

Università degli Studi di Perugia

A.A. 2021/2022



A.D. 1308
unipg
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Analisi Giornaliera delle Offerte Pubbliche nel Mercato Elettrico del Giorno Prima (MGP)

Periodo 16 novembre 2021 - 15 maggio 2022

A cura di

**Andrea Caffarella | Capezzali Riccardo | Di Menno di Bucchianico Paolo |
Falcinelli Vincenzo | Felici Giordano | Pelucca Francesco | Sulcaj Ariela |**

Indice

1) Introduzione	pag. 4
2) Metodologia di Analisi	pag. 5
2.1) Analisi Offerte Pubbliche Novembre-Dicembre 2021...	pag. 6
2.2) Analisi Offerte Pubbliche Dicembre-Gennaio 2022...	pag. 10
2.3) Analisi Offerte Pubbliche Gennaio-Febbraio...	pag. 14
2.4) Analisi Offerte Pubbliche Febbraio-Marzo.....	pag. 18
2.5) Analisi Offerte Pubbliche Marzo-Aprile.....	pag. 22
2.6) Analisi Offerte Pubbliche Aprile-Maggio.....	pag. 26
3) Conclusioni Generali	pag. 30

1. Introduzione

La presente analisi si concentra nell'esaminare le dinamiche di domanda e offerta che si esplicitano all'interno del mercato delle offerte pubbliche del giorno prima (d'ora in avanti "MGP"). Come esplicitato nel sito del Gestore dei Mercati Elettrici (GME)¹, tale mercato

“[...] ospita la maggior parte delle transazioni di compravendita di energia elettrica.

- Sul MGP si scambiano blocchi orari di energia per il giorno successivo.
- Gli operatori partecipano presentando offerte nelle quali indicano la quantità ed il prezzo massimo/minimo al quale sono disposti ad acquistare/vendere”.

In questo mercato i partecipanti sono tutti gli operatori elettrici della filiera di generazione e trading all'ingrosso di energia elettrica, i quali iniziano le operazioni alle ore otto del nono giorno antecedente il giorno di consegna e si chiude alle ore 12.00 del giorno precedente il giorno di consegna. Gli esiti del MGP vengono comunicati entro le ore 12.58 del giorno precedente il giorno di consegna (come riportato dalla pagina ufficiale dell'MGP).

In questo mercato, le offerte vengono ordinate in ordine non decrescente di prezzo (e quindi per ordine decrescente di merito, il c.d. “Merit order”), le quali vengono ordinate dal GME (che agisce come controparte centrale) assieme alle proposte di vendita aventi lo stesso prezzo. In particolare, la curva di domanda in questo mercato ha pendenza negativa, mentre la curva di offerta ha pendenza positiva. Il punto di intersezione di queste due curve determina i prezzi e le quantità di equilibrio all'interno del mercato elettrico.

Lo scopo della presente analisi è quello di ricavare, a partire dai dati storici messi a disposizione dal GME, le curve cumulate di domanda e offerta di elettricità; allo scopo di determinare i fattori che determinano l'evoluzione dell'elasticità della domanda e dell'offerta in ciascun giorno del periodo di analisi considerato.

¹ Si veda: [GME - I mercati - Mercato elettrico - MGP, MI, MPEG, MSD](#)

2. Metodologia di Analisi

Per fare questo è stata condotta un'analisi con l'ausilio del software RStudio, grazie al quale è stata eseguita un'analisi su base oraria per ciascun giorno. Attraverso una opportuna manipolazione del dataset, è stata ottenuta una funzione di regressione logaritmica per trasformare la curva di domanda e di offerta in una retta, rendendo così più agevole lo studio delle stesse. In particolare, il presente studio si concentra su due elementi:

- a) L'intercetta, che rappresenta la quantità cumulata acquistata in una determinata ora quando il prezzo (cioè la variabile indipendente) è nullo;
- b) Il coefficiente angolare della retta, che rappresenta l'elasticità della curva di domanda e di offerta rispetto al prezzo.

