

# La Transició Energètica a Catalunya (2017-2023)

Estudiant: Martí Brugué Alemany

Tutora: Laura Serra Saurina

Data: 4 de Maig de 2023

Treball Final de Grau

---

Estudis: Doble titulació GETI-ADE

Curs: 2022-2023

## CONTINGUT

1	Introducció .....	3
1.1	Història.....	4
1.2	Actualitat .....	6
2	Objectiu .....	6
3	Metodologia.....	7
3.1	Fonts de dades.....	7
3.2	Variables.....	7
3.2.1	Variables sobre el transport.....	8
3.2.2	Variables econòmiques .....	9
3.2.3	Variables específiques del municipi .....	9
3.2.4	Variables sobre el consum energètic .....	9
3.2.5	Variables sobre l'autoconsum .....	10
3.3	Mètodes estadístics .....	10
4	Avaluació Inicial.....	11
4.1	Distribució dels vehicles a Catalunya.....	11
4.2	Nivell de renda .....	13
4.3	Consum energètic per sectors .....	14
4.4	Autoconsum .....	14
5	Modelització del sistema.....	16
5.1	Model sobre els vehicles de baixes emissions .....	16
5.1.1	Resultat.....	16
5.1.2	Valoració .....	20
5.2	Model sobre el nombre d'instal·lacions d'autoconsum.....	22
5.2.1	Resultat .....	22
5.2.2	Valoració .....	25
6	Conclusió .....	27
7	Bibliografia .....	29
8	Annexos .....	32

## 1 INTRODUCCIÓ

L'energia és un dels principals pilars de l'economia i el desenvolupament tecnològic modern. Al llarg de la història, arrel del creixement de la demanda energètica a nivell global, s'han produït importants canvis sobre el model energètic de cada regió per poder fer front a aquests reptes d'abastiment.

Tal i com s'exposa en l'article (Cozzi, L., et al., 2022) realitzat per la Agència Internacional de l'Energia, s'espera que el creixement de la demanda energètica s'acceleri a partir d'aquest 2023. Aquest creixement s'espera que passi d'un 2,6% al 2023 a un 3,2% entre 2024 i 2025. Uns valors més elevats que els observats durant el període de pre-pandèmia que eren del 2,4% entre el 2015 i 2019. Aquest increment es deu especialment als països asiàtics i, concretament, a la Xina. El gegant asiàtic és responsable de gairebé la tercera part de la demanda global d'electricitat. A llarg termini, s'espera que tant la Xina com la Índia experimentin un creixement anual del 5,2% i del 5,6%, respectivament.

El creixement de la demanda elèctrica a Europa és considerablement menor respecte la Xina i Índia. Durant el 2022 la demanda fins i tot va disminuir un 3,5% degut a l'augment dels preus, l'eliminació de la demanda d'indústries intensives en electricitat, mesures d'estalvi d'energia i un hivern suau que ha contribuït al descens de la demanda. Tot i això, s'espera un creixement mitjà del 1,4% entre 2023 i 2025 (Cozzi, L., et al., 2022).

Tal i com es presenta en un informe elaborat per *Renewable Energies Agency* i *Berlin Energy Transition Dialogue* (Renewable Energies Agency & BETD, 2022), el conflicte a Ucraïna ha emfatitzat la gran dependència energètica dels països europeus. Alemanya, país punter en tecnologia i de fort desenvolupament econòmic, pretén fer front a aquesta dependència potenciant la generació d'energia elèctrica a partir de fonts renovables com la eòlica o la solar. Tot i això, com defensen els autors, assolir aquest escenari requereix un model energètic madur que sigui viable dins el mercat energètic alemany.

Tots aquests canvis venen marcats per una sèrie de factors que mostren la viabilitat de les fonts de subministrament energètiques. Tal i com es puntualitza en un informe elaborat per el Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (Pinós Jorba, LL., et al., 2022): "Quan s'analitza qualsevol qüestió relacionada amb l'energia, s'ha de fer des de tres punts de vista: garantia de subministrament, economia i preu, i impacte mediambiental i social". Per tant, adaptar el sistema energètic a les lleis i reglaments actuals cada vegada és més complex.

Pel que fa al territori de Catalunya, l'any 2017 el Parlament de Catalunya juntament amb el Pacte Nacional per la Transició Energètica (PNTE) (ICAEN, 2017), van aprovar la Llei 16/2017 del canvi climàtic. Aquesta llei estableix uns objectius energètics i uns límits d'emissions de cares als propers anys per aconseguir un model energètic sostenible i compromès amb l'entorn.

Segons l'Institut Català d'Energia (ICAEN, 2017), els objectius definits a llarg termini són els següents:

- Model energètic basat al 100% en les energies renovables desitjablement a l'horitzó 2050.
- Compliment dels objectius del nou Paquet “*Clean Energy for All Europeans*” de la UE:
  - 27% del consum “brut” d'energia final i el 50% del mix elèctric ha de ser renovable.
  - 30% d'eficiència energètica en relació a les projeccions de futur.
  - 40% de reducció d'emissions de Gasos d'Efecte Hivernacle (GEH) del sector energètic en relació a 1990.

Per tant, l'abandonament de l'energia nuclear, la reducció de la dependència dels recursos fòssils o la creació d'un marc normatiu i impositiu favorable a la transició energètica són alguns exemples del que han de permetre els objectius anteriors.

Totes aquestes mesures van més enllà del territori català i espanyol. Tant la Unió Europea com la resta de països europeus també han impulsat un seguit d'alternatives que aposten per a una transició energètica de forma comunitària. La limitació d'emissions del transport aeri i marítim, la reducció de les emissions màximes de les indústries, els acords sobre potenciar les fonts d'energia renovables i els incentius públics a utilitzar vehicles de baixes emissions, són algunes mesures que es recullen dins el document anomenat “Objectiu 55”. Aquest document confeccionat per la Unió Europea (20 d'abril de 2023), vetlla per reduir en almenys un 55% les emissions de gasos d'efecte hivernacle de cares a 2030. L'objectiu final d'aquestes regulacions és assolir un futur descarbonitzat i respectuós amb el medi ambient. Tot i això, l'execució d'aquestes mesures suposa grans inversions per part de l'estat i, per tant, cada país controla i gestiona els recursos que té a l'abast per tal d'optimitzar aquest procés.

## **1.1 Història**

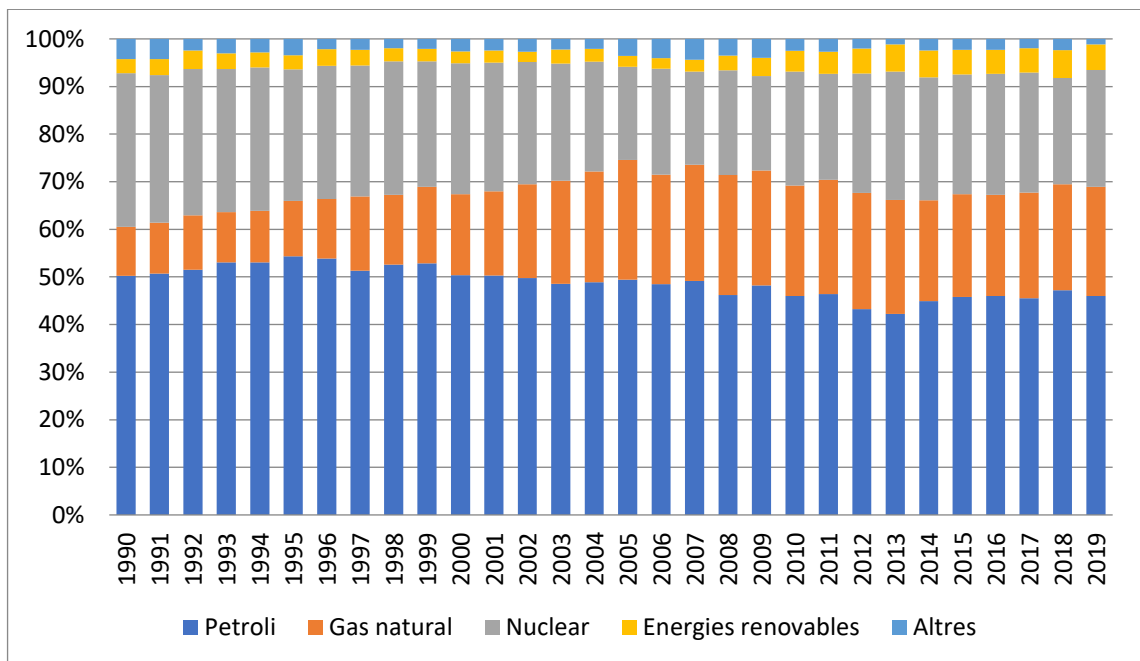
La transició energètica sorgeix com a instrument per a fer front als problemes mediambientals que provenen de la combustió de combustibles fòssils per a l'obtenció d'energia. Des dels inicis de la revolució industrial, la dependència d'aquests recursos per a la generació d'energia ha augmentat de forma global i, paral·lelament, la situació mediambiental ha empitjorat.

Durant el segle XX, (Pinós Jorba, LL., et al., 2022) Catalunya ha estat un territori pioner en el desenvolupament de noves fonts energètiques. Totes aquestes innovacions van estar motivades pel fort desenvolupament industrial i pel creixement de la demanda elèctrica que s'estava produint al mateix temps (sobretot en el sector tèxtil).

D'entre aquestes innovacions, el sorgiment del transport d'electricitat mitjançant el corrent altern, va permetre construir dues centrals hidroelèctriques a Catalunya durant les dues primeres dècades del segle XIX: la central de la Torre de Capdella i la de Serós (Galgoells, B.V., 2013). En vista dels bons resultats que s'obtenien, es va seguir apostant per aquest tipus de centrals fins arribar a assolir un total de 38 centrals hidroelèctriques a Catalunya l'any 2003.

Ja a finals del segle XX, al voltant de la dècada dels 80, es van construir les primeres centrals nuclears a Catalunya: la central d'Ascó, Cofrents i Vandellòs. Paral·lelament, també es van introduir altres centrals energètiques renovables a part de les hidroelèctriques com: aerogeneradors, instal·lacions fotovoltaïques i fàbriques de captadors solars tèrmics. Malauradament, aquests avenços no van arribar a suposar un canvi sobre el nivell de dependència dels recursos fòssils:

**Gràfic 1:** Estructura del consum d'energia primària a Catalunya (%)



Font: Institut Català de l'Energia (ICAEN), 2020

Com es pot observar en el Gràfic 1, al llarg dels anys el consum del petroli representa prop del 50% del total de l'energia primària consumida. Cal destacar que, respecte l'any 1990, l'ús del gas natural s'ha duplicat mentre que la dependència d'energia nuclear s'ha reduït. Pel que fa a les fonts renovables, encara que a voltants del 2012 experimenten un petit creixement, el seu consum no representa ni el 10% del total. Finalment, l'ús d'altres recursos com el carbó, no engloben ni el 3% del consum total al 2019.

Aquesta dependència dels recursos fòssils permet entendre la preocupació dels experts mediambientals en front al canvi climàtic. Segons Jorge Morales de Labra, vicepresident de la *Fundación Renovables*: "La inquietant evolució dels paràmetres vinculats al canvi climàtic ens

impedeix relaxar-nos. Per a mitjans del segle XXI hauríem de comptar amb un sistema energètic pràcticament descarbonitzat si volem mantenir la temperatura del planeta en valors compatibles amb l'existència a llarg termini de la nostra espècie, tal com la coneixem a dia d'avui”.

Ja als inicis del segle XXI, es comencen a desenvolupar les primeres mesures per implantar un nou model energètic, que permeti minimitzar l'impacte que poden provocar les emissions de gasos a llarg termini. A partir d'aquí, les principals autoritats globals realitzen un seguiment continu de l'evolució dels principals indicadors energètics per poder plantejar diferents escenaris futurs derivats del pla de Transició Energètica. Com s'exposa en un estudi realitzat per MITECO (MITECO, 2020) sobre l'estratègia de descarbonització a llarg termini, existeix un escenari tendencial on l'evolució de la dependència energètica pràcticament no es reduiria de cares a 2050. Per contra, es proposa un escenari alternatiu de neutralitat climàtica on es reduiria de forma dràstica la dependència energètica entre l'any 2030 i el 2050, gràcies a les mesures promulgades dins el document “Objectiu 55”.

