persones i mercaderies per avió, i de la millora prevista del consum específic dels avions. En aquest sector no es preveu la participació de l'electricitat a l'horitzó 2050.

Distribució territorial del consum final

El consum d'energia del transport per carretera s'ha desagregat a escala comarcal a partir de la distribució històrica del parc de vehicles per comarca. Per al transport de pas per carretera, el consum a Catalunya s'ha distribuït segons la presència de benzineres en els principals eixos de transport per carretera i el nombre de sortidors de què disposen. Pel que fa a l'energia elèctrica, s'ha fet la hipòtesi que, en el futur, els vehicles carregaran les bateries en zones properes on actualment s'abasteixen de combustible.

Pel que fa al consum del transport ferroviari, s'ha repartit per comarques segons la ubicació de les subestacions elèctriques que actualment abasteixen la xarxa ferroviària catalana.

Perfil horari del consum d'electricitat

Per construir la corba horària de demanda d'electricitat del transport terrestre per carretera, s'ha distribuït el consum anual per mesos, diferenciant entre dies laborables i festius, i s'ha repartit horàriament amb l'eina de cobertura de la demanda que ha desenvolupat la consultora Deloitte, que ha col·laborat en aquest estudi. S'han tingut en compte els següents comportaments:

- Càrrega per necessitat: hi ha un percentatge del consum que es reparteix d'acord amb un perfil racional d'activitat humana per a les càrregues dels vehicles que es fan de manera no planificada a qualsevol hora del dia.
- Càrrega de mobilitat obligada i comercial: es reparteix el consum en les hores nocturnes per tal que els vehicles estiguin a punt per utilitzar-los a primera hora del matí. Per construir el perfil horari de càrrega de vehicles de mobilitat obligada i comercial, en primer lloc, es fa la recàrrega utilitzant possibles excedents en la cobertura de la demanda, exportacions o emmagatzematge en bateries, quan n'hi hagi. En cas que sigui insuficient, es faria ús d'electricitat obtinguda directament de la xarxa, augmentant, així, el dèficit energètic existent en aquell moment. D'aquesta manera s'assegura que la bateria es carrega al 100 %.
- Càrrega de mobilitat per oci i personal: el consum es fa a qualsevol hora del dia en aquelles hores de preu més baix de l'electricitat.

Aquest procediment s'aplica en cada un dels escenaris futurs (2030, 2040 i 2050), de manera que el perfil horari del sector dels transports per carretera està condicionat a la resta de paràmetres i configuracions que intervenen en l'anàlisi de cobertura de la demanda.

Per determinar el perfil horari del consum d'electricitat en el transport terrestre per ferrocarril, s'han utilitzat les dades horàries disponibles dels subministraments d'energia elèctrica a la xarxa ferroviària. Aquest perfil no s'ha modificat en l'horitzó de 2050.

C.7. Sector energètic

En el cas del sector energètic s'ha distingit entre el sector elèctric i la resta del sector energètic.

Pel que fa al sector elèctric, la modelització del seu comportament s'ha realitzat en el marc de l'anàlisi de les necessitats de generació elèctrica per cobrir la demanda d'electricitat del futur sistema energètic català, tal com s'explica a l'annex D d'aquest document.

La resta del sector energètic està format actualment fonamentalment per sis

establiments industrials dedicats a la transformació del petroli i els seus productes derivats situats en el complex petroquímic de Tarragona, la planta de regasificació de gas natural del Port de Barcelona i d'altres establiments de menor rellevància (plantes de fabricació de pellets, fabricació de biocarburants a partir d'olis usats…).

L'ICAEN disposa de dades individualitzades dels consums energètics per a l'any 2017 d'aquests establiments, així com dels perfils horaris de consum d'energia elèctrica dels més rellevants, atès que són grans consumidors d'energia, tant de combustibles com d'energia elèctrica.

La projecció de la demanda d'energia d'aquests establiments es basa en l'evolució prevista del VAB industrial i del sector químic, però, sobretot, en la hipòtesi que es produirà una reconversió en el complex petroquímic de Tarragona i la desaparició del gas natural en el consum d'energia a Catalunya en l'horitzó 2050, així com l'impacte creixent de l'economia circular, l'ús de primeres matèries renovables i el procés de descarbonització en aquests establiments industrials.

Així, pel que fa a les instal·lacions del sector energètic situades en el complex petroquímic de Tarragona, es preveu una transformació radical basada en la bieconomia i la utilització de residus i subproductes renovables. Aquesta transformació es caracteritza per:

- Conversió de la refineria de REPSOL cap a una biorefineria de matèries primeres renovables (residus i subproductes renovables). La capacitat de producció prevista de la nova biorefineria seria del 20 % de la refineria actual
- Manteniment de les plantes d'olefines actualment existents amb una capacitat de producció a l'horitzó 2050 de dues terceres parts de la capacitat actual. Canvi a matèries primeres renovables (bionaftes i bioGLP), fonamentalment d'importació.
- Incorporació d'una planta de fabricació de metanol d'origen renovable a partir de residus renovables i H_2 verd.

A partir dels perfils horaris d'energia elèctrica individuals disponibles l'any 2017 dels diferents establiments industrials del sector, s'han estimat els nous perfils horaris per als horitzons 2030, 2040 i 2050 de manera individual. Per fer aquesta estimació s'han tingut en compte les característiques pròpies de cadascun d'aquests establiments, tant pel que fa als nous establiments industrials previstos com als establiments que es preveu reconvertir al llarg del període prospectiu. També s'ha fet la hipòtesi que la implantació territorial serà similar a l'actual.

ANNEX D
CARACTERITZACIÓ I ANÀLISI DE VIABILITAT DEL SISTEMA ELÈCTRIC CATALÀ 100 % RENOVABLE L'ANY 2050

D.1. Introducció

Aquest annex és un resum de la metodologia i els resultats de l'estudi realitzar per l'ICAEN amb el suport de la consultora Deloitte sobre la viabilitat tecnicoeconòmica d'un sistema elèctric català amb la participació del 100 % d'energies renovables l'any 2050, tenint en compte els grans canvis que es produiran en la demanda d'electricitat deguts a la transició energètica necessària per assolir la neutralitat climàtica en aquest horitzó.

Així, en l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, el model de generació d'energia elèctrica evoluciona dràsticament al llarg del període 2017-2050, i substitueix el parc actual de centrals de generació fòssil i nuclear per energia eòlica i solar fotovoltaica i altres energies renovables, que també cobririen l'augment de la demanda previst.

Aquest escenari futur proposat suposa un canvi radical pel que fa al procés de subministrament actual d'energia elèctrica, no només perquè planteja un increment molt important de la demanda degut a l'electrificació, sinó perquè representa un canvi de paradigma en la gestió del necessari equilibri entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica.

Així, es produeix l'evolució d'un sistema molt centralitzat amb un elevat nivell de gestionabilitat de la generació elèctrica cap a un sistema molt més descentralitzat i basat amb un gran nombre de generadors no gestionables i amb uns patrons de producció sovint ben definits (dia-nit, estacionals…) que no s'ajusten fàcilment a les variacions de la demanda elèctrica. Es passa d'un sistema elèctric que assoleix l'equilibri permanent entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica, fonamentalment a partir de la capacitat d'adaptació de l'oferta a un nou sistema elèctric, on aquest ajustament continu entre oferta i demanda s'ha de gestionar de manera molt més complexa: mecanismes de flexibilitat de la demanda elèctrica, dispositius d'emmagatzematge a gran escala i amb diferents àmbits temporals (emmagatzematge diari, setmanal, estacional…), nivell alt d'interconnexió amb els sistemes veïns per importar/exportar energia en els moments de dèficit/superàvit de potència, etc.

D'altra banda, les característiques específiques dels sistemes de generació majoritaris en el nou sistema elèctric (solar fotovoltaica i eòlica) i la creixent penetració de generadors i consumidors connectats mitjançant dispositius d'electrònica de potència obliguen a desenvolupar solucions tecnològiques per a la gestió de la xarxa amb criteris de fiabilitat i seguretat.

Com a conseqüència d'aquest canvi radical de l'estructura del sistema elèctric català,

en el marc de la PROENCAT 2050 s'ha considerat com a un element clau el redisseny del sistema elèctric, l'anàlisi de la seva viabilitat futura i l'avaluació dels reforços de les xarxes elèctriques que s'haurien de fer per poder garantir el subministrament d'electricitat en aquest nou entorn.

Així, s'ha fet una anàlisi completa de l'evolució de la cobertura de la demanda, que inclou un procés de simulació del despatx de generació horari d'acord amb diferents hipòtesis i supòsits d'evolució de l'oferta i la demanda per al 2030, el 2040 i el 2050, així com la verificació tècnica de la viabilitat a partir d'una anàlisi estàtica dels fluxos d'electricitat.

En el marc d'aquest estudi s'ha desenvolupat un entorn d'anàlisi amb l'objectiu d'avaluar les diverses alternatives d'evolució del sistema elèctric cap a un model caracteritzat per elevats nivells d'electrificació i penetració d'energies renovables, que ha permès avaluar quantitativament i qualitativa les necessitats de capacitat d'energia renovable, d'utilització de dispositius d'emmagatzematge i de reforços i desenvolupament de la infraestructura de xarxa elèctrica per satisfer la demanda d'electricitat a Catalunya en els horitzons 2030, 2040 i 2050.

Les tasques realitzades en el marc de l'estudi són les següents:

- Elaboració de la previsió de l'evolució de la demanda d'electricitat a Catalunya per al 2030, 2040 i 2050, a nivell agregat i desagregat a escala comarcal i per tipologies d'ús de l'electricitat i nivells de tensió, tenint en consideració els nous usos de l'electricitat i l'aplicació de solucions d'eficiència energètica. Per tal de poder determinar les necessitats futures de potència i d'infraestructura de xarxa, s'han elaborat perfils horaris de consum per a les diferents activitats econòmiques i socials, i per diferents usos de l'energia.
- Recull d'informació de les solucions de generació d'electricitat basades en fonts d'energia renovable (rendiments, perfils de producció, costos d'inversió i d'operació i manteniment) i dels dispositius d'emmagatzematge (pèrdues, procediment d'operació i costos d'inversió i d'operació i manteniment) que podrien instal·lar-se per facilitar la penetració de les energies renovables. També s'ha analitzat la disponibilitat del recurs renovable a les diverses comarques de Catalunya, per localitzar la instal·lació d'aquesta potència.
- Recerca d'informació referent a l'evolució del sistema elèctric de Catalunya i dels sistemes elèctrics veïns, amb especial consideració a les interconnexions del sistema elèctric català amb França, Andorra i amb la resta de l'Estat espanyol (a través d'Aragó i el País Valencià).
- Anàlisi de la cobertura de la demanda d'electricitat a partir d'un procés de simulació del despatx de generació horari, avaluant les necessitats de potència renovable i capacitat d'emmagatzematge d'energia que cal instal·lar, així com les mesures de gestió de la demanda que s'haurien d'adoptar per assolir el perfil horari de consum d'acord amb els nivells de penetració d'energies renovables establerts per al 2030, 2040 i 2050.
- Avaluació de les necessitats de reforç i desenvolupament de la infraestructura de xarxa elèctrica, mitjançant l'anàlisi, d'acord amb criteris de seguretat i fiabilitat, analitzant els fluxos d'electricitat al sistema

elèctric de Catalunya que es produirien amb les diferents configuracions de generació i demanda plantejades en els diferents horitzons temporals.

Com a resultat d'aquest treball, s'ha obtingut el següent:

- Plantejaments d'evolució del parc de generació i de les solucions d'emmagatzematge, adequats, d'acord amb els objectius de penetració de les energies renovables.
- Propostes de reforç de la infraestructura de xarxa i de localització dels dispositius d'emmagatzematge en el sistema.
- Anàlisi econòmica de les solucions plantejades.
- Recomanacions pel que fa al disseny del mercat elèctric actual en el futur.

En els apartats següents es descriuen les tasques realitzades i els resultats obtinguts amb major detall.

D.2. Modelització de la demanda d'energia elèctrica

Evolució de la demanda d'energia elèctrica

A partir de la metodologia de treball exposada a l'Annex C, s'ha obtingut la previsió de la demanda total d'electricitat en barres de consumidor final, que es pot veure en la **taula D.2.1** i en la **figura D.2.1**.

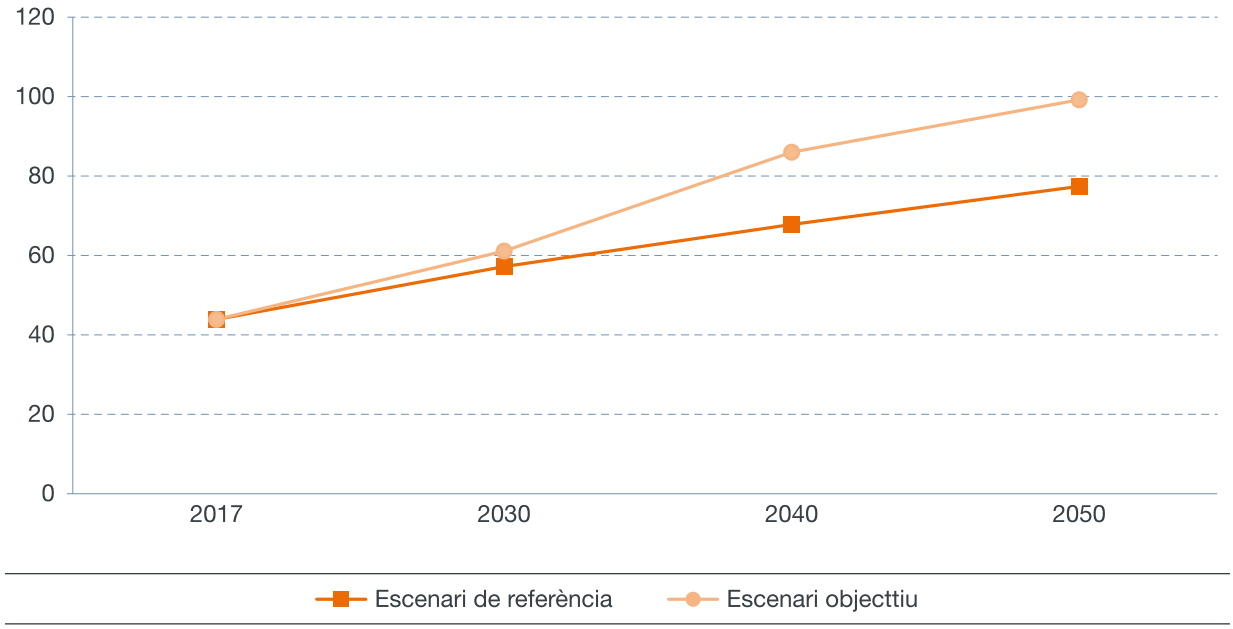
El sector industrial es manté com el principal consumidor d'energia elèctrica a Catalunya al llarg del període 2017-2050, amb un percentatge similar, superior al 40 %. El sector que experimenta un canvi més gran és el dels transports, que passa de representar un 2,3 % del consum l'any 2017 al 21,8 % l'any 2050. A més, es converteix en el segon sector més consumidor d'energia elèctrica.

El sector energètic també experimenta un increment molt important del consum d'energia elèctrica, que passa dels 0,5 TWh de l'any 2017 als 6,1 TWh el 2050.

TAULA D.2.1. EVOLUCIÓ DE LA DEMANDA TOTAL D'ENERGIA ELÈCTRICA EN BARRA DE CONSUMIDOR FINAL EN L'ESCENARI DE REFERÈNCIA I L'ESCENARI OBJECTIU

	Escenari de referència				Escenari objectiu			
TWh	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**	**2017**	**2030**	**2040**	**2050**
Consum final	**43,4**	**54,1**	**64,5**	**74,3**	**43,4**	**58,0**	**81,1**	**93,0**
Primari	0,4	0,4	0,6	0,7	0,4	0,5	0,9	1,3
Indústria	17,6	22,8	27,8	34,2	17,6	23,1	33,9	40,9
Transport	1,0	2,0	3,1	3,8	1,0	6,4	16,6	21,6
Serveis	14,4	16,9	18,8	20,2	14,4	16,7	17,3	16,7
Domèstic	10,0	12,1	14,3	15,3	10,0	11,3	12,4	12,5
Sector energètic	**0,5**	**3,0**	**3,4**	**3,1**	**0,5**	**3,2**	**4,9**	**6,1**
TOTAL	**43,9**	**57,2**	**67,8**	**77,4**	**43,9**	**61,1**	**86,0**	**99,2**

FIGURA D.2.1. COMPARACIÓ DE LA DEMANDA TOTAL D'ENERGIA ELÈCTRICA A CATALUNYA EN ELS ESCENARIS DE REFERÈNCIA I OBJECTIU



Evolució del perfil horari de la demanda d'energia elèctrica

Igualment, d'acord amb la metodologia de l'Annex C, s'han elaborat les sèries horàries de consum final d'energia elèctrica per a cada un dels sectors i subsectors per a l'any base, 2017, i s'han evolucionat per als horitzons 2030, 2040 i 2050 a partir de la substitució tecnològica i de la progressiva electrificació dels usos de l'energia que actualment tenen una forta participació de les energies tèrmiques.

A continuació, a la **figura D.2.2** es poden apreciar els diferents comportaments de cada sector des del punt de vista del perfil horari en el mes de setembre. Igualment, a la **figura D.2.3** es pot veure una mostra de l'evolució dels perfils horaris globals del consum d'electricitat a Catalunya del mes de gener en els diversos horitzons temporals. Es pot veure, per exemple, com la transició de la calefacció basada en combustibles fòssils a una calefacció basada en bomba de calor té un efecte significatiu en la forma i el volum del perfil de consum d'electricitat.

FIGURA D.2.2. PERFIL HORARI MITJÀ DELS DIVERSOS SECTORS EN L'HORITZÓ 2050 EN EL MES DE SETEMBRE

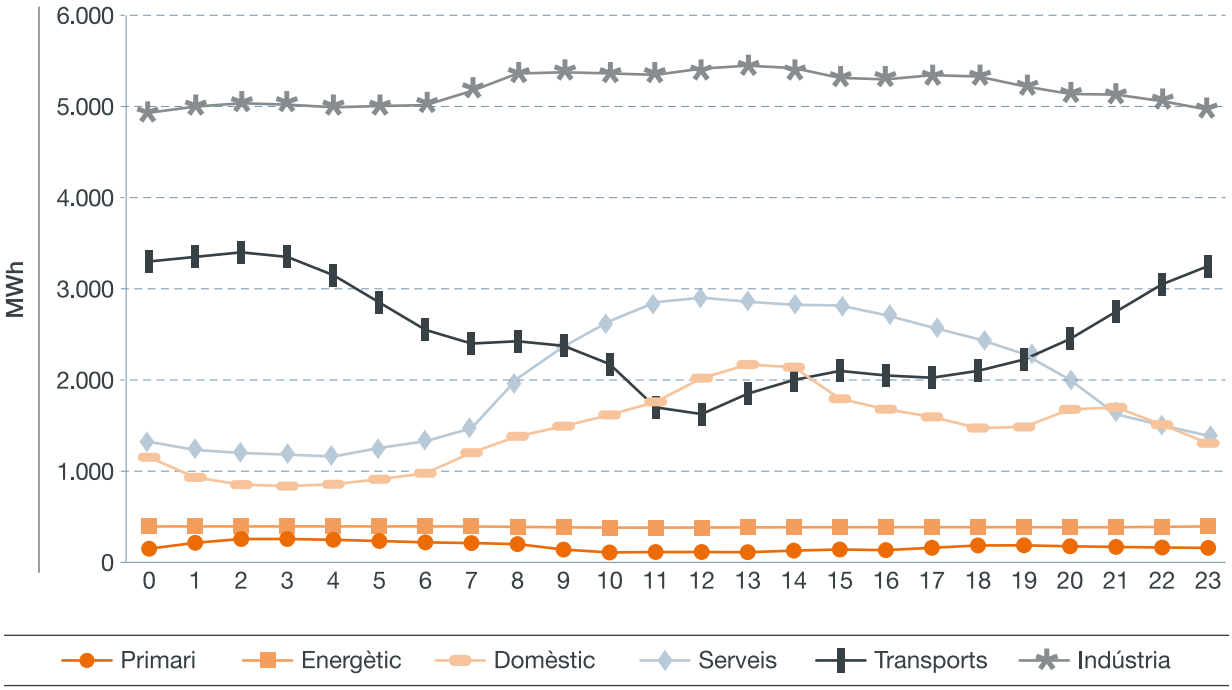
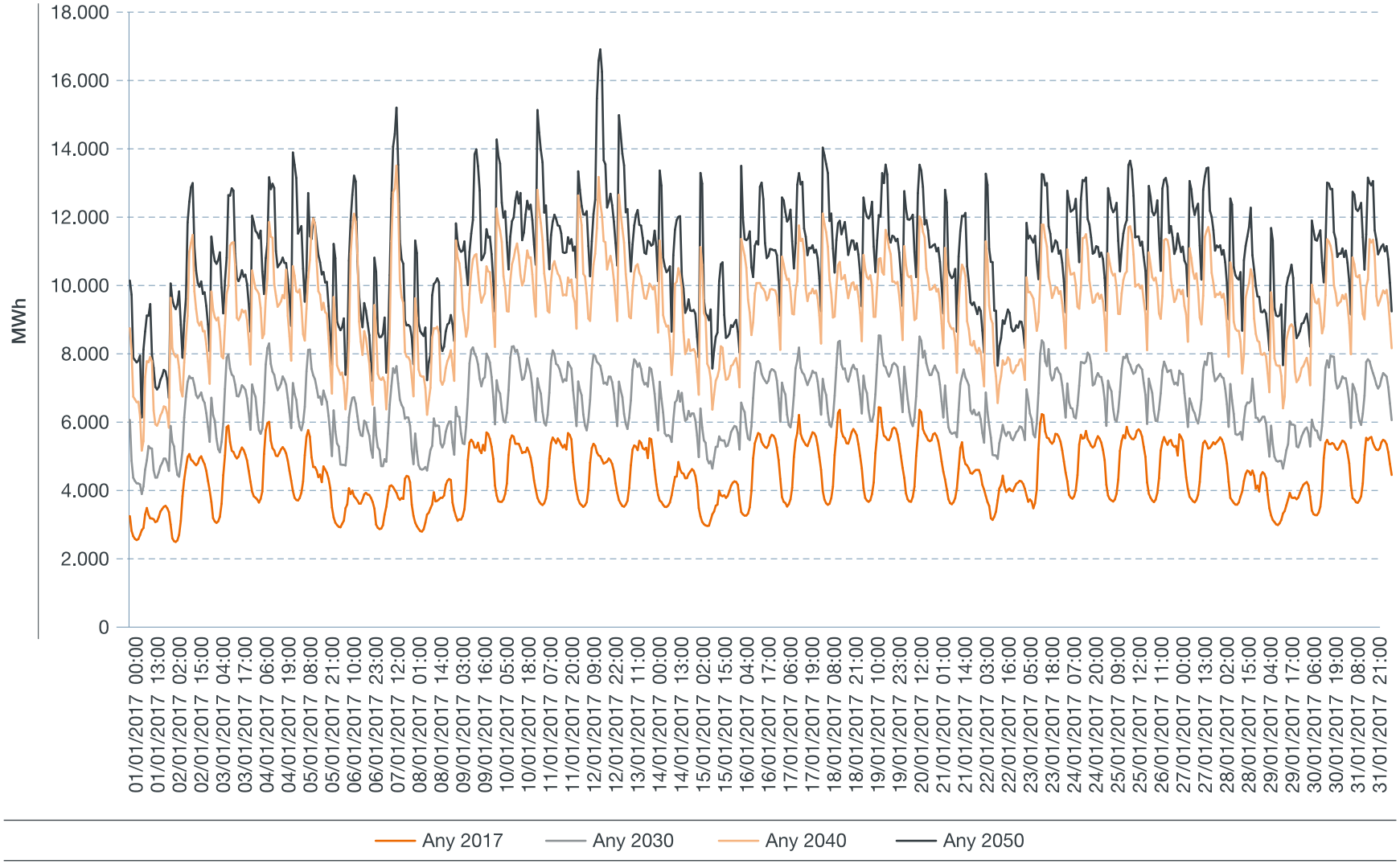


FIGURA D.2.3. EVOLUCIÓ DE LES CORBES HORÀRIES DE CONSUM TOTAL D'ELECTRICITAT DEL MES DE GENER



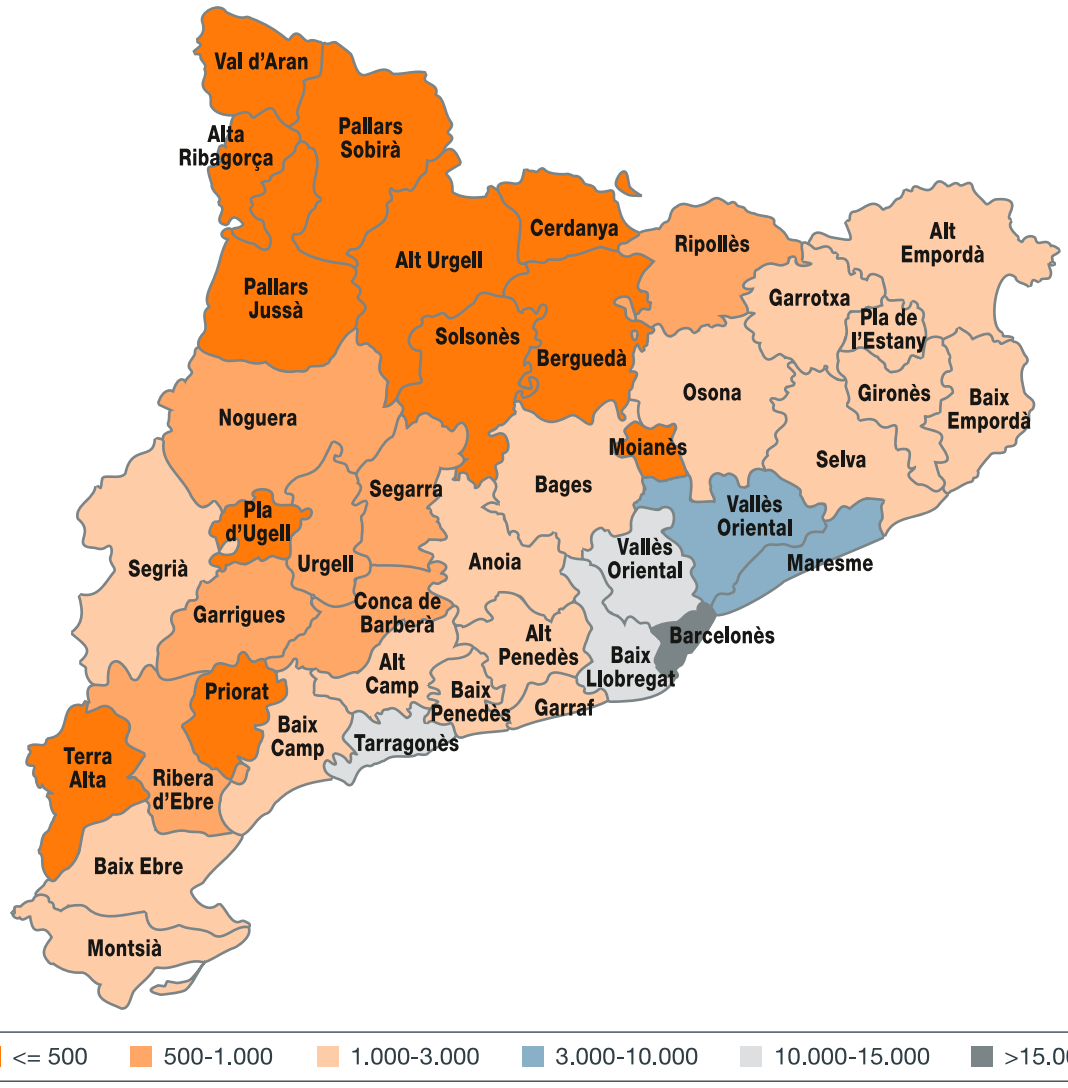
Desagregació territorial de la demanda d'energia elèctrica

Un altre aspecte clau és la distribució comarcal del consum total d'electricitat de l'any 2017 i la seva projecció en els horitzons 2030, 2040 i 2050.

Així, a la figura D.2.4 es pot veure la distribució comarcal del consum total d'energia elèctrica per a l'any 2050. Es preveu que el Barcelonès serà la comarca amb major consum d'energia elèctrica a Catalunya, amb 17,2 TWh, seguida de les comarques del Vallès Occidental, el Tarragonès i el Baix Llobregat, amb consums al voltant del 12 TWh cadascuna.