Di ciascuna di queste variabili è stato determinato l'errore standard (assieme all'errore standard complessivo del modello), in modo da determinare la bontà dei risultati; così come è stata analizzata la significatività statistica del coefficiente angolare per mezzo del p-value al livello del 5%, in modo da controllare se l'elasticità sia significativamente diversa da zero oppure no.

Infine è stato effettuato il *chow test* (sempre su base giornaliera) per confrontare la stabilità strutturale del modello e verificare, di conseguenza, se in due orari differenti il consumo di elettricità è effettivamente differente.

Il periodo di analisi considerato è quello che va dal 16 novembre 2021 al 15 maggio 2022. I risultati di questa analisi sono presentati nella sezione successiva, divisa in diversi sottoparagrafi corrispondenti alle rispettive suddivisioni in cui è stata articolata l'analisi condotta.

2.1) Analisi Offerte Pubbliche 16/11/2021 – 15/12/2021

Analizzando la domanda cumulata riferita al periodo che va dal 16 novembre al 15 dicembre 2021, nella seguente matrice dei dati si propone una sintesi dell'analisi per ogni ora:

<i>Ore</i>	<i>Intercetta</i>	<i>Beta</i>	<i>Sigma</i>	<i>Errore std intercetta</i>	<i>Errore std. Beta</i>
1	10,000000	-0,23478326	0,5613456	0,32577453	0,049683199
2	10,566667	-0,27747681	0,5689876	0,32577453	0,047916644
3	10,800000	-0,2525516	0,5667865	0,326224046	0,057495039
4	10,400000	-0,27806327	0,5711475	0,326637098	0,010798617
5	9,066667	-0,30413633	0,5738679	0,327016655	0,01915977
6	9,600000	-0,22199934	0,5765884	0,327365448	0,016950503
7	9,500000	-0,22565884	0,5793088	0,327685984	0,016614166
8	9,533333	-0,22827514	0,5700000	0,327980569	0,017130049
9	9,133333	-0,23089144	0,5770000	0,328251323	0,012094014
10	10,066667	-0,23507748	0,5730000	0,328500192	0,014798574
11	10,266667	-0,22612405	0,5760000	0,328728968	0,010641683
12	9,666667	-0,24874036	0,5710000	0,328939296	0,017969299
13	9,133333	-0,20431078	0,5760000	0,32913269	0,016480415
14	9,566667	-0,19550856	0,5740000	0,329310542	0,014646577
15	9,266667	-0,166346	0,5710000	0,332947413	0,010794496
16	9,166667	-0,25376853	0,5730000	0,309624642	0,020599144
17	9,800000	-0,27851654	0,5710000	0,312976315	0,018235469
18	9,866667	-0,24653232	0,5770000	0,339890661	0,027472849
19	9,300000	-0,26725555	0,5770000	0,300080907	0,020582475
20	9,566667	-0,22067366	0,5770000	0,301162869	0,012598314
21	9,033333	-0,1985293	0,5710000	0,312160313	0,014566091
22	9,700000	-0,20908439	0,5710000	0,323080448	0,032499993
23	9,666667	-0,18297411	0,5730000	0,339299311	0,0227059
24	9,865665	-0,33478326	0,5730000	0,304714916	0,026267347

Come è possibile notare dalla summenzionata tabella, il valore delle quantità scambiate non subisce delle considerevoli variazioni nel corso delle ore, con un massimo di 10,80 Mw/h e un minimo di 9,3 Mw/h.

Osservando, poi, il coefficiente della retta di regressione logaritmica notiamo che è negativo per ogni giorno, il che ci dice che l'elasticità della domanda è negativa (il che sta a significare che all'aumentare del prezzo diminuirà la domanda). Gli errori standard, inoltre, sono relativamente bassi, il che vuol dire che le stime effettuate possono essere ritenute affidabili.