## **1.2 Actualitat**

Actualment es poden observar els primers avenços de la transició energètica. Entre els sectors de consum energètic, el sector del transport és dels que ha experimentat més canvis. La forta dependència dels carburants com la gasolina i el gasoil, provoca que els governs apliquin mesures restrictives per incentivar l'ús del vehicle elèctric. Segons l'ICAEN, en els últims 3 anys hi ha hagut un total de 28.364 matriculacions de vehicles elèctrics a Catalunya. A més, la UE pretén prohibir la venda de vehicles nous de combustió a partir del 2035.

Durant els darrers anys, arreu d'Espanya s'ha disparat el nombre d'instal·lacions d'autoconsum tant de particulars com d'empreses, especialment les fotovoltaïques. Aquest fet és fruit de diferents factors com: l'encariment del preu de l'electricitat, l'encariment del gas a causa de la tensió internacional entre Rússia i Ucraïna (Renewable Energies Agency & BETD, 2022), les subvencions que ofereix l'estat i el nombre d'hores de sol que disposa Espanya respecte la resta de països, entre d'altres.

## **2 OBJECTIU**

La finalitat d'aquest estudi és analitzar els principals paràmetres que intervenen en la Transició Energètica a Catalunya des del 2017. Concretament, aquest treball mostra quines variables tenen influència sobre el nombre total de vehicles elèctrics i híbrids que han estat matriculats durant els darrers sis anys a cada municipi català. De la mateixa manera, s'exposen els principals factors que afavoreixen a l'increment del nombre d'instal·lacions d'autoconsum a cada municipi de Catalunya.

### 3 METODOLOGIA

L'estudi es construeix a partir de l'anàlisi numèrica de les principals variables que intervenen directa o indirectament en el desenvolupament del nou model energètic.

A partir d'aquí, s'han utilitzat models matemàtics i estadístics per determinar la correlació entre les diferents variables proposades, així com la rellevància que tenen dins el model. A més, en tot moment s'ha realitzat una valoració qualitativa dels resultats obtinguts per extreure'n les conclusions necessàries.

#### 3.1 Fonts de dades

Les dades utilitzades en aquest estudi s'han obtingut a partir de l'Institut Nacional d'Estadística (INE) o l'Institut d'Estadística de Catalunya (IdEsCat) que proporcionen informació i estadístics sobre demografia, salut, educació, economia o indústria, entre d'altres.

La informació referent al transport i les matriculacions de vehicles s'ha extret de la Direcció General de Trànsit (DGT). Aquesta institució nacional proporciona dades obertes al públic sobre parcs de vehicles, matriculacions, nombre de conductors i altra informació rellevant sobre la mobilitat. A partir d'aquí, s'han filtrat les dades per tipus de vehicles, tipus de carburant, regió municipal de matriculació i any de matriculació.

Tot i això, aquelles dades més específiques sobre l'energia i el medi ambient s'han extret de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) així com del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya. Aquestes institucions tenen com a missió promoure la transició energètica cap a un model descarbonitzat, democràtic, inclusiu i basat en l'eficiència energètica i la generació renovable. Com és el cas de l'ICAEN, disposa d'un portal de dades obertes al públic susceptibles de ser utilitzades per tercers. Algunes d'aquestes incorporen arxius estadístics i informes valoratius que s'actualitzen periòdicament.

El conjunt de dades extretes són a nivell municipal i s'han agrupat dins un mateix document en format *comma separated values (.csv)*. D'aquesta manera, s'ha pogut treballar amb la mateixa base de dades en diferents programes estadístics.

#### 3.2 Variables

A partir de les principals fonts d'informació estadística de l'estat espanyol i del territori català, s'han pres dades sobre cada municipi de Catalunya. D'aquesta manera, es disposa de suficient informació per elaborar un conjunt de models que permetin obtenir les conclusions adients.

### 3.2.1 Variables sobre el transport

A partir de la base de dades de la Direcció General de Trànsit del Ministeri de l'Interior (DGT) i elaborades per el Nació Digital, s'han extret les següents dades (Taula 1) sobre el nombre de vehicles de baixes emissions que s'han matriculat a cada municipi de Catalunya des del 2017 fins el 2023.

**Taula 1:** Variables sobre el transport

<b>Nom</b>	<b>Descripció</b>
<b>electrics(any)</b>	Nombre de vehicles elèctrics matriculats cada any.
<b>electricstotal</b>	Nombre total de vehicles elèctrics matriculats des del 2017 fins el 2023.
<b>hibridsdiesel(any)</b>	Nombre de vehicles dièsel/elèctrics matriculats cada any.
<b>hibridsdieseltotal</b>	Nombre total de vehicles dièsel/elèctrics matriculats des del 2017 fins el 2023.
<b>hibridsgasolina(any)</b>	Nombre de vehicles gasolina/elèctrics matriculats cada any.
<b>hibridsgasolinatotal</b>	Nombre total de vehicles dièsel/elèctrics matriculats des del 2017 fins el 2023.
<b>hibridstotal</b>	Nombre total de vehicles dièsel/elèctrics i gasolina/elèctrics del 2017 fins el 2023.
<b>electricshibridstotal</b>	Nombre total de vehicles elèctrics i híbrids del 2017 fins el 2023.
<b>conductors</b>	Nombre de conductors dins el municipi.
<b>comarca</b>	Comarca del municipi.

Font: Elaboració pròpia.



### 3.2.2 Variables econòmiques

Un aspecte rellevant que s’ha de tenir en compte durant l’estudi és el nivell de renda mitjana de cada municipi. A partir de la base de dades de l’Institut Nacional d’Estadística (INE), s’han obtingut aquestes dades (Taula 2) des del 2015 fins el 2020.

**Taula 2:** Variables econòmiques

Nom	Descripció
<b>rendamitja(any)</b>	Renda mitjana del municipi en euros.
<b>rendamitjaperfamilia(any)</b>	Renda mitjana de les famílies del municipi en euros.

Font: Elaboració pròpia.

### 3.2.3 Variables específiques del municipi

Mitjançant el portal de dades de l’Institut d’Estadística de Catalunya (IDESCAT) s’ha obtingut informació específica de cada municipi al 2022 (Taula 3).

**Taula 3:** Variables específiques sobre el municipi

Nom	Descripció
<b>poblacio(any)</b>	Població total del municipi des del 2020 fins el 2022.
<b>superficie</b>	Superfície total que ocupa el municipi en km <sup>2</sup> .
<b>altitud</b>	Altitud on es troba situat el municipi en metres.

Font: Elaboració pròpia.

### 3.2.4 Variables sobre el consum energètic

També és convenient determinar quins sectors de la societat presenten un consum energètic més elevat dins de cada municipi. Per tant, des del departament d’Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya, s’ha extret informació sobre la quantitat d’energia elèctrica consumida per municipis i sectors des de l’any 2013 fins el 2020 (Taula 4).

**Taula 4:** Variables sobre el consum energètic

<b>Nom</b>	<b>Descripció</b>
<b>consumelectricsectorprimariany(any)</b>	Consum elèctric en kWh del sector primari.
<b>consumelectricsectorindustrialany(any)</b>	Consum elèctric en kWh del sector industrial.
<b>consumelectricconstruccioiobrespublicuesany(any)</b>	Consum elèctric en kWh del sector constructor.
<b>consumelectricsectorterciariany(any)</b>	Consum elèctric en kWh del sector serveis.
<b>consumelectricsectordomesticany(any)</b>	Consum elèctric en kWh del sector domèstic.

Font: Elaboració pròpia.

### 3.2.5 Variables sobre l'autoconsum

Finalment, l'últim paràmetre que s'ha tingut en compte és el nombre d'instal·lacions d'autoconsum que hi ha a cada municipi. En aquest cas, a partir del Registre d'Autoconsum de Catalunya (RAC) realitzat i actualitzat per la Generalitat de Catalunya, s'ha obtingut el nombre total d'instal·lacions fotovoltaïques que es van posar en funcionament des del 2019 fins el 2022 (Taula 5).

**Taula 5:** Variables sobre l'autoconsum

<b>Nom</b>	<b>Descripció</b>
<b>nombreinstalacionsfoto(any)</b>	Nombre total d'instal·lacions fotovoltaïques que es van posar en marxa durant l'any.
<b>nombreretotalinstalacionsfoto</b>	Nombre total d'instal·lacions des del 2019 fins el 2022.

Font: Elaboració pròpia.

## 3.3 Mètodes estadístics

Com s'ha mencionat anteriorment, el conjunt de dades obtingut s'ha introduït en diferents programes estadístics per construir els gràfics i models utilitzats durant l'estudi. Tot i això, el principal programa que s'ha emprat per analitzar les dades i construir els gràfics de tendències és l'*Excel*.

Els mapes estadístics que figuren al llarg de l'estudi han estat realitzats mitjançant el *Quantum GIS* (QGIS). Es tracta d'un programa de visualització, edició i anàlisi de dades que conforma un sistema d'informació geogràfica (SIG). Es tracta de programari de codi lliure i multiplataforma, és a dir que es pot modificar i descarregar lliurement i es pot utilitzar amb diversos sistemes operatius.

El programa inclou una sèrie de llibreries o *plugins* que permeten treballar amb una gran varietat de mapes. D'entre aquest *plugins*, l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICGC) ha posat a disposició un *plugin* que inclou cerques espacials de topònims, carrers, carreteres, coordenades en diferents sistemes de referència, càrrega de dades de capes base, accés a la fototeca històrica i descàrrega de diferents productes vectorials i ràster.

Finalment, s'ha utilitzat l'R studio per construir els models estadístics que correlacionen les diferents variables del conjunt. Concretament, s'han utilitzat models de regressió lineals múltiples i contrastos de models per arribar a les conclusions adients.

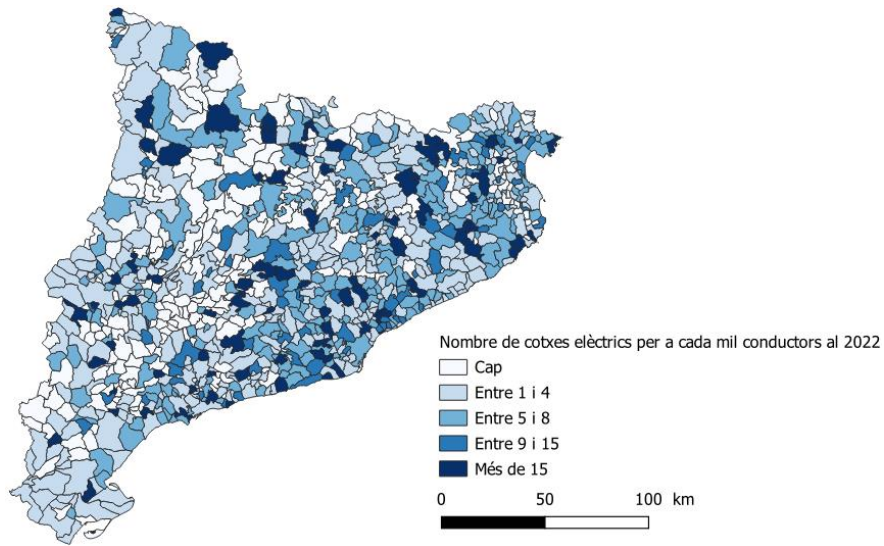
## 4 AVALUACIÓ INICIAL

Abans de construir els models necessaris per valorar quines variables són les més rellevants, s'ha fet una anàlisi exploratòria sobre les variables d'interès. D'aquesta manera, es té una idea de quines variables poden tenir una major influència sobre els models que s'han construït posteriorment.

### 4.1 Distribució dels vehicles a Catalunya

Segons el conjunt de dades que es disposa, si ens fixem en l'evolució del nombre de cotxes elèctrics al llarg dels últims anys, trobem que entre el 2019 i 2021 el nombre d'aquest tipus de vehicle s'ha multiplicat per gairebé 3. A més, el mateix dia que la Unió Europea ha prohibit els cotxes de combustió a partir de 2035, també ha acordat instal·lar estacions de càrrega elèctrica cada 60 quilòmetres per a cotxes, i cada 120 quilòmetres per a camions. Per tant, la finalitat d'aquestes mesures és seguir potenciant l'ús del vehicle elèctric.