D'altra banda, la comarca que es preveu que tingui el menor consum d'energia elèctrica l'any 2050 és l'Alta Ribagorça, amb 40 GWh. Les comarques del Pallars Sobirà, el Priorat i la Terra Alta són les altres comarques amb un consum d'energia elèctrica inferior als 100 GWh.

FIGURA D.2.4. MAPA DE LA PREVISIÓ DEL CONSUM TOTAL D'ENERGIA ELÈCTRICA PER COMARQUES L'ANY 2050 (EN GWh/ANY)



D.3. Modelització de la oferta d'electricitat

D.3.1. Potencial de les energies renovables a Catalunya

Catalunya disposa de prou recursos d'energies renovables per satisfer les seves necessitats previsibles en l'horitzó de l'any 2050. En canvi, no té recursos d'energies fòssils ni d'urani.

El potencial de generació elèctrica amb renovables a Catalunya s'avalua en 355,9 TWh/any, amb una potència instal·lada de 178,7 GW (vegeu la taula D.3.1). Aquest potencial supera amb escreix el conjunt de les necessitats energètiques de Catalunya (elèctriques i tèrmiques) que es preveu en l'horitzó de l'any 2050.

El major potencial energètic correspon a l'eòlica marina, que, amb 137,9 TWh/any, representa el 39,2 % del total. Però cal tenir en compte que, a l'hora de valorar aquest potencial, encara no s'han aprovat els Plans d'Ordenació de l'Espai Marí (POEM), que introduiran restriccions a la utilització d'aquests espais per a la instal·lació de parcs eòlics. Quan es disposi d'aquests plans, es preveu que el potencial eòlic marí es redueixi força.

TAULA D.3.1. POTENCIAL DE GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA AMB ENERGIES RENOVABLES A CATALUNYA

Resum dels potencials tecnicoeconòmics de generació d'electricitat avaluats		Potència (GW)	Energia (TWh)	%
Solar a terra	Fotovoltaica*	55,0	91,1	25,6 %
	Termoelèctrica	8,9	31,6	
Total solar a terra (exclou solar termoelèctrica)		**55,0**	**91,1**	**25,6 %**
Solar no «a terra»	Edificis (teulades)	18,6	24,3	6,8 %
Solar en altres	Sòl industrial	1,3	1,7	0,4 %
	Infraestructures de transport	0,4	0,6	0,2 %
	Pèrgoles urbanes	0,2	0,3	0,1 %
	Canals de reg	0,2	0,3	0,1 %
	Embassaments	0,4	0,6	0,2 %
	Ports, aeroports, logística	0,1	0,2	0,1 %
Total solar «no a terra» (no major ús del territori)		**21,2**	**28,0**	**7,9 %**
Eòlica	Terrestre	56,3	97,1	27,3 %
	Marítima	46,2	139,7	39,2 %
Total eòlica		**102,5**	**236,8**	**66,5 %**
TOTAL		**178,7**	**355,9**	**100,0 %**

El segon i tercer lloc corresponen a les tecnologies eòlica terrestre (97,1 TWh/any i 27,3 % del potencial total) i solar fotovoltaica (91,1 TWh/any i 25,6 % del potencial total). El potencial energètic d'aquestes dues tecnologies és molt semblant, però cal tenir en compte que el potencial fotovoltaic s'ha reduït per evitar efectes acumulatius[6] i podria ser més gran.

El potencial energètic del conjunt d'aplicacions que no incrementen la utilització del territori, com la fotovoltaica en teulades i en altres ubicacions (polígons industrials, infraestructures viàries, embassaments, etc.), representa un 7,9 % del potencial total, amb 28,0 TWh/any. Malgrat que és un potencial significatiu, aquestes aplicacions només podrien cobrir al voltant d'un 25 % de la demanda d'energia elèctrica estimada per al 2050 si s'aprofités el potencial en aquest tipus d'emplaçaments al 100 %.

Pel que fa al potencial energètic de les energies renovables per a usos tèrmics a Catalunya, s'estima en 1.519,7 kep/any, molt inferior al potencial de les energies renovables per a la generació d'electricitat.

La meitat d'aquest potencial correspon a la biomassa agrícola, principalment de l'aprofitament de les restes de les explotacions agrícoles, però també del potencial existent en cultius herbacis i llenyosos que es poden desenvolupar en sòl agrícola. S'ha avaluat que es poden aprofitar al voltant de 3,25 Mtn/any de biomassa d'origen agrícola (residus i cultius energètics), amb un potencial energètic de 749,1 ktep/any.

La biomassa forestal té un potencial de 401,0 ktep/any, amb l'aprofitament energètic d'1,5 Mtn/any i el potencial del biogàs s'estima en 369,6 ktep/any. Cal remarcar que el potencial del biogàs fa referència només als residus orgànics que són susceptibles de ser recollits.

D.3.2. Hipòtesis respecte del parc de generació d'energia elèctrica a Catalunya

Centrals nuclears

Es considera que no s'instal·larà nova potència d'aquesta tecnologia durant el període d'anàlisi. L'evolució de la potència del parc de generació nuclear ha estat estimada a partir de la informació que publica el Consell de Seguretat Nuclear. En particular, només hi hauria disponibles dos grups de generació el 2030. Ateses les característiques tècniques d'aquesta tecnologia, es considerarà que funcionaran en base:

TAULA D.3.2. EVOLUCIÓ DE LA POTÈNCIA DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT D'ORIGEN NUCLEAR A CATALUNYA

Nom	Potència (MW)	Any inici	Any tancament
Ascó I	1032,5	1984	2030
Ascó II	1024,2	1986	2032
Vandellòs II	1087,1	1988	2035

[6] Tenint en compte que el recurs solar és força uniforme en tot el territori, s'ha considerat una reducció del potencial solar fotovoltaic a terra per evitar efectes d'acumulació d'instal·lacions en espais reduïts que puguin ocasionar afectacions en el paisatge i la seva percepció per part de la població.

TAULA D.3.3. EVOLUCIÓ DEL NOMBRE DE GRUPS I LA POTÈNCIA DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT AMB CICLES COMBINATS DE GAS NATURAL A CATALUNYA

Centrals de cicle combinat de gas natural	2017	2030	2040	2050
Nombre de grups	9	9	4	0
Potència (MW)	3.714,2	3.714,2	1.699,9	0,0

Cicles combinats de gas natural

En el procés de simulació s'ha considerat el tancament de les centrals de cicle combinat en funcionament a Catalunya una vegada arribin al final de la seva vida útil estimada en 30 anys. Així, tal com es mostra a la taula D.3.3, es preveu que estaran disponibles nou grups de generació l'any 2030, quatre el 2040 i cap l'any 2050. Com en el cas de les centrals nuclears, es considera que no s'instal·larà en el futur més potència d'aquesta tecnologia.

Es considera que aquestes unitats de generació estaran dedicades a cobrir la demanda en les situacions en què la generació de base i renovable no comptin amb prou potència per atendre-la.

Energia hidràulica

Es distingeixen tres tipus d'unitats de generació hidràulica. Les **centrals de regulació** són sistemes d'emmagatzematge d'aigua per tal de gestionar el volum emmagatzemat en funció de la demanda. La central és capaç de modificar-ne la capacitat en funció de les necessitats estacionals i plurianuals, que poden comptar amb reserves d'anys anteriors.

La potència d'aquesta tecnologia utilitzada en l'estudi ha estat de 1.170,4 MW de generació hidràulica estacional i 384 MW de plurianual. S'ha considerat un nivell d'utilització anual a plena càrrega per a les centrals estacionals d'entre 2.150 i 2.000 hores, i entre 2.450 i 2.300 hores per a les centrals plurianuals, reduïdes al llarg del període prospectiu d'acord amb les previsions dels efectes del canvi climàtic sobre la pluviometria de les zones on se situen aquestes instal·lacions.

A causa de la flexibilitat d'aquestes centrals s'ha suposat que, d'acord amb la potència i la disponibilitat del recurs, es dedicaran a cobrir les puntes de demanda.

Les centrals d'aigua fluent són unitats de generació hidràulica que produeixen d'acord amb els cabals disponibles a cada moment, sense alterar-ne el curs natural. A diferència de les centrals de regulació, aquest sistema no presenta àmplies capacitats d'emmagatzematge ni permet la modificació del règim de funcionament, ja que opera de manera contínua sense possibilitat d'adaptar la seva activitat en funció de les necessitats de demanda elèctrica.

S'ha considerat que el nivell d'utilització anual a plena càrrega per als grups d'aquesta tecnologia estarà entre 3.700 i 3.800 hores (i es reduirà al llarg dels anys pels efectes del canvi climàtic) i una potència instal·lada de 271,4 MW. La producció d'aquestes centrals no és gestionable, ja que depèn del cabal del riu on estan localitzades. El perfil de

generació utilitzat per a la simulació és el que deriva de l'històric de disponibilitat del recurs hidràulic a les conques de Catalunya (Ebre i conques internes de Catalunya).

Les centrals de turbinació-bombament són dispositius d'emmagatzematge d'energia basada en el bombament i l'emmagatzematge d'aigua a una cota superior quan hi ha energia disponible a la xarxa i la turbinació quan el sistema necessita la seva aportació. En l'apartat D.3.3 es descriuen amb més detall.

Energia eòlica

L'any 2017, la capacitat instal·lada d'eòlica terrestre era de 1.269 MW i l'evolució futura de la potència instal·lada serà un dels resultats de l'estudi de cobertura de la demanda. Segons la caracterització del potencial eòlic a Catalunya que es va dur a terme l'any 2017, s'ha constatat que el nivell d'utilització anual a plena càrrega (hores equivalents) per la tecnologia eòlica instal·lada a terra es va reduint segons es va desenvolupant el potencial, d'acord amb l'evolució que es pot veure a la **taula D.3.4**.

Actualment no hi ha potència instal·lada d'energia eòlica marina, però es planteja una penetració de 1.000 MW el 2030, 1.500 MW el 2040 i 3.500 MW el 2050. La disponibilitat d'aquesta potència seria de més de 4.000 hores anuals equivalents.

La generació eòlica no és gestionable, sinó que depèn de la disponibilitat del recurs eòlic que hi ha en cada moment. Per al procés de simulació s'han utilitzat els perfils horaris de producció elaborats en l'estudi mencionat anteriorment (vegeu les figures **D.3.1**, **D.3.2** i **D.3.3**).

TAULA D.3.4. NOMBRE D'HORES EQUIVALENTS PER A LA GENERACIÓ EÒLICA TERRESTRE EN FUNCIÓ DE LA POTÈNCIA TOTAL INSTAL·LADA

Potència acumulada (MW)	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	35.000
Hores equivalents (h)	2.717	2.576	2.434	2.293	2.151	2.010	1.980

FIGURA D.3.1. PERFIL HORARI NORMALITZAT DE PRODUCCIÓ EÒLICA D'UNA SETMANA DEL MES D'ABRIL A LES COMARQUES DE L'ALT EMPORDÀ, LA CONCA DE BARBERÀ I LA TERRA ALTA

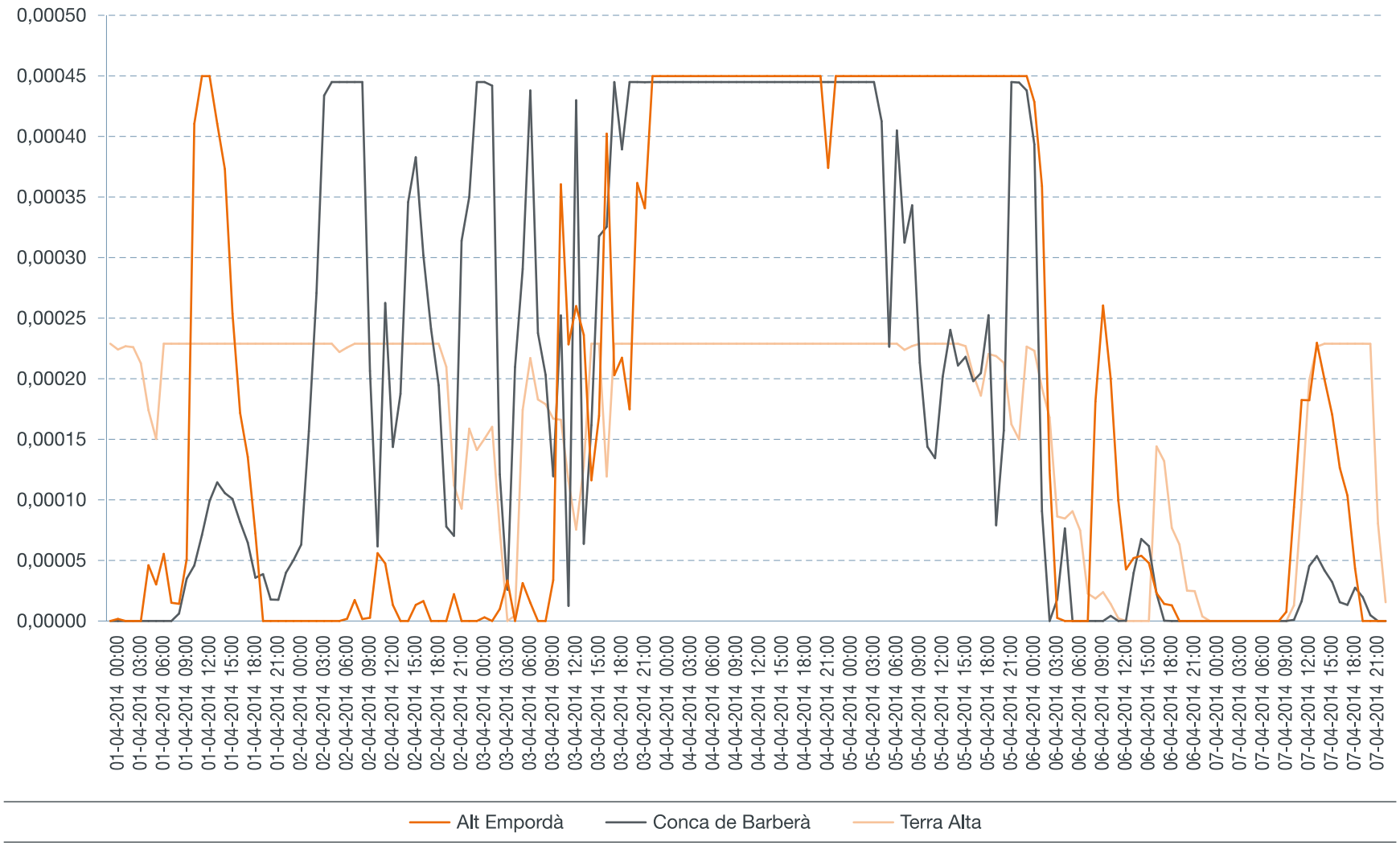


FIGURA D.3.2. PERFIL HORARI NORMALITZAT DE LA PRODUCCIÓ EÒLICA MARINA DEL MES DE DESEMBRE A LA ZONA 1 (NORD)

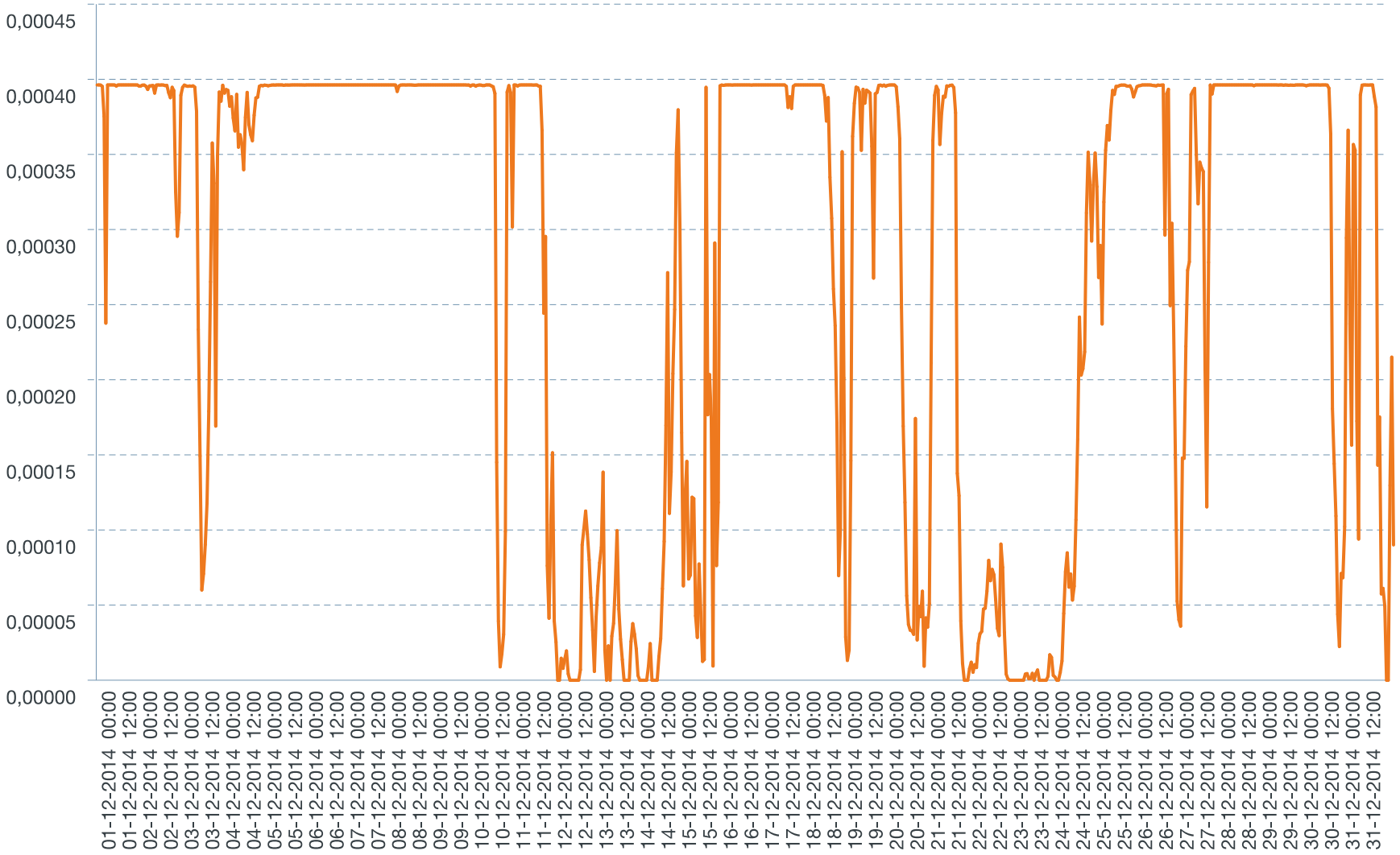
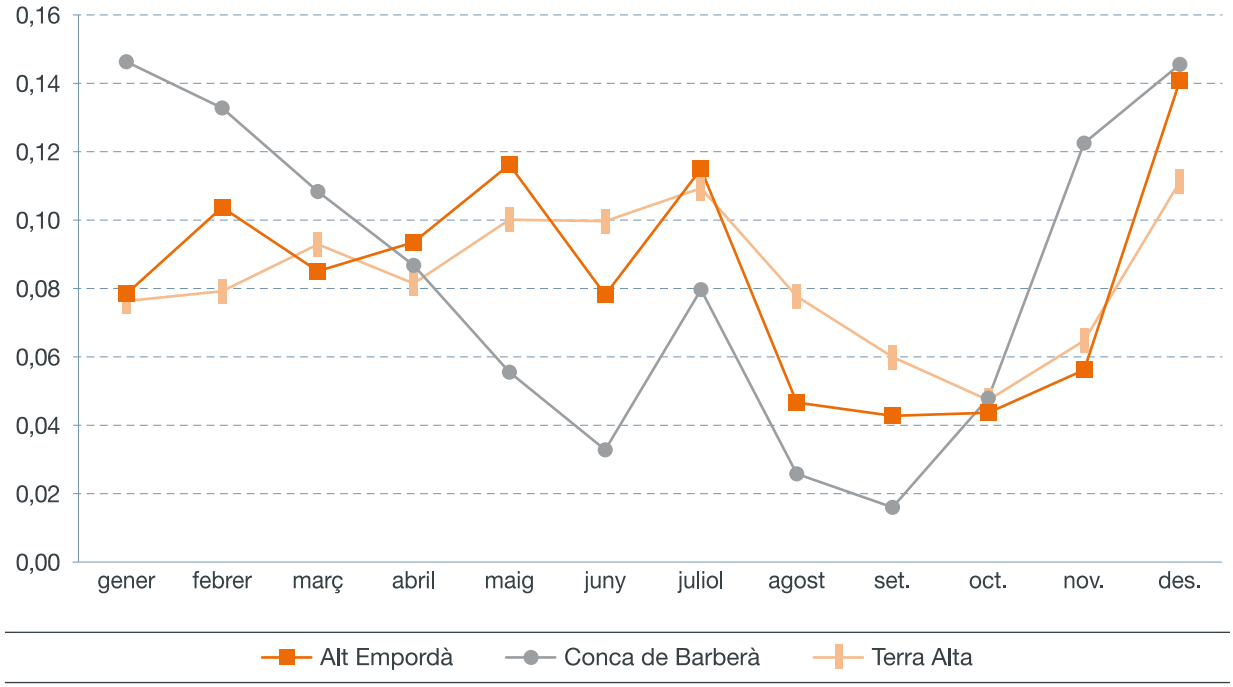


FIGURA D.3.3. REPARTIMENT MENSUAL DE LA PRODUCCIÓ EÒLICA A LES COMARQUES DE L'ALT EMPORDÀ, LA CONCA DE BARBERÀ I LA TERRA ALTA



Energia solar fotovoltaica

L'any 2017, la capacitat solar fotovoltaica instal·lada era de 269 MW i l'evolució futura de la potència instal·lada serà un dels resultats de l'estudi de cobertura de la demanda. Es consideren tres tipus de solucions per a la generació solar fotovoltaica: instal·lacions a terra, a teulades i en altres superfícies que no suposen un increment d'ocupació del territori.

Per a l'energia solar fotovoltaica terrestre s'ha considerat que el nivell d'utilització anual a plena càrrega (hores equivalents) va variant molt lleugerament segons es va desenvolupant el potencial, d'acord amb l'evolució que es pot veure a la **taula D.3.5**.

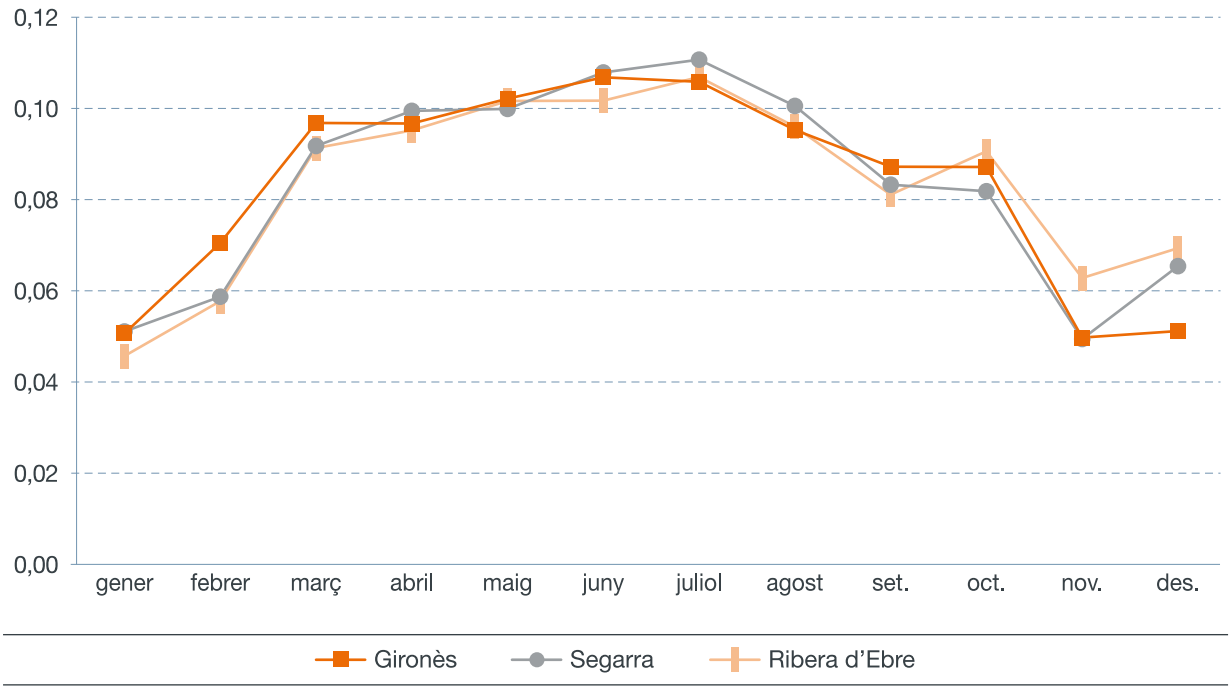
Pel que fa a la solar fotovoltaica en teulades, es considera un nivell d'utilització anual a plena càrrega de 1.410 hores equivalents de funcionament, i per a la resta de potència solar fotovoltaica es considera un nivell d'utilització anual a plena càrrega de 1.416 hores.

La generació solar fotovoltaica no és gestionable, sinó que depèn de la disponibilitat del recurs eòlic que hi ha en cada moment. No obstant, a diferència de l'energia eòlica, és força previsible perquè segueix la variació de la radiació solar. A partir de la informació de què disposa l'ICAEN per a la realització de l'Atles de radiació solar de Catalunya, s'han construït els perfils normalitzats per a aquesta tecnologia, que es poden veure a les figures **D.3.4** i **D.3.5**.

TAULA D.3.5. NOMBRE D'HORES EQUIVALENTS PER A LA GENERACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA A TERRA EN FUNCIÓ DE LA POTÈNCIA TOTAL INSTAL·LADA

Potència acumulada (MW)	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	35.000
Hores equivalents (h)	1.701	1.745	1.765	1.770	1.763	1.750	1.738

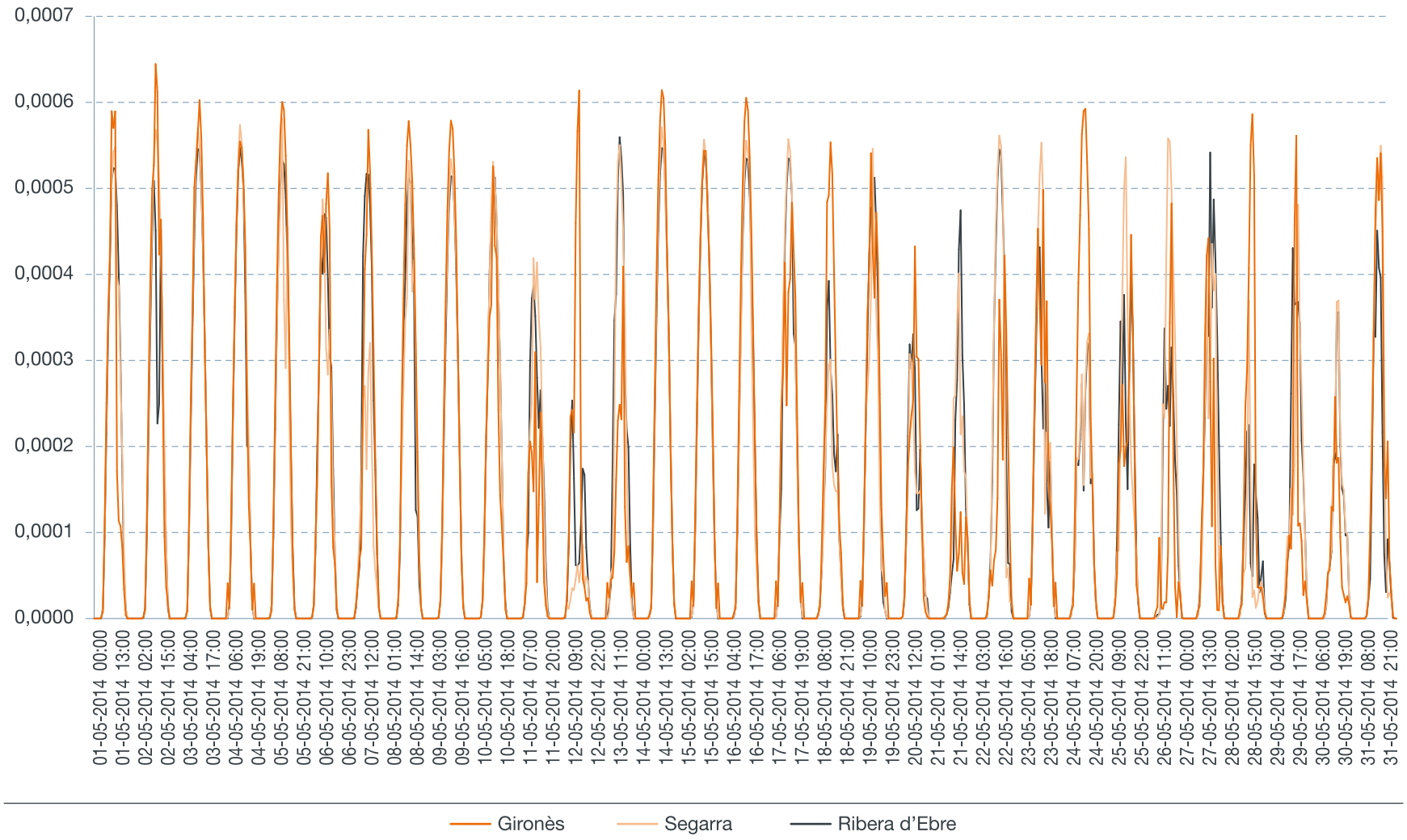
FIGURA D.3.4. REPARTIMENT MENSUAL DE LA PRODUCCIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA A LES COMARQUES DEL GIRONÈS, LA SEGARRA I LA RIBERA D'EBRE



Malgrat que el perfil horari de generació de la tecnologia solar fotovoltaica és més previsible que el de l'eòlica, també té variacions degut a la presència de núvols, tal com es pot veure en la figura D.3.5. Això fa que alguns dies la producció sigui notablement més baixa i que s'apreciïn diferencies territorials significatives com, per exemple, els dies 12 i 21 de maig.