Grazie alla funzione “summary” di RStudio, è possibile ricavare le seguenti informazioni:

```
summary(lm)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	10,436789	0,3198534	33,12874	2,42E-05
lnP	0,272306	0,0296752	- 4,83894	5,53E-05

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

General F test

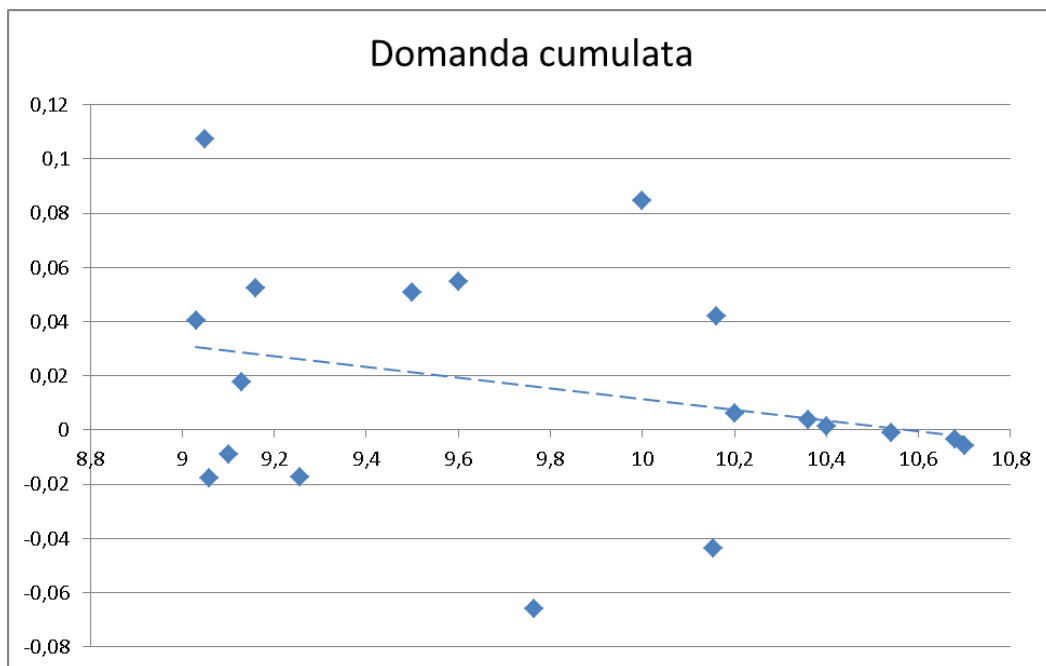
p value: 2,53E-09

La relazione ottenuta tra il consumo ed il prezzo è la seguente:

$$\ln(\text{cum}) = 10,436789 - 0,272306 * \ln(p)$$

Dal test F (che valuta la significatività del modello lineare e non dei singoli regressori) emerge un p value inferiore rispetto la significatività del modello lineare, il che vuol dire che si rifiuta l'ipotesi nulla di avvalersi di un modello di sola intercetta.

La funzione di domanda cumulata è rappresentata dal seguente grafico:



Per quanto riguarda l'offerta cumulata, la tabella dei risultati è la seguente:

<i>Ore</i>	<i>Intercetta</i>	<i>Beta</i>	<i>Sigma</i>	<i>Errore std intercetta</i>	<i>Errore std. Beta</i>
1	8,508675	0,0968320	1,0554529	0,072824416	0,018552421
2	9,066235	0,0916644	1,0280305	0,070425814	0,015855598
3	9,309875	0,0849504	1,0776396	0,063551461	0,013582966
4	8,900000	0,1079862	1,2739452	0,07531078	0,011766794
5	8,566667	0,1015977	1,5757699	0,095217882	0,010411355
6	8,112346	0,0995050	1,4784174	0,084452586	0,010500549
7	8,345679	0,0914166	1,4475472	0,073186855	0,011148005
8	8,339877	0,1113005	1,4388043	0,094615681	0,011761219
9	8,632399	0,1109401	1,2238107	0,074318576	0,012287176
10	8,568977	0,1079857	1,3714817	0,070740096	0,012681614
11	8,766667	0,1106417	1,6553442	0,073283254	0,012910237
12	8,166667	0,1096930	1,5820942	0,080304178	0,012949575
13	8,595235	0,1148041	1,5810815	0,074360308	0,012787494
14	8,639308	0,1064658	1,5227528	0,093391645	0,012423346
15	8,683381	0,1079450	1,3496340	0,076631857	0,017613789
16	8,727454	0,0920599	1,1610593	0,089516818	0,015826805
17	8,300000	0,0923547	1,0947303	0,077054446	0,016466052
18	8,366667	0,0974728	1,0930290	0,094019527	0,01573794
19	8,865499	0,0982475	1,0913277	0,089157168	0,013980014
20	8,135619	0,1059831	1,0197946	0,075683483	0,014135683
21	8,278902	0,0945661	1,0299368	0,082618723	0,012319018
22	8,344243	0,0999930	1,1063850	0,09337427	0,011538834
23	8,409583	0,0107059	1,0044976	0,090208478	0,011790644
24	8,474924	0,0926735	1,0815322	0,086317852	0,012029022

Dalla matrice si può osservare che, anche per quanto riguarda il lato dell'offerta, non vi sono delle elevate variazioni nella quantità; passando da un minimo di 8,11 Mw/h ad un massimo di 9,3 Mw/h.

Anche in questo caso, dalla funzione di R studio "summary(lm)" emerge quanto segue:

```
summary(lm)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8,546037	0,082745017	109,838940696	0,000406
lnP	0,0974077	0,013377	2,014512287	0,001716

Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

General F Test

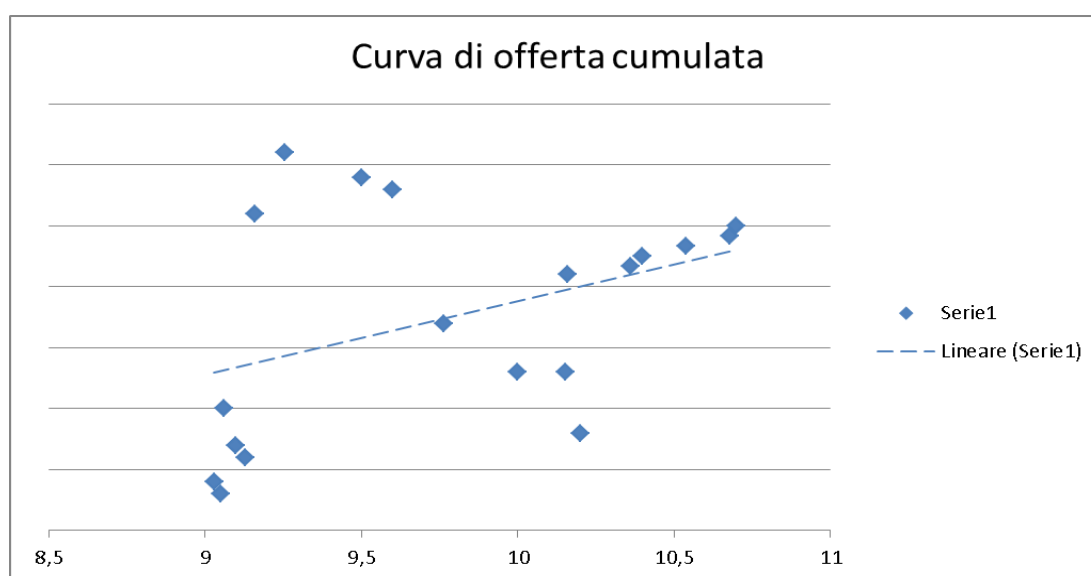
p value: 0,0301875

, da cui si deduce che la relazione tra prezzo e quantità è data dalla seguente equazione:

$$\ln(cum) = 8,546037 + 0,0974077 * \ln p$$

Grazie al *summary* si ottiene anche il General F test, il quale presenta un p-value inferiore al modello di significatività. Per questo motivo dunque viene rifiutata l'ipotesi nulla di avvalersi di un modello di sola intercetta mantenendo valido il modello di regressione lineare, poiché ha una buona bontà di adattamento ai dati e l'elasticità è diversa da zero.