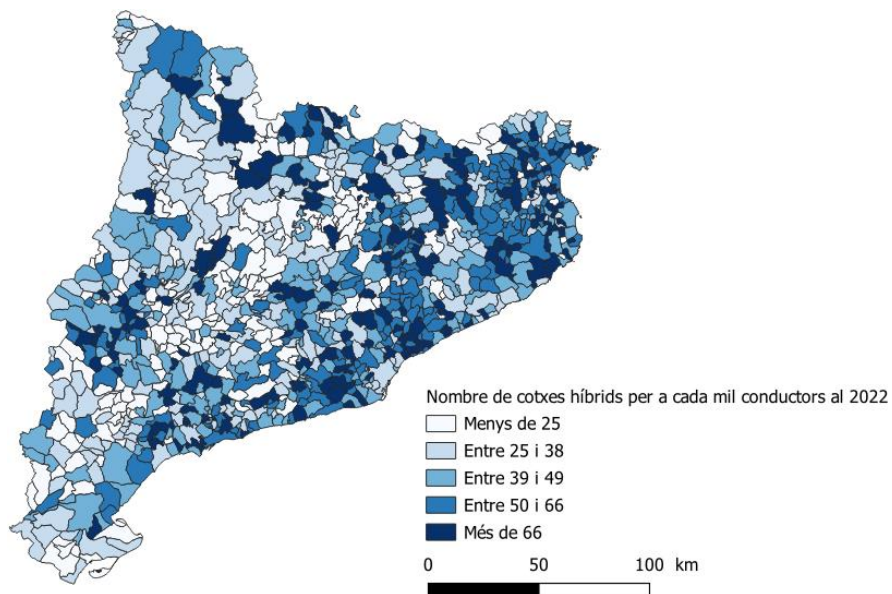
**Gràfic 2:** Nombre de cotxes elèctrics per a cada mil conductors al 2022.



Font: Elaboració pròpia a partir del QGIS. Dades extretes de l'ICAEN.

El Gràfic 2 mostra la quantitat de cotxes elèctrics per a cada mil conductors en cada municipi al 2022. A grans trets, s'observa que el vehicle 100% elèctric encara és molt poc comú entre els municipis catalans. A més, no s'observa cap regió que destaquï per sobre del resta en aquests termes. Tot i això, els municipis del nord de Catalunya i, especialment, de la província de Barcelona són els que presenten un major nombre de vehicles elèctrics per a cada mil conductors. Aquest fet és degut en bona part a les restriccions de zones de baixes emissions (ZBE), instaurades a les rondes de Barcelona. D'altra banda, hi ha encara molt municipis que no compten amb cap cotxe elèctric, com és el cas d'aquells municipis més rurals de la part interior i sud de Catalunya.

**Gràfic 3:** Nombre de vehicles híbrids per a cada mil conductors al 2022.



Font: Elaboració pròpia a partir del QGIS. Dades extretes de l'ICAEN.

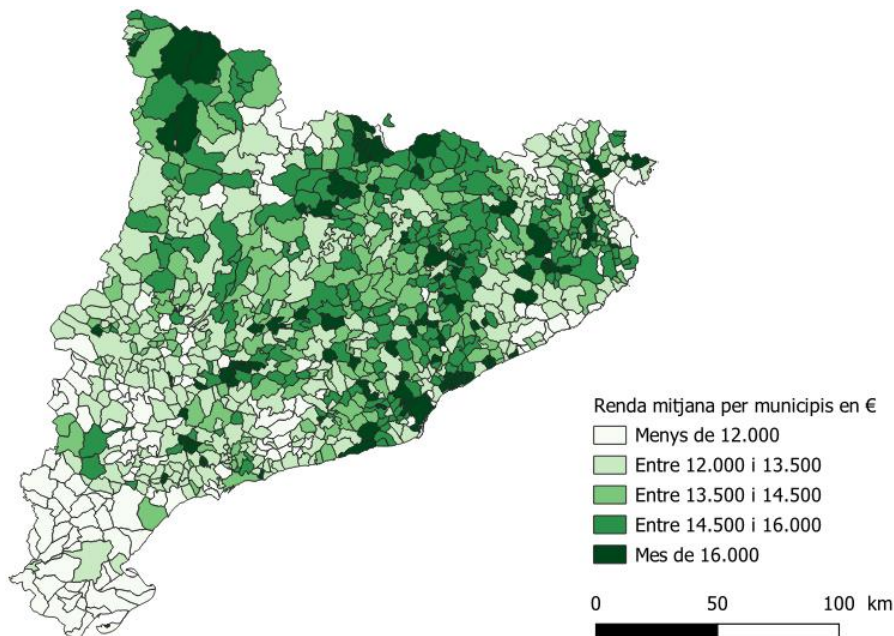
El Gràfic 3 mostra el nombre de vehicles híbrids per a cada mil conductors en cada municipi al 2022. Com es pot observar, la distribució és semblant a la dels cotxes elèctrics però, en aquest cas, aquets vehicles presenten una major representació en les comarques de l'est del territori.

#### 4.2 Nivell de renda

També és convenient analitzar en quin punt es troba la distribució de la renda arreu dels municipis de Catalunya. En general, entre el 2015 i el 2020 el nivell de renda mitjà per persona i per família ha augmentat un 21% aproximadament. Tot i això, aquest increment en la renda ha estat acompanyat d'un creixement en el nivell dels preus. Segons l'Institut Nacional d'Estadística (INE), la variació percentual de l'Índex de Preus de Consum (IPC) entre el gener del 2015 i el gener del 2021 va ser del 5,6% a Catalunya. Per tant, es pot comprovar que l'increment de la renda va ser major que el dels preus.

El Gràfic 4 mostra els municipis que van presentar un major nivell de renda durant l'any 2021. Com es pot observar, els territoris situats a la província de Barcelona, nord-oest i comarques centrals de la província de Girona van gaudir d'un major nivell de renda. Per contra, els municipis de la província de Tarragona són els que van obtenir un menor nivell de renda de mitjana.

**Gràfic 4:** Renda mitjana anual per municipi al 2020.



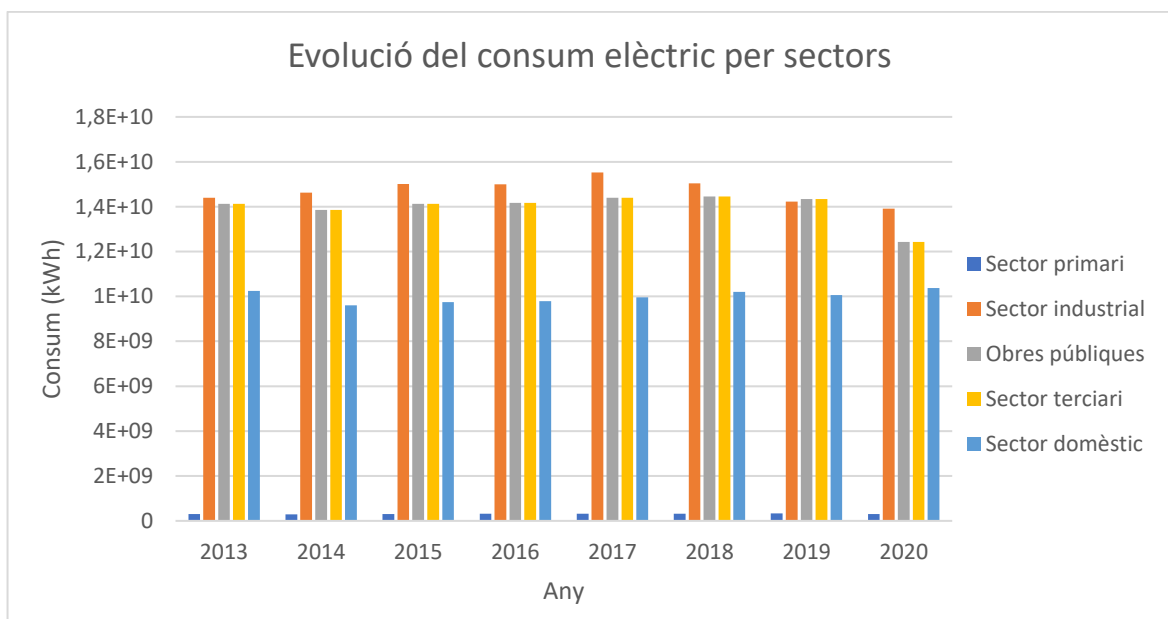
Font: Elaboració pròpia a partir del QGIS. Dades extretes de l'INE.

### 4.3 Consum energètic per sectors

El nivell de consum energètic de cada sector de la societat es mostra en el Gràfic 5. Com es pot observar, el sector secundari o industrial és el que presenta una major demanda energètica, seguit del sector de la construcció i obres públiques i el sector terciari o serveis. El sector domèstic també acumula bona part del consum total d'electricitat, però a uns nivells menors respecte els tres àmbits anteriors. Finalment, el sector primari és el que presenta una menor demanda energètica.

Encara que la quantitat d'energia utilitzada en cada sector sigui diferent, s'observa que durant els darrers anys els nivells de demanda s'han mantingut constants en tots cinc àmbits.

**Gràfic 5:** Evolució del consum elèctric per sectors a Catalunya.



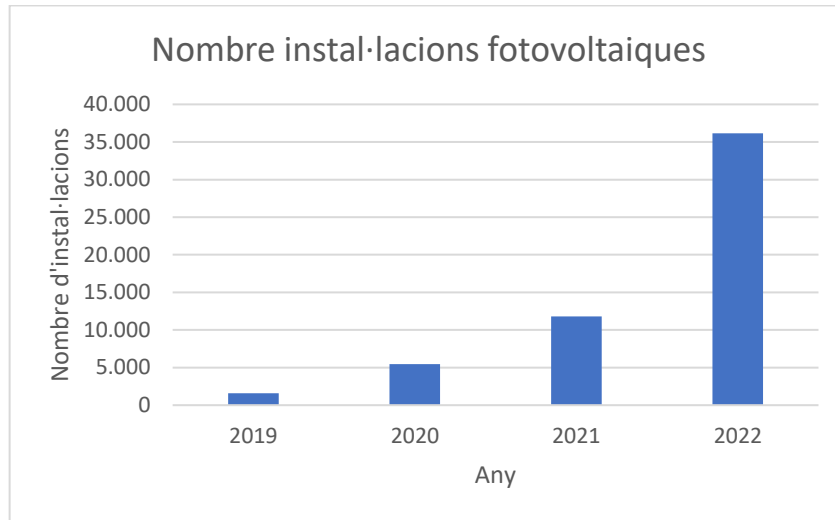
Font: Institut Català de l'Energia (ICAEN).

### 4.4 Autoconsum

Com s'ha mencionat anteriorment, el nombre d'instal·lacions fotovoltaïques s'ha disparat arreu dels països europeus. A Catalunya, durant els darrers quatre anys s'han introduït un total de 54.983 instal·lacions solars. El ritme de creixement d'aquestes instal·lacions es pot veure en el Gràfic 6.

Durant el 2022 es van instal·lar més del triple d'instal·lacions d'autoconsum respecte l'any anterior. Aquest fet no és d'estranyar, com es destaca en una nota de premsa realitzada pel Ministeri per a la Transició Ecològica (juny del 2021), durant el 2021 el govern espanyol va aprovar un conjunt de programes i subvencions destinades a impulsar l'energia renovable.

**Gràfic 6:** Evolució del nombre d'instal·lacions fotovoltaïques instal·lades durant cada any a Catalunya.



Font: Elaboració pròpia. Dades extretes de l'ICAEN.