Cal dir, però, que aquests episodis de núvols es poden preveure amb força precisió i suficient antelació, i que, per tant, el sistema pot preparar-se per gestionar-los.

FIGURA D.3.5. PERFIL HORARI NORMALITZAT DEL MES DE MAIG DE LA PRODUCCIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA DE LES COMARQUES DEL GIRONÈS, LA SEGARRA I LA RIBERA D'EBRE



Altres tecnologies de generació

L'evolució prevista de la potència instal·lada d'altres tecnologies tèrmiques de generació d'electricitat, que tindran una presència poc significativa l'any 2050, es pot veure a la taula D.3.6.

La generació d'electricitat amb tecnologies que utilitzen combustibles fòssils, com ara la cogeneració no renovable, l'assecatge de purins i fangs d'EDAR (tecnològicament també són cogeneracions) o el tractament de residus sòlids industrials i residus sòlids urbans, desapareix ja en l'horitzó de l'any 2040.

D'altra banda, la cogeneració amb energies renovables creix ràpidament fins a l'any 2030, amb la instal·lació de 72 MW, i continua creixent fins al 2040, amb 50,4 MW més. La generació elèctrica amb biogàs creix gairebé un 25 % al llarg del període 2017-2050 gràcies al creixement de l'assecatge de fangs d'EDAR amb biogàs i del tractament dels residus industrials renovables.

També s'ha considerat que la generació d'energia elèctrica amb biomassa i la fracció renovable dels RSU desapareix en l'horitzó 2050 perquè aquests recursos es dedicaran prioritàriament a altres usos de major valor afegit i/o més eficients.

Es considera que la tecnologia solar termoelèctrica es mantindrà a Catalunya, en la instal·lació ja existent actualment, amb un augment de la potència fins als 50 MW, perquè, en ser una instal·lació hibridada amb biomassa, és gestionable i pot fer una contribució positiva al funcionament del sistema elèctric en el futur.

TAULA D.3.6. POTÈNCIA INSTAL·LADA D'ALTRES TECNOLOGIES TÈRMIQUES DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT

Potència instal·lada en altres tecnologies tèrmiques (MW)	2017	2030	2040	2050
Cogeneració no renovable	826,0	470,2	0,0	0,0
Altres no renovables	122,2	50,7	26,2	0,0
Altres renovables	114,6	191,8	270,9	247,4
RSU renovable	26,2	26,2	26,2	0,0
Cogeneració renovable	0,0	72,0	122,4	122,4
Biogàs	60,1	65,4	68,4	75,0
Biomassa forestal i agrícola	4,0	4,0	4,0	0,0
Solar termoelèctrica	24,3	24,3	50,0	50,0

D.3.3. Dispositius d'emmagatzematge

L'energia elèctrica s'ha de generar en tot moment d'acord amb la demanda. Per això, les energies renovables, de naturalesa no gestionable, requereixen el suport de sistemes d'emmagatzematge per integrar-se, evitar abocaments d'energia neta en períodes de menor demanda i proporcionar més eficiència

i seguretat al sistema elèctric. Per tant, l'emmagatzematge energètic es posiciona com una solució fonamental per aconseguir la transició energètica, atès que permet flexibilitzar la producció d'energia renovable i garantir-ne la integració al sistema.

Com a conseqüència, els sistemes d'emmagatzematge poden aportar valor en qualsevol punt de la cadena de subministrament elèctric. En el context de la transició energètica, amb la disminució del nombre de centrals elèctriques que utilitzen combustibles fòssils i operen al sistema elèctric, els serveis auxiliars del sistema, com el control de freqüència, hauran de ser proporcionats per noves tecnologies. Els sistemes d'emmagatzematge ofereixen excel·lents característiques per dur a terme aquestes tasques, especialment en el cas de les bateries, pel fet que presenten una resposta extremadament ràpida i una gran escalabilitat.

A continuació es descriuen breument les principals tecnologies d'emmagatzematge energètic i com s'han integrat en l'anàlisi de cobertura de la demanda.

Centrals de turbinació-bombament

El bombament hidroelèctric és el sistema d'emmagatzematge a gran escala que s'ha utilitzat en el passat amb més èxit. L'energia s'emmagatzema en forma d'energia potencial gravitatòria mitjançant el bombament d'aigua entre dos embassaments situats a diferents alçades. Quan la demanda d'electricitat és baixa, l'aigua es bombeja a través d'una canonada des de l'extrem inferior cap al dipòsit superior. Quan la demanda d'electricitat és alta, el flux d'aigua s'inverteix i l'aigua acumulada al dipòsit superior s'allibera cap al dipòsit inferior, passant per la turbina per generar electricitat.

A Catalunya hi ha actualment 534 MW de potència instal·lada d'aquesta tecnologia en les centrals d'Estany Gento-Sallente i Montamara. També hi ha en funcionament la central de Moralets-Baserca, de 246 MW, que descarrega al riu Noguera Ribagorçana i està situada a l'Aragó, però participa de la gestió del sistema elèctric català.

La limitació per al desenvolupament d'aquest tipus de solucions és, sovint, l'espai que necessiten per a l'emmagatzematge hidràulic, malgrat que també es poden trobar solucions que aprofitin les centrals hidroelèctriques amb embassament ja existents, ja sigui mitjançant la connexió de dos embassaments contigus o no gaire llunyans en la llera del mateix riu o la construcció d'un nou embassament connectat a un embassament ja existent. No obstant, en aquests casos sempre caldrà analitzar els avantatges i inconvenients d'aquesta reconversió, ja que les centrals hidràuliques reversibles són un tipus d'emmagatzematge més focalitzat al curt termini (horari, setmanal), mentre que les centrals hidroelèctriques amb embassament convencionals tenen molta importància com a emmagatzematge estacional.

D'acord amb les anàlisis de la cobertura horària de la demanda d'energia elèctrica que es detalla més endavant, s'ha fet la hipòtesi que en l'horitzó de 2050 se n'instal·laran 3.200 MW més. En el futur, el rendiment d'aquestes centrals podria ser superior al 75 % a causa de les millores tecnològiques.

Emmagatzematge tèrmic

Les centrals solars tèrmiques amb emmagatzematge de sals foses poden despatxar electricitat fora de la corba de producció solar, bé durant la nit o fins i tot durant tot el dia, encara que la seva

major utilitat és la d'emmagatzemar durant les hores diürnes per exportar energia al sistema a les hores nocturnes, per la qual cosa són complementàries a la tecnologia solar fotovoltaica.

Les sals són compostos químics inorgànics, i les que s'utilitzen per a l'emmagatzematge tèrmic es caracteritzen perquè són sòlides a temperatura ambient, però es mantenen a temperatures superiors als punts de fusió, de manera que es trobin de forma líquida.

La configuració més comuna emprada d'aquesta tecnologia és el sistema d'emmagatzematge de sals foses de dos tancs. En aquest, les sals foses són bombades entre un tanc d'emmagatzematge fred i un altre de calent per procedir a la càrrega i descàrrega. Actualment, bona part de la recerca en aquest àmbit s'està centrant a identificar materials i sistemes que garanteixin la reversibilitat i l'absència de pèrdues de capacitat energètica durant els nombrosos cicles de càrrega i descàrrega.

Malgrat les perspectives positives d'aquesta tecnologia, amb el coneixement actual, no es preveu que pugui ser competitiva amb les altres opcions d'emmagatzematge de cicle diari. Per això en la PROENCAT 2050 no es considera cap implantació d'aquesta tecnologia en l'horitzó 2050.

Bateries

Les bateries són dispositius que emmagatzemen energia en forma de compostos químics capaços de generar càrrega elèctrica. Els principals avantatges de les bateries són la rapidesa de resposta (de l'ordre de mil·lisegons), la facilitat d'instal·lació i escalabilitat, i, finalment, els múltiples beneficis que poden aportar a les instal·lacions renovables a què vagin associades.

Si bé hi ha una sèrie de tecnologies emergents en bateries amb gran potencial de desenvolupament, en l'anàlisi es consideren només les bateries d'ió liti i les de flux de solucions electrolítiques, ja que són les més avançades tecnològicament.

Cicles combinats d'hidrogen

És una tecnologia que es troba en desenvolupament. Aquestes centrals funcionarien com a dispositius d'emmagatzematge, generant hidrogen amb els excedents de producció que seria utilitzat posteriorment per produir electricitat. Com més gran sigui la capacitat de producció d'hidrogen per electròlisi, més gran serà l'emmagatzematge d'energia en permetre aprofitar més excedents de generació.

Aquesta solució permetria l'emmagatzematge a llarg termini, sempre que es disposi de localitzacions per emmagatzemar hidrogen a gran escala. De manera similar a l'emmagatzematge de gas natural en formacions geològiques, l'emmagatzematge d'hidrogen requeriria dipòsits adequats on emmagatzemar el gas, com ara jaciments mineralògics esgotats, aqüífers o cavernes de sal propers a les regions consumidores d'hidrogen.

Malgrat que s'ha tingut en compte aquesta tecnologia i se n'ha valorat l'aplicació, en la PROENCAT 2050 no es contempla la instal·lació d'aquest tipus d'emmagatzematge a Catalunya, per la incertesa tecnològica existent, per la dificultat de disposar dels magatzems geològics necessaris i perquè té un rendiment energètic molt inferior al d'altres opcions, com les bateries.

D.4. Evolució de la capacitat d'interconnexió amb els sistemes elèctrics veïns

Per tal de promoure el mercat únic de l'electricitat, el 2002 la Unió Europea va establir que el 2020 la capacitat d'interconnexió mínima dels sistemes elèctrics dels estats membres hauria d'assolir el 10 % de la potència instal·lada de generació i incrementar-la al 15 % l'any 2030.

Així, tenint en compte aquesta directriu de política energètica, i d'acord amb les necessitats del futur sistema elèctric català identificades a l'estudi de cobertura de la demanda, s'ha considerat que el nivell d'interconnexió de Catalunya amb els sistemes veïns seria d'11.265 MW el 2030, 12.315 MW el 2040 i 13.365 MW el 2050.

L'estimació realitzada per al 2030 es deriva de la capacitat actual a la qual s'ha afegit el desenvolupament d'infraestructura de xarxa recollit al Procés de planificació 2021-2026 de la Xarxa Elèctrica d'Espanya per a Catalunya. Aquests nivells d'interconnexió amb els sistemes veïns compleixen amb els objectius d'interconnexió elèctrica que ha establert la Unió Europea per aconseguir una major seguretat del subministrament energètic.

TAULA D.4.1. EVOLUCIÓ DE LA CAPACITAT D'INTERCONNEXIÓ AMB ELS SISTEMES ELÈCTRICS VEÏNS

MW	2019	2030	2040	2050
França	3.600	3.600	3.950	4.300
Andorra	(*)	400	400	400
Comunitat Valenciana	1.480	1.480	1.830	2.180
Aragó	3.650	5.785	6.135	6.485
TOTAL	**8.730**	**11.265**	**12.315**	**13.365**

(*) Antena amb els sistemes veïns

D.5. Metodologia de previsió de la cobertura de la demanda d'electricitat a Catalunya

D'acord amb l'estimació de la demanda i la capacitat d'interconnexió prevista amb els sistemes veïns, s'ha utilitzat una eina de cobertura horària de la demanda per calcular la potència renovable i d'emmagatzematge necessari per cobrir la demanda, tenint en compte les directrius de les polítiques energètiques i climàtiques actuals, i els canvis previstos en el futur. Aquest càlcul s'ha fet per al 2030, el 2040 i el 2050.

S'ha realitzat un exercici de simulació de despatx horari del parc de generació d'acord amb criteris de mercat: primer es despatxen les unitats amb menys cost marginal i menor flexibilitat operativa i, a continuació, la demanda s'aniria cobrint amb aquelles tecnologies que tenen més cost o el cost d'oportunitat de les quals és més gran.

A més de la previsió de la demanda horària d'electricitat, s'hi inclouen les pèrdues en transport i distribució, i les necessitats de generació que es deriven de la cobertura de la reserva de banda d'acord amb els criteris establerts per ENTSO-E i en els procediments d'operació de Red Eléctrica de España.

En els casos en què hi hagués excés horari de producció, l'excedent s'emmagatzemaria per utilitzar-lo posteriorment amb les limitacions derivades de la capacitat d'emmagatzematge que es realitzessin en la hipòtesi de la simulació. Si l'excés de producció superés la capacitat d'emmagatzematge establerta, s'exportaria aquest excedent d'acord amb la capacitat d'interconnexió contemplada en el supòsit. Superada aquesta segona restricció, la resta dels excedents serien considerats com a pèrdua de producció.

Per a les situacions en què hi hagués dèficit de producció, primer s'intentaria cobrir amb l'energia que, d'acord amb el supòsit, estigués emmagatzemada, i amb importacions d'energia dels sistemes veïns. Si el dèficit de producció superés les restriccions derivades de les capacitats d'emmagatzematge i d'interconnexió, el consum restant seria considerat demanda no atesa.

L'ordre del mèrit d'aquest despatx és el següent:

- Generació nuclear, hidràulica fluent, energia solar fotovoltaica i energia eòlica: tecnologies de generació el cost marginal de les quals és molt baix, i no despatxables.
- Generació que utilitza combustibles fòssils i energies renovables despatxables: el despatx del qual es realitzaria d'acord amb costos marginals de generació.
- Hidràulica de regulació: tecnologia de generació molt flexible amb cost marginal molt baix, però oferiria al mercat al cost d'oportunitat de la tecnologia a la qual substitueix. Les unitats de generació hidràulica de turbinació-bombament i les bateries són solucions d'emmagatzematge que operarien de manera similar a la hidràulica de regulació.

El procés de simulació s'ha complementat amb actuacions d'eficiència energètica i de gestió activa de la demanda. L'eficiència energètica té un impacte rellevant en la reducció de consum d'energia, i, depenent de la mesura adoptada, poden suposar reduccions en la necessitat de potència.

La gestió activa de la demanda suposa desplaçaments de consums d'energia. Així, a les anàlisis realitzades, s'ha simulat també l'impacte derivat de desplaçar la demanda nocturna a hores diürnes per aprofitar la disponibilitat del recurs solar fotovoltaic.

Igualment, també s'han avaluat diferents alternatives de configuració de la generació renovable i diferents condicions de disponibilitat dels recursos renovables.

Com a resultat d'aquest exercici de simulació de cobertura de la demanda per a cadascun dels horitzons temporals fixats, s'obtenen les estimacions següents:

- L'avaluació de les necessitats de potència de generació d'electricitat i capacitat d'emmagatzematge per atendre la demanda prevista per a cadascun dels exercicis.
- El perfil horari del despatx de generació de les diferents tecnologies.

- Els desajustos horaris i anuals entre generació i demanda que es produirien a causa de la volatilitat de la generació i la demanda, i situacions en què es podrien produir abocaments.
- El cost de generació (LCOE) derivat de la solució proposada de generació i emmagatzematge, estimant el cost de cadascuna de les solucions.
- L'avaluació de les necessitats de superfície derivades de les instal·lacions de generació eòlica i solar fotovoltaica a terra.
- L'impacte que tindrien sobre el procés de cobertura de la demanda actuacions d'eficiència energètica, gestió activa de la demanda, etc.
- El nivell de la demanda que seria cobert amb energia renovable.
- El nivell de reserva del sistema.

D.6. Metodologia d'anàlisi de la viabilitat tècnica de les solucions plantejades considerant la infraestructura de xarxa

L'anàlisi de viabilitat tècnica de les configuracions de generació i emmagatzematge proposades, i la identificació dels reforços necessaris a la infraestructura de xarxa de Catalunya requereixen simular els fluxos d'electricitat derivats del despatx en diferents condicions (punta i vall d'hivern, punta d'estiu i cas extrem de desacoblament entre oferta i demanda) d'acord amb els criteris de seguretat i fiabilitat establerts als procediments d'operació de les xarxes de transport i distribució.

Per tant, cal comptar amb un model de xarxa del sistema elèctric de Catalunya i les interconnexions amb els sistemes veïns, i parametritzar una eina de simulació de fluxos d'energia d'acord amb els procediments d'operació de les xarxes elèctriques.

D.6.1. Mètode d'anàlisi de viabilitat tècnica de les solucions plantejades

Es tracta de la simulació estàtica dels fluxos d'electricitat derivats de les solucions de generació, demanda i emmagatzematge plantejades, tenint en compte els criteris de seguretat i fiabilitat establerts. L'objectiu d'aquesta simulació és obtenir la informació completa de la tensió (fase i magnitud) per a cada node del sistema segons unes condicions de càrrega i generació. A partir d'aquestes dades, es pot determinar el balanç de potència activa i reactiva a cada línia del sistema, així com la potència reactiva que han de proporcionar els generadors.

Les equacions que defineixen el comportament del model són els balanços per a cada node de càrrega (net), així com el balanç de potència real a cada node de generació (net). Per resoldre aquest sistema d'equacions no lineals s'ha fet servir el mètode de Newton-Raphson.

Per fer les simulacions del comportament del sistema, s'ha utilitzat un programa de repartiment de càrregues que disposa de la funcionalitat de simular les condicions de la xarxa necessàries per a l'estudi de seguretat i fiabilitat.

D.6.2. Model de xarxa

Com a partida, s'ha utilitzat un fitxer del model de xarxa del sistema elèctric que inclou la generació i la demanda, així com les infraestructures de xarxa, línies i subestacions: la totalitat del sistema de transport 220 kV i 400 kV, i interconnexions amb els sistemes veïns, així com infraestructures de 110 kV, 132 kV i 66 kV amb les seves característiques tècniques.

Per a la realització de l'anàlisi s'han realitzat les tasques següents

- S'ha actualitzat el fitxer amb la informació de les noves instal·lacions de transport (interconnexions amb sistemes veïns, i infraestructura de 220 kV i 400 kV) a partir de la informació que publica Red Eléctrica de España d'altes de nova infraestructura de xarxa de Catalunya i els nodes de la frontera dels sistemes veïns.
- S'ha incorporat al model de xarxa de Catalunya la informació del Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2021-2026 i dels nodes de la frontera dels sistemes veïns.
- S'ha afegit informació sobre les principals infraestructures de la xarxa de distribució de Catalunya que no estaven contemplades al model de partida, en particular, les infraestructures de xarxa entre 40 kV i 66 kV.
- S'ha localitzat al model de xarxa la generació d'electricitat i demanda estimada per als exercicis 2030, 2040 i 2050, d'acord amb la disponibilitat de recursos renovables i la identificació de consums realitzada en fases anteriors del projecte.
- Addicionalment, s'han establert els criteris per modelitzar els nodes dels punts frontera de Catalunya amb els sistemes veïns.

A partir de la localització de la generació i demanda per comarques i tensions, s'ha procedit a assignar-les als diferents nodes d'acord amb els criteris següents:

- Assignar la generació i la demanda a la capacitat disponible a les subestacions de la comarca.
- En els casos en què hi ha excedents, s'han assignat a subestacions de tensió superior i/o a les comarques veïnes.
- En els casos en què persisteixen els excedents, s'ha analitzat el desenvolupament de capacitat addicional de connexió, tenint en compte el seu impacte en els fluxos de xarxa del sistema.

D.6.3. Anàlisi de seguretat i fiabilitat

Per a l'anàlisi d'aplicació dels criteris de seguretat i fiabilitat es verificarà el compliment dels requeriments establerts per l'operador del sistema elèctric i el principal operador de la xarxa de distribució a Catalunya.

Pel que fa a les instal·lacions de la infraestructura de transport, el procediment d'operació del sistema elèctric, P.O.1.1. «Criteris de funcionament i seguretat per a l'operació del sistema elèctric» estableix uns criteris quant a qualitat de subministrament que la xarxa ha de complir en tot moment, fins i tot després d'una contingència (en general una fallada simple) respecte a:

- Sobrepassar la capacitat de transport del sistema, que és determinada per la capacitat dels elements que el componen.
- Violació dels límits superior o inferior de tensió, generant situacions que podrien derivar en el pitjor dels casos a condicions de col·lapse de tensió.

D'altra banda, s'han incorporat els requeriments de banda de regulació secundària aplicant allò establert al Procediment d'Operació P.O. 1.5. «Establiment de la reserva per a la regulació freqüència-potència».

Pel que fa als criteris de seguretat i fiabilitat a les xarxes de distribució, s'han aplicat els criteris establerts als procediments d'operació d'Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.

D.6.4. Casos analitzats

El parc de generació que es proposa per al 2050 tindrà únicament generació renovable: eòlica (terrestre i marina), solar fotovoltaica (a cobertes, terrestre i altres localitzacions), hidràulica (fluent i embassada), biomassa i biogàs. Addicionalment, s'han avaluat diverses solucions d'emmagatzematge: hidràulica de turbinació-bombament, solar termoelèctrica, bateries i centrals de cicle combinat d'hidrogen. Les simulacions de la cobertura de la demanda s'han fet ajustant la potència de generació eòlica terrestre i solar fotovoltaica terrestre.

S'han analitzat quatre casos en funció dels diferents pesos relatius entre l'energia eòlica i la fotovoltaica terrestre, i de la capacitat d'interconnexió amb els sistemes elèctrics veïns:

- → Cas 1: l'ajust de la cobertura de la demanda es realitza amb una penetració més gran de la generació eòlica terrestre, amb l'objectiu d'avaluar l'impacte d'aquesta configuració en el cost de la generació i l'ocupació del territori per part de les instal·lacions d'eòlica i solar fotovoltaica terrestre: el 55 % de potència seria generació eòlica i el 45 %, solar fotovoltaica.
- → Cas 2: l'ajust de la cobertura de la demanda es realitza amb una penetració més gran de la generació solar fotovoltaica a fi d'analitzar la sensibilitat del cost respecte a l'increment de potència d'aquesta tecnologia: el 44 % de potència seria generació eòlica i el 56 %, solar fotovoltaica.
- → Cas 3: l'ajust de la cobertura de la demanda es realitza amb una penetració més gran de la generació solar fotovoltaica que el Cas 2: el 36 % de potència seria generació eòlica i el 64 %, solar fotovoltaica.
- → Cas d'estrès (Cas E): en aquest cas no es considera la capacitat d'interconnexió amb els sistemes veïns, amb l'excepció de les centrals hidràuliques d'Aragó properes a Catalunya i connectades directament al sistema elèctric català.

Els casos 1, 2 i 3 s'han analitzat per als horitzons temporals 2030, 2040 i 2050, mentre que el Cas E només s'ha estudiat per a l'horitzó 2050.

Com ja es comentarà en els següents apartats, el repartiment escollit com el més adequat des d'un punt de vista ampli, que va més enllà dels aspectes purament tècnic i econòmics, és el Cas 2. Per aquest motiu, aquest resum del treball es centra únicament en aquest cas, que correspon a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, amb especial èmfasi en l'horitzó temporal 2050.

D.6.5. Elecció del cas objectiu

Per definir els casos a analitzar i escollir el cas objectiu, que serà la base de les projeccions en els horitzons 2030, 2040 i 2050, s'ha estudiat la sensibilitat de la cobertura de la demanda a diferents participacions de les tecnologies eòlica i solar, a partir de l'aplicació de la metodologia que s'ha descrit en l'apartat D.5.

A partir dels resultats d'aquestes anàlisis s'observa que una participació creixent de la tecnologia eòlica contribueix a reduir les necessitats d'emmagatzematge i d'intercanvis amb els sistemes veïns, però, a partir d'una certa participació, aquest efecte es satura, i, malgrat que s'augmenti la potència eòlica respecte de la solar fotovoltaica, ja no es redueixen les necessitats d'emmagatzematge i d'interconnexió. Aquest punt es produeix quan la potència eòlica instal·lada arriba al

55 % del total de la potència instal·lada en les tecnologies eòlica i solar fotovoltaica.

D'altra banda, com que es preveu que la tecnologia solar fotovoltaica tindrà uns costos inferiors a l'eòlica, si s'augmenta el pes d'aquesta tecnologia en el repartiment de potència es redueixen els costos del sistema. Però, com passa en el cas de l'eòlica, en anar augmentant el percentatge de la solar fotovoltaica, van creixent les necessitats d'emmagatzematge i d'interrompibilitat degudes a la manca de generació nocturna. Quan la potència solar fotovoltaica es sobredimensiona molt per sobre de la demanda diürna, seguir augmentant-ne la participació ja no aporta més beneficis al sistema. Aquesta situació de saturació es produeix quan la potència instal·lada de la tecnologia solar fotovoltaica arriba al 64 % del total de la potència instal·lada en les tecnologies eòlica i solar fotovoltaica.

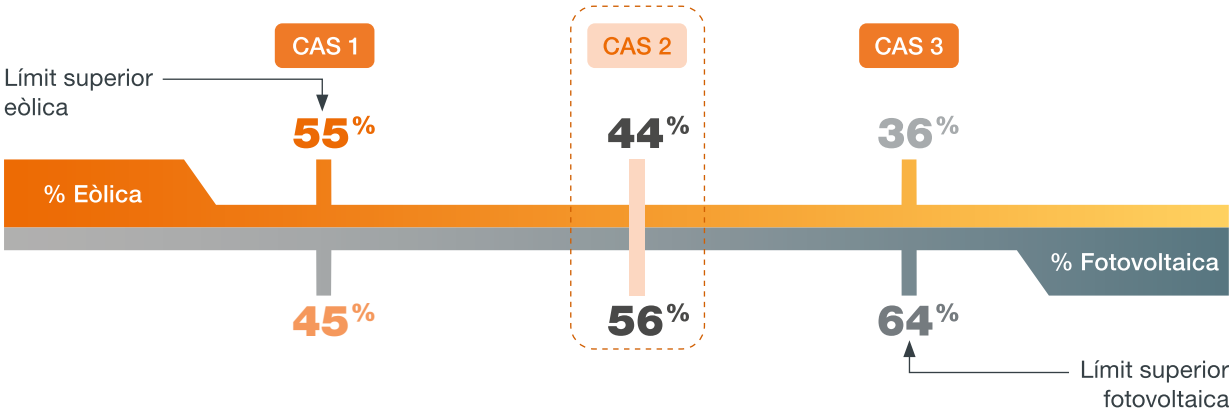
Tal com s'ha comentat a l'apartat anterior, un dels casos analitzats es correspon amb el punt de saturació de la participació de la tecnologia eòlica, i s'ha anomenat Cas 1.

Un segon cas analitzat correspon a la situació de saturació de la participació de la tecnologia solar fotovoltaica, i s'ha anomenat Cas 3.

Per completar els casos d'anàlisi, s'ha definit un nou cas, el Cas 2, en un punt intermedi entre aquests els Casos 1 i 3, pel que fa al pes relatiu d'aquestes dues tecnologies (vegeu la **figura D.6.1**). Així, en el Cas 2, l'any 2050 la potència instal·lada en la tecnologia solar fotovoltaica serà el 56 % del total de la potència instal·lada en eòlica i solar fotovoltaica, i l'eòlica representarà el 44 %.