Il grafico della funzione di offerta cumulata è il seguente:



In entrambi i casi, è stato effettuato il cosiddetto “chow test”, dal quale emerge che non vi sono delle differenze nel consumo di energia tra le ore 2 e 12 dal lato della domanda, mentre vi sono delle differenze nell'offerta di energia; per cui l'offerta di elettricità durante le fasce orarie diurne differisce da quella delle fasce orarie notturne.

2.2) ANALISI OFFERTE PUBBLICHE 16/12/2021 – 15/01/2022

Analizzando la domanda cumulata riferita al periodo 16/12/2021 – 16/01/2022, nella seguente matrice di dati si propone una sintesi dell'analisi per ogni ora:

Ore	Intercetta	Beta	Sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	11,45231301	-0,275032647	0,684999377	0,320105127	0,052330471
2	11,39892458	-0,277298882	0,692013981	0,309635866	0,050771438
3	11,36993829	-0,278827508	0,692679219	0,297095387	0,048791621
4	11,35332831	-0,279667592	0,69129243	0,296036157	0,048668771
5	11,35959625	-0,2793471	0,688409599	0,302509363	0,049736507
6	11,28422915	-0,257988662	0,68386925	0,29019819	0,047638548
7	11,29776539	-0,23522785	0,657759806	0,296573375	0,048397833
8	11,59718781	-0,25527523	0,617673588	0,326364422	0,053010384
9	11,52551689	-0,225645257	0,600129845	0,312506346	0,050698162
10	11,59221145	-0,22813329	0,594891834	0,31250893	0,050679741
11	11,5094197	-0,214042784	0,596084935	0,303331269	0,049222961
12	11,53260682	-0,218340142	0,597720407	0,302900135	0,049220476
13	11,56416765	-0,229052804	0,60657717	0,304576468	0,049520248
14	11,56473021	-0,233829978	0,608602847	0,30651842	0,049863628
15	11,50068657	-0,22322647	0,606080829	0,300858631	0,048929843
16	11,57985696	-0,232171664	0,604052705	0,321498657	0,052178332
17	11,502387	-0,212402028	0,599500192	0,318184294	0,051566197
18	11,61730467	-0,221300007	0,60747879	0,336107426	0,054361245
19	11,45807634	-0,196521702	0,61686093	0,323603242	0,052327137
20	11,40330331	-0,189922778	0,620239271	0,317953048	0,051460659
21	11,56446372	-0,223720321	0,60523621	0,319297945	0,051778376
22	11,56219018	-0,237530125	0,626942473	0,318468114	0,05185782
23	11,52895239	-0,25106906	0,652189178	0,32228276	0,05253482
24	11,45447985	-0,258202128	0,669012173	0,312461194	0,051053377

Dalla matrice si può osservare che il valore dell'intercetta non subisce elevate variazioni nel corso della giornata ed il suo valore è sempre compreso tra 11,28Mwh e 10,62Mwh.

Osservando il coefficiente di regressione (il quale rappresenta l'elasticità della curva di domanda), si nota che presenta valori negativi per ogni ora del giorno, e ciò indica che all'aumentare del prezzo diminuirà la domanda.

Analizzando gli errori standard si può osservare che presentano valori relativamente bassi e ciò evidenzia che le stime dei singoli parametri possono essere ritenute attendibili.

Attraverso il seguente *summary* si considera il modello di regressione lineare logaritmico complessivo:

summary(lm)

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	11,7121	0,36265	32,293	<2e-16
lnp	-0,31852	0,05916	-5,384	1,03E-07