Cal destacar que la major part d'aquestes instal·lacions no permeten tenir una independència energètica total, ja que l'electricitat generada per aquestes no sempre és suficient per a satisfer la demanda de l'usuari. En altres paraules, encara hi ha una forta dependència de l'electricitat subministrada per la xarxa elèctrica pública i, consegüentment, de les principals fonts d'energia actuals com la nuclear. A més, segons un article escrit per *EuroNews* (2022), degut a l'actual crisi de l'aigua derivada de la sequera, bona part de l'energia provinent de centrals hidroelèctriques ha caigut dràsticament. Així mateix, com explica Ángel García, director dels centres de control de producció d'Endesa, “Hay que remontarse a 1989 para encontrar una producción tan baja como la que hemos acumulado este año del 1 de enero al 31 de julio (de 2022)”.

## 5 MODELITZACIÓ DEL SISTEMA

### 5.1 Model sobre els vehicles de baixes emissions

Inicialment, s'ha construït un model per determinar quins són els factors que es consideren significatius a l'hora d'estudiar la quantitat total de vehicles elèctrics i parcialment elèctrics (híbrids), que s'han matriculat des del 2017 fins el 2023.

#### 5.1.1 Resultat

Abans de res, amb la finalitat d'elaborar un model amb bona exactitud, s'ometran aquelles mostres atípiques o que puguin tenir una gran influència sobre el model. Comparativament parlant, el municipi de Barcelona presenta unes xifres de vehicles elèctrics i híbrids molt majors que la resta de municipis catalans. Per tant, a l'hora de construir els models estadístics no es tindrà en compte aquest municipi i, conseqüentment, s'utilitzarà una base de dades on no figurin les seves dades.

Una primera aproximació del model correspon al següent model lineal:

**Il·lustració 1:** Codi R del model lineal 1.

```
dades<-Dades_completes_sense_bcn[]
attach(dades)
model1<-lm(electricshibridstotal~nombreretotalinstalacionsfoto+rendanetamitja2020+
           consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020
           +consumelectricsectorindustrialany2020+consumelectricsectordomesticany2020+
           consumelectricsectorterciariany2020+conductors,na.action=na.exclude)
summary(model1)
```

Font: Elaboració pròpia mitjançant l'R studio.

En el fragment de codi que es mostra en la Il·lustració 1, es poden observar el conjunt de variables explicatives que s'han tingut en compte en aquest primer model. Es vol estudiar la quantitat total de cotxes elèctrics i híbrids a partir de variables com: la quantitat de instal·lacions d'autoconsum, la renda mitjana, el consum elèctric i el nombre de conductors. Cal remarcar que, tant de la renda mitjana com del consum elèctric per sectors de cada municipi, s'han utilitzat les dades de l'últim any que es disposa.

Tal i com mostra la Taula 1 dels annexes, prenent un risc del 5%, s'observa que totes les variables són estadísticament significatives ja que tenen un p-valor inferior a 0,05. Pel que fa el nivell d'ajust, el model1 presenta una bondat d'ajust bona ja que el valor del paràmetre  $R^2$  és de 0,8628.

Una altra variable rellevant que pot tenir influència sobre el model és la variable *comarca*. És a dir, a continuació analitzarem si el fet de pertànyer a una comarca o en una altra té influència sobre el nombre de vehicles elèctrics i híbrids matriculats.



En aquest cas, com que es tracta d'una variable qualitativa politòmica, dins el model es crearan tantes variables fictícies com categories té la variable menys una. La variable *comarca* té un nombre de categories igual al nombre de comarques de Catalunya. Com que el llistat de comarques està ordenat alfabèticament, la categoria de referència correspon a la comarca de l'Alt Camp.

A diferència de les variables quantitatives, per contrastar la significació d'aquest paràmetre cal utilitzar un contrast de models ennierrats. La hipòtesis nul·la és que el nombre de cotxes elèctrics matriculats a cada municipi és independent de la comarca. Per contra, l'alternativa és que el factor comarca influeix sobre el nombre de cotxes matriculats.

$$H_0: \beta_5 = \beta_2 = \dots = \beta_{45} = 0$$

$$H_1: \beta_5 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_{45} \neq 0$$

Per poder contrastar la significació d'aquesta variable, s'ha introduït un model (model2) exactament igual que l'anterior (model1) però que a més contingui la variable comarca. Mitjançant la comanda *anova(model1,model2)* s'ha realitzat el contrast de models ennierrats i s'ha obtingut el següent resultat:

**Taula 6:** Resultat del contrast ANOVA.

	<b>Res. Df</b>	<b>RSS</b>	<b>Df</b>	<b>Sum of Sq</b>	<b>F</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
1	938	10447687				
2	897	9722875	41	724812	1.6309	<b>0,008152</b>

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Com que el p-valor obtingut (0.008152) és inferior a 0.05, s'ha rebutjat la hipòtesis nul·la i afirmem que el factor *comarca* és significatiu a l'hora d'explicar el model (Taula 6). D'altra banda, el fet d'introduir la variable dins el model provoca que la variable *consumelectricsectorindustrialany2020* prengui un valor superior a 0,05 i, per tant, deixi de ser estadísticament significativa. Si traiem aquesta última variable, s'obté el resum estadístic del nou model2 (Taula 7) amb un valor del paràmetre  $R^2$  de 0,8662. Per tant, la introducció de la variable *comarca* dins el model ha permès millorar lleugerament la bondat d'ajust del model.

Taula 7: Resum estadístic del model 2.

Variable explicada: electricshibridstotal		
Variables	Coefficient beta $\beta$	Significació
(Intercept)	1,447e+02	3,64e-05 ***
nombretotalinstalacionsfoto	1,968e-01	8,48e-05 ***
rendamitjana2020	1,160e-02	7,06e-08 ***
consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020	5,061e-05	0,000458 ***
consumelectricsectordomesticany2020	7,801e-06	< 2e-16 ***
consumelectricsectorterciariany2020	5,922e-07	0,009742 **
conductors	3,359e-03	0,000328 ***
factor (comarca) Alt Empordà	-1,830e+01	0,467549
factor (comarca) Alt Penedès	-7,971e+00	0,788192
factor (comarca) Alt Urgell	-1,428e+01	0,658803
factor (comarca) Alta Ribagorça	-4,248e+01	0,507649
factor (comarca) Anoia	-2,739e+01	0,335691
factor (comarca) Aran	-5,192e+01	0,209690
factor (comarca) Bages	9,439e+01	0,001214 **
factor (comarca) Baix Camp	-3,386e+01	0,251184
factor (comarca) Baix Ebre	-1,579e+01	0,656350
factor (comarca) Baix Empordà	-4,979e+01	0,076444,
factor (comarca) Baix Llobregat	-1,824e+01	0,547012
factor (comarca) Baix Penedès	-4,270e+01	0,229621
factor (comarca) Barcelonès	-2,405e+02	0,000340***
factor (comarca) Berguedà	-3,401e+01	0,240891
factor (comarca) Cerdanya	-5,633e+01	0,099010,
factor (comarca) Conca de Barberà	-2,950e+01	0,345983
factor (comarca) Garraf	-6,414e+01	0,194828
factor (comarca) Garrigues	1,585e+00	0,958496
factor (comarca) Garrotxa	-9,085e+00	0,773639
factor (comarca) Gironès	1,360e+00	0,963745
factor (comarca) Maresme	-5,134e+00	0,863581
factor (comarca) Moianès	-3,045e+01	0,442285
factor (comarca) Montsià	-3,226e+01	0,388416
factor (comarca) Noguera	-2,206e+01	0,446056
factor (comarca) Osona	-3,414e+01	0,201862
factor (comarca) Pallars Jussà	-3,102e+01	0,382578
factor (comarca) Pallars Sobirà	-2,607e+01	0,453577
factor (comarca) Pla d'Urgell	-2,337e+01	0,491905
factor (comarca) Pla de l'Estany	-2,689e+01	0,482868
factor (comarca) Priorat	-5,797e+01	0,984969
factor (comarca) Ribera d'Ebre	-9,024e+00	0,798540
factor (comarca) Ripollès	-3,748e+01	0,251535
factor (comarca) Segarra	-2,937e+01	0,352944
factor (comarca) Segrià	5,332e+00	0,846617
factor (comarca) Selva	-3,973e+01	0,184629
factor (comarca) Solsonès	-2,618e+01	0,449975
factor (comarca) Tarragonès	2,057e+00	0,947737
factor (comarca) Terra Alta	5,644e+00	0,879633
factor (comarca) Urgell	-2,107e+01	0,508612
factor (comarca) Vallès Occidental	-3,272e+00	0,922184
factor (comarca) Vallès Oriental	-1,545e+01	0,581246

<b>***Variable significativa al 0,1%</b>	
<b>**Variable significativa al 1%</b>	
<b>*Variable significativa al 5%</b>	
<b>Error estàndard dels residus</b>	104,2
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,8662

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Abans de fer-ne la valoració corresponent, es comprovarà quin tipus de variància tenen els termes de pertorbació del model. Inicialment, s'utilitzarà el mètode gràfic per esbrinar, aproximadament, quin tipus de variància hi ha. En aquest cas, s'utilitzarà el gràfic dels residus al quadrat i el gràfic dels residus studentitzats amb els valors previstos.

Com es pot observar en el Gràfic 1 dels annexes, hi ha una major dispersió a la part dreta del gràfic de residus studentitzats. Aquest fet també es pot observar lleugerament en el gràfic de residus al quadrat, els residus augmenten quan també ho fa el valor previst. Per tant, sembla que es tracta d'un cas amb heteroscedasticitat.

Tot i això, s'ha realitzat un contrast d'homoscedasticitat per comprovar quin tipus de variància dels errors estocàstics hi ha realment. Per això, suposant que el nombre de mostres (n) és suficientment gran, utilitzarem el contrast Breusch-Pagan amb les següents hipòtesis:

$$H_0: \text{Hi ha homoscedasticitat}$$

$$H_1: \text{Hi ha heteroscedasticitat}$$

Seguidament, s'ha estimat un nou model de regressió auxiliar (modelAux) dels residus al quadrat (residus2) sobre les variables del model. El resum estadístic d'aquest model auxiliar es mostra a la Taula 8.

**Taula 8:** Resum estadístic del modelAux.

<b>Error estàndard dels residus</b>		16,39	
<b>R-quadrat múltiple</b>	0,05981	<b>R-quadrat ajustat</b>	0,0106
<b>Graus de llibertat</b>		47	
<b>p-valor</b>		0,1558	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Per comprovar quina de les dues hipòtesis és la que es compleix, calcularem l'estadístic de contrast i el compararem amb el valor crític:

$$nxR^2 = (898 + 48) \times 0,05981 = 56,5803$$

On "n" és el nombre d'observacions (municipis) i  $R^2$  és el coeficient de determinació del model auxiliar.

Pel que fa el valor crític ( $\chi_{k-1}^2$ ), l'obtindrem de taules estadístiques en funció del nombre de graus de llibertat i el grau de risc ( $\alpha$ ) que prenem. Amb 47 graus de llibertat i un risc del 10%, aquest paràmetre té un valor de 59,774. Com que  $nxR^2 < \chi_{k-1}^2$ , es rebutja  $H_1$  i es pot afirmar que el model presenta homoscedasticitat i, per tant, el mètode de Mínims Quadrats Ordinaris (MQO) funciona.

### 5.1.2 Valoració

Com s'ha pogut comprovar, existeix la relació entre el nombre de vehicles elèctrics i les instal·lacions d'autoconsum fotovoltaïques. Aquest fet no és d'estranyar, ja que aquest tipus d'instal·lacions permeten gaudir de més independència energètica i, per tant, una major facilitat per instal·lar un punt de càrrega per a vehicle endollable. Un estudi realitzat per diversos investigadors de Nova Zelanda, Austràlia, Xina i Estats Units a Auckland, Nova Zelanda (Wen, L., et al., 2021), reforça la hipòtesis que les llars que compten amb instal·lacions fotovoltaïques són més propenses a adquirir un vehicle elèctric. Durant aquest mateix estudi es demostra que, un increment unitari en instal·lacions fotovoltaïques incrementa en un 1.021 el nombre de vehicles elèctrics adquirits.

En el cas que ens ocupa, la beta  $\beta$  referent al nombre total d'instal·lacions d'autoconsum mostra que per a un increment en 5 instal·lacions fotovoltaïques, el nombre de vehicles elèctrics/híbrids augmenta en una unitat. A diferència de l'estudi mencionat anteriorment, el factor de creixement és només de 0,1968.