Una vegada fetes les anàlisis de cobertura de la demanda en cada un d'aquests casos, s'observa que l'any 2050 el Cas 1 té millors resultats que el Cas 3 en alguns aspectes: es produeixen menys vessaments d'energia (3,3 GWh el Cas 1, i 5,0 GWh, el Cas 3), hi ha més potència ferma en el parc de generació (7,0 GW el Cas 1, i 6,0 GW, el Cas 3), el parc de generació té una major inèrcia vers les variacions de la freqüència (62 % de la potència instal·lada el Cas 1, i 42 %, el Cas 3), i hi ha menys potència total instal·lada (61,4 GW el Cas 1, i 62,6 GW el Cas 3).

FIGURA D.6.1. DEFINICIÓ DELS CASOS ANALITZATS, SEGONS LA VARIACIÓ DELS PESOS RELATIUS DE LA POTÈNCIA INSTAL·LADA DE LES TECNOLOGIES EÒLICA I SOLAR FOTOVOLTAICA



El percentatge representa el pes total eòlic o el total fotovoltaic sobre el total d'aquestes dues tecnologies.

Malgrat això, hi ha aspectes en els quals el Cas 3 obté millors resultats: el cost mitjà de generació l'any 2050 és inferior (51,1 €/MWh el Cas 3, i 55,2 €/MWh el Cas 1), i l'ocupació de territori, també (779,9 km^2 el Cas 3, i 824,0 km^2, el Cas 1).

El Cas 2 obté uns resultats intermedis als Casos 1 i 3, i és el que ha estat seleccionat com a cas objectiu, per calcular els balanços energètics i analitzar la viabilitat tècnica mitjançant el model de xarxa.

D.7. Resultats per a l'horitzó 2050 (Cas 2)

Com ja s'ha comentat als apartats anteriors, el Cas 2 correspon a la combinació dels pesos relatius de la potència instal·lada de les tecnologies eòlica i solar fotovoltaica més adequada des d'un punt de vista global, no només tenint en compte els aspectes tècnics i econòmics. Així, aquest apartat es centra únicament en aquest cas, que correspon a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, amb especial atenció als resultats de les simulacions fetes a l'horitzó temporal 2050.

D.7.1. Cobertura de la demanda

Potència instal·lada

L'estimació realitzada per a la demanda d'electricitat en barres de central a Catalunya per al 2050 és de 108,4 TWh[7] per al cas central de l'anàlisi, amb un increment del 119,4 % respecte al consum del 2017, amb una punta de demanda horària de 16,9 GWh.

En la **taula D.7.1** es pot veure l'evolució de la potència instal·lada per a generació d'energia elèctrica entre el 2017 (any base) i el 2050 a Catalunya, i l'evolució de l'emmagatzematge tant amb equips de turbinació-bombament com en bateries.

La generació elèctrica serà 100 % d'origen renovable i es preveu el tancament dels cicles combinats de gas natural i centrals nuclears, i el tancament o reconversió, si és possible, de la cogeneració que utilitza combustibles fòssils i d'altres equips de generació que utilitzen combustibles fòssils.

D'altra banda, les energies renovables multiplicaran per 17,8 la potència instal·lada l'any 2017. La tecnologia hidroelèctrica no augmenta la potència instal·lada, però es manté el parc actual perquè les centrals amb embassament tindran un paper molt important en el funcionament del conjunt del sistema elèctric degut a la seva gestionabilitat.

Les tecnologies que creixen més quant a potència instal·lada són la solar fotovoltaica i l'eòlica terrestre i marina. L'eòlica, en conjunt, presentarà el 43,1 % de la potència instal·lada l'any 2050, amb 26,6 GW, i la solar fotovoltaica, el 53,6 %, amb 33,2 GW.

La major part de la potència eòlica s'instal·larà a terra, concretament, el 86 %. Malgrat que el recurs eòlic marí és superior al terrestre, la necessitat de compatibilitzar l'aprofitament energètic amb la protecció del medi ambient i la biodiversitat i d'altres usos com la pesca, així com els majors costos d'inversió i manteniment de l'eòlica marina, fan que el potencial real sigui molt més reduït.

Per això només es preveu instal·lar 3.500 MW d'eòlica marina a l'horitzó de l'any 2050, malgrat que és molt interessant disposar d'una potència significativa d'eòlica marina perquè les corbes horàries de producció

[7] Aquest cas correspon a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050, amb una demanda potencial en barres de consum de 99,2 TWh.

d'aquesta tecnologia són diferents a les de l'eòlica terrestre i de la solar fotovoltaica, i ajuden a reduir la variabilitat en la producció d'energia elèctrica.

TAULA D.7.1. EVOLUCIÓ DE LA POTÈNCIA ELÈCTRICA I DE L'EMMAGATZEMATGE A CATALUNYA EN EL PERÍODE 2017-2050

Potència elèctrica bruta instal·lada (MW)	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**11.286,5**	**21.757,8**	**44.667,1**	**61.861,8**
Energies no renovables	**7.809,1**	**6.349,5**	**1.699,9**	**0,0**
Cicles combinats	3.714,2	3.714,2	1.699,9	0,0
Cogeneració no renovable	826,0	470,2	0,0	0,0
Altres no renovables	122,2	50,7	0,0	0,0
Nuclear	3.146,9	2.114,4	0,0	0,0
Energies renovables	**3.477,4**	**15.408,4**	**42.967,2**	**61.861,8**
Hidràulica	1.825,5	1.825,8	1.825,8	1.825,8
RSU renovable	26,2	26,2	26,2	0,0
Cogeneració renovable	0,0	72,0	122,4	122,4
Biogàs	60,1	65,4	68,4	75,0
Biomassa forestal i agrícola	4,0	4,0	4,0	0,0
Eòlica	1.268,7	6.234,2	18.439,0	26.636,0
Terrestre	1.268,7	5.234,2	16.939,0	23.136,0
Marina	0,0	1.000,0	1.500,0	3.500,0
Fotovoltaica	268,6	7.156,5	22.431,5	33.152,7
Teulades	181,5	2.185,2	7.275,9	11.144,4
Altres	0,0	512,6	2.026,6	2.614,0
Terra	87,2	4.458,8	13.129,0	19.394,3
Solar termoelèctrica	24,3	24,3	50,0	50,0
Emmagatzematge	**534,0**	**2.234,0**	**4.034,0**	**7.234,0**
Hidràulica de bombament	534,0	2.034,0	3.534,0	3.734,0
Bateries	0,0	200,0	500,0	3.500,0

Es prioritzarà la instal·lació la tecnologia solar fotovoltaica en les teulades dels edificis i en altres emplaçaments ja entropitzats per tal de minimitzar la ocupació de territori per instal·lar els 33,2 GW d'aquesta tecnologia previstos l'any 2050 i facilitar l'apoderament dels ciutadans i les empreses pel que fa a la gestió de les seves necessitats energètiques. Així, aquest tipus d'instal·lacions representaran el 41,5 % de la potència total d'aquesta tecnologia.

S'estima que l'ocupació de territori addicional a l'actual que és necessària per a la instal·lació dels 41,2 GW de potència eòlica i solar fotovoltaica a terra serà de 79.827 ha, que representa un 2,5 % de la superfície de Catalunya.

També es preveu afegir 3.200 MW de potència en sistemes de turbinació-bombament als 534 MW ja existents i 3.500 MW d'emmagatzematge amb bateries.

Balanç elèctric

Amb la configuració de generació i d'emmagatzematge corresponent a aquest cas s'aconsegueix disposar d'una generació d'energia elèctrica totalment renovable per atendre la demanda. A la **taula D.7.2** i **taula D.7.3** es poden veure les principals dades del balanç elèctric dels anys 2017, 2030, 2040 i 2050.

TAULA D.7.2. EVOLUCIÓ DE LA PRODUCCIÓ BRUTA D'ENERGIA ELÈCTRICA EN EL PERÍODE 2017-2050

Producció bruta d'energia elèctrica (GWh)	2017	2030	2040	2050
TOTAL	**46.910,3**	**71.088,4**	**90.674,3**	**117.472,9**
Energies no renovables	**39.343,8**	**36.003,0**	**4.913,7**	**0,0**
Cicles combinats	8.193,6	10.552,3	4.913,7	0,0
Cogeneració no renovable	5.319,0	2.680,4	0,0	0,0
Altres no renovables	579,1	238,3	0,0	0,0
Nuclear	25.252,0	22.532,1	0,0	0,0
Energies renovables	**7.566,5**	**35.085,4**	**85.760,5**	**117.472,9**
Hidràulica	3.762,8	4.438,0	4.358,1	4.216,1
RSU renovable	174,7	104,7	91,6	0,0
Cogeneració renovable	0,0	410,4	697,7	685,4
Biogàs	191,4	266,6	323,0	350,9
Biomassa forestal i agrícola	19,4	16,0	14,0	0,0
Eòlica	2.885,5	18.115,2	43.695,2	60.068,3
Terrestre	2.885,5	13.965,2	37.595,7	46.710,6
Marina	0,0	4.150,0	6.099,4	13.357,8
Fotovoltaica	428,9	11.639,1	36.384,5	51.964,7
Teulades	265,8	3.111,6	10.360,6	15.599,3
Altres	0,0	733,0	2.898,0	3.674,5
Terra	163,2	7.794,5	23.125,9	32.690,9
Solar termoelèctrica	103,7	95,4	196,5	187,4

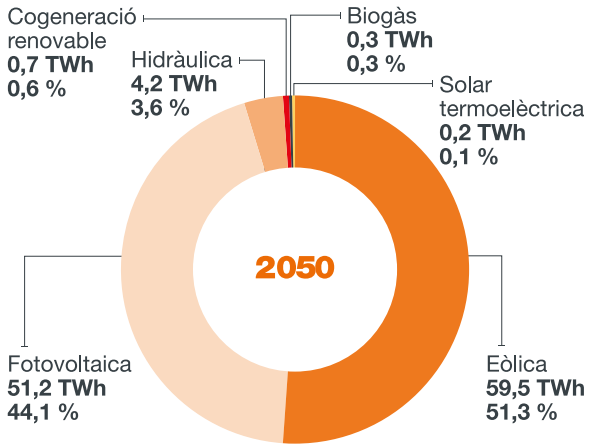
TAULA D.7.3. BALANÇ D'ENERGIA ELÈCTRICA A CATALUNYA DELS ANYS 2017, 2030, 2040 I 2050

Balanç d'energia elèctrica a Catalunya (GWh)	2017	2030	2040	2050
Producció bruta inicial	**46.910,3**	**71.088,4**	**91.228,4**	**121.238,4**
Vessaments	0,0	0,0	554,1	3.765,5
Producció bruta	**46.910,3**	**71.088,4**	**90.674,3**	**117.472,9**
Consums propis	1.657,8	1.934,6	1.292,9	1.525,8
Producció neta d'energia elèctrica	**45.252,4**	**69.153,8**	**89.381,3**	**115.947,1**
Saldo d'intercanvis elèctrics	3.751,2	-1.085,3	6.024,1	-4.553,6
Demanda global en barres de central	**49.004,0**	**68.068,5**	**95.405,4**	**111.393,5**
Pèrdues en bombament	43,2	372,7	2.070,5	2.565,0
Consums en bombament	160,0	1.322,2	7.962,0	10.156,6
Producció neta bombament	116,8	949,5	5.891,5	7.591,6
Pèrdues en bateries	0,0	2,1	57,3	460,4
Consums en bateries	0,0	11,0	399,9	3.278,6
Producció neta bateries	0,0	8,9	342,6	2.818,2
Demanda real en barres de central	**48.960,8**	**67.693,8**	**93.277,7**	**108.368,1**
Pèrdues xarxa	5.055,8	6.586,1	7.323,2	9.185,6
Demanda real en barres de consum	**43.905,0**	**61.107,6**	**85.954,4**	**99.182,5**
Interrompibilitat	0,0	0,0	0,0	0,0
Demanda en barres de consum	43.905,0	61.107,6	85.954,4	99.182,5

Les principals tecnologies pel que fa a la generació d'energia elèctrica l'any 2050 seran l'eòlica i la solar fotovoltaica. La producció neta d'aquestes tecnologies serà de 59,5 TWh i 51,2 TWh, respectivament. Entre ambdues representaran el 95,4 % de la producció neta total d'energia elèctrica l'any 2050 a Catalunya. Del 4,5 % restant, destaca l'energia hidràulica, amb 4,2 TWh, que representen el 3,6 % del total (vegeu la **figura D.7.1**).

El parc de generació proposat i les interconnexions amb els sistemes veïns permeten atendre la demanda totes les hores de l'any.

FIGURA D.7.1. REPARTIMENT DE LA PRODUCCIÓ NETA D'ENERGIA ELÈCTRICA PER TECNOLOGIES L'ANY 2050



A causa de la volatilitat de la producció es produeixen excessos o dèficits de potència, per la qual cosa cal tenir dispositius d'emmagatzematge i capacitat d'exportar o importar electricitat dels sistemes veïns. Hi haurà hores en les quals la capacitat d'exportar no serà suficient i es produiran vessaments d'energia renovable. O sigui, que s'haurà d'aturar la producció d'alguns elements de producció eòlica o fotovoltaica a terra malgrat que hi hagi recurs disponible. S'estima que l'any 2050 aquests vessaments seran de 3,765 TWh, equivalents a un 3,3 % de la producció teòrica total.

Detall de l'operativa de cobertura de la demanda

A continuació es mostren alguns resultats il·lustratius de la simulació del funcionament del sistema elèctric segons la configuració de la generació, l'emmagatzematge i les interconnexions corresponents al Cas 2.

En la figura D.7.2, la línia gris representa la demanda horària total d'electricitat, i la línia negra és la demanda més els intercanvis amb els sistemes elèctrics veïns durant la setmana de gener corresponent a la punta de la demanda d'hivern (del 10 al 16 de gener). Com que en aquesta setmana el parc de generació (les bandes de colors) no és capaç d'arribar al nivell de demanda, els intercanvis corresponen a importacions. Per això la línia negra, que representa la demanda corregida a la baixa amb les importacions, és inferior a la blava.

Els dies 10, 11, 12 i 13 de gener la diferència entre les dues corbes, que representa el volum d'importacions, és gran, però la capacitat de les interconnexions permet aquesta circulació d'energia elèctrica. En canvi, el dia 14 la generació supera la demanda i les línies negra i gris coincideixen perquè no hi ha importacions. Això vol dir que hi haurà energia excedentària que es farà servir per carregar els sistemes d'emmagatzematge. En el cas que aquests sistemes ja estiguessin carregats o no tinguessin prou capacitat, hi hauria exportacions als sistemes veïns.

En la figura D.7.3 es pot veure més clarament l'operativa dels sistemes d'emmagatzematge en aquesta situació. La línia negra representa la demanda més els intercanvis amb els sistemes veïns, i la línia gris, el total de generació. Fins al dia 14 a les 7.00 h, la generació i els intercanvis cobreixen la demanda. De les 7.00 h fins a les 16.00 h del dia 14, la generació supera la suma de demanda i intercanvis, i l'energia excedent s'utilitza per carregar les bateries i el bombament (àrees de color groc). Després, de les 16.00 h les 19.00 h, la generació és inferior a la suma de demanda i intercanvis. L'energia que falta s'obté de la descàrrega dels sistemes de bombament (àrea de color blau cel).

FIGURA D.7.2. DESPATX DE GENERACIÓ DERIVAT DE LA SOLUCIÓ DEL CAS 2 (ANY 2050) (SETMANA DE GENER: PUNTA D'HIVERN)

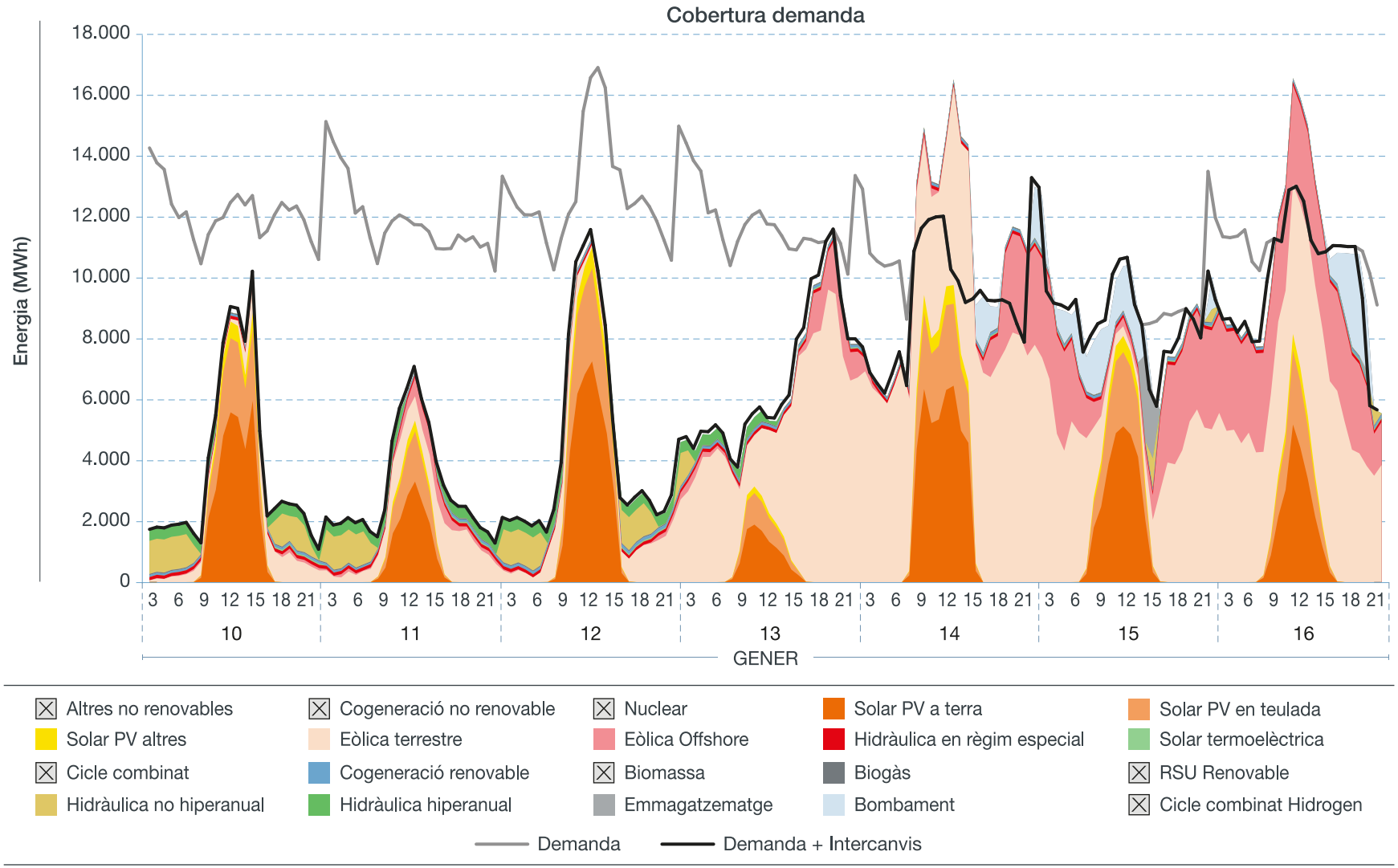


FIGURA D.7.3. DETALL DE L'OPERATIVA DELS DISPOSITIUS D'EMMAGATZEMATGE DE LA SOLUCIÓ DEL CAS 2 (ANY 2050) (SETMANA DE GENER: PUNTA D'HIVERN)

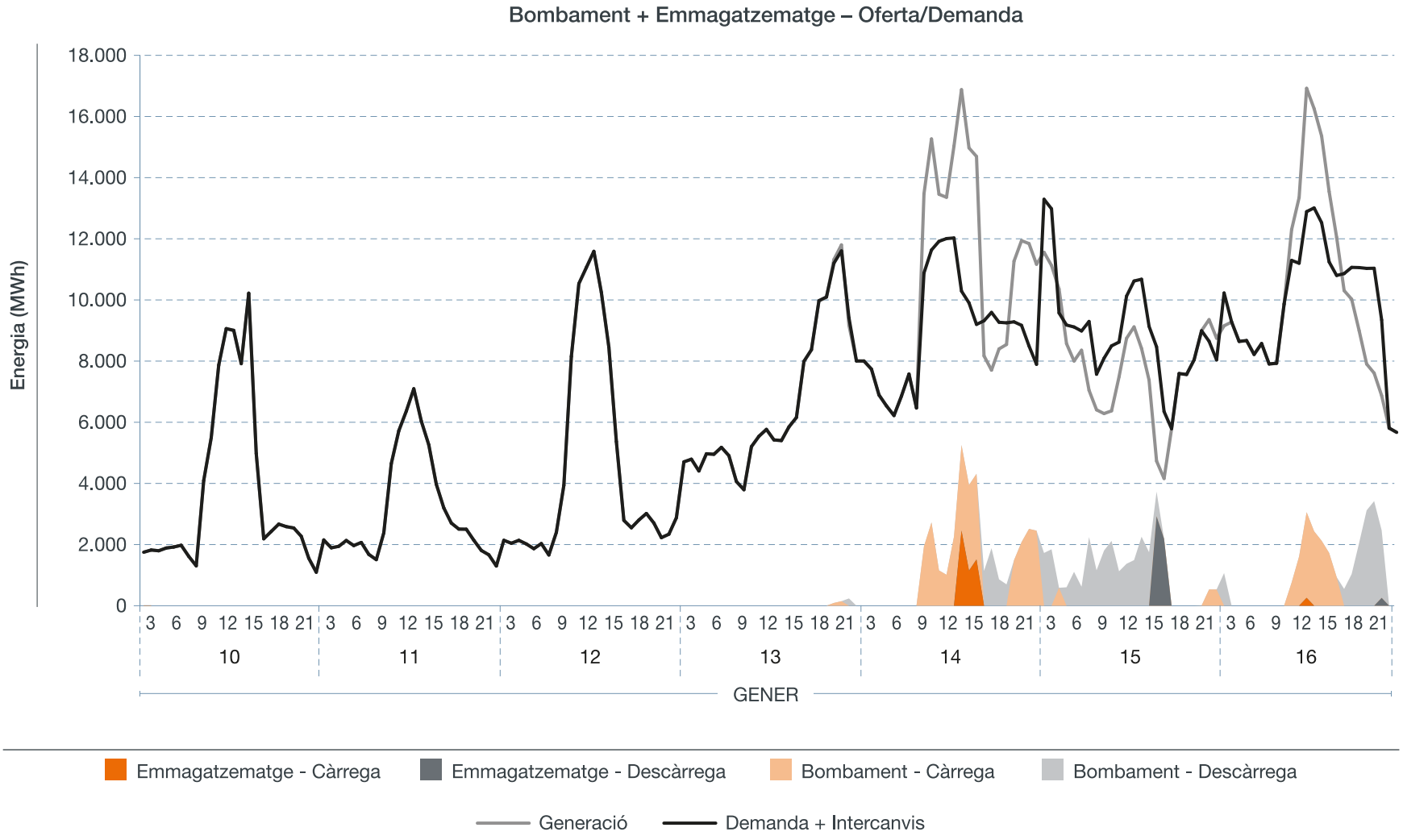


FIGURA D.7.4. DESPATX DE GENERACIÓ DERIVAT DE LA SOLUCIÓ DEL CAS 2 (ANY 2050) (SETMANA DE JULIOL: PUNTA D'ESTIU)

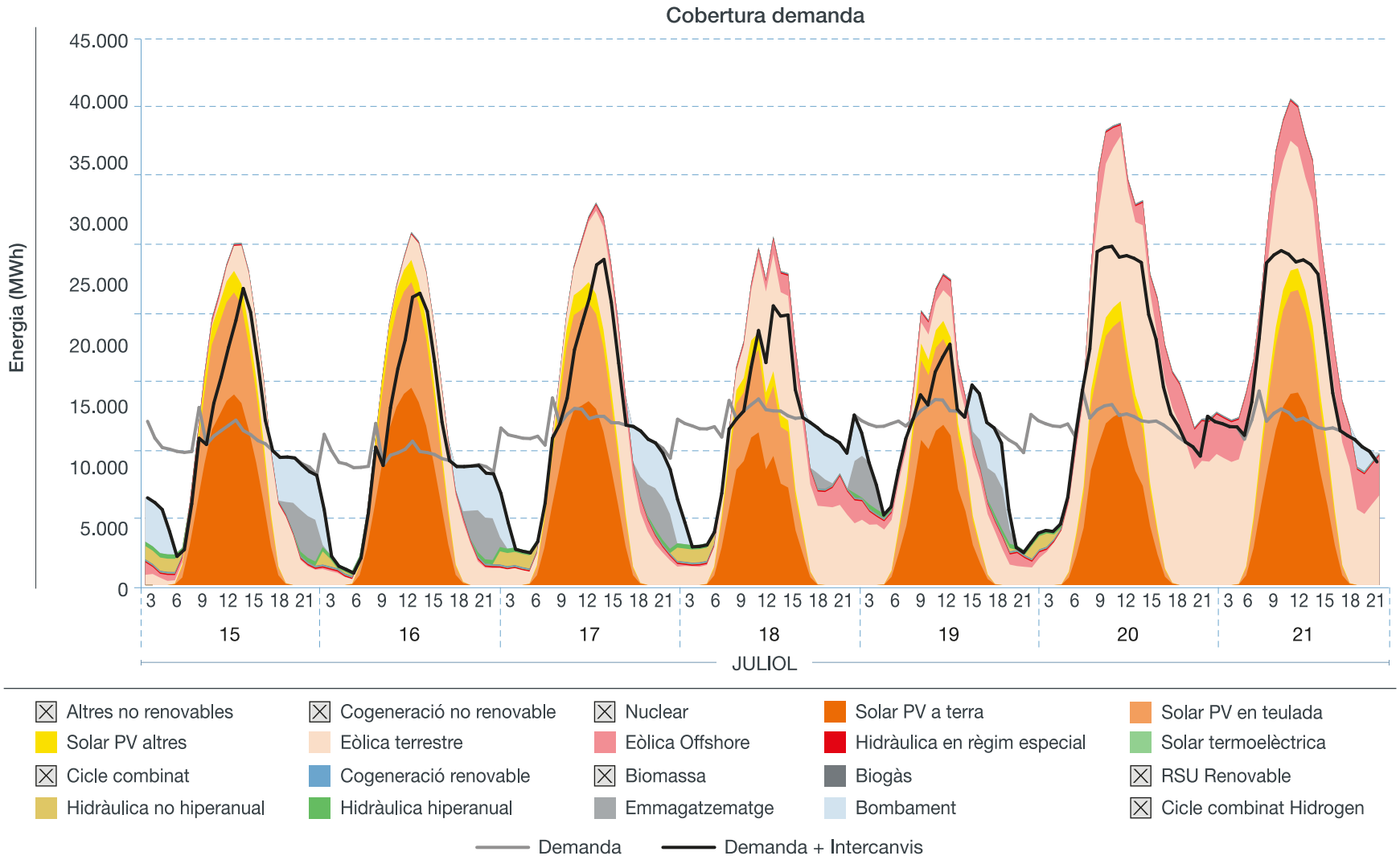
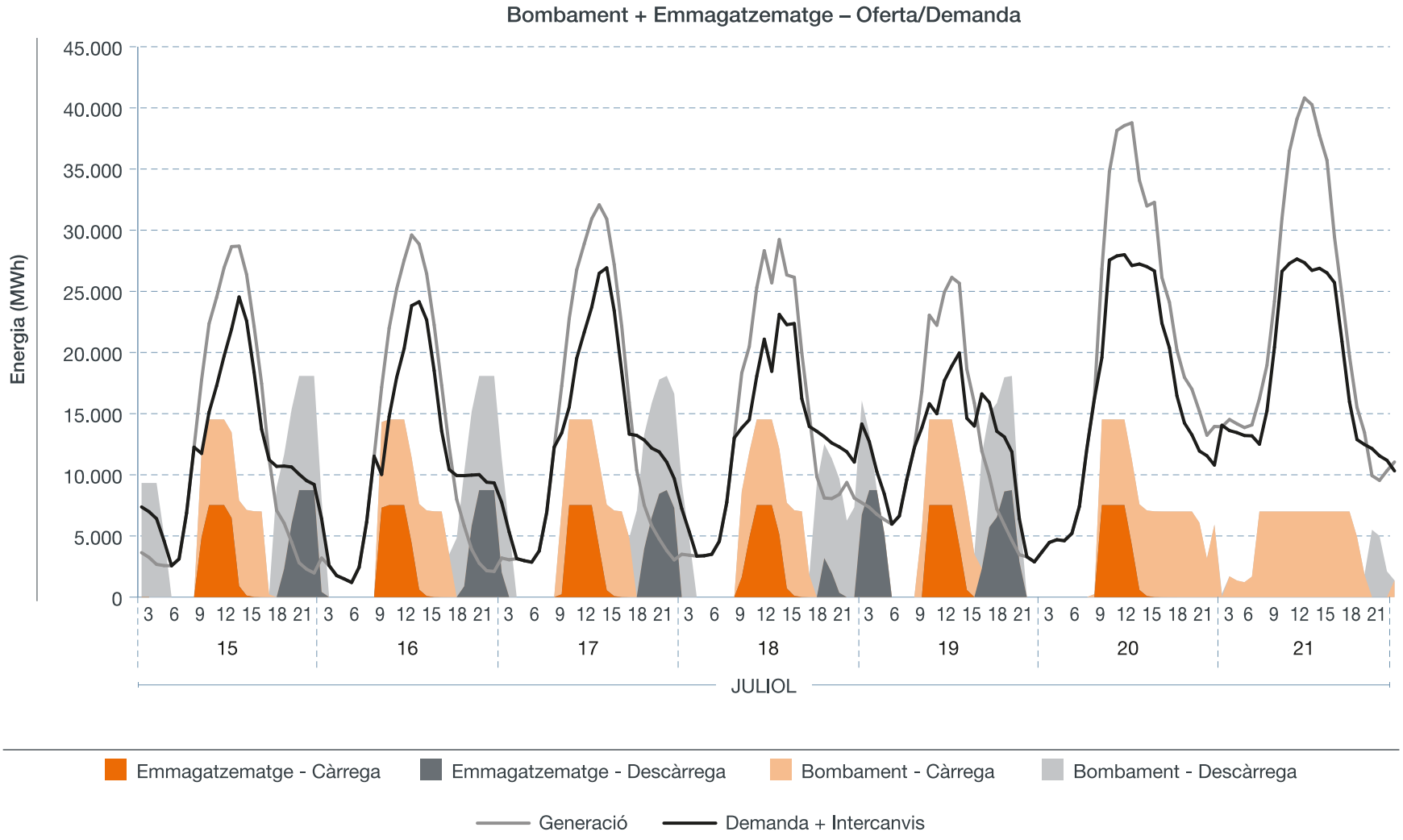


FIGURA D.7.5. DETALL DE L'OPERATIVA DELS DISPOSITIUS D'EMMAGATZEMATGE DE LA SOLUCIÓ DEL CAS 2 (ANY 2050) (SETMANA DE JULIOL: PUNTA D'ESTIU)



D'altra banda, en la figura D.7.4 es pot veure el detall del despatx de la setmana del 15 al 21 de juliol, corresponent a la punta d'estiu. Es pot observar clarament que, en aquest cas, domina el color taronja fosc de la generació solar fotovoltaica, mentre que en la punta d'hivern la tecnologia de generació que dominava era l'eòlica, en tonalitats roses.