Signif. Codes: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

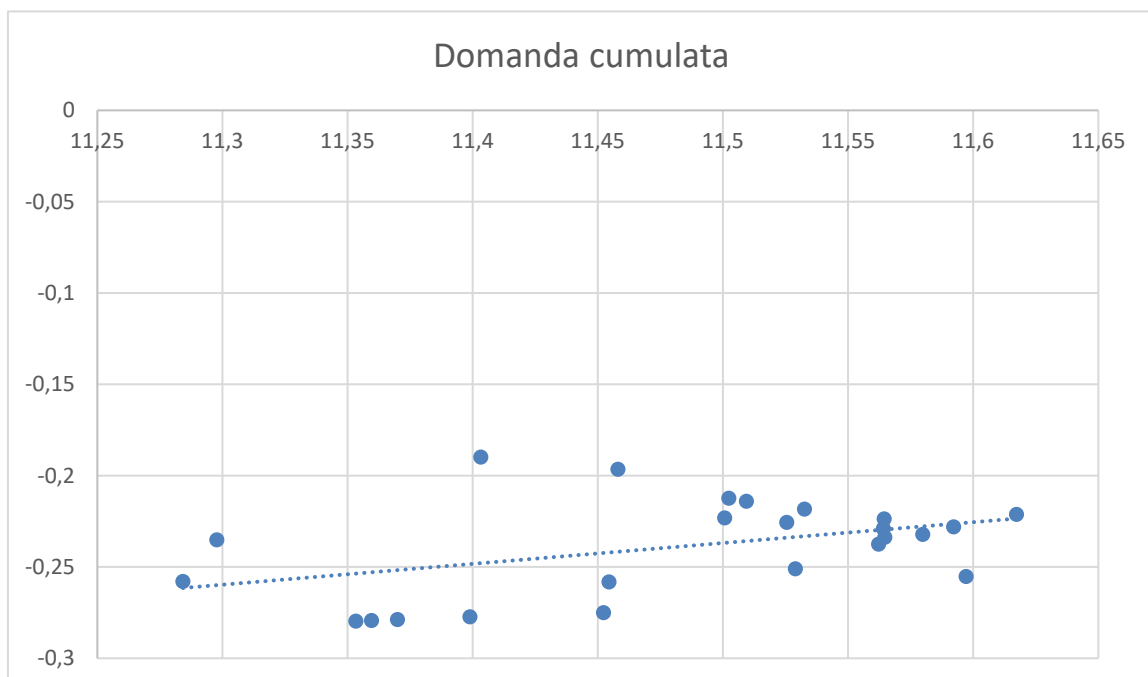
General F test

p value: 1,03E-07

La relazione ottenuta tra il consumo ed il prezzo è la seguente:

$$\ln(\text{cum}) = 10,1158 - 0,31852 \cdot \ln(p)$$

Tramite il *summary* si ottiene anche il General F test, il quale permette di valutare la significatività del modello lineare e non del regressore osservato singolarmente: esso presenta un p-value inferiore al modello di significatività, dunque viene rifiutata l'ipotesi nulla di avvalersi di un modello di sola intercetta mantenendo valido il modello di regressione lineare. In particolare, tale verifica ha consentito di valutare che l'elasticità della domanda cumulata in ogni ora è rigida rispetto al prezzo, dunque si ha elasticità pari a zero. Graficamente la funzione di domanda cumulata è la seguente:



La funzione di domanda stimata ha un andamento decrescente, ma essendo tale modello non

significativo la domanda ha elasticità zero dunque la si considera parallela all'asse orizzontale.

Dal chow test emerge che non c'è differenza nel consumo di energia tra le ore 2 e 12, difatti l'elasticità è uguale a zero ed essendo la domanda rigida il consumo non cambia tra orari notturni e quelli relativi all'ora di pranzo.

Analizzando l'offerta cumulata riferita al periodo 16/12/2021 – 16/01/2022, nella seguente matrice di dati si propone una sintesi dell'analisi per ogni ora:

Ore	Intercetta	Beta	Sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	9,976172057	0,078502998	1,078940639	0,092971304	0,018285713
2	9,98340018	0,074022033	1,091453531	0,093854251	0,018471546
3	9,997976294	0,07021931	1,088777259	0,092989543	0,01835833
4	9,998695351	0,070336534	1,088793506	0,09246207	0,018290388
5	9,999816285	0,071013043	1,076484371	0,092184463	0,018247214
6	10,00322131	0,073572278	1,070665791	0,091769531	0,018126707
7	10,01363158	0,080125939	1,088295307	0,093977559	0,018380776
8	9,88506544	0,106628803	1,178880888	0,088277084	0,017471832
9	9,927913024	0,112007484	1,151734432	0,085699804	0,016985559
10	10,0197887	0,107407832	1,115991141	0,084606641	0,016746713
11	10,07679116	0,105766587	1,093085391	0,083842832	0,016618453
12	10,12332829	0,102114931	1,073813958	0,083322699	0,016583264
13	10,12658741	0,101836191	1,07628054	0,083852138	0,016676826
14	10,09580331	0,103891731	1,08655638	0,084417671	0,016801145
15	10,04527317	0,107401092	1,104248929	0,085021913	0,016889675
16	9,958820686	0,112895739	1,149197504	0,086306211	0,01710056
17	9,942954253	0,111283066	1,176934422	0,087264795	0,017223928
18	10,08523695	0,093170725	1,10019987	0,091749212	0,017779235
19	10,12558107	0,088055214	1,070539141	0,09196962	0,017781842
20	10,09920029	0,089482852	1,074332235	0,092094331	0,017811278
21	10,08792838	0,086524333	1,075797853	0,092470399	0,01800755
22	10,09863973	0,080706709	1,073792842	0,093016094	0,018170766
23	10,08877715	0,078709603	1,059611804	0,092660806	0,018132402
24	10,0764406	0,07771729	1,06415832	0,092857351	0,018220889

Dalla matrice si può osservare che il valore dell'intercetta non subisce elevate variazioni nel corso della giornata ed il suo valore è sempre compreso tra 9,88Mwh e 10,13Mwh.

Osservando il coefficiente di regressione (il quale rappresenta l'elasticità della curva di offerta), si nota che presenta valori positivi per ogni ora del giorno, e ciò indica che all'aumentare del prezzo aumenterà anche l'offerta.

Analizzando gli errori standard si può osservare che presentano valori relativamente bassi e ciò evidenzia che le stime dei singoli parametri possono essere ritenute attendibili.

Attraverso il seguente *summary* si considera il modello di regressione lineare logaritmico complessivo:

```
summary(lm)
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value    Pr(>|t|)
(Intercept)   10,1158    0,09549   109,978 <2e-16
lnp            0,04287    0,01903    2,3055  0,02838

Signif. Codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

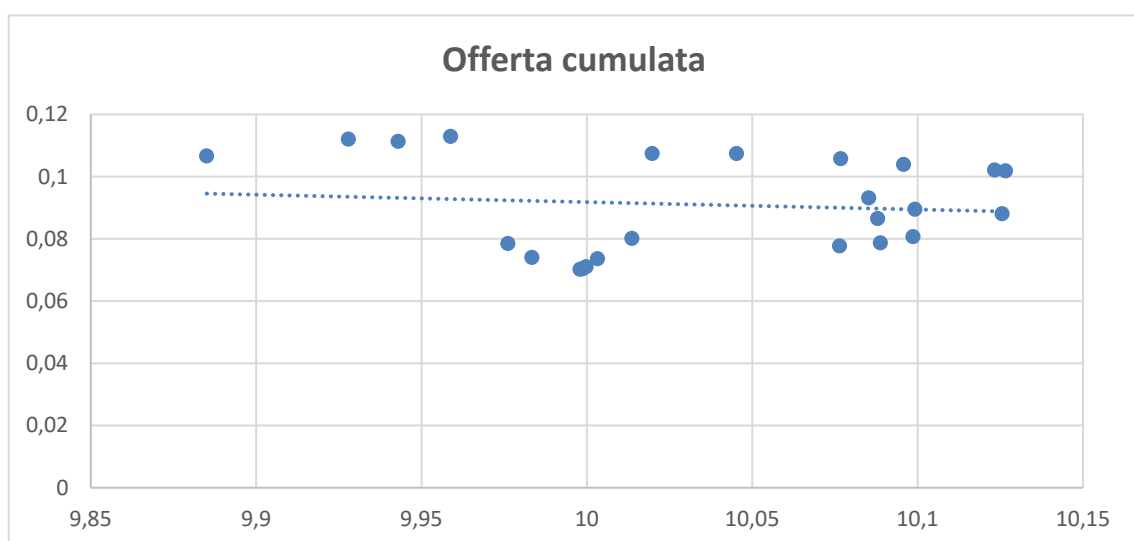
General F test
p value:        0,0284
```