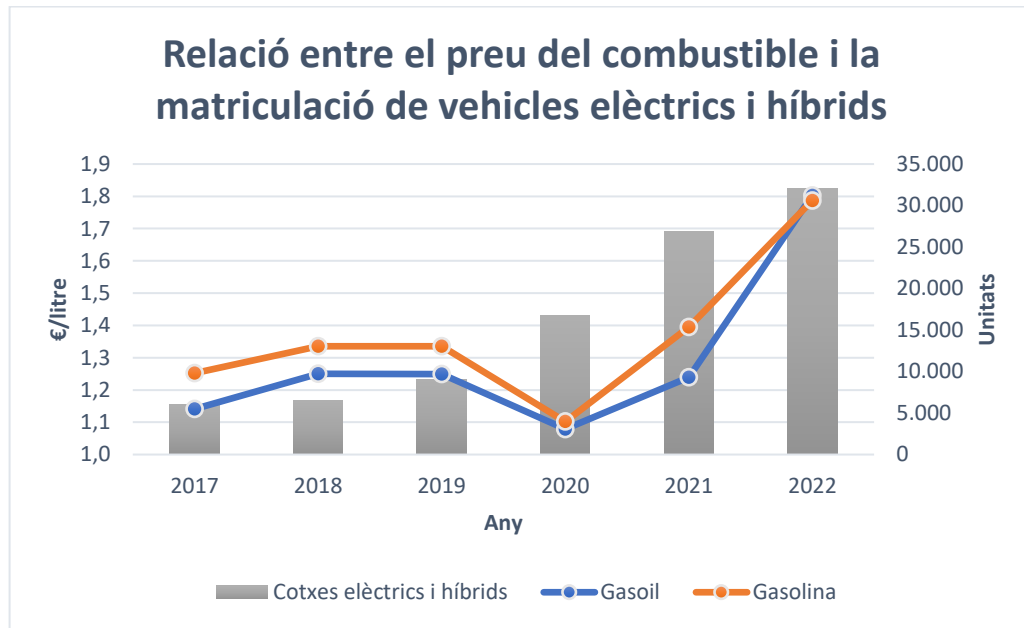
Seguint amb els resultats del model, la variable renda també influeix significativament sobre el nombre de vehicles elèctrics matriculats al llarg dels darrers anys. En el cas dels vehicles 100% elèctrics, apart de la compra del propi vehicle, també s'ha de tenir en compte la despesa d'instal·lació i adequació d'un punt de càrrega. Per aquest motiu, els municipis on els habitants compten amb un major nivell de poder adquisitiu, són més propensos a tenir una major proporció de vehicles elèctrics per habitant. Segons la beta  $\beta$  de la variable *rendamitjana2022*, el nombre de vehicles augmenta en 1,160 unitats per a cada 100€ que incrementa la renda mitjana del municipi.

El consum elèctric també ha influït sobre el nombre de vehicles elèctrics i híbrids adquirits des del 2017. Segons els resultats obtinguts, aquells municipis que presenten un major consum elèctric en el sector de les obres públiques, el sector domèstic i el sector terciari, estadísticament compten amb un major nombre de vehicles elèctrics i híbrids.

S'observa un efecte semblant amb el nombre de conductors. La beta  $\beta$  referent a la variable *conductors* mostra que per a un increment de mil conductors, el nombre de vehicles elèctrics i híbrids creix en un 3,359.

Com s'ha destacat anteriorment, el vehicle elèctric encara ocupa un percentatge molt reduït entre el total de vehicles matriculats. Tot i això, al llarg dels darrers anys el nivell de preus dels combustibles s'ha vist encarir considerablement arrel de la creixent demanda (Patton, M., 2022). Aquest fet ha incentivat als consumidors a buscar alternatives més econòmiques a llarg termini, com és el cas del vehicle elèctric.

**Gràfic 7:** Evolució anual dels preus del carburant i de la matriculació de vehicles elèctrics i híbrids a Catalunya.



Font: Elaboració pròpia. Dades extretes de l'ICAEN i dieselgasolina.com.

El Gràfic 7 mostra l'evolució anual dels preus del carburant (eix vertical esquerra), així com el nombre de vehicles elèctrics o híbrids adquirits al llarg de cada any (eix vertical dret). Com es pot observar, la tendència de creixement del vehicle elèctric s'impulsa en el moment que es comencen a disparar els preus del combustible. Per tant, com és el cas del preu del combustible, hi ha altres factors externs al desenvolupament dels municipis que condicionen de forma global l'ús del vehicle elèctric.

## 5.2 Model sobre el nombre d'instal·lacions d'autoconsum

Com s'ha pogut comprovar en l'apartat anterior, el nombre d'instal·lacions d'autoconsum influeix estadísticament sobre el nombre de vehicles elèctrics o parcialment elèctrics. Com s'ha mencionat en la introducció, potenciar la producció d'energia a partir de fonts renovables és un dels principals objectius de la transició energètica. Per tant, és interessant analitzar quins són els factors que expliquen el creixement de les instal·lacions fotovoltaïques entre el 2019 i 2022.

### 5.2.1 Resultat

Com en el darrer apartat, s'ha omès el municipi de Barcelona perquè pot distorsionar la validesa del resultat. A partir d'aquí, s'ha construït el primer model (model3) amb les variables explicatives potencialment significatives:

#### Il·lustració 2: Codi R del model 3.

```
dades<-Dades_completes_sense_bcn[]
attach(dades)
model3<-lm(nombretotalinstalacionsfoto~rendanetamitja2020+consumelectricconstruccioiobrespubliquesany2020+
consumelectricsectordomesticany2020+consumelectricsectorindustrialany2020+
consumelectricsectorprimariany2020+consumelectricsectorterciariany2020+
superficie+altitud+poblacio2022,na.action=na.exclude)
```

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R Studio.

Tal i com mostra la Il·lustració 2, s'han utilitzat les variables de renda mitjana, consums elèctrics per sectors i variables específiques de cada municipi com la superfície, l'altitud i la població.

Com s'observa en la Taula 2 dels annexos, tant el consum elèctric del sector primari com la superfície del municipi són variables no significatives. Eliminant aquestes dues variables del model3, s'ha executat de nou el programa i s'han extret els resultats que es mostren en la Taula 3 dels annexos. Arribat a aquest punt, encara que les variables del model siguin significatives al 5%, el paràmetre  $R^2$  pren un valor de 0,642. Per tant, contràriament a la secció anterior, la bondat d'ajust del sistema és regular.

Seguidament, per millorar la bondat d'ajust del model, s'ha analitzat la significació de la variable politòmica *comarca*. Per tant, igual que en l'apartat anterior, s'ha realitzat el corresponent contrast de models ennierrats. En aquest cas, la hipòtesis nul·la és que el nombre total d'instal·lacions d'autoconsum establertes entre 2019 i 2022, és independent de la comarca. Per contra, l'alternativa és que el factor comarca influeix sobre el nombre d'aquest tipus de construccions.

$$H_0: \beta_5 = \beta_2 = \dots = \beta_{45} = 0$$

$$H_1: \beta_5 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_{45} \neq 0$$

Procedint de la mateixa manera que en l'apartat anterior, s'ha creat un nou model (model4) exactament igual que el model anterior (model3), però amb el factor *comarca*. Seguidament, mitjançant la comanda *anova(model3,model4)* s'obté el resultat que es mostra en la Taula 9.

**Taula 9:** Resultat del contrast de models enriats entre els models 3 i 4.

	<b>Res. Df</b>	<b>RSS</b>	<b>Df</b>	<b>Sum of Sq</b>	<b>F</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
1	938	4351978				
2	897	3510471	41	841506	5,2445	<b>&lt; 2,2e-16</b>

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Degut a que el p-valor observat és significativament inferior al 5% de risc, es descarta la hipòtesis nul·la i es confirma que el factor *comarca* és significatiu dins el model. Tot i això, el fet d'introduir aquest nou paràmetre ha provocat que les variables *consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020* i *consumelectricsectorindustrialany2020* prenguin un p-valor superior al nivell de risc i, per tant, deixin de ser significatives.

Finalment, prescindint de les variables no significatives anteriors, s'han aconseguit els resultats que es mostren en la Taula 10. Aquests nous resultats mostren una millora en la bondat d'ajust, ja que l'estadístic  $R^2$  ajustat ara pren un valor de 0,6983.

**Taula 10:** Resum estadístic del model4.

<b>Variable explicada: nombretotalinstalacionsfoto</b>		
	<b>Coefficient beta <math>\beta</math></b>	<b>Significació</b>
<b>(Intercept)</b>	-5,547e+01	0,00799 **
<b>rendanetamitja2020</b>	5,998e-03	3,19e-06 ***
<b>consumelectricsectordomesticany2020</b>	1,232e-05	< 2e-16 ***
<b>consumelectricsectorterciariany2020</b>	-2,694e-07	0,04936 *
<b>altitud</b>	-2,720e-02	0,01662 *
<b>poblacio2022</b>	-1,078e-02	< 2e-16 ***
<b>factor (comarca) Alt Empordà</b>	-2,382e+01	0,12171
<b>factor (comarca) Alt Penedès</b>	9,973e+00	0,57549
<b>factor (comarca) Alt Urgell</b>	-5,601e+00	0,77941
<b>factor (comarca) Alta Ribagorça</b>	-2,949e+01	0,44575
<b>factor (comarca) Anoia</b>	1,217e+00	0,94328
<b>factor (comarca) Aran</b>	-3,461e+01	0,17874
<b>factor (comarca) Bages</b>	8,121e+00	0,64170
<b>factor (comarca) Baix Camp</b>	-1,033e+01	0,55963
<b>factor (comarca) Baix Ebre</b>	-1,499e+01	0,48487
<b>factor (comarca) Baix Empordà</b>	-3,866e+01	0,02473 *
<b>factor (comarca) Baix Llobregat</b>	5,314e+01	0,00353 **
<b>factor (comarca) Baix Penedès</b>	-1,467e+01	0,49418

<b>factor (comarca) Barcelonès</b>	-1,743e+01	0,70299
<b>factor (comarca) Berguedà</b>	-7,062e+00	0,69519
<b>factor (comarca) Cerdanya</b>	-2,641e+01	0,23335
<b>factor (comarca) Conca de Barberà</b>	-7,469e+00	0,69251
<b>factor (comarca) Garraf</b>	4,215e+01	0,15402
<b>factor (comarca) Garrigues</b>	-9,612e-01	0,95817
<b>factor (comarca) Garrotxa</b>	-3,117e+00	0,86946
<b>factor (comarca) Gironès</b>	7,022e+00	0,69940
<b>factor (comarca) Maresme</b>	3,163e+01	0,08144 ,
<b>factor (comarca) Moianès</b>	5,510e+00	0,81849
<b>factor (comarca) Montsià</b>	-1,829e+01	0,41608
<b>factor (comarca) Noguera</b>	-8,923e+00	0,60743
<b>factor (comarca) Osona</b>	1,251e+01	0,44044
<b>factor (comarca) Pallars Jussà</b>	-2,133e+01	0,32452
<b>factor (comarca) Pallars Sobirà</b>	-7,322e+00	0,73866
<b>factor (comarca) Pla d'Urgell</b>	5,916e+00	0,77163
<b>factor (comarca) Pla de l'Estany</b>	2,571e+00	0,91135
<b>factor (comarca) Priorat</b>	-6,811e+00	0,71226
<b>factor (comarca) Ribera d'Ebre</b>	-1,931e+01	0,36657
<b>factor (comarca) Ripollès</b>	-5,947e+00	0,77639
<b>factor (comarca) Segarra</b>	-6,299e+00	0,74090
<b>factor (comarca) Segrià</b>	9,304e+00	0,57454
<b>factor (comarca) Selva</b>	1,378e+01	0,44332
<b>factor (comarca) Solsonès</b>	-6,483e-01	0,97554
<b>factor (comarca) Tarragonès</b>	-2,563e+01	0,17577
<b>factor (comarca) Terra Alta</b>	-3,846e+00	0,86355
<b>factor (comarca) Urgell</b>	4,542e+00	0,81237
<b>factor (comarca) Vallès Occidental</b>	1,726e+02	< 2e-16 ***
<b>factor (comarca) Vallès Oriental</b>	4,689e+01	0,00511 **
<b>***Variable significativa al 0,1%</b>		
<b>**Variable significativa al 1%</b>		
<b>*Variable significativa al 5%</b>		
<b>Error estàndard dels residus</b>	62,52	
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,6983	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Pel que fa el tipus de variància dels termes de pertorbació del model, inicialment s'ha utilitzat el mètode gràfic per esbrinar aproximadament quin és el tipus de distribució. Com s'observa en el Gràfic 2 dels annexes, tant en el gràfic dels residus al quadrat com en el dels residus studentitzats, clarament s'observa una major dispersió a la dreta dels gràfics. És a dir, a mesura que augmenten els valors predits, s'observa una major dispersió dels residus. Per tant, es dedueix que es tracta d'un cas d'heteroscedasticitat.