En la figura D.7.5 es pot veure en detall l'operativa dels sistemes d'emmagatzematge en la punta d'estiu. En aquest cas, es succeeixen gairebé cada dia els processos de càrrega i de descàrrega, tant del bombament com de les bateries.

D.7.2 Avaluació de la solució proposada per al 2050

En aquest apartat es presenten les conclusions obtingudes de les anàlisis realitzades de la cobertura de la demanda prevista per al 2050.

Dèficits i superàvits

A causa de l'alta volatilitat de la producció de les energies eòlica i solar fotovoltaica, un sistema basat en aquestes tecnologies presentaria situacions estructurals d'excés o dèficit de generació per atendre la demanda, per la qual cosa cal comptar amb generació de suport i solucions d'emmagatzematge.

Una penetració alta de l'energia solar fotovoltaica pot suposar que, quan les puntes de consum siguin diürnes, aquestes es vegin perfectament cobertes, mentre que hi hauria problemes d'atenció de la demanda en hores vall nocturnes.

Amb les anàlisis realitzades, no es preveu que l'any 2050 es produeixin moments de dèficit del sistema, o sigui, que no es pugui cobrir la demanda en una hora amb la generació, l'emmagatzematge i les interconnexions que es proposen en el Cas 2. En canvi, sí que es preveu que es produeixin situacions d'excés de generació, o sigui, generació que no és absorbida per la demanda, l'emmagatzematge o les exportacions a altres sistemes elèctrics veïns. Això vol dir que aquesta generació no es podrà produir malgrat que hi hagi recurs disponible i instal·lacions de generació disponibles per aprofitar-lo. Així, es produiran uns vessaments d'energia renovable que s'estimen en 7,8 TWh l'any 2050.

Aquests vessaments tindran intensitats diverses, segons els recursos renovables disponibles i la demanda en una hora determinada. En la figura D.7.6 es pot veure la distribució del nombre d'hores en què es produeixen vessaments, per estrats d'energia horària vessada.

El nombre total d'hores en què es preveu que hi hagi vessaments és de 566, un 6,5 % del total d'hores d'un any. Els vessaments més freqüents corresponen a valors petits d'energia horària vessada, ja que gairebé la meitat de les hores amb vessaments corresponen a valors inferiors als 4,5 GWh.

Malgrat això, hi algunes hores en les quals es preveuen vessaments molt importants. Així, es preveu que en una hora a l'any es produeixin més de 23 GWh de vessaments i que, en dues hores a l'any, siguin superiors als 24,5 GWh.

Aquests vessaments no es produeixen regularment al llarg de l'any. En els períodes en què coincideixen una gran quantitat de recurs i una demanda moderada és quan són més rellevants. En la figura D.7.7 es pot veure que, durant la primavera, els mesos de març, abril i maig, és quan es produeixen més vessaments. Aquests tres mesos acumulen el 53 % del vessaments anuals.

FIGURA D.7.6. DISTRIBUCIÓ PER ESTRATS D'ENERGIA DEL NOMBRE D'HORES A L'ANY EN QUÈ HI HAURIA VESSAMENTS L'ANY 2050 AMB LA SOLUCIÓ ADOPTADA DEL CAS 2

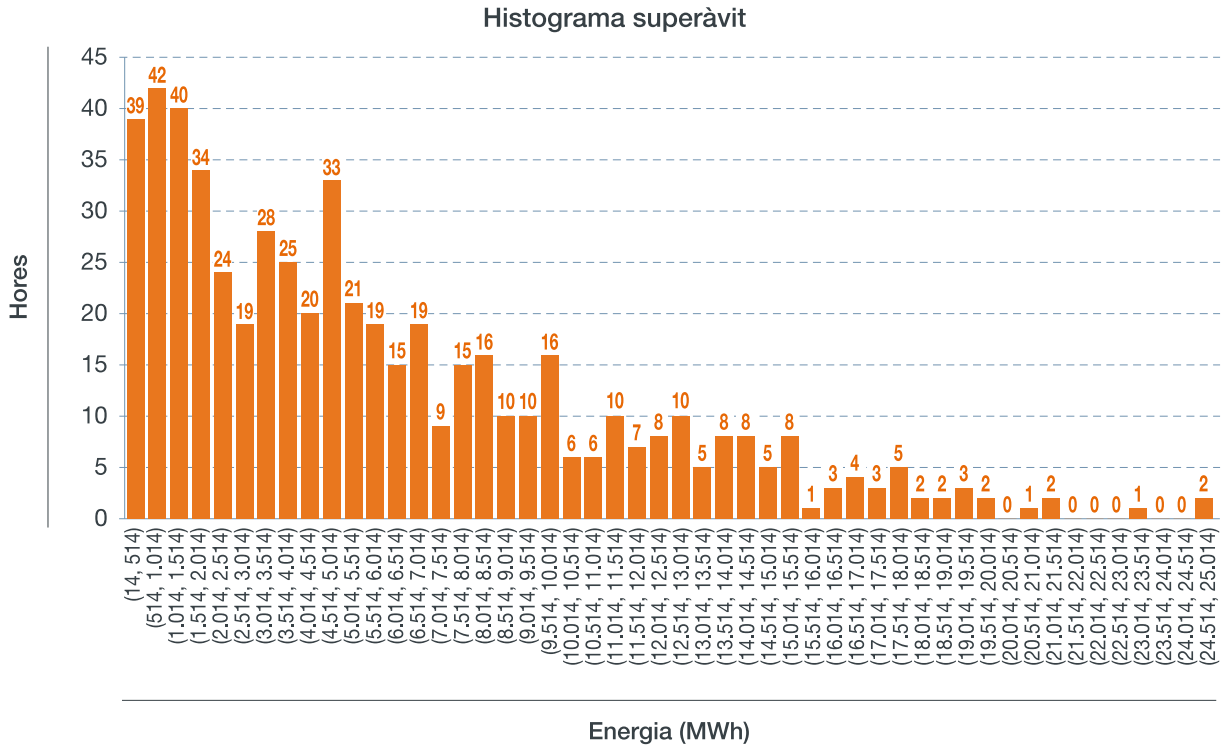
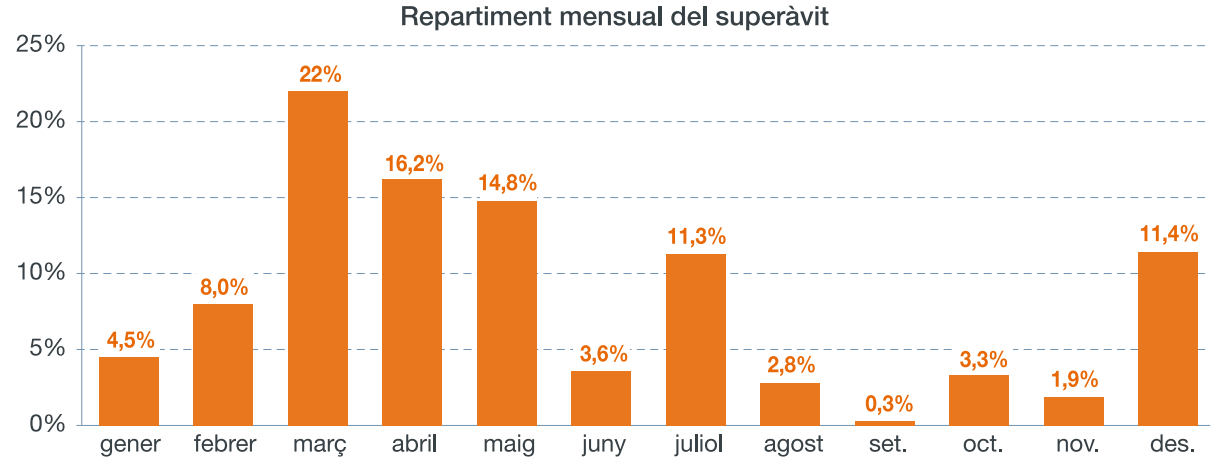


FIGURA D.7.7. DISTRIBUCIÓ MENSUAL DELS SUPERÀVITS L'ANY 2050 AMB LA SOLUCIÓ ADOPTADA PEL CAS 2



En canvi, els mesos d'agost a novembre els vessaments són molt reduïts. Una manera de millorar l'eficiència global del sistema, de reduir-ne els costos i de reduir els intercanvis amb els sistemes elèctrics veïns és portar cap a la tardor aquests excedents que es produeixen a la primavera.

Suport imprescindible dels sistemes elèctrics veïns

Les solucions de generació plantejades basades en les energies renovables no gestionables, fonamentalment en l'energia eòlica i la solar fotovoltaica, permeten atendre la demanda d'electricitat a Catalunya, sempre que es pugui comptar amb prou capacitat d'interconnexió amb els sistemes elèctrics veïns per atendre les situacions de manca de generació autòctona, quan els sistemes d'emmagatzematge i la flexibilitat de la demanda interna no són suficients per garantir l'equilibri entre l'oferta i la demanda elèctrica.

Així, en les simulacions realitzades partint d'un nivell d'interconnexió amb els sistemes veïns de 13.365 MW, s'observa que el flux d'importacions i exportacions mitjançant les interconnexions és important en tots els casos analitzats. En concret, per al Cas 2, l'any 2050 les importacions són d'uns 15,3 TWh/any i les exportacions, d'uns 20,2 TWh, resultant un balanç exportador de 4,9 TWh. En aquest escenari, malgrat que el saldo dels intercanvis amb els sistemes veïns només suposa el 4,5 % de la demanda en barres de consum final, les exportacions en representen el 20,4 % i les importacions equivalen al voltant del 13,5 % de la producció neta d'energia elèctrica a Catalunya.

Per aprofundir més en el paper de la capacitat d'interconnexió, s'han dut a terme simulacions específiques en què s'eliminava completament la capacitat d'intercanvi amb els sistemes veïns. En aquests casos es generen importants excedents d'energia i dèficits, que requereixen nivells massius d'emmagatzematge per a la seva cobertura, amb la dificultat que bona part de les tecnologies d'emmagatzematge disponibles, com ara les bateries o les centrals solars termoelèctriques amb emmagatzematge de calor en sals, no poden resoldre aquest desacoblament, ja que es tracta de solucions d'emmagatzematge de curt termini, diari o setmanal.

Per desplaçar els excedents d'energia estacionalment es requeriria adoptar solucions d'emmagatzematge a llarg termini: centrals de turbinació-bombament de gran capacitat d'emmagatzematge d'aigua o cicles combinats d'hidrogen. Aquests sistemes haurien de tenir una potència d'emmagatzematge d'energia (bombament o electrolitzadors) més de quatre vegades superior a la potència de generació d'electricitat, per poder aprofitar adequadament els grans excedents horaris d'energia que es produeixen de manera discontínua i aleatòria al llarg de l'any.

Aquestes solucions requereixen disposar d'un gran volum d'emmagatzematge, ja sigui d'aigua (en el cas de les centrals de turbinació-bombament) o d'hidrogen (en el cas de cicles combinats d'hidrogen), que serien difícils de localitzar a Catalunya. A més, les elevades pèrdues d'aquests processos d'emmagatzematge, de l'ordre del 25 % en el cas del bombament i el 55 % en el cas del cicle combinat d'hidrogen, encara augmenten els volums necessaris d'emmagatzematge. D'altra banda, són solucions econòmicament costoses, ja que funcionarien un nombre limitat d'hores de l'any.

Per tant, disposar d'un nivell suficient d'interconnexions és imprescindible perquè un sistema elèctric 100 % renovable a

Catalunya sigui viable. D'altra banda, un nivell d'interconnexió elevat permetria al sistema elèctric català aportar als sistemes elèctrics veïns una alta capacitat d'emmagatzematge.

Les energies solar fotovoltaica i eòlica terrestre són complementàries

Des del punt de vista de la distribució horària de la producció, la tecnologia solar fotovoltaica té un perfil de producció que s'adapta a una part rellevant de la demanda derivada del patró de comportament horari habitual de les persones. No obstant, presenta l'inconvenient que no pot subministrar energia quan no hi ha radiació solar.

L'energia eòlica té un cost de generació competitiu i és capaç de produir electricitat a qualsevol hora del dia, encara que d'una manera volàtil. En un territori petit com Catalunya, la producció d'una mateixa tecnologia en diversos emplaçaments sol comportar-se de manera similar, amb una alta correlació entre el comportament de les diferents unitats de generació. Per això és convenient fer una combinació òptima de la contribució de cada tecnologia, per adaptar el perfil de generació al de demanda.

Tal com es pot veure a la figura D.7.8, la distribució mensual de la producció de la tecnologia fotovoltaica és totalment complementària a la de les tecnologies eòliques. Cal destacar la semblança entre la distribució mensual de l'eòlica terrestre i la marina, però amb diferències significatives els mesos d'hivern i de maig i juny.

FIGURA D.7.8. DISTRIBUCIÓ MENSUAL DE LA PRODUCCIÓ MITJANA A CATALUNYA DE LES TECNOLOGIES EÒLIQUES TERRESTRE I MARINA, I SOLAR FOTOVOLTAICA A TERRA

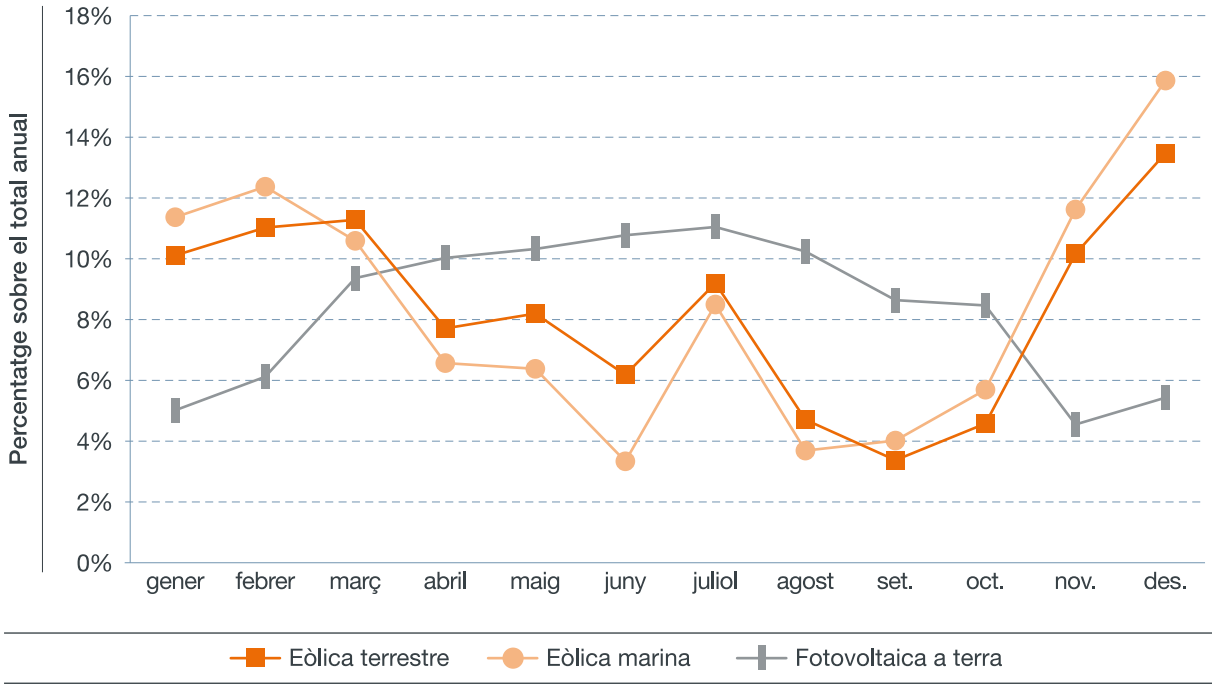


FIGURA D.7.9. DISTRIBUCIÓ HORÀRIA DE LA PRODUCCIÓ MITJANA A CATALUNYA DE LES TECNOLOGIES EÒLIQUES TERRESTRE I MARINA, I SOLAR FOTOVOLTAICA A TERRA EL MES DE JUNY

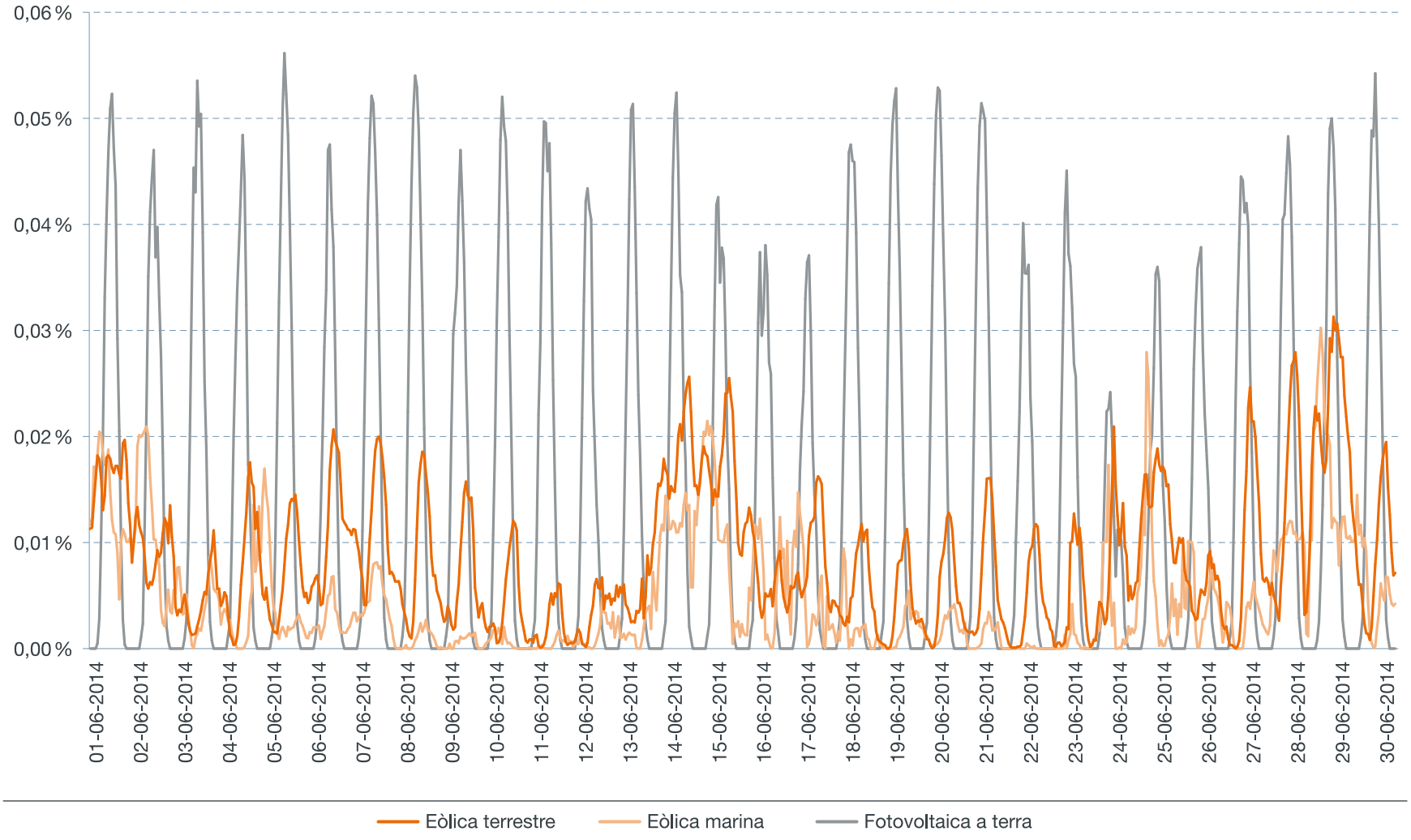
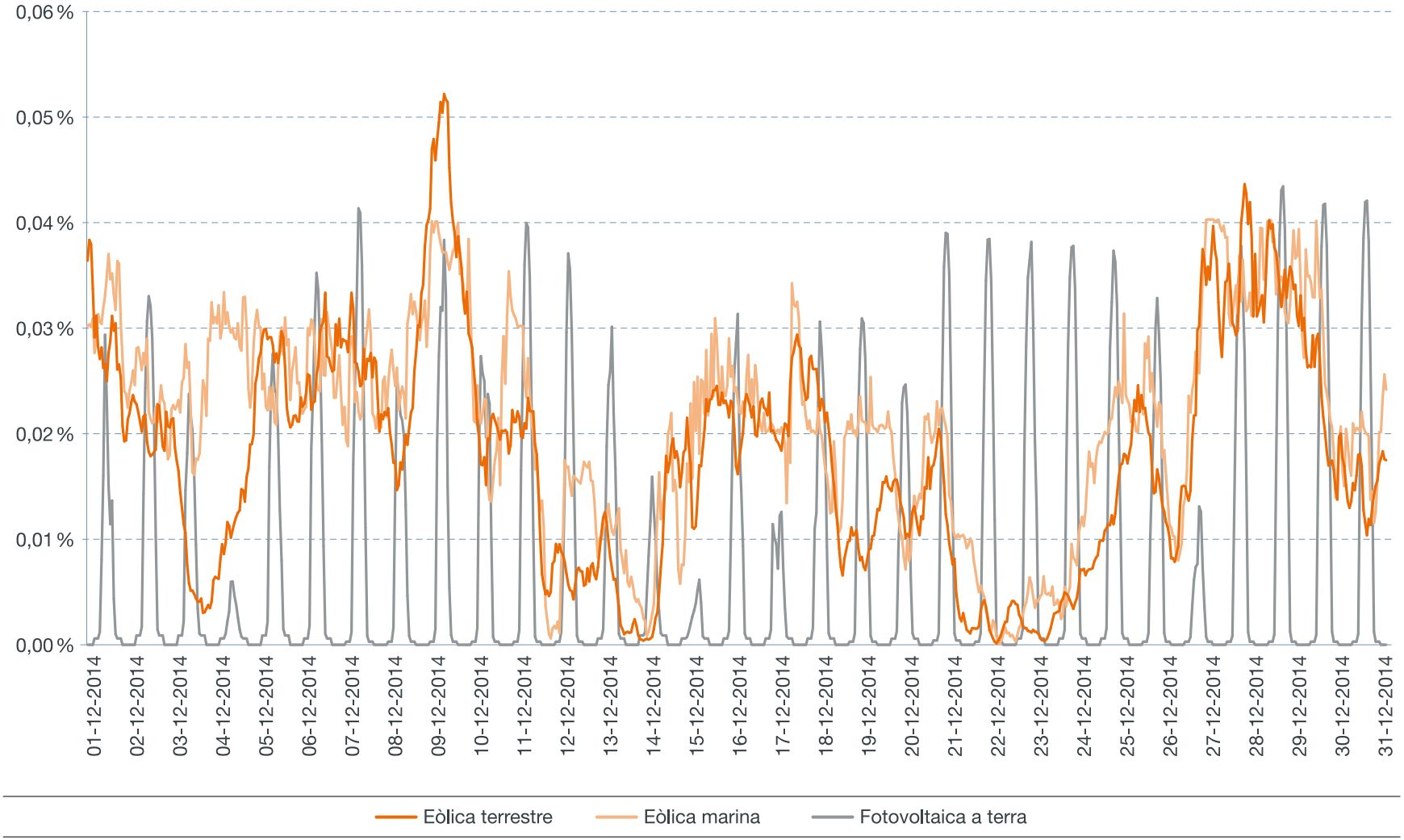


FIGURA D.7.10. DISTRIBUCIÓ HORÀRIA DE LA PRODUCCIÓ MITJANA A CATALUNYA DE LES TECNOLOGIES EÒLIQUES TERRESTRE I MARINA, I SOLAR FOTOVOLTAICA A TERRA EL MES DE DESEMBRE



En les figures D.7.9 i D.7.10 es pot veure una comparació del perfil horari d'aquestes tres tecnologies, corresponents als mesos de juny i desembre. Es veu que les tecnologies eòliques, el mes de juny, tenen una producció inferior al mes de desembre. També es pot observar l'estabilitat de la generació fotovoltaica, tot i que hi ha dies ennuvolats del desembre en els quals la producció fotovoltaica és vuit vegades inferior a la d'altres dies de la mateixa setmana.

La major variabilitat horària de l'energia eòlica és evident en les dues figures. També es pot veure clarament que, tot i que els perfils horaris de l'eòlica terrestre i marítima s'assemblen, hi ha moments en què són força diferents. Per exemple, del 3 al 5 de desembre, l'eòlica marina té un nivell de producció major que la terrestre, però el dia 9 de desembre la situació s'inverteix.

L'eòlica marina pot compensar parcialment les variacions de l'eòlica terrestre, però cal tenir en compte que a l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050 el nivell de potència eòlica marina instal·lada serà molt inferior al de l'eòlica terrestre. Així, l'any 2050, la producció d'energia elèctrica procedent de l'eòlica marina serà només un 22 % de la producció eòlica total, amb la qual cosa, aquest efecte serà moderat.

Des del punt de vista de l'ocupació del territori, l'ocupació específica de l'energia solar fotovoltaica (ha/MW) és menor, però la producció per hectàrea de l'energia eòlica terrestre és superior per a potències petites, la qual cosa suposa obtenir una major producció per unitat de territori.

No obstant, a partir d'una determinada potència, aquesta relació s'inverteix, perquè, en anar augmentant la potència instal·lada, cada vegada cal desenvolupar emplaçaments amb un recurs eòlic inferior. En canvi, això no passa en el cas de la generació solar fotovoltaica, perquè el recurs solar és molt més uniforme i el rendiment dels nous emplaçaments pràcticament no es redueix respecte dels ja desenvolupats. Això fa que, a partir de determinats nivells de potència instal·lada a terra, al voltant dels 20.000 MW, la tecnologia fotovoltaica sigui més eficient des del punt de vista de l'ocupació del territori (vegeu la **figura D.7.11**).

Aquesta complementarietat de les tecnologies solar fotovoltaica i eòlica és diferent i característica de cada territori del món. A la **figura D.7.12** es mostra la distribució mensual de la producció mitjana diària d'un sistema solar fotovoltaic amb inclinació òptima a Catalunya (Terrassa) i Alemanya (Frankfurt). A més a més de la diferència entre la producció mitjana anual d'un sistema solar fotovoltaic a Catalunya i Alemanya, el més significatiu és la gran diferència entre la producció mitjana diària els mesos d'hivern i estiu a Alemanya.

Aquesta distribució comporta que molt probablement un sistema 100 % renovable a Alemanya optimitzat tingui un percentatge molt elevat d'energia eòlica, i que hagi de disposar d'una capacitat d'emmagatzematge estacional i/o d'interconnexió amb els sistemes elèctrics veïns molt superior que a Catalunya.

En conclusió, ateses les característiques del recurs solar i eòlic disponible a Catalunya, la tria òptima d'una combinació solar fotovoltaica-eòlica permet reduir notablement els desequilibris estacionals entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica, i, en conseqüència, les necessitats d'emmagatzematge estacional i de capacitat de les interconnexions amb els sistemes veïns.

FIGURA D.7.11. COMPARACIÓ DE LA PRODUCCIÓ ESPECÍFICA (MWH/HA) DE LES TECNOLOGIES EÒLICA TERRESTRE I FOTOVOLTAICA A TERRA

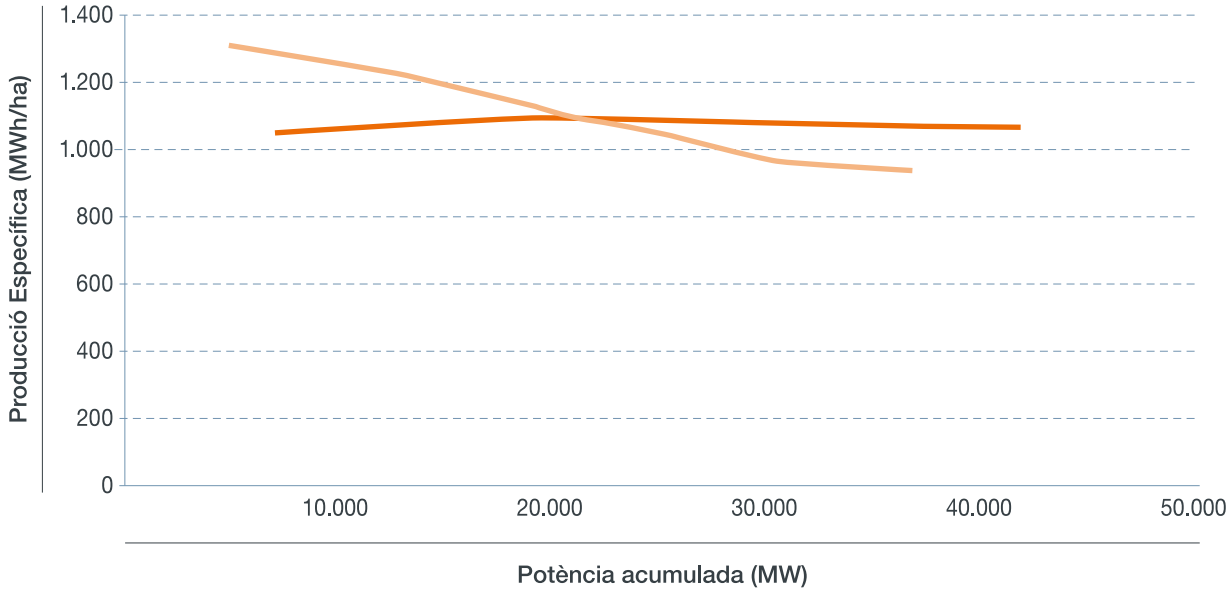
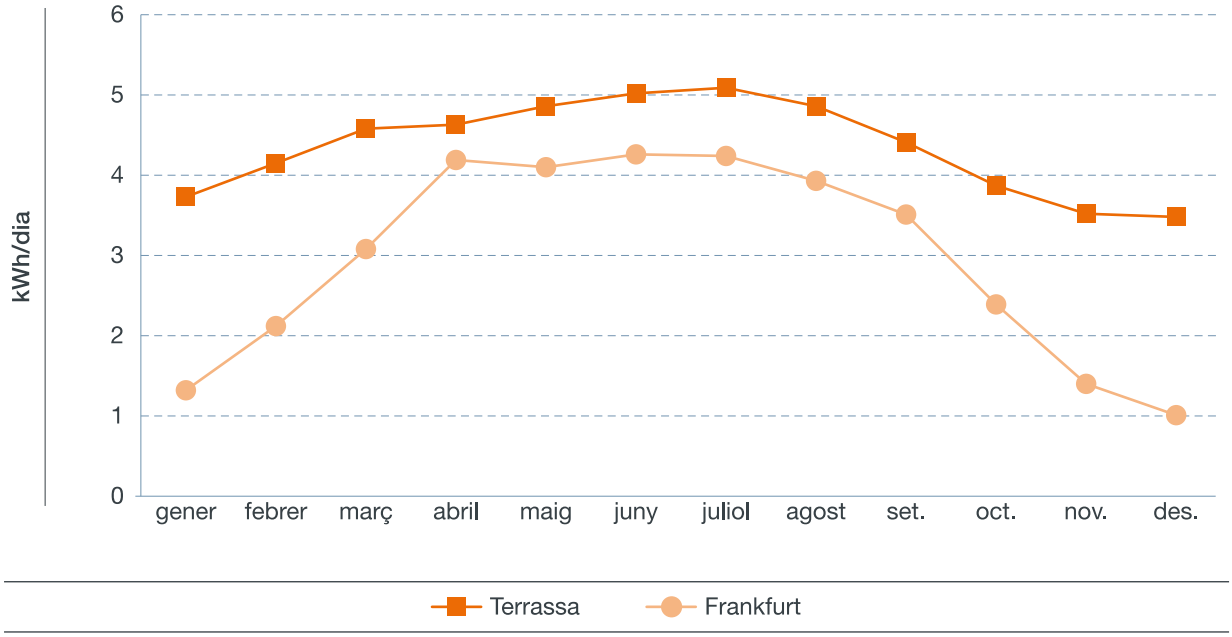


FIGURA D.7.12. COMPARACIÓ DE LA PRODUCCIÓ MITJANA DIÀRIA D'UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAIC AMB INCLINACIÓ ÒPTIMA PER A CADA MES DE L'ANY ENTRE CATALUNYA (TERRASSA) I ALEMANYA (FRANKFURT)



Cost de generació i el preu de l'electricitat

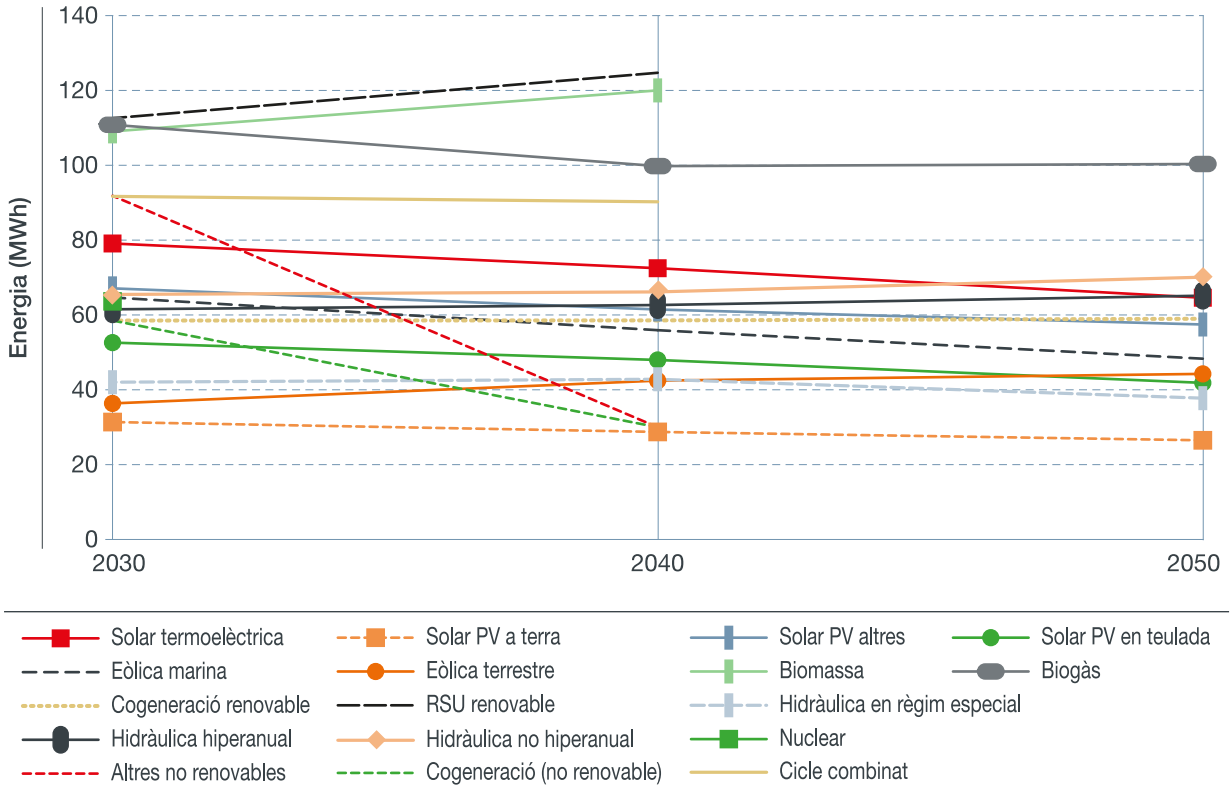
Tots els valors econòmics utilitzats en l'estudi són calculats amb preus constants del 2020. Tenint en compte els costos a partir del LCOE (cost anivellat de l'energia o *Levelized Cost of Energy* en anglès), es preveu que, en l'horitzó de l'any 2050, les tecnologies de generació d'electricitat més econòmiques seran la solar fotovoltaica a terra, la hidràulica en règim especial, la solar fotovoltaica en teulades i l'eòlica terrestre (vegeu la **taula D.7.4**).

Els LCOE de l'eòlica terrestre i de la solar fotovoltaica a terra ja eren competitius respecte del LCOE d'un cicle combinat de gas natural des de mitjans de la dècada passada. L'any 2030, la competitivitat d'aquestes tecnologies i de la solar fotovoltaica en teulades i de la hidràulica en règim especial s'ha accentuat molt (vegeu la **figura D.7.13**).

TAULA D.7.4. EVOLUCIÓ DEL LCOE DE LES TECNOLOGIES DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT

LCOE (€/MWh)	2030	2040	2050
Cicle combinat	91,69	90,24	
Cogeneració (no renovable)	58,51	30,00	
Altres no renovables	91,85	30,00	
Nuclear	63,63		
Hidràulica no hiperanual	65,48	66,16	70,10
Hidràulica hiperanual	61,51	62,65	65,15
Hidràulica en règim especial	42,03	42,82	37,76
RSU renovable	112,58	124,72	
Cogeneració renovable	58,51	58,55	58,98
Biogàs	110,82	99,78	100,34
Biomassa	109,06	120,01	
Eòlica terrestre	36,36	42,45	44,25
Eòlica marina	64,67	55,93	48,31
Solar PV en teulada	52,61	47,97	41,85
Solar PV altres	67,11	61,46	57,45
Solar PV a terra	31,38	28,74	26,50
Solar termoelèctrica	79,10	72,49	64,60

FIGURA D.7.13. EVOLUCIÓ DEL LCOE DE LES DIFERENTS TECNOLOGIES DE GENERACIÓ D'ENERGIA ELÈCTRICA EN L'HORITZÓ 2050



Les úniques tecnologies de generació elèctrica que continuen tenint un LCOE superior a un cicle combinat de gas natural al llarg del període són la biomassa, el biogàs i els RSU renovables. Malgrat això, la PROENCAT 2050 no fa una aposta per aquestes tecnologies de generació d'electricitat i només preveu certs aprofitaments on es donin les condicions adequades.

Pel que fa a les tecnologies d'emmagatzematge, es preveu que experimentin una baixada de costos en l'horitzó de l'any 2050, especialment les bateries (vegeu la taula D.7.5).

TAULA D.7.5. EVOLUCIÓ DEL LCOE DE LES TECNOLOGIES D'EMMAGATZEMATGE D'ELECTRICITAT

LCOE (€/MWh)	2030	2040	2050
Bombament	349,03	97,74	80,14
Bateries	1.214,62	74,31	59,11

Els LCOE de les tecnologies d'emmagatzematge encara són molt elevats l'any 2030 perquè, en haver-hi encara en funcionament tecnologies gestionables (cicles combinats de gas natural i nuclear), la seva utilització és petita i els costos fixos es reparteixen entre menys energia que en els horitzons 2040 i 2050.

TAULA D.7.6. EVOLUCIÓ DELS COSTOS DE GENERACIÓ D'ELECTRICITAT PER TECNOLOGIES EN EL CAS 2

Cost de producció (M€)	2030	2040	2050
Cicle combinat	847	398	0
Cogeneració (no renovable)	151	0	0
Altres no renovables	22	0	0
Nuclear	1.431	0	0
Hidràulica no hiperanual	156	156	156
Hidràulica hiperanual	54	54	54
Hidràulica en règim especial	47	47	39
RSU renovable	11	11	0
Cogeneració renovable	23	39	39
Biogàs	28	31	34
Biomassa	2	2	0
Eòlica terrestre	502	1.589	2.124
Eòlica marina	265	341	664
Solar PV en teulada	162	492	646
Solar PV altres	49	176	209
Solar PV a terra	242	664	893
Solar termoelèctrica	7	14	12
Bombament	331	576	608
Bateries	11	25	167
Importació - Exportació	58	1.028	737
Total (M€)	**4.399**	**5.642**	**6.382**

A partir de la solució de generació plantejada en el Cas 2 i de l'anàlisi de cobertura de la demanda que s'ha realitzat, s'ha estimat el cost total de generació en els diversos horitzons temporals, que es pot veure a la taula D.7.6.

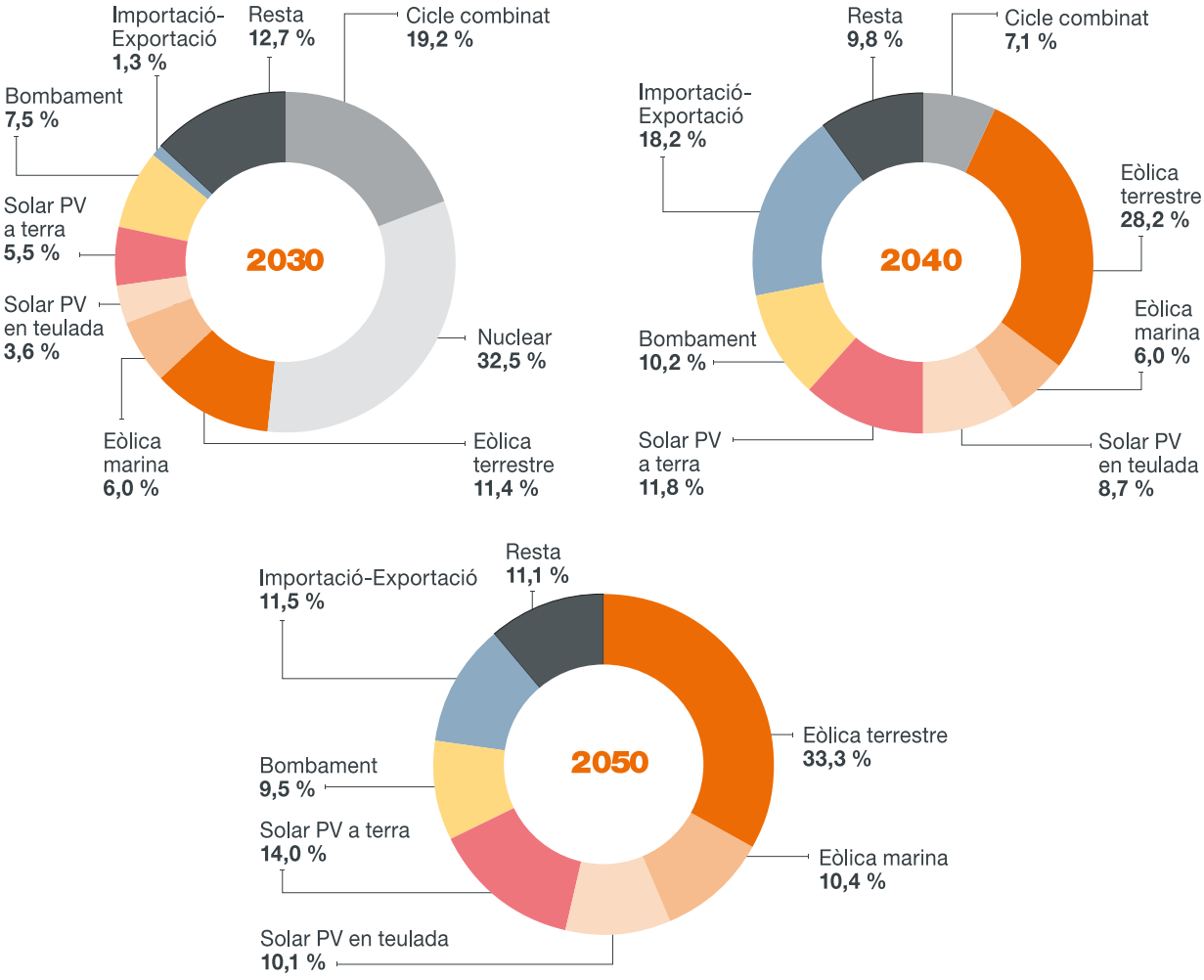
Es preveu que, l'any 2030, les tecnologies fòssils i nuclears encara representin el 55,7 % del cost total de generació. D'aquest grup, les centrals nuclears, amb 1.431 M€, representen el 32,5 % del total, més d'una tercera part. Els cicles combinats de gas natural, amb 847 M€, representen el 19,3 % dels costos de generació. L'any 2040 només queden en funcionament 4 cicles combinats de gas natural, que, amb 398 M€, representen el 7 % dels costos totals de generació. En l'horitzó

2050, els costos d'aquest grup de tecnologies ja han desaparegut.

Paral·lelament, creixen els costos de generació de les tecnologies renovables, que l'any 2050 representen el 76,3 % dels costos totals de generació. Lògicament, les tecnologies que tenen els costos més elevats són l'eòlica terrestre, que, amb 2.124 M€ representa el 33 % del total, i la solar fotovoltaica a terra, que, amb 893 M€, representa el 14 % del total.

També tenen una participació molt significativa en els costos de generació de 2050 la tecnologia eòlica marina i la solar fotovoltaica en teulades, que, amb uns costos molt semblants, 664 M€ i 646 M€ respectivament, representen un 10 % del total cadascuna (vegeu la **figura D.7.14**).

FIGURA D.7.14. EVOLUCIÓ DEL REPARTIMENT DEL COST DE GENERACIÓ DEL SISTEMA ELÈCTRIC PER TECNOLOGIES



De la resta de tecnologies, la més rellevant és la generació hidràulica, que manté uns costos de generació gairebé constants al llarg del període 2017-2050, d'uns 250 M€. Atès que la tecnologia no creix degut a l'esgotament del potencial i que és una tecnologia molt madura, és lògic que sigui així.

Cal destacar la importància dels costos de bombament, que augmenten la seva participació fins al 10 % dels costos de generació l'any 2050, i el fort creixement dels costos lligats a les bateries, que s'estimen en 167 M€ per a l'any 2050, un 2,6 % del total.

D'altra banda, els costos lligats al balanç d'importació-exportació d'electricitat dels sistemes veïns l'any 2050 s'estimen en 737 M€, un 12 % del total. Les importacions s'han valorat al preu de cassació en el mercat ibèric i les exportacions amb el LCOE de cada tecnologia exportadora.

Una vegada s'han estimat els costos totals de generació en cada un dels horitzons, es pot estimar quin seria el cost mitjà de la generació en €/MWh, que es pot veure a la **taula D.7.7**. Aquesta taula també recull la simulació realitzada del preu mitjà de cassació en un mercat marginalista en cada un dels horitzons temporals considerats.

Es pot veure com el cost mitjà de generació no estarà totalment cobert pel preu resultant d'un mercat marginalista en cap dels horitzons temporals. La diferència l'any 2030 és força elevada (63,7 €/MWh de cost de generació en front dels 53,5 €/MWh de preu mitjà del mercat), de 10,2 €/MWh. Aquesta diferència es va reduint amb el temps, però l'any 2050 el cost mitjà de generació continua sent 2,6 €/MWh més elevat que el preu mitjà del mercat.

TAULA D.7.7. EVOLUCIÓ DELS COSTOS TOTALS DE GENERACIÓ I DEL PREU MITJÀ DE GENERACIÓ EN UN MERCAT MARGINALISTA

	2030	2040	2050
Costos de generació (M€)	4.399	5.642	6.382
Producció total (*) (GWh)	69.027	101.640	121.803
Cost mig (€/MWh)	63,7	55,6	52,5
Preu mitjà del mercat (€/MWh)	53,5	52,5	49,9

(*) Producció neta + Producció d'emmagatzematge + Importacions - Exportacions

Això és així perquè durant moltes hores les tecnologies renovables de cost marginal baix (eòlica, solar fotovoltaica i hidràulica fluent) fixaran el preu del mercat. Per tant, hi haurà unitats de generació que no recuperaran la inversió perquè els preus diürns seran baixos. En canvi, la generació nocturna obtindrà més excedents del productor. Les tecnologies gestionables, com la hidràulica de regulació i la biomassa, són les que recuperaran la inversió amb més facilitat.

Els generadors amb alta producció diürna hauran de recuperar la resta dels costos en els mercats intradiari i de reserva, encara que sembla complicat que poguessin obtenir prou ingressos addicionals per compensar el dèficit que es generaria en el mercat diari.

S'haurien de fer plantejaments per evolucionar el mercat marginalista actual cap a un disseny de doble mercat, amb un mercat base amb contractes a llarg termini i un mercat de serveis d'ajust amb la doble vessant de curt i molt curt termini, i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a termini en aquest darrer cas.

Els serveis de l'operació del sistema també es podrien negociar a llarg termini, deixant per a mercats de temps real els ajustaments derivats de la contractació anterior. Addicionalment, es podrien establir mecanismes de mercat per incentivar la instal·lació de potència (per exemple, subhastes de capacitat o mercats de capacitat).

Mesures de gestió de la demanda addicionals que s'han analitzat

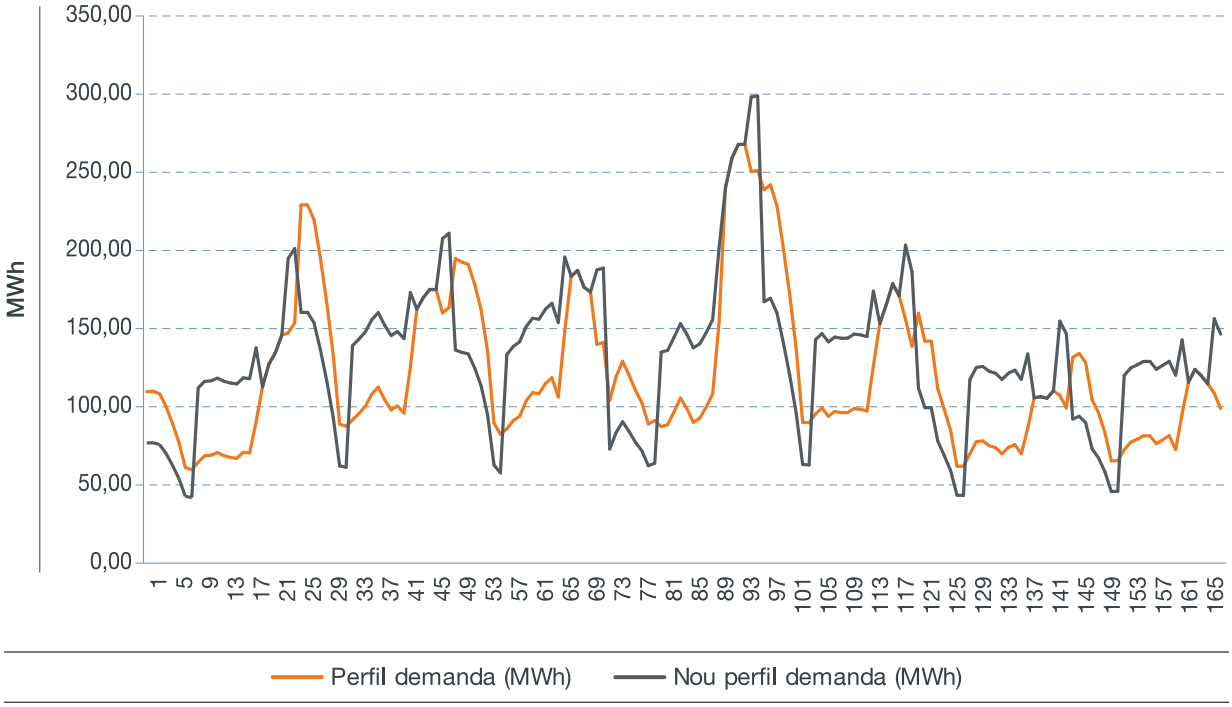
En la projecció de la demanda d'energia de cada sector consumidor en el període 2017-2050 ja s'han tingut en compte l'aplicació de mesures d'estalvi i eficiència energètica i d'electrificació, i els canvis estructurals i en el clima que es preveu que es produeixin en aquest horitzó temporal.

Una vegada s'ha disposat de la projecció de demanda horària d'electricitat i s'ha iniciat l'anàlisi de cobertura horària de la demanda, s'han analitzat algunes mesures addicionals de gestió de la demanda. Així, s'ha analitzat, per exemple, l'impacte que es derivaria de desplaçar una part del consum nocturn a consum diürn o de reduir en un percentatge la corba de demanda horària mitjançant l'aplicació de mesures addicionals d'estalvi.

Per exemple, en la **figura D.7.15** es pot veure l'efecte en la corba horària de demanda que tindria reduir un 30 % de la demanda de les 0 h a les 8 h (període tarifari 1 actual) i afegir-la en el període tarifari 2 actual.

Aquest tipus de mesures és eficient perquè optimitza les inversions en potència i redueix la dependència de tecnologies de generació més cares, ja que s'aprofita del menor cost de la solar fotovoltaica i redueix les necessitats d'emmagatzematge. No obstant, el seu impacte estacional és inexistent perquè no desplacen consum a altres mesos de l'any.

FIGURA D.7.15. EFECTE DEL DESPLAÇAMENT D'UN 30 % DE LA DEMANDA DEL PERÍODE TARIFARI 1 AL 2



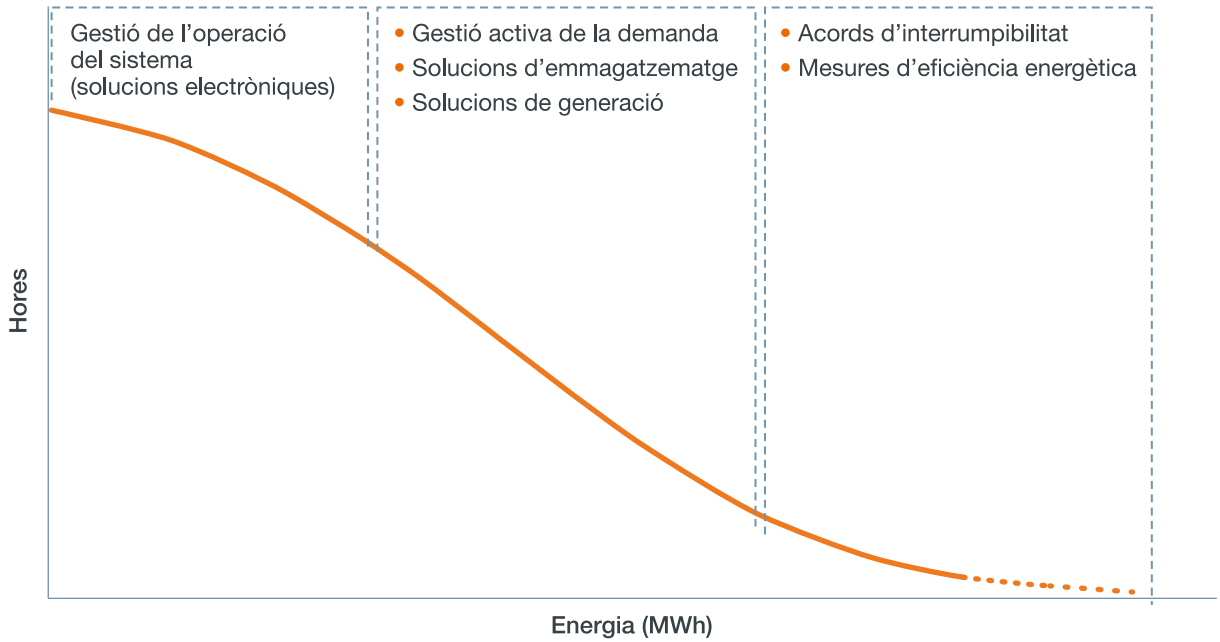
L'anàlisi efectuada també ha estat útil per detectar quin tipus de mesures de gestió de la demanda s'hauran d'implantar en el futur, a partir de la corba inversa de la funció de distribució dels dèficits de cobertura de la demanda, en els casos en què es generaven dèficits. Això es pot veure esquemàticament en la figura D.7.16. Ja s'ha comentat que en el Cas 2 no es produeixen aquests dèficits.