Igualment, s'ha elaborat el contrast analític Breusch-Pagan per determinar si realment hi ha aquesta heteroscedasticitat. Les hipòtesis són les següents:

$$H_0: \text{Hi ha homoscedasticitat}$$

$$H_1: \text{Hi ha heteroscedasticitat}$$

Inicialment s'ha construït el model auxiliar (modelAux1) on es representen els residus al quadrat respecte les variables del model. Els paràmetres rellevants d'aquest model auxiliar es mostren en la Taula 4 dels annexos.

A partir de la taula anterior, mitjançant els graus de llibertat i el coeficient de determinació, s'ha obtingut el següent estadístic de contrast:

$$nxR^2 = (899 + 47) \times 0.2632 = 248,987$$

Tornant a les taules estadístiques, s'ha extret el valor crític ( $\chi_{k-1}^2$ ) amb 46 graus de llibertat i un 10% de risc. Segons la taula, aquest paràmetre té un valor de 58,641. Per tant, com que  $nxR^2 > \chi_{k-1}^2$ , s'ha rebutjat la hipòtesis nul·la i es confirma que és un cas d'heteroscedasticitat. Altra vegada a la Taula 4 dels annexes, s'observa que hi ha més de dues variables estadísticament significatives i, per tant, és un cas d'heteroscedasticitat de tipus II.

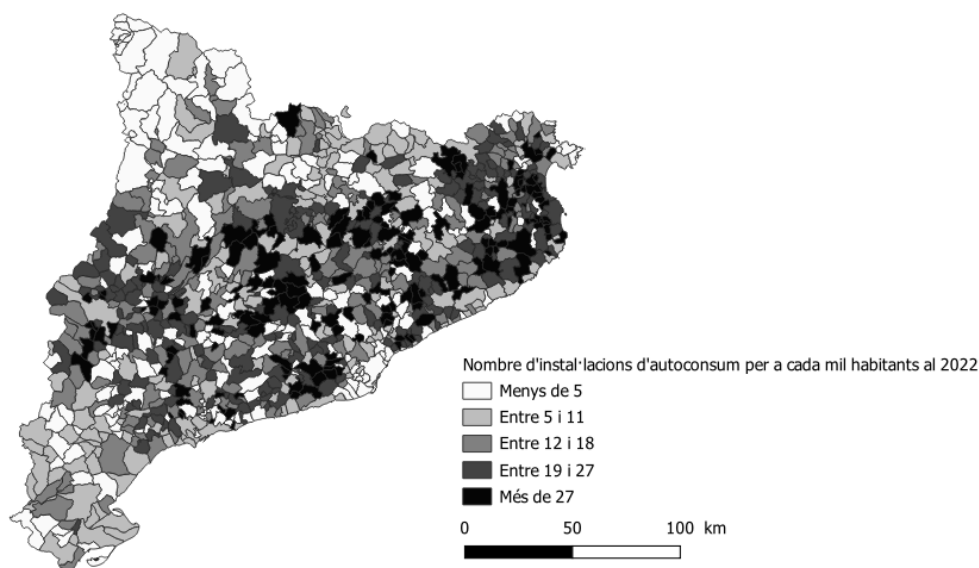
El motiu d'aquesta heteroscedasticitat és deu principalment per causes mostrals. És a dir, tant la variable estudiada com les variables explicatives presenten forta asimetria en la seva distribució en la mostra. A més, encara que s'hagi omès el municipi de Barcelona, hi ha altres municipis (com els de Girona, Lleida i Terrassa) que també influeixen en certa mesura el resultat esperat. Tot i això, la influència d'aquests no és tant gran com la de la capital catalana.

### 5.2.2 Valoració

En vista dels resultats obtinguts, es pot comprovar que els municipis de Catalunya situats a cotes més altes compten amb un nombre inferior d'instal·lacions fotovoltaïques. D'altra banda, s'ha observat que la superfície del municipi no influeix sobre la quantitat d'aquestes instal·lacions. Segons la beta  $\beta$  de la variable *altitud*, per cada 100 metres que augmenta l'altitud del municipi, el nombre d'instal·lacions d'autoconsum es redueix en 2,72 unitats.

El Gràfic 8 mostra la quantitat d'instal·lacions fotovoltaïques per a cada mil habitants al 2022. Segons la figura, els municipis situats en cotes més baixes, com en la part interior i costanera catalana, presenten un millor rati d'instal·lacions fotovoltaïques per habitant. Per contra, els municipis que formen part de la regió pirinenca de Catalunya, especialment els municipis d'Aran, mostren un pitjor rati. Aquest fet corrobora la influència de l'altitud respecte la variable estudiada.

**Gràfic 8:** Quantitat d'instal·lacions d'autoconsum per a cada mil habitants al 2022.



Font: Elaboració pròpia a partir del QGIS. Dades extretes del RAC.

Un altre factor influent és la renda mitjana dels habitants. Igual que els vehicles elèctrics, aquestes instal·lacions requereixen d'una inversió econòmica considerable. Per tant, en aquelles regions on la renda mitjana és més alta, el nombre d'instal·lacions solars augmenta. Numèricament parlant, si la renda mitjana del municipi augmenta en 1.000€, el nombre d'instal·lacions ho fa en 5,998 unitats.

Per acabar, si la demanda elèctrica dels municipis augmenta, també ho fa el nombre d'instal·lacions d'autoconsum. Concretament, els municipis catalans que presenten un major consum elèctric en el sector domèstic i terciari compten amb un major nombre d'instal·lacions fotovoltaïques. Aquest fet no és d'estranyar, aquells consumidors que tenen un alt consum elèctric i volen reduir el cost de la factura de la llum a llarg termini, opten per aquest tipus d'instal·lacions.

## 6 CONCLUSIÓ

Els resultats d'aquest treball han posat en evidència quins són els factors que més influeixen sobre el creixement del vehicle elèctric i les instal·lacions d'autoconsum a Catalunya. Com és el cas del nivell mitjà de renda dels municipis i el seu consum elèctric per sectors. Ara bé, per determinar la situació en que es troba Catalunya, és necessari establir un punt de comparació respecte altres territoris a nivell autonòmic i europeu.

Segons les dades de la Direcció General de Trànsit (DGT), des de 2017 fins ara, la comunitat autònoma on s'han matriculat més vehicles elèctrics per a cada mil conductors és a la Comunitat de Madrid amb un 22,41. La llista segueix amb Catalunya i Castella la Manxa que compten amb un rati de 8,64 i 8,2, respectivament. En valors absoluts, Catalunya compta amb el 18,92% de vehicles elèctrics matriculats a Espanya durant aquest període. Tot i això, la regió que representa una major proporció d'aquests vehicles torna a ser la regió de Madrid amb un 42,26%. Per tant, es pot comprovar que, en termes quantitius, Catalunya es troba en una bona posició respecte les altres comunitats autònomes d'Espanya.

D'altra banda, fent la mateixa reflexió a nivell europeu, es pot observar que l'estat espanyol es troba lluny d'assolir les estadístiques que presenten altres països d'Europa. Segons un estudi realitzat per l'Agència Europea del Medi ambient en el 2021, tan sols el 6% dels nous cotxes matriculats a Espanya van ser elèctrics i híbrids endollables. D'altra banda, els països escandinaus són els que presenten els percentatges més elevats de la llista. Concretament, aquest tipus de vehicles representaven un 86% a Noruega, un 64% a Islàndia i un 46% a Suècia. Alemanya és el país que ha registrat un major nombre de vehicles elèctrics i híbrids endollables durant aquest mateix any, amb un total de gairebé 700.000 vehicles. En el cas d'Espanya, aquest nombre va ascendir fins a uns 50.000 vehicles únicament.

Com bé reflecteix la informació anterior, encara que durant els darrers anys s'hagi observat un creixement important del vehicle elèctric a Catalunya, les xifres mostren un endarreriment respecte altres països europeus. Aquest fet és degut en bona part als incentius que aplica l'estat a l'adquisició d'aquests vehicles. La compra de turismes elèctrics lliura d'impostos, les carreteres lliures de peatges i l'adequació de punts de càrrega arreu del país, són algunes mesures que ha utilitzat el govern noruec per potenciar l'ús d'aquest transport.

Pel que fa la generació d'energia fotovoltaica, Catalunya ocupa una posició intermèdia en la llista de comunitats autònomes que tenen més potència instal·lada. Tal i com mostra l'estudi realitzat per la Unió Espanyola Fotovoltaica (UNEF, 2022) a partir de les dades de la Red Eléctrica Española (REE), la potència fotovoltaica en plantes de generació observada a Catalunya va ser de 1MW. Al capdavant de la llista hi figura Extremadura i Castella i Lleó amb un total de 1.312MW i 1.036MW, respectivament. Aquest fet es deu en gran part a la situació geogràfica i al relleu de cada comunitat autònoma. Aquestes dues comunitats compten amb

una major superfície, un terreny més regular i una major irradiació solar que la resta de regions autònomes. Per tant, són les regions idònies per instal·lar-hi grans parcs fotovoltaics.

Tot i això, pel que fa a les instal·lacions d'autoconsum a nivell particular, un estudi similar elaborat per l'Institut per a la Diversificació i Estalvi d'Energia (IDAE, 2021), assenyala quines són les comunitats autònomes amb més potencial fotovoltaic per a l'autoconsum. La mesura d'aquest potencial de creixement s'ha realitzat a partir de variables tècniques, econòmiques i socials. Els resultats extrets d'aquest informe mostren que Catalunya és de les comunitats autònomes amb més potencial fotovoltaic de cares a 2030. Només la Comunitat de Madrid i Andalusia estan per davant seu.

A nivell europeu, segons un informe realitzat per *SolarPower Europe*, el mercat fotovoltaic espanyol és el segon més gran d'Europa, per darrera d'Alemanya, en termes de capacitat fotovoltaica instal·lada. L'estudi remarca que aquest mercat ha experimentat un creixement del 55% respecte 2020. De la mateixa manera, també destaca un sorprenent creixement en instal·lacions d'autoconsum sobre les teulades particulars. D'altra banda, quan es tracta d'energia solar per càpita, Espanya ocupa la setena posició de la llista amb 565Watt/càpita. Al capdavant del rànquing hi figura Països Baixos i Alemanya amb 1.044Watt/càpita i 816Watt/càpita, respectivament. Tot i això, contràriament al sector del vehicle elèctric, Catalunya mostra un millor desenvolupament fotovoltaic a nivell europeu.

A partir de les valoracions anteriors, es pot afirmar que la transició energètica a Catalunya està evolucionant considerablement bé respecte altres regions del país. El bon desenvolupament tècnic, econòmic i legislatiu de Catalunya està permetent potenciar el mercat dels vehicles de baixes emissions, així com un fort creixement en l'autoconsum fotovoltaic. Tot i això, encara que el territori català no estigui entre els principals líders europeus, els informes i els principals indicadors que s'han presentat durant aquest estudi manifesten una bona tendència a llarg termini.

## 7 BIBLIOGRAFIA

Cozzi, L. & Gould, T., Agència Internacional de l'Energia (2022). World Energy Outlook 2022. IEA Publications. Baixat de: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Baixat al: 27/02/2023. [PDF]

Consell Europeu (2023). Cambio climático: lo que está haciendo la UE. Consultat a: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/>. Consultat al: 07/03/2023.