En la zona de dèficits horaris d'energia més baixos, a l'esquerra de la corba, cal aplicar mesures de gestió de l'operació del sistema mitjançant solucions electròniques o volants d'inèrcia, per exemple.

Per solucionar els dèficits de la zona central de la corba, amb una freqüència horària inferior i dèficits horaris d'energia que van dels 3.500 MWh als 8.000 MWh, caldrà aplicar altres mesures, com fer una gestió activa de la demanda (limitar el consum de calefacció o de recàrrega de vehicles, per exemple) o trobar solucions relacionades amb l'emmagatzematge o la generació.

Per als dèficits horaris encara més grans, superiors als 8.000 MWh, caldrà aplicar acords d'interrompibilitat amb grans consumidors i aplicar altres mesures d'eficiència energètica i de reducció de la demanda encara més severes.

FIGURA D.7.16. ÀREES DE TREBALL PER A LA SOLUCIÓ DELS DÈFICITS DE COBERTURA I PRINCIPALS EINES DISPONIBLES



Sobre l'estabilitat i la fermesa del sistema elèctric

Per mesurar la capacitat del parc de generació d'atendre la demanda d'electricitat, s'utilitza habitualment l'anomenat índex de cobertura. Aquest índex es defineix com el valor de la relació entre la potència disponible en el sistema

i la punta de potència de la demanda. Generalment es considera que el parc de generació té una fermesa suficient si aquest índex és superior a 1,1.

Tal com ja s'ha comentat abans, aquest plantejament és adequat per a sistemes elèctrics molt centralitzats amb un elevat nivell de gestionabilitat de la generació elèctrica, on s'assoleix l'equilibri permanent entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica fonamentalment a partir de la capacitat d'adaptació de l'oferta.

Aquest no és el cas del sistema elèctric català de futur, que serà molt més descentralitzat, amb un gran nombre de generadors basats en tecnologies no gestionables (solar fotovoltaica i eòlica) i amb uns patrons de producció sovint ben definits per les variacions climàtiques (dia-nit, estacionals…), que no s'ajusten fàcilment a les variacions de la demanda elèctrica.

En un sistema elèctric com aquest, l'ajustament continu entre oferta i demanda s'ha de gestionar de manera molt més complexa mitjançant mecanismes de flexibilitat de la demanda elèctrica, dispositius d'emmagatzematge a gran escala i amb diferents àmbits temporals (emmagatzematge diari, setmanal, estacional, etc.), amb un nivell alt d'interconnexió amb els sistemes veïns per importar/exportar energia en els moments de dèficit/superàvit de potència, etc.

Així, en tots les escenaris de futur analitzats, s'ha dut a terme una anàlisi hora a hora de la cobertura de la demanda elèctrica i no només a l'hora de màxima demanda, ja que aquest no és sempre el moment més crític per al sistema elèctric.

Per garantir la robustesa del futur sistema elèctric català s'ha previst una important participació de l'emmagatzematge mitjançant bateries, que són una bona solució per a la gestió dels serveis de reserva del sistema, perquè la seva capacitat de resposta és immediata davant de qualsevol incidència, són gestionables i modulables, i es poden situar on faci falta, segons les necessitats de la xarxa. Igualment, es compta amb l'emmagatzematge hidràulic reversible, que també aporta una molt bona resposta a les abruptes transicions de la producció entre el dia i la nit, i a la variabilitat diària d'aquesta producció a curt i mitjà termini, pròpies d'aquest tipus de sistemes elèctrics.

Les interconnexions amb els sistemes veïns també tindran un paper determinant a l'hora d'assegurar mútuament la robustesa del sistema elèctric.

La tecnologia solar fotovoltaica no aporta inèrcia al sistema elèctric davant de variacions de la freqüència. Per tant, un parc de generació amb un component important de generació solar fotovoltaica, com en tots els escenaris que s'han analitzat, tindrà més dificultats per mantenir la freqüència. Per pal·liar aquest inconvenient caldria instal·lar dispositius que poguessin respondre davant d'aquest tipus d'incidències en el sistema, com, per exemple, les bateries.

La inèrcia del sistema davant les variacions de la freqüència és un dels factors que també s'ha tingut en compte a l'hora d'escollir el cas objectiu.

Sobre la cobertura de la demanda en una situació extrema

Com ja s'ha comentat en l'apartat D.6.4, s'ha analitzat la cobertura de la demanda en un cas extrem en el qual no es pot comptar amb les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns (Cas E). Aquest cas és una variant del Cas 2, en la qual la

capacitat d'interconnexió és nul·la. Aquest cas només s'ha analitzat per a l'any 2050, ja que és quan l'exigència pel sistema elèctric és major.

En aquest cas, les situacions d'excés i dèficit d'energia elèctrica, degudes a la volatilitat de les energies eòlica i solar fotovoltaica, i al desacoblament amb el perfil de demanda, generen vessaments i manca d'atenció de la demanda (talls de subministrament o necessitat de contractes d'interrompibilitat). Per això cal comptar amb generació de suport, sistemes d'emmagatzematge i flexibilitat de la demanda, per cobrir la manca de producció o gestionar els excedents.

En aquest cas, malgrat que hi ha uns vessaments d'electricitat de 26,2 TWh (el 27,5 % de la producció bruta total d'electricitat), quedarien per atendre 17,7 TWh de demanda, ja que aquest dèficit no es correspon amb els excedents de generació que es produeixen. Aquest dèficit de generació es produiria durant més de 2.800 hores a l'any, i la falta màxima d'energia en una hora fora de 13 GWh. Tot i això, durant gairebé 2.500 hores a l'any es produirien vessaments de generació (vegeu les figures D.7.17 i D.7.18).

FIGURA D.7.17. FUNCIÓ INVERSA DE DISTRIBUCIÓ DELS DÈFICITS HORARIS D'ENERGIA ELÈCTRICA EN EL CAS E, SENSE INTERCONNEXIONS AMB ELS SISTEMES ELÈCTRICS VEÏNS

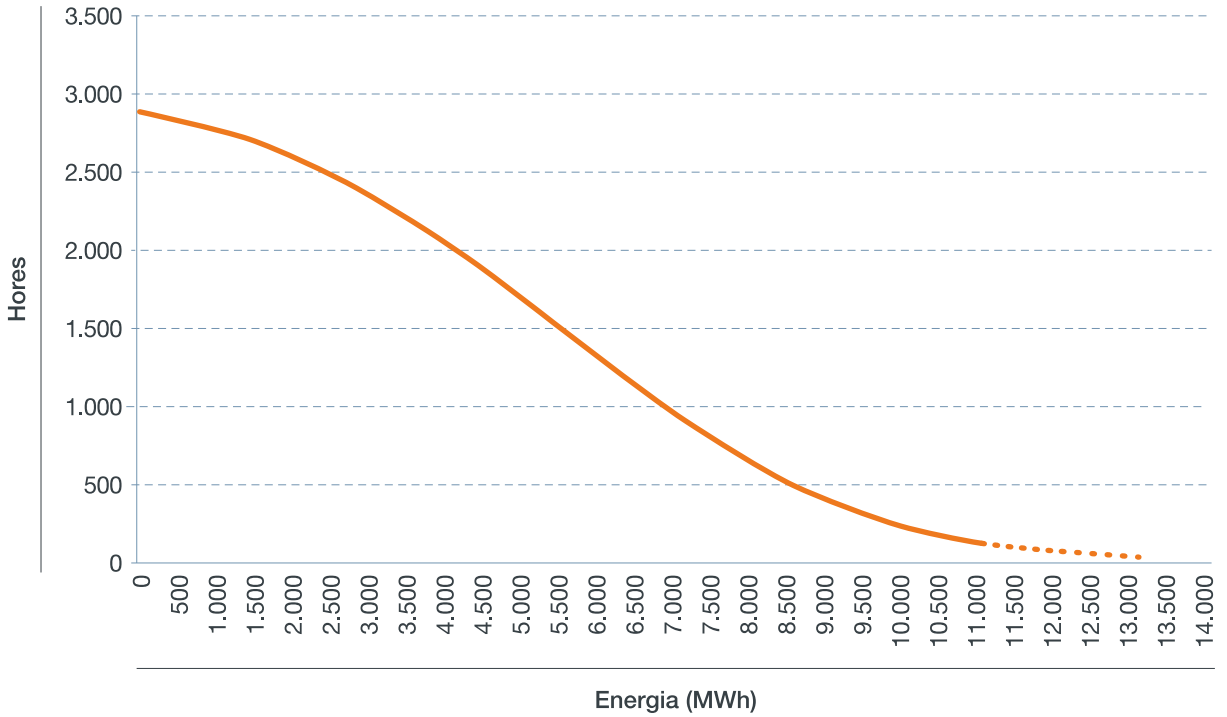
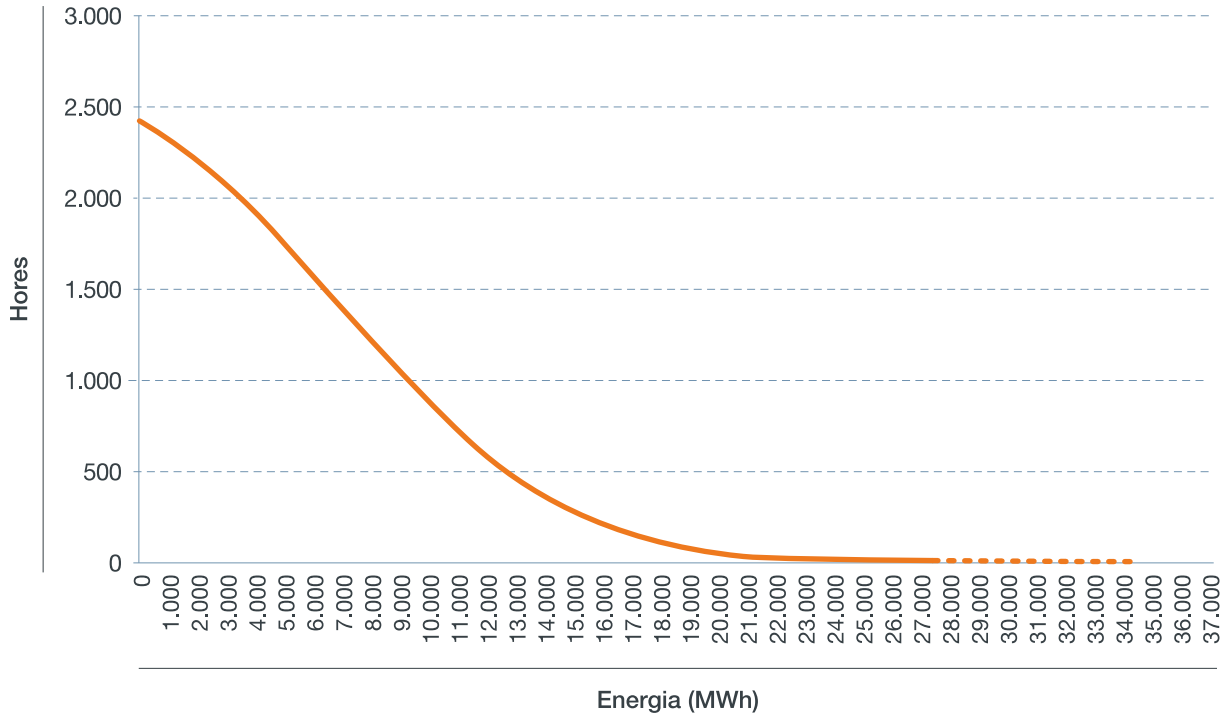


FIGURA D.7.18. FUNCIÓ INVERSA DE DISTRIBUCIÓ DELS VESSAMENTS HORARIS D'ENERGIA ELÈCTRICA EN EL CAS E, SENSE INTERCONNEXIONS AMB ELS SISTEMES ELÈCTRICS VEÏNS



Per resoldre aquesta situació es podria incrementar la potència de generació renovable i la capacitat d'emmagatzematge, però no fora raonable realitzar aquestes inversions, ja que s'haurien d'instal·lar més de 13 GW de potència addicional per atendre molt poques hores de demanda.

Les solucions òptimes en termes tècnics i econòmics serien les següents:

- Aconseguir un major nivell de coordinació en la gestió dels sistemes elèctrics amb els operadors dels sistemes veïns i disposar de capacitat d'interconnexió que permeti l'exportació d'excedents i la importació d'energia en cas de dèficit.
- Augmentar la potència instal·lada i la capacitat d'emmagatzematge estacional a llarg termini d'acord amb la capacitat d'intercanviar energia amb els sistemes veïns.
- Actuar amb mecanismes de gestió de la demanda per desplaçar el consum i reduir les puntes de demanda.
- Establir-se mecanismes retributius de l'emmagatzematge per alinear la seva gestió d'acord amb la necessitat de cobertura de la demanda, particularment en aquells períodes amb menor disponibilitat de recursos renovables.
- Establir contractes d'interrupció de subministrament amb grans consumidors o altres agents de la demanda.

D.7.3. Anàlisi de viabilitat tècnica de la solució proposada per al 2050

Plantejament de l'anàlisi

El procés d'electrificació massiva de la demanda d'energia a Catalunya que es planteja per al 2050 requerirà canvis molt rellevants en les dimensions i l'estructura de la xarxa elèctrica. D'acord amb les hipòtesis plantejades en el Cas 2, la demanda en barres de central el 2050 (incloses les pèrdues en emmagatzematge) tindria un increment del 127 % respecte al consum del 2017, i la potència de generació es multiplicaria per 5,5.

Cal fer una transició d'un sistema de generació centralitzat, basat en grans unitats producció, a un de principalment basat en generació eòlica terrestre i solar fotovoltaica, que es desplegaria pel territori d'acord amb la disponibilitat del recurs.

Addicionalment, depenent de la disponibilitat del recurs renovable, els fluxos d'electricitat canviaran de direcció durant les diferents hores del dia i les estacions de l'any, la qual cosa augmenta la necessitat de reforços de la xarxa elèctrica.

Tradicionalment, s'han considerat en aquesta mena d'estudis tècnics les situacions de punta i vall d'hivern i estiu. No obstant això, la nova configuració del sistema elèctric amb alta penetració de renovables amb alta volatilitat exigeix analitzar les situacions amb uns elevats desajustos entre generació i demanda, amb la finalitat d'avaluar la viabilitat de les solucions proposades. Aquestes situacions fan necessari incrementar la capacitat d'interconnexió amb els sistemes veïns (i la coordinació operativa amb aquests), augmentar la instal·lació i l'aprofitament d'instal·lacions d'emmagatzematge d'energia, així com l'adopció d'enfocaments de gestió activa de la demanda que permetin atendre la demanda d'acord amb els criteris de seguretat establerts.

Per tal de determinar les necessitats d'infraestructura de xarxa el 2050 per suportar el plantejament d'electrificació, en primer lloc, s'ha ubicat en el territori la demanda i la generació, i s'han assignat a les diferents subestacions, d'acord amb la configuració de partida de la xarxa elèctrica que tindria Catalunya el 2026. El model de xarxa utilitzat per a l'anàlisi inclou les línies de 400 kV, 220 kV, 132 kV, 110 kV, 66 kV i 45 kV, a més d'alguns circuits de mitjana i baixa tensió en distribució, així com les interconnexions amb els sistemes veïns.

Posteriorment, s'ha fet una previsió del desenvolupament necessari de la infraestructura d'acord amb els fluxos d'energia que es produirien en el model de partida tenint en consideració els criteris de seguretat i fiabilitat establerts en els procediments d'operació de les xarxes d'alta i baixa tensió.

En la **taula D.7.8** es poden veure els paràmetres utilitzats per estimar el reforç de la infraestructura de xarxa.

Per contrastar la viabilitat tècnica de la solució de xarxa proposada s'han simulat els fluxos d'electricitat de quatre situacions particulars del despatx de generació horari realitzat en el supòsit del Cas 2 per tal de verificar el compliment dels criteris de seguretat i fiabilitat establerts. Els quatre casos analitzats són punta i vall d'hivern, punta d'estiu i una situació extrema de desacoblament molt fort entre oferta i demanda.

TAULA D.7.8. PARÀMETRES UTILITZATS PER ANALITZAR LA VIABILITAT TÈCNICA DE LA SOLUCIÓ DE COBERTURA DE LA DEMANDA ESCOLLIDA

Demanda en barres de central	108,6 TWh
Demanda en barres de consum	99,2 TWh
Punta horària de demanda	16,9 GW
Capacitat d'interconnexió	13.365 MW
Potència en generació	61,9 GW
Potència d'emmagatzematge	7,2 GW

Aquestes anàlisis han permès:

- Determinar la viabilitat tècnica de les solucions proposades de generació i emmagatzematge.
- Analitzar les necessitats d'infraestructures de xarxa, com a conseqüència de les configuracions de generació i de demanda avaluades.
- Determinar els balanços del sistema per nivells de tensió, incloent-hi aquesta anàlisi, per a cada nivell: la generació i la demanda, les pèrdues, els fluxos d'energia entre els diferents nivells de tensió i el factor de canvi entre nivells de tensió.

Reforçament de la xarxa elèctrica

Com a conclusió dels estudis realitzats, la solució de cobertura de la demanda escollida (Cas 2) requereix reforçar el sistema amb 299 circuits, 59 transformadors i 32 subestacions a l'horitzó de l'any 2050 respecte a la xarxa prevista l'any 2026 a la planificació estatal.

Les necessitats d'inversió i cost anual de la infraestructura referent a les noves línies, transformadors i subestacions de la xarxa de transport serien de 3.862 milions euros i 44 M€ a l'any, respectivament (vegeu la **taula D.7.9**).

Per tenir una visió global dels costos dels reforços de les infraestructures elèctriques necessaris per a la transició energètica, a aquests imports s'hi ha d'afegir cost d'inversió dels reforços de la infraestructura de mitjana i baixa tensió en distribució. S'han estimat aquestes inversions en 9.394 M€, fet que suposaria que la inversió total en infraestructures de xarxa seria de 13.256 M€ (vegeu la **taula D.7.10**).

Cal assenyalar que l'estimació de les inversions en el reforçament de la xarxa de distribució en mitjana i baixa tensió és una aproximació orientativa. En el model de xarxa utilitzat per analitzar la viabilitat tècnica del sistema elèctric no s'ha treballat directament amb la infraestructura de distribució en mitjana i baixa tensió.

Els reforços plantejats són necessaris per complir els criteris establerts pels operadors de les xarxes de transport i distribució pel que fa als nivells de sobrecàrrega de circuits, control de tensió i capacitat per suportar situacions en què es manifesten contingències.

TAULA D.7.9. INVERSIONS I COST ANUAL DE MANTENIMENT DELS REFORÇOS DE LA XARXA ELÈCTRICA D'ALTA TENSIÓ

		Inversió (M€)	Manteniment (M€/any)
Línies	400 kV	1.942	16,60
	220 kV	843	5,19
	>123 kV	94	0,97
	123 kV - 72,5 kV	370	3,83
	72,5 kV - 36 kV	41	0,43
	< 36 kV	4	0,04
	Total línies	**3.294**	**27,06**
Transformadors	Transport	142	3,82
	Distribució	43	1,16
	Total transformadors	**185**	**4,98**
Subestacions	400 kV	257	7,72
	220 kV	113	3,38
	110-132 kV	13	0,40
	Total subestacions	**383**	**11,50**
Inversions totals		**3.862**	**43,54**

TAULA D.7.10. ESTIMACIÓ DELS COSTOS D'INVERSIÓ TOTALS EN LES XARXES ELÈCTRIQUES

M€	Línies	Transformadors	Subestacions	Total
Transport	2.785	142	370	3.297
Distribució AT	509	43	13	565
Distribució MT/BT (*)				9.394
TOTAL				**13.256**

(*) Estimació orientativa

Característiques i resultats de les situacions estudiades

A la taula D.7.11 es poden veure els principals paràmetres i resultats de l'anàlisi de la solució de reforçament de la xarxa elèctrica que es proposa en cada una de les situacions considerades.

La situació de vall d'estiu no s'ha recollit a la taula, ja que no aporta cap aspecte diferencial a l'anàlisi perquè, des del punt de vista de la xarxa elèctrica, correspon a una situació molt semblant a la de vall d'hivern.

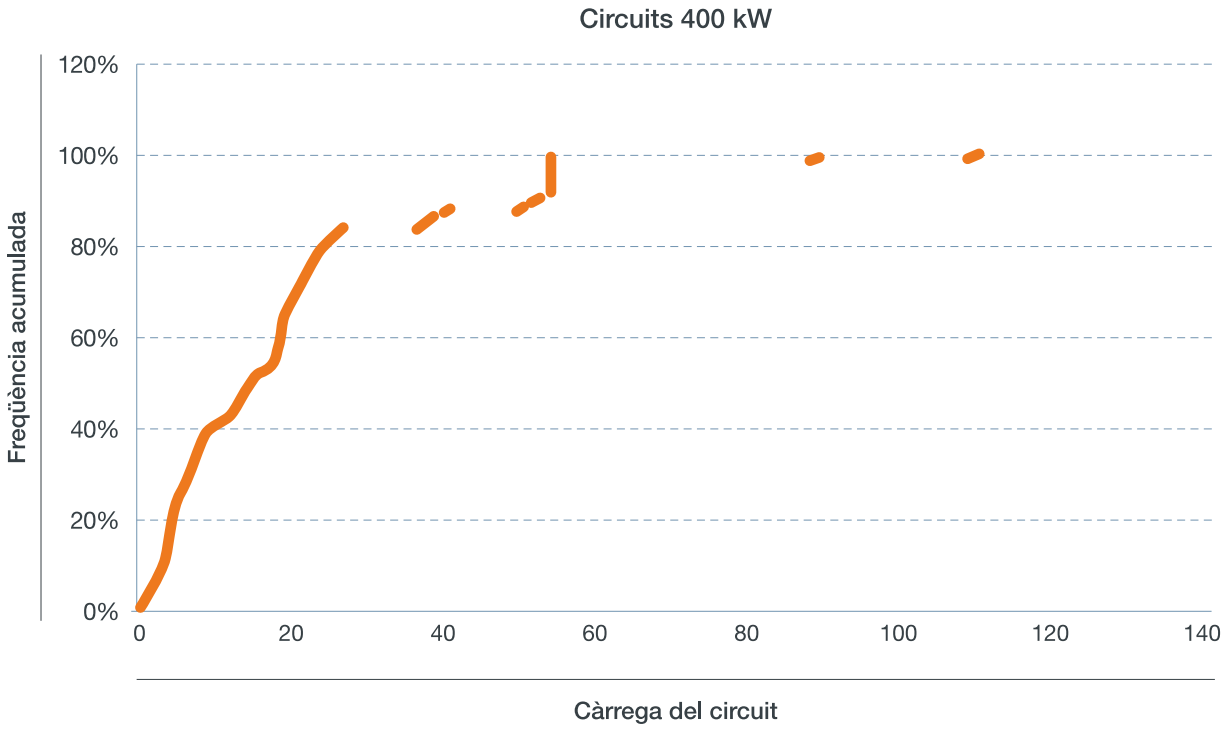
Els percentatges de càrrega de les línies que es recullen en la taula D.7.11 fan referència a la càrrega de cada línia respecte del seu límit tèrmic estacional. La majoria de les línies tenen una ocupació inferior a aquest límit tèrmic estacional, com reflecteix la càrrega mitjana per nivell de tensió. El valor més alt correspon a les línies de tensió igual o inferior a 66 kV, amb una càrrega mitjana del 46 %.

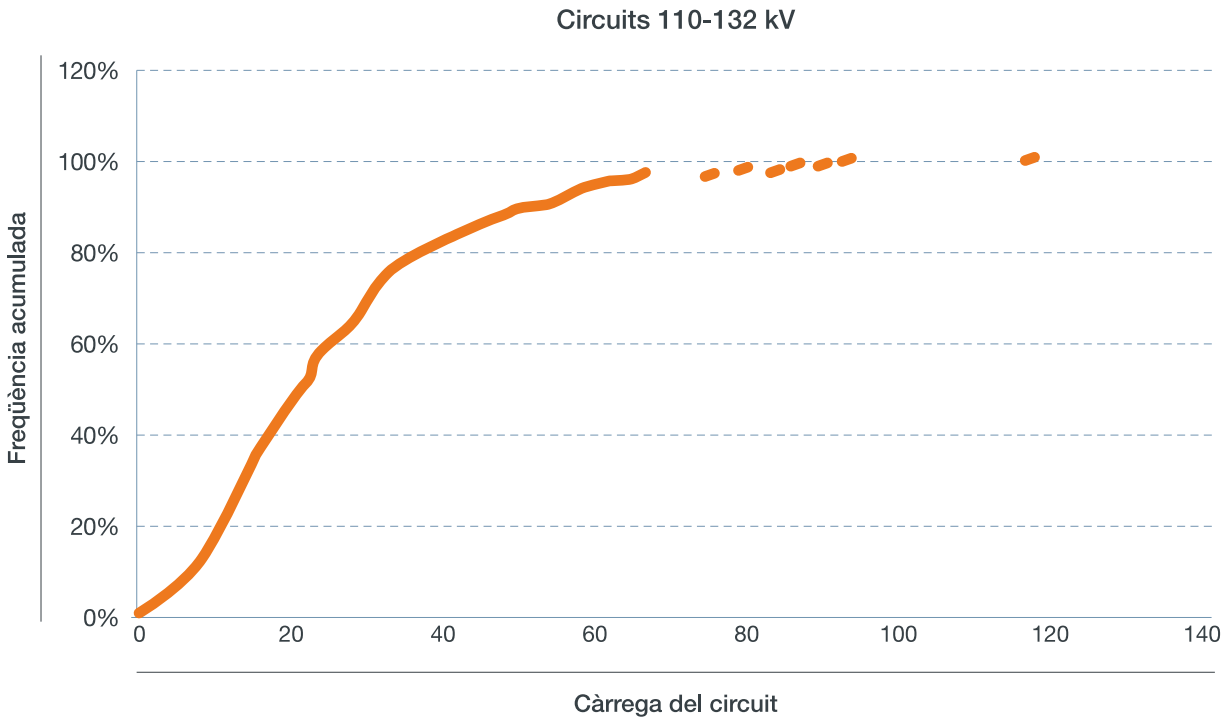
Però hi pot haver línies que tinguin una ocupació elevada en aquestes situacions d'anàlisi. Així, a la figura D.7.19 s'observa que el nombre de línies que sobrepassen la seva capacitat tèrmica estacional és molt petita.

TAULA D.7.11. PARÀMETRES I RESULTATS DE L'ANÀLISI DELS REFORÇAMENTS DE LA XARXA ELÈCTRICA EN LES SITUACIONS CONSIDERADES

	Punta d'hivern	Vall d'hivern	Punta d'estiu
Demanda horària (MW)	16.702	7.876	17.280
Generació horària (MW)	12.131	6.728	15.655
Importació (MW)	5.850	1.289	2.100
Exportació (MW)	1.001	23	23
Pèrdues xarxa (MW)	-277	-118	-452
Càrrega mitjana 400 kV (%)	20 %	13 %	13 %
Càrrega màxima 400 kV (%)	108 %	74 %	103 %
Càrrega mitjana 220 kV (%)	18 %	12 %	23 %
Càrrega màxima 220 kV (%)	59 %	76 %	96 %
Càrrega mitjana 110-132 kV (%)	25 %	66 %	40 %
Càrrega màxima 110-132 kV (%)	113 %	108 %	108 %
Càrrega mitjana <= 66 kV (%)	46 %	28 %	21 %
Càrrega màxima <= 66 kV (%)	97 %	66 %	86 %

FIGURA D.7.19. DISTRIBUCIÓ DE L'OCUPACIÓ DE LES LÍNIES DE 400 KW I DE 110-132 KV EN LA PUNTA D'HIVERN





Cal tenir present que actualment ja s'admeten sobrecàrregues en les línies de transport i de distribució en situacions de contingència. Així, segons el procediment operatiu P.O.1.1. «Criteris de funcionament i seguretat per a l'operació del sistema elèctric», es permeten sobrecàrregues a les línies de transport inferiors al 15 % del seu límit tèrmic estacional. I segons els procediments d'operació d'Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U., són admissibles nivells de sobrecàrrega de circuits fins a un 20 % per a línies de distribució d'alta i mitjana tensió. En el futur, ateses les característiques de l'operació i el funcionament de les xarxes d'alta tensió, és previsible l'admissió de sobrecàrregues puntuals a partir de criteris més probabilístics que deterministes.

En les anàlisis fetes en totes les situacions es compleix que:

- La simulació matemàtica del despatx de generació considerant les restriccions derivades de la xarxa i els procediments d'operació d'alta i baixa tensió convergeix: per tant, la configuració oferta-demanda és viable i s'obté una solució òptima per al flux d'energia.
- No hi ha problemes de subtensions/sobretensions en cap dels nodes de les xarxes de transport i distribució.
- Es compleixen els requeriments de càrrega de circuits i nivells de tensió establerts als procediments d'operació.

Les simulacions realitzades també mostren que al llarg de l'any es poden donar situacions de major desacoblament entre l'oferta i la demanda elèctrica. La gestió adequada de l'emmagatzematge i de les interconnexions és clau per evitar problemes en aquests casos. Per exemple, una bona estratègia de gestió pot ser la càrrega per avançat del sistemes d'emmagatzematge mitjançant la importació d'energia elèctrica dels sistemes veïns abans de les hores més crítiques.

Malgrat que les anàlisis de xarxa proporcionen una solució que convergeix sempre al llarg de l'any, en els moments de major desacoblament entre l'oferta i la demanda es produeixen també dèficits importants d'energia reactiva que cal compensar per poder mantenir la tensió al sistema. Atès que en aquesta situació no es pot recórrer a la importació d'energia reactiva dels sistemes veïns, caldrà instal·lar localment dispositius que poguessin gestionar aquesta problemàtica, com ara els compensadors síncrons estàtics (STATCOM).

Conclusions sobre la viabilitat tècnica del Cas 2

Per assegurar la viabilitat de la solució de cobertura de la demanda plantejada en el Cas 2, cal reforçar la infraestructura de xarxa elèctrica amb el desenvolupament de 299 circuits, 59 transformadors i 32 subestacions respecte a la xarxa del 2026, en l'horitzó de l'any 2050.

Les inversions estimades per al reforçament de la infraestructura de xarxa en el cas analitzat són de 13.256 M€.

Aquesta proposta compleix amb requeriments derivats dels fluxos d'electricitat que es produiran amb la configuració de la generació escollida i la demanda prevista, i amb els nivells de qualitat i fiabilitat exigits per a situacions en què la necessitat de suport dels sistemes veïns per atendre la demanda no és gaire elevada.

No obstant, d'acord amb les anàlisis realitzades, la viabilitat de la solució

plantejada per al 2050 depèn en gran mesura del reforçament de les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns, així com el desenvolupament d'instal·lacions d'emmagatzematge d'energia a diferents escales temporals (diària, setmanal, estacional…), o l'adopció d'enfocaments de gestió activa i flexibilitat de la demanda elèctrica, entre d'altres. Igualment es mostra com a element clau la necessitat de dur a terme una adequada gestió del conjunt d'instal·lacions associades a l'oferta, l'emmagatzematge i la demanda d'energia elèctrica que permeti actuar amb previsió.

D'altra banda, en els casos d'estrès plantejats en la cobertura de la demanda es manifesten situacions d'inviabilitat tècnica del despatx de generació en produir-se sobrecàrregues als circuits dels sistemes veïns. Per resoldre aquesta limitació caldria coordinar actuacions pel reforçament de les xarxes internes d'aquests sistemes veïns.

Sense el suport dels sistemes veïns, seria necessari disposar de grans nivells d'emmagatzematge d'energia estacionals per desplaçar els excedents d'energia de la primavera a la tardor per cobrir una part important de la demanda. Aquest enfocament alternatiu podria tenir una limitació important en requerir un volum d'emmagatzematge molt gran.

En definitiva, una de les conclusions més importants de les anàlisis realitzades és que optar només per solucions regionals parcials complica la resolució dels desajustos estructurals estacionals entre l'oferta i la demanda dels sistemes elèctrics de futur, ja que cada sistema individual té limitacions intrínseques associades als seus propis patrons d'oferta i de demanda d'energia elèctrica. Per resoldre aquestes limitacions i planificar la transició energètica de manera òptima cal comptar amb una bona capacitat d'interconnexió amb les xarxes elèctriques veïnes i establir mecanismes de coordinació entre sistemes elèctrics en l'àmbit europeu.

D.8. Conclusions de l'estudi

A continuació es recullen les principals conclusions de l'estudi que s'han anat comentant al llarg d'aquest annex:

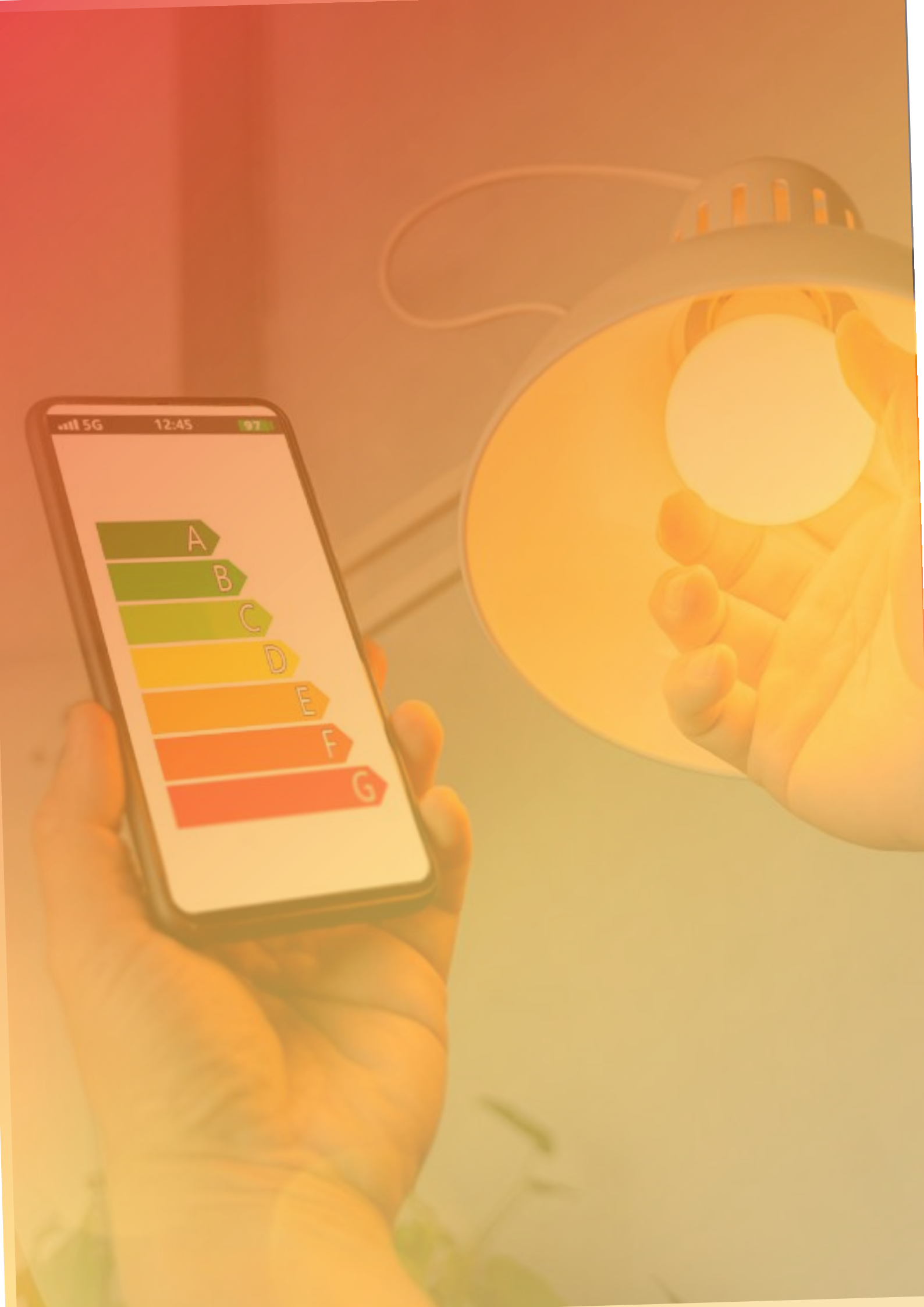
- L'escenari futur proposat a la PROENCAT 2050 no només planteja un increment molt important de la demanda elèctrica, sinó que representa un canvi de paradigma en la gestió del necessari equilibri entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica. Suposa l'evolució d'un sistema molt centralitzat amb un elevat nivell de gestionabilitat de la generació elèctrica cap a un sistema molt més descentralitzat i basat en un gran nombre de generadors no gestionables i uns patrons de producció sovint ben definits (dia-nit, estacionals…) que no s'ajusten fàcilment a les variacions de la demanda elèctrica. Es passa d'un sistema elèctric que assoleix l'equilibri permanent entre l'oferta i la demanda d'energia elèctrica, fonamentalment a partir de la capacitat d'adaptació de l'oferta, a un nou sistema on aquest ajustament continu entre oferta i demanda s'ha de gestionar de manera molt més complexa: mecanismes de flexibilitat de la demanda elèctrica, dispositius d'emmagatzematge a gran escala i amb diferents àmbits temporals (emmagatzematge diari, setmanal, estacional…), nivell alt d'interconnexió amb els sistemes veïns per importar/exportar energia en els moments de dèficit/superàvit de potència, etc.

- En una xarxa moderna dominada per l'energia eòlica i l'energia solar fotovoltaica amb el suport de l'emmagatzematge i les interconnexions amb sistemes veïns, els termes càrrega base o potència ferma s'han convertit en conceptes redundants.
  Això obliga també a desenvolupar estudis d'anàlisi de cobertura de la demanda més enllà de les situacions de punta i vall d'hivern i estiu. La nova configuració del sistema elèctric amb alta penetració de renovables i alta volatilitat exigeix analitzar les situacions amb elevats desajustaments entre generació i demanda, amb la finalitat d'avaluar la viabilitat de les solucions proposades.
- En aquest sentit, per avaluar la viabilitat d'un sistema elèctric català a l'horitzó 2050 proposat a la PROENCAT 2050, s'ha desenvolupat un complex sistema de simulació horària i s'han analitzat diverses alternatives. El parc de generació i d'emmagatzematge establert en el Cas 2 asseguraria la cobertura de la demanda d'energia elèctrica a Catalunya l'any 2050 amb un equilibri adequat entre el cost de generació, l'ocupació de territori, els vessaments d'energia, el volum dels intercanvis amb els sistemes elèctrics veïns, la potència disponible en el sistema i el volum d'emmagatzematge.
- Caldrà desenvolupar reforços a les xarxes de transport i distribució per assegurar que amb la solució de generació adoptada en el Cas 2, el subministrament es produirà amb els nivells de qualitat i fiabilitat exigibles. S'han estudiat els reforços necessaris i s'ha construït una proposta d'actuacions que compleix els criteris establerts pel que fa als nivells de sobrecàrrega de circuits, control de tensió i capacitat per suportar situacions en què es manifesten contingències.
- La viabilitat de l'electrificació plantejada per al 2050 dependrà del reforçament de les interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns i del reforçament de la xarxa interna d'aquests sistemes. Disposar d'un nivell suficient d'interconnexions és imprescindible perquè un sistema elèctric 100 % renovable a Catalunya sigui viable.
- S'ha estimat que, per a l'escenari contemplat en el Cas 2, les inversions necessàries per reforçar les xarxes elèctriques de transport i distribució són de 13.256 M€ en l'horitzó de 2050.
- El cost mitjà de generació en l'horitzó 2050 no serà gaire elevat, d'uns 52,5 €/MWh, però no estarà totalment cobert pel preu resultant d'un mercat marginalista en cap dels horitzons temporals.
  Per tant, cal plantejar l'evolució del mercat marginalista actual cap a un disseny de doble mercat, amb un mercat base amb contractes a llarg termini i un mercat de serveis d'ajust amb la doble vessant de curt i molt termini, i a mitjà i llarg termini, amb la possibilitat d'establir també contractació a termini en aquest darrer cas.
  A més, haurien d'establir-se mecanismes retributius de l'emmagatzematge per alinear la seva gestió d'acord amb la necessitat de cobertura de la demanda, particularment en aquells períodes amb menor disponibilitat de recursos renovables.
- A més a més d'assegurar la viabilitat del sistema elèctric futur, les interconnexions amb els sistemes veïns, l'emmagatzematge i la gestió de la flexibilitat de la demanda elèctrica també tenen un paper molt important en l'optimització del preu final de l'energia elèctrica.

Així, les interconnexions entre sistemes poden reduir el cost del subministrament quan la generació variable local està en nivells baixos. Igualment, la gran variabilitat dels preus horaris de generació posa en valor la importància de l'emmagatzematge a curt i mitjà termini. Però també poden tenir un efecte significatiu sobre el preu final de l'energia elèctrica les mesures de gestió que permetin el desplaçament de càrrega, per adaptar aquesta demanda a la producció d'energia eòlica i solar.

→ En el cas extrem de no poder comptar amb el suport dels sistemes veïns, en determinades hores de l'any no es podria cobrir la demanda malgrat que en altres hores es produirien uns vessaments d'energia molt elevats. Les solucions òptimes en termes tècnics i econòmics en aquest cas extrem són les següents: aconseguir un major nivell de coordinació amb els operadors dels sistemes veïns, disposar de prou capacitat d'interconnexió, augmentar la potència instal·lada i la capacitat d'emmagatzematge estacional, desplaçar el consum i reduir les puntes de demanda mitjançant mecanismes de gestió de la demanda, i establir contractes d'interrupció de subministrament amb grans consumidors o altres agents de la demanda.

→ Optar només per solucions regionals parcials complica la resolució dels desajustos estructurals estacionals entre l'oferta i la demanda dels sistemes elèctrics de futur, ja que cada sistema individual té limitacions intrínseques associades als seus propis patrons d'oferta i de demanda d'energia elèctrica. Per resoldre aquestes limitacions i planificar la transició energètica de manera òptima cal comptar amb una bona capacitat d'interconnexió amb les xarxes elèctriques veïnes i establir mecanismes de coordinació entre sistemes elèctrics en l'àmbit europeu.


5G
12:45
97
A
B
C
D
E
F
G

ÍNDEX DE TAULES

TAULA 1.1. Escenaris exploratoris de la PROENCAT 2030 14

TAULA 2.1. Procés legislatiu del paquet «Energia neta per a tots els europeus» 28

TAULA 2.2. Paràmetres principals dels escenaris considerats en l'estudi «In-depht analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773» 38

TAULA 2.3. Visió general dels escenaris considerats en l'estudi «In-depht analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773» 39

TAULA 3.1. Calendari de tancament de les centrals nuclears a Catalunya 61

TAULA 3.2. Evolució del percentatge dels combustibles aeris sostenibles 62

TAULA 3.3. Evolució de la intensitat d'emissió de GEH en el transport marítim 62

TAULA 5.1. Evolució dels principals factors econòmics i demogràfics dels escenaris en el període 2017-2050 144

TAULA 5.2. Consum total d'energia final per fonts d'energia en el període 2017-2050 147

TAULA 5.3. Variacions previstes en el consum d'energia, en els principals factors desencadenants del consum d'energia (PIB, VAB, habitatges principals) i en la intensitat energètica pels diversos sectors de consum d'energia final 149

TAULA 5.4. Evolució del pes de cada sector sobre el consum d'energia de l'escenari objectiu per al període 2017-2050 149

TAULA 5.5. Evolució del pes de les diferents formes d'energia final de l'escenari objectiu per al període 2017-2050 151

TAULA 5.6. Evolució del grau d'electrificació de la demanda energètica i del consum d'energia elèctrica entre el 2017 i el 2050 pels diversos sectors de l'escenari objectiu 152

TAULA 5.7. Potència elèctrica instal·lada a l'escenari objectiu en el període 2017-2050 (en MW) 154

TAULA 5.8. Producció bruta d'energia elèctrica en el període 2017-2050 (en GWh) 156

TAULA 5.9. Consums propis del sector energètic en l'escenari objectiu per al període 2017-2050 164

TAULA 5.10. Evolució del consum d'energia primària (sense usos no energètics) en el període 2017-2050 166

TAULA 5.11. Evolució de la producció d'energia primària per a l'escenari objectiu en el període 2017-2050 168

TAULA 5.12. Evolució de les emissions de CO_2 degudes a l'energia en l'escenari objectiu en el període 1990-2050. 171

TAULA 5.13. Evolució del CAPEX de les tecnologies generació i d'emmagatzematge d'electricitat 173

TAULA 5.14. Inversions estimades en generació i emmagatzematge d'electricitat per períodes 174

TAULA 5.15. Inversions estimades per al reforç de les xarxes de transport i distribució d'electricitat 175

TAULA 5.16. Inversions totals associades a la PROENCAT 2050 176

TAULA 6.1. Principis vertebradors de l'escenari objectiu de la PROENCAT 2050. 180

TAULA 6.2. Estratègies en l'àmbit energètic de la PROENCAT 2050 184

TAULA 6.3. Relacions de dependència i influència entre els principis vertebradors i les estratègies de la PROENCAT 2050 185

TAULA 6.4. Millora de la intensitat energètica per sectors 187

TAULA 6.5. Evolució del consum d'energia elèctrica per sectors en l'escenari objectiu (TWh) . . 189

TAULA 6.6. Inversions totals associades a la PROENCAT 2050 191

TAULA A.1. Trets principals dels models de la demanda energètica emprats. 207

TAULA B.1.1. Consum d'energia final per fonts d'energia a la indústria en el període 2017-2050 211

TAULA B.2.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector domèstic en el període 2017-2050 213

TAULA B.3.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector serveis en el període 2017-2050 216

TAULA B.4.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector transport en el període 2017-2050 218

TAULA B.4.2. Evolució del consum d'energia final en el transport terrestre en el període 2017-2050 220

TAULA B.4.3. Evolució del consum d'energia en el sector de l'aviació en el període 2017-2050 222

TAULA B.4.4. Evolució del consum d'energia en el sector del transport marítim de cabotatge en el període 2017-2050 224

TAULA B.5.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector primari en el període 2017-2050 226

TAULA C.2.1. Desagregació del sector primari per subsectors 229

TAULA C.3.1. Desagregació del sector industrial per subsectors 231

TAULA C.4.1. Desagregació del sector dels serveis per subsectors. 232

TAULA C.5.1. Desagregació del sector domèstic per subsectors 233

TAULA C.6.1. Desagregació del sector dels transports per subsectors 235

TAULA D.2.1. Evolució de la demanda total d'energia elèctrica en barra de consumidor final en l'escenari de referència i l'escenari objectiu 241

TAULA D.3.1. Potencial de generació d'energia elèctrica amb energies renovables a Catalunya. 246

TAULA D.3.2. Evolució de la potència de generació d'electricitat d'origen nuclear a Catalunya. 247

TAULA D.3.3. Evolució del nombre de grups i la potència de generació d'electricitat amb cicles combinats de gas natural a Catalunya 248

TAULA D.3.4. Nombre d'hores equivalents per a la generació eòlica terrestre en funció de la potència total instal·lada 249

TAULA D.3.5. Nombre d'hores equivalents per a la generació solar fotovoltaica a terra en funció de la potència total instal·lada 253

TAULA D.3.6. Potència instal·lada d'altres tecnologies tèrmiques de generació d'electricitat 255

TAULA D.4.1. Evolució de la capacitat d'interconnexió amb els sistemes elèctrics veïns. . . . 258

TAULA D.7.1. Evolució de la potència elèctrica i de l'emmagatzematge a Catalunya en el període 2017-2050 265

TAULA D.7.2. Evolució de la producció bruta d'energia elèctrica en el període 2017-2050 . . 267

TAULA D.7.3. Balanç d'energia elèctrica a Catalunya dels anys 2017, 2030, 2040 i 2050. . . . 268

TAULA D.7.4. Evolució del LCOE de les tecnologies de generació d'electricitat. 282

TAULA D.7.5. Evolució del LCOE de les tecnologies d'emmagatzematge d'electricitat 283

TAULA D.7.6. Evolució dels costos de generació d'electricitat per tecnologies en el Cas 2 . . . 284

TAULA D.7.7. Evolució dels costos totals de generació i del preu mitjà de generació en un mercat marginalista. 286

TAULA D.7.8. Paràmetres utilitzats per analitzar la viabilitat tècnica de la solució de cobertura de la demanda escollida 293

TAULA D.7.9. Inversions i cost anual de manteniment dels reforços de la xarxa elèctrica d'alta tensió 294

TAULA D.7.10. Estimació dels costos d'inversió totals en les xarxes elèctriques 294

TAULA D.7.11. Paràmetres i resultats de l'anàlisi dels reforçaments de la xarxa elèctrica en les situacions considerades 295

ÍNDEX DE FIGURES

FIGURA 4.1. Esquema de la governança per a la implantació de les energies renovables en el territori 119

FIGURA 4.2. Esquema per al desenvolupament del PLATER 120

FIGURA 5.1. Esquema simplificat del sistema energètic català per a l'any 2019 144

FIGURA 5.2. Consum total d'energia final per fonts d'energia en el període 2017-2050 146

FIGURA 5.3. Consum total d'energia final en els dos escenaris analitzats per al període 2017-2050 148

FIGURA 5.4. Consum total d'energia final per sectors de l'escenari objectiu en el període 2017-2050 150

FIGURA 5.5. Estructura del consum total d'energia final de l'escenari objectiu per formes d'energia en el període 2017-2050 151

FIGURA 5.6. Evolució del consum d'energia elèctrica entre 2017 i 2050 pels diversos sectors de l'escenari objectiu 152

FIGURA 5.7. Potència elèctrica instal·lada a l'escenari objectiu en el període 2017-2050 (en MW) 155

FIGURA 5.8. Producció bruta d'energia elèctrica en el període 2017-2050 (en GWh) 157

FIGURA 5.9. Consums propis del sector energètic en l'escenari objectiu per al període 2017-2050 163

FIGURA 5.10. Evolució del consum d'energia primària (sense usos no energètics) en el període 2017-2050 165

FIGURA 5.11. Evolució del consum d'energia primària (sense usos no energètics) a l'escenari objectiu per als anys 2017 i 2050 167

FIGURA 5.12. Evolució de la dependència energètica de Catalunya (sense usos no energètics) per a l'escenari objectiu en el període 2017-2050 169

FIGURA 5.13. Evolució de les emissions de CO_2 degudes a l'energia en el període 1990-2050 170

FIGURA 6.1. Evolució de les emissions de CO_2 d'origen energètic en els dos escenaris considerats 188

FIGURA B.1.1. Consum d'energia final per fonts d'energia a la indústria en el període 2017-2050 210

FIGURA B.2.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector domèstic en el període 2017-2050 212

FIGURA B.2.2. Previsió de l'evolució del nombre total d'habitatges rehabilitats en l'escenari objectiu 214

FIGURA B.3.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector serveis en el període 2017-2050 215

FIGURA B.4.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector transport en el període 2017-2050 217

FIGURA B.4.2. Evolució del consum d'energia final en el transport terrestre en el període 2017-2050 219

FIGURA B.4.3. Evolució de la mobilitat terrestre de persones (milions de persones per quilòmetre) en l'escenari objectiu en el període 2017-2050 221

FIGURA B.4.4. Evolució de la mobilitat terrestre de mercaderies (milions de tones per quilòmetre) en l'escenari objectiu en el període 2017-2050 221

FIGURA B.4.5. Evolució del consum d'energia en el sector de l'aviació en el període 2017-2050 222

FIGURA B.4.6. Evolució del consum d'energia en el sector del transport marítim de cabotatge en el període 2017-2050 224

FIGURA B.5.1. Consum d'energia final per fonts d'energia al sector primari en el període 2017-2050 225

FIGURA D.2.1. Comparació de la demanda total d'energia elèctrica a Catalunya en els escenaris de referència i objectiu 242

FIGURA D.2.2. Perfil horari mitjà dels diversos sectors en l'horitzó 2050 en el mes de setembre 243

FIGURA D.2.3. Evolució de les corbes horàries de consum total d'electricitat del mes de gener 244

FIGURA D.2.4. Mapa de la previsió del consum total d'energia elèctrica per comarques l'any 2050 (en GWh/any) 245

FIGURA D.3.1. Perfil horari normalitzat de producció eòlica d'una setmana del mes d'abril a les comarques de l'Alt Empordà, la Conca de Barberà i la Terra Alta 250

FIGURA D.3.2. Perfil horari normalitzat de la producció eòlica marina del mes de desembre a la zona 1 (Nord) 251

FIGURA D.3.3. Repartiment mensual de la producció eòlica a les comarques de l'Alt Empordà, la Conca de Barberà i la Terra Alta 252

FIGURA D.3.4. Repartiment mensual de la producció solar fotovoltaica a les comarques del Gironès, la Segarra i la Ribera d'Ebre 253

FIGURA D.3.5. Perfil horari normalitzat del mes de maig de la producció solar fotovoltaica de les comarques del Gironès, la Segarra i la Ribera d'Ebre 254

FIGURA D.6.1. Definició dels casos analitzats, segons la variació dels pesos relatius de la potència instal·lada de les tecnologies eòlica i solar fotovoltaica 263

FIGURA D.7.1. Repartiment de la producció neta d'energia elèctrica per tecnologies l'any 2050 269

FIGURA D.7.2. Despatx de generació derivat de la solució del Cas 2 (any 2050) (setmana de gener: punta d'hivern) 270

FIGURA D.7.3. Detall de l'operativa dels dispositius d'emmagatzematge de la solució del Cas 2 (any 2050) (setmana de gener: punta d'hivern). 271

FIGURA D.7.4. Despatx de generació derivat de la solució del Cas 2 (any 2050) (setmana de juliol: punta d'estiu) 272

FIGURA D.7.5. Detall de l'operativa dels dispositius d'emmagatzematge de la solució del Cas 2 (any 2050) (setmana de juliol: punta d'estiu). 273

FIGURA D.7.6. Distribució per estrats d'energia del nombre d'hores a l'any en què hi hauria vessaments l'any 2050 amb la solució adoptada del Cas 2. 275

FIGURA D.7.7. Distribució mensual dels superàvits l'any 2050 amb la solució adoptada pel Cas 2 275

FIGURA D.7.8. Distribució mensual de la producció mitjana a Catalunya de les tecnologies eòliques terrestre i marina, i solar fotovoltaica a terra 277

FIGURA D.7.9. Distribució horària de la producció mitjana a Catalunya de les tecnologies eòliques terrestre i marina, i solar fotovoltaica a terra el mes de juny 278

FIGURA D.7.10. Distribució horària de la producció mitjana a Catalunya de les tecnologies eòliques terrestre i marina, i solar fotovoltaica a terra el mes de desembre 279

FIGURA D.7.11. Comparació de la producció específica (MWh/ha) de les tecnologies eòlica terrestre i fotovoltaica a terra 281

FIGURA D.7.12. Comparació de la producció mitjana diària d'un sistema solar fotovoltaic amb inclinació òptima per a cada mes de l'any entre Catalunya (Terrassa) i Alemanya (Frankfurt). 281

FIGURA D.7.13. Evolució del LCOE de les diferents tecnologies de generació d'energia elèctrica en l'horitzó 2050 283

FIGURA D.7.14. Evolució del repartiment del cost de generació del sistema elèctric per tecnologies 285

FIGURA D.7.15. Efecte del desplaçament d'un 30 % de la demanda del període tarifari 1 al 2 . . 287

FIGURA D.7.16. Àrees de treball per a la solució dels dèficits de cobertura i principals eines disponibles 288

FIGURA D.7.17. Funció inversa de distribució dels dèficits horaris d'energia elèctrica en el cas E, sense interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns. 290

FIGURA D.7.18. Funció inversa de distribució dels vessaments horaris d'energia elèctrica en el cas E, sense interconnexions amb els sistemes elèctrics veïns 291

FIGURA D.7.19. Distribució de l'ocupació de les línies de 400 kW i de 110-132 kV en la punta d'hivern. 296

Generalitat
de Catalunya