Nunez, C., National Geographic (2022). Explicación de qué son los combustibles fósiles. Consultat a: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>. Consultat al: 24/04/2023.

Foster, S. & Elzinga, D., Naciones Unidas. El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible. Consultat a: <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>. Consultat al: 24/04/2023.

Pinós Jorba, LL. & Puertas Agudo, J., Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (2022). La transició energètica a Catalunya. Estudi General (Versió 01). Baixat de: [Estudi Transicio Energetica Catalunya 2022 CAT V5.pdf \(eic.cat\)](#). [PDF]

Gangoells, V. B. (2013). Les empreses elèctriques i l'oferta de energia a Barcelona: el cicle de la hidroelectricitat, 1911-1935. En aquest mateix volum.

MITECO (2020). Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050: Estrategia a largo plazo para una economía española, moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050. Baixat de: [https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts\\_es\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_es_es.pdf) [PDF]. Consultat al: 22/03/2023.

Institut Català de l'Energia, Generalitat de Catalunya (2017). La transició energètica en un món canviant. *Cicle de debats sobre la transició energètica de Catalunya 2017*. Baixat de: <https://icaen.gencat.cat/ca/detalls/publicacio/La-transicio-energetica-en-un-mon-canviant> (1a edició). [PDF]

Institut Català de l'Energia, Generalitat de Catalunya (2017). Bases per a construir el Pacte Nacional per a la transició energètica de Catalunya. Baixat de: [https://icaen.gencat.cat/ca/plans\\_programes/transicio\\_energetica/](https://icaen.gencat.cat/ca/plans_programes/transicio_energetica/). [PDF]

Ministeri de Transició Ecològica, Govern d'Espanya (2022). El Gobierno aprueba 1.320 millones de euros para autoconsumo, baterías y climatización renovable. Consultat a: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-gobierno-aprueba-1.320-millones-de-euros-para-autoconsumo-bater%C3%ADas-y-climatizaci%C3%B3n-renovable/tcm:30-528649>. Consultat al: 14/04/2023.

EuroNews (2022). La sequía provoca una drástica caída de la producción de energía hidroeléctrica en España. Consultat a: <https://es.euronews.com/2022/08/29/la-sequia-provoca-una-drastica-caida-de-la-produccion-de-energia-hidroelectrica-en-espana> al 21/04/2023.

Patton, M., Forbes (2022). The Real Reason Behind Surging Gas Prices. Consultat a: <https://www.forbes.com/sites/mikepatton/2022/03/09/the-real-reason-behind-surging-gas-prices/?sh=79315faf26de> al 30/04/2023.

Wen, L., Selena Sheng, M., Sharp, B., Meng, T., Du, B., Yi, M., Soumalainen, K. & Gkritza, K. (2021). Exploration of the nexus between solar potential and electric vehicle uptake: A case study of Auckland, New Zealand. Projecte de recerca UOAX2101. [PDF]

Norsk elbilforening (2022). Norwegian EV policy: Norway is leading the way for a transition to zero emission in transport. Consultat a: [Norwegian EV policy - Norsk elbilforening](#) al 07/04/2023.

Hemetsberger W., Acke D. & Schmela M., SolarPower Europe (2022). EU Market Outlook For Solar Power 2022 – 2026. Baixat de: <https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/eu-market-outlook-for-solar-power-2022-2026-2#downloadForm>. Consultat al: 11/04/2023. [PDF]

Institut per a la Diversificació i Estalvi d'Energia (IDAE) i KPMG, Govern d'Espanya (2021). Estudio sobre el potencial fotovoltaico para autoconsumo en España. Baixat de: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/oficina-de-autoconsumo/hoja-de-ruta-del-autoconsumo>. Consultat al : 28/03/2023. [PDF]

Unió Espanyola Fotovoltaica (UNEF) (2022). Energía Solar: Apuesta para la recuperación económica. Informe Anual 2022. Baixat de: <https://www.unef.es/es/recursos-informes> [PDF]

Agència Europea del Medi Ambient (2022). New registrations of electric vehicles in Europe. Consultat a: <https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>. Consultat al: 24/02/2023.

Renewable Energies Agency i Berlin Energy Transition Dialogue 2022 (BETD22) (2022). Key Facts about the Energy Transition in Germany. Baixat de: [https://www.energydialogue.berlin/app/uploads/2022/03/betd\\_factsheet\\_2022.pdf](https://www.energydialogue.berlin/app/uploads/2022/03/betd_factsheet_2022.pdf). Consultat al : 03/03/2023. [PDF]

Direcció General de Trànsit del Ministeri de l'Interior (DGT) (2023). Dades sobre el nombre de vehicles elèctrics i parcialment elèctrics matriculats des del 2017 fins el 2023 a cada municipi de Catalunya. Dades elaborades pel Nació Digital. Baixades de:

<https://www.naciodigital.cat/noticia/224585/dades-municipis-comarques-rapid-vehicle-electric-hibrid>. Baixades al: 10/04/2023.

Institut Nacional d'Estadística (INE) (2022). Dades sobre el nivell de renda mitjana de cada municipi de Catalunya des del 2015 fins el 2020. Baixades de: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=7132>. Baixades al: 11/04/2023.

Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) (2022). Dades específiques sobre cada municipi de Catalunya al 2022. Baixades de: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15903>. Baixades al 11/04/2023.

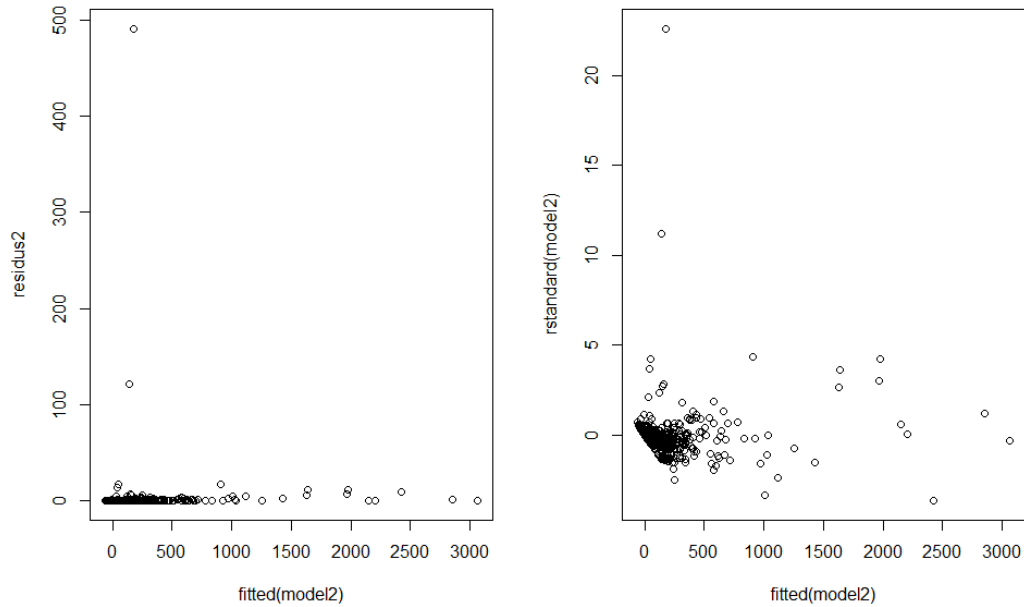
Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya (2021). Dades sobre el consum elèctric per municipis i sectors des del 2013 fins el 2020 a Catalunya. Baixades de: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Energia/Consum-d-energia-el-ctrica-per-municipis-i-sectors/8idm-becu>. Baixades al 25/03/2023.

Registre d'Autoconsum de Catalunya (RAC), Generalitat de Catalunya (2023). Dades sobre el nombre d'instal·lacions d'autoconsum per municipi des del 2019 fins el 2022. Baixades de: [https://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/energia/installacions-domestiques/autoconsum/registre-autoconsum-catalunya/](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/energia/installacions-domestiques/autoconsum/registre-autoconsum-catalunya/) Baixades al: 27/03/2023.

Institut Nacional d'Estadística (INE) (2023). Dades sobre la variació percentual de l'Índex de Preus de Consum (IPC) entre el gener del 2015 i el gener del 2021. Consultades a: <https://www.ine.es/varipc/verVariaciones.do?idmesini=2&anyoini=2022&idmesfin=2&anyofin=2023&ntipo=2&enviar=Calcular>. Consultades al: 27/04/2023.

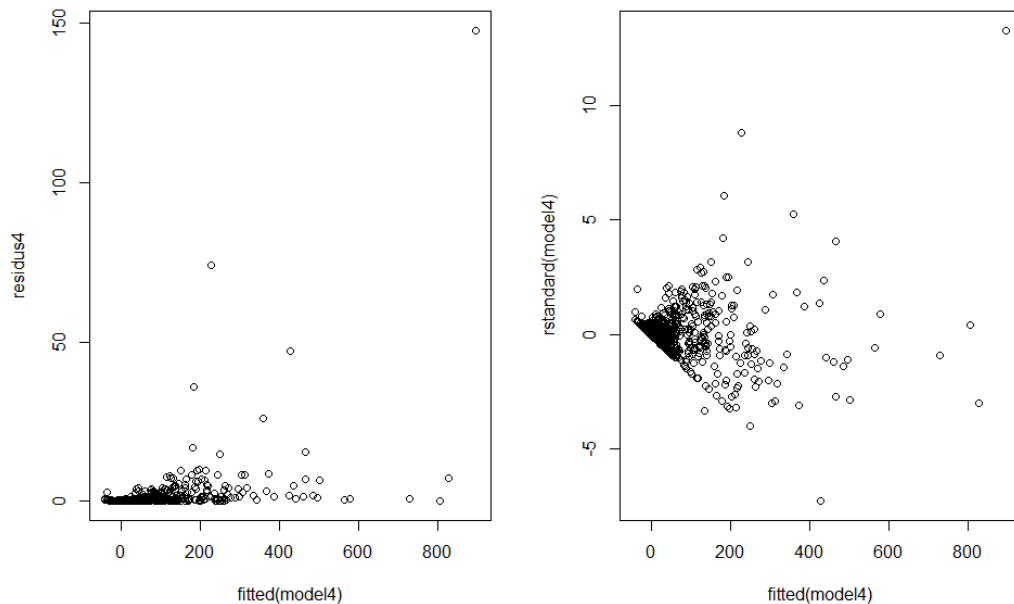
## 8 ANNEXOS

**Gràfic 1:** Gràfic dels residus al quadrat i dels residus studentitzats amb els valors previstos del model 2.



Font: Elaboració pròpia mitjançant l'R studio.

**Gràfic 2:** Gràfic dels residus al quadrat i dels residus studentitzats amb els valors previstos del model 4.



Font: Elaboració pròpia mitjançant l'R studio.



**Taula 1:** Resum del model1.

<b>Variable explicada: electricshibridstotal</b>		
<b>Variable</b>	<b>Coefficient beta <math>\beta</math></b>	<b>Significació</b>
<b>(Intercept)</b>	-1,403e+02	2,20e-08 ***
<b>nombretotalinstalacionsfoto</b>	2,729e-01	5,47e-10 ***
<b>rendamitjana2020</b>	9,908e-03	4,10e-08 ***
<b>consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020</b>	6,219e-05	7,96e-06 ***
<b>consumelectricsectorindustrialany2020</b>	1,031e-07	0,0418 *
<b>consumelectricsectordomesticany2020</b>	6,984e-06	< 2e-16 ***
<b>consumelectricsectorterciariany2020</b>	6,035e-07	0,0089 **
<b>conductors</b>	3,573e-03	9,02e-05 ***
<b>***Variable significativa al 0.1%</b>		
<b>**Variable significativa al 1%</b>		
<b>*Variable significativa al 5%</b>		
<b>Error estàndard dels residus</b>	105,5	
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,8628	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

**Taula 2:** Resum estadístic del model 3.

<b>Variable explicada: nombretotalinstalacionsfoto</b>		
<b>Variable</b>	<b>Coefficient beta <math>\beta</math></b>	<b>Significació</b>
<b>(Intercept)</b>	-9,578e+01	4,28-09 ***
<b>rendamitjana2020</b>	9,357e-03	7,20e-15 ***
<b>consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020</b>	2,778e-05	0,00199 **
<b>consumelectricsectordomesticany2020</b>	1,222e-05	< 2e-16 ***
<b>consumelectricsectorindustrialany2020</b>	9,052e-08	0,00554 **
<b>consumelectricsectorpmmrimaryany2020</b>	-9,123e-08	0,97309
<b>consumelectricsectorterciariany2020</b>	-3,112e-07	0,03623
<b>superficie</b>	-5,798e-02	0,41907
<b>altitud</b>	-3,575e-02	8,30e-06 ***
<b>poblacio2022</b>	-1,064e-02	< 2e-16 ***
***Variable significativa al 0,1%		
**Variable significativa al 1%		
*Variable significativa al 5%		
<b>Error estàndard dels residus</b>	86,16	
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,6415	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

**Taula 3:** Nou resum estadístic del model3 sense les variables no significatives.

<b>Variable explicada: nombretotalinstalacionsfoto</b>		
<b>Variable</b>	<b>Coefficient beta <math>\beta</math></b>	<b>Significació</b>
<b>(Intercept)</b>	-1,012e+02	2,29e-10 ***
<b>rendamitjana2020</b>	9,550e-03	5,02e-16 ***
<b>consumelectricconstruccioiobrespublicuesany2020</b>	2,744e-05	0,00204 **
<b>consumelectricsectordomesticany2020</b>	1,215e-05	< 2e-16 ***
<b>consumelectricsectorindustrialany2020</b>	9,112e-08	0,00520 **
<b>consumelectricsectorterciariany2020</b>	-3,161e-07	0,03314 *
<b>altitud</b>	-3,810e-02	2,54e-07 ***
<b>poblacio2022</b>	-1,056e-02	< 2e-16 ***
***Variable significativa al 0,1%		
**Variable significativa al 1%		
*Variable significativa al 5%		
<b>Error estàndard dels residus</b>	68,11	
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,642	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

Taula 4: Resum estadístic del modelAux1.

<b>Variable explicada: residus al quadrat del model4 (residus4)</b>		
	<b>Coefficient beta <math>\beta</math></b>	<b>Significació</b>
<b>(Intercept)</b>	-4,670e+00	0,007742 **
<b>rendanetamitja2020</b>	3,693e-04	0,000605 ***
<b>consumelectricsectordomesticany2020</b>	5,507e-07	< 2e-16 ***
<b>consumelectricsectorterciariany2020</b>	3,208e-08	0,005321 **
<b>altitud</b>	-4,598e-04	0,628748
<b>poblacio2022</b>	-6,518e-04	< 2e-16 ***
<b>factor (comarca) Alt Empordà</b>	-9,998e-01	0,438269
<b>factor (comarca) Alt Penedès</b>	-9,498e-01	0,524859
<b>factor (comarca) Alt Urgell</b>	4,216e-02	0,979943
<b>factor (comarca) Alta Ribagorça</b>	-9,855e-01	0,761239
<b>factor (comarca) Anoia</b>	-3,082e-01	0,829904
<b>factor (comarca) Aran</b>	-1,266e+00	0,557511
<b>factor (comarca) Bages</b>	-7,018e-01	0,631612
<b>factor (comarca) Baix Camp</b>	-1,657e+00	0,264687
<b>factor (comarca) Baix Ebre</b>	-1,231e+00	0,494144
<b>factor (comarca) Baix Empordà</b>	-2,300e+00	0,110951
<b>factor (comarca) Baix Llobregat</b>	1,942e+00	0,202813
<b>factor (comarca) Baix Penedès</b>	1,332e+00	0,459162
<b>factor (comarca) Barcelonès</b>	1,584e+01	3,9e-05 ***
<b>factor (comarca) Berguedà</b>	-5,998e-01	0,691496
<b>factor (comarca) Cerdanya</b>	-1,596e+00	0,390497
<b>factor (comarca) Conca de Barberà</b>	-4,568e-01	0,773037
<b>factor (comarca) Garraf</b>	-3,277e+00	0,186267
<b>factor (comarca) Garrigues</b>	3,672e-01	0,811171
<b>factor (comarca) Garrotxa</b>	-3,421e-01	0,829686
<b>factor (comarca) Gironès</b>	-1,225e+00	0,421883
<b>factor (comarca) Maresme</b>	-1,504e+00	0,323012
<b>factor (comarca) Moianès</b>	-5,103e-01	0,799952
<b>factor (comarca) Montsià</b>	-4,984e-01	0,791592
<b>factor (comarca) Noguera</b>	-3,692e-01	0,799874
<b>factor (comarca) Osona</b>	-6,169e-01	0,649934
<b>factor (comarca) Pallars Jussà</b>	-7,030e-01	0,698613
<b>factor (comarca) Pallars Sobirà</b>	-3,891e-01	0,832573
<b>factor (comarca) Pla d'Urgell</b>	-3,370e-01	0,843708
<b>factor (comarca) Pla de l'Estany</b>	-4,015e-01	0,835795
<b>factor (comarca) Priorat</b>	2,526e-01	0,870410
<b>factor (comarca) Ribera d'Ebre</b>	-2,799e-01	0,875963
<b>factor (comarca) Ripollès</b>	-6,531e-01	0,709955
<b>factor (comarca) Segarra</b>	-2,404e-01	0,880385
<b>factor (comarca) Segrià</b>	-4,939e-01	0,722327
<b>factor (comarca) Selva</b>	-4,266e-01	0,777158

<b>factor (comarca) Solsonès</b>	-2,736e-01	0,877386
<b>factor (comarca) Tarragonès</b>	-2,238e+00	0,158698
<b>factor (comarca) Terra Alta</b>	5,335e-01	0,776228
<b>factor (comarca) Urgell</b>	9,437e-03	0,995308
<b>factor (comarca) Vallès Occidental</b>	8,573e+00	1,9e-07 ***
<b>factor (comarca) Vallès Oriental</b>	8,334e-01	0,552062
<b>***Variable significativa al 0,1%</b>		
<b>**Variable significativa al 1%</b>		
<b>*Variable significativa al 5%</b>		
<b>Error estàndard dels residus</b>	5,244	
<b>R-quadrat ajustat</b>	0,2255	

Font: Elaboració pròpia a partir de l'R studio.

# La transició energètica a Catalunya (2017 – 2023)

Estudiant: Martí Brugué Alemany Tutora: Laura Serra Saurina

Treball final de grau, Curs 2022 - 2023

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials/Grau en Administració i Direcció d'Empreses, Universitat de Girona

## ■ ANTECEDENTS

L'any 2017 el Parlament de Catalunya juntament amb el Pacte Nacional per la Transició Energètica (PNTE), van aprovar la Llei 16/2017 del canvi climàtic. Aquesta llei estableix uns objectius energètics i uns límits d'emissions de cares als propers anys per aconseguir un model energètic sostenible i compromès amb l'entorn.

## ■ OBJECTIU

La finalitat d'aquest estudi és analitzar els principals paràmetres que intervenen en la Transició Energètica a Catalunya des del 2017. Concretament, aquest treball mostra quines variables tenen influència sobre el nombre total de vehicles elèctrics i híbrids que han estat matriculats durant els darrers sis anys a cada municipi català. De la mateixa manera, s'exposen els principals factors que afavoreixen a l'increment del nombre d'instal·lacions d'autoconsum a cada municipi de Catalunya. Finalment, es determina la situació on es troba el territori català en relació a temps anteriors i a altres zones geogràfiques tant d'Espanya com de la Unió Europea.

## ■ FONTS DE DADES

Les dades utilitzades en aquest estudi s'han obtingut a partir de l'Institut Nacional d'Estadística (INE), l'Institut d'Estadística de Catalunya (IdESCat), la Direcció General de Trànsit (DGT), el Registre d'Autoconsum de Catalunya (RAC) i, especialment, l'Institut Català de l'Energia (ICAEN).

## ■ MÈTODES

Mitjançant els principals programes de gestió de dades estadístiques, com l'*R Studio* i l'Excel, s'han construït models matemàtics i estadístics per determinar la correlació entre les diferents variables proposades, així com la rellevància que tenen dins el model. A més, en tot moment s'ha realitzat una valoració qualitativa dels resultats obtinguts per extreure'n les conclusions necessàries.

Per a l'elaboració dels mapes estadístics s'ha emprat el pluguín de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICGC) mitjançant el Quantum GIS (QGIS).

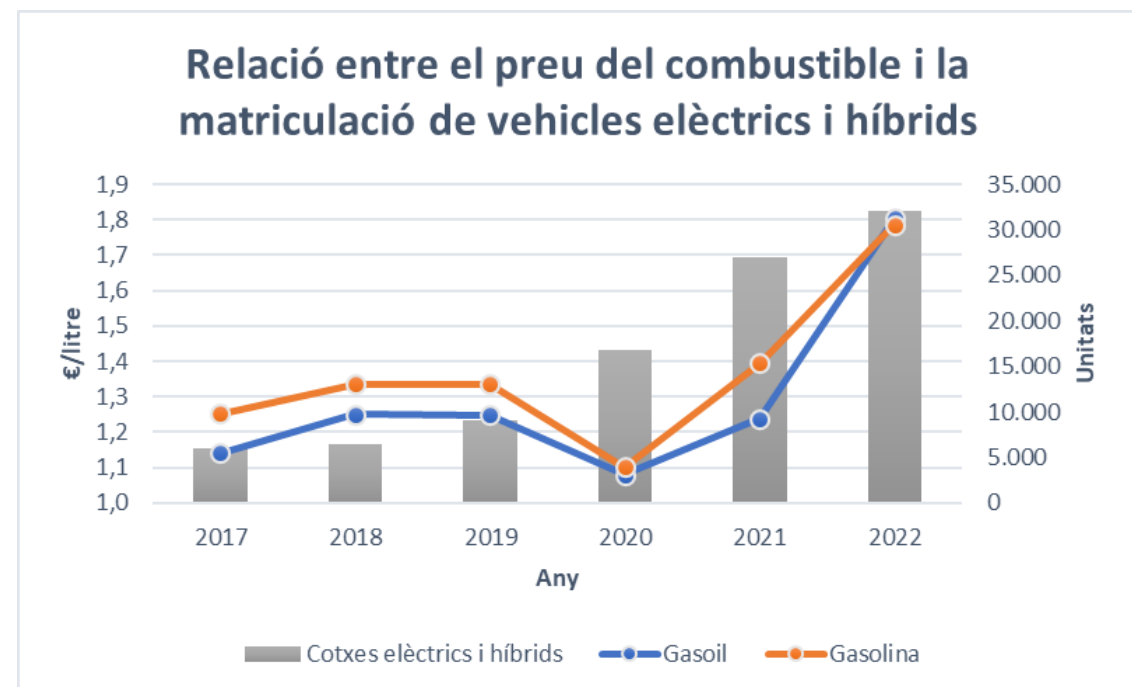
## ■ CONCLUSIÓ

A partir de les valoracions anteriors, es pot afirmar que la transició energètica a Catalunya està evolucionant considerablement bé respecte altres regions del país. El bon desenvolupament tècnic, econòmic i legislatiu de Catalunya està permetent potenciar el mercat dels vehicles de baixes emissions, així com un fort creixement en l'autoconsum fotovoltaic. Tot i això, encara que el territori català no estigui entre els principals líders europeus, els informes i els principals indicadors que s'han presentat durant aquest estudi manifesten una bona tendència a llarg termini.

## ■ RESULTATS

Els resultats obtinguts mostren una relació entre el nombre d'instal·lacions fotovoltaïques, la renda per càpita, el consum elèctric i el nombre de conductors de cada municipi català, amb el nombre total de vehicles elèctrics i híbrids.

D'altra banda, existeixen altres factors externs que condicionen de forma global l'ús del vehicle elèctric a tots els municipis de Catalunya. Com és el cas del preu del combustible, que incentiva la compra d'aquests.



El nombre d'instal·lacions d'autoconsum també presenta una correlació respecte la renda per càpita, el consum elèctric i, en aquest cas, l'altitud on es troba situat cada municipi.