La relazione ottenuta tra il consumo ed il prezzo è la seguente:

$$\ln(\text{cum}) = 10,1158 + 0,04287 \cdot \ln(p)$$

Tramite il *summary* si ottiene anche il General F test, il quale permette di valutare la significatività del modello lineare e non del regressore osservato singolarmente: esso presenta un p-value inferiore al modello di significatività, dunque viene rifiutata l'ipotesi nulla di avvalersi di un modello di sola intercetta mantenendo valido il modello di regressione lineare, poiché ha una buona bontà di adattamento ai dati e l'elasticità è diversa da zero, nello specifico inferiore ad 1.

Graficamente la funzione di domanda cumulata è la seguente:



L'offerta cumulata ha un andamento crescente, questo comprova l'elasticità non nulla. Dal chow test emerge che c'è differenza nel consumo di energia tra le ore 2 e 12, difatti l'elasticità è diversa per gli orari considerati e dunque l'offerta di elettricità relativa all'ora di pranzo differisce da quella delle 2 di notte.

2.3) ANALISI OFFERTE PUBBLICHE 16/01/2022 – 15/02/2022

Analizzando la domanda cumulata in riferimento al periodo 16/01/2022 – 15/02/2022 nella seguente matrice di dati si propone una sintesi dell'analisi per ogni ora:

ORE	INTERCETTA	BETA	SIGMA	ERRORE STND INTERCETTA	ERRORE STND BETA
1	11,5660	-0,2216	0,7051	0,4950	0,0631
2	11,5222	-0,2499	0,6865	0,4672	0,0426
3	11,1532	-0,2446	0,7104	0,4177	0,0395
4	11,1533	-0,2381	0,4552	0,3275	0,0372
5	11,1511	-0,2295	0,4643	0,3298	0,0375
6	11,1877	-0,2223	0,3564	0,2514	0,0408
7	12,0363	-0,2213	0,4327	0,3708	0,0438
8	12,1392	-0,2197	0,5279	0,3769	0,0446
9	12,0319	-0,2193	0,5118	0,2909	0,0414
10	12,2780	-0,2188	0,5057	0,2913	0,0415
11	12,2780	-0,2184	0,5088	0,2919	0,0418
12	12,3349	-0,2122	0,5080	0,2893	0,0413
13	12,0151	-0,2075	0,4466	0,2857	0,0492
14	12,2279	-0,2045	0,4423	0,2753	0,0379
15	11,1294	-0,2038	0,4336	0,2615	0,0348
16	11,1303	-0,1997	0,6312	0,3928	0,0361
17	11,2142	-0,1988	0,6304	0,2781	0,0379
18	11,9424	-0,1977	0,5342	0,2917	0,0404
19	11,3925	-0,1976	0,4350	0,3099	0,0416
20	12,1129	-0,1235	0,4581	0,3084	0,0436
21	12,2496	-0,1208	0,4505	0,3197	0,0415
22	11,1417	-0,1103	0,4692	0,3896	0,0402
23	11,0275	-0,0841	0,4874	0,3793	0,0383
24	11,4523	-0,0811	0,4692	0,3719	0,0369

Come si può vedere dalla prima colonna i valori dell'intercetta sempre superiori a 11 Mwh arrivando a 12 Mwh in media dalle ore 7 alle ore 14. Il coefficiente di regressione stimato mostra valori negativi per ogni ora del giorno, ovverosia all'aumentare del prezzo diminuisce la domanda del bene considerato.

Analizzando le ultime due colonne relative agli errori standard si possono osservare valori relativamente bassi evidenziando l'attendibilità della stima dei parametri considerati singolarmente.

La funzione *summary* presente nell'applicativo statistico R considera i risultati principali del modello di regressione logaritmico:

```
> summary(lm)
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	11,6611	0,336	40,843	<2e-16 ***
ln(p)	-0,4121	0,126	-7,936	0,06214

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

General F test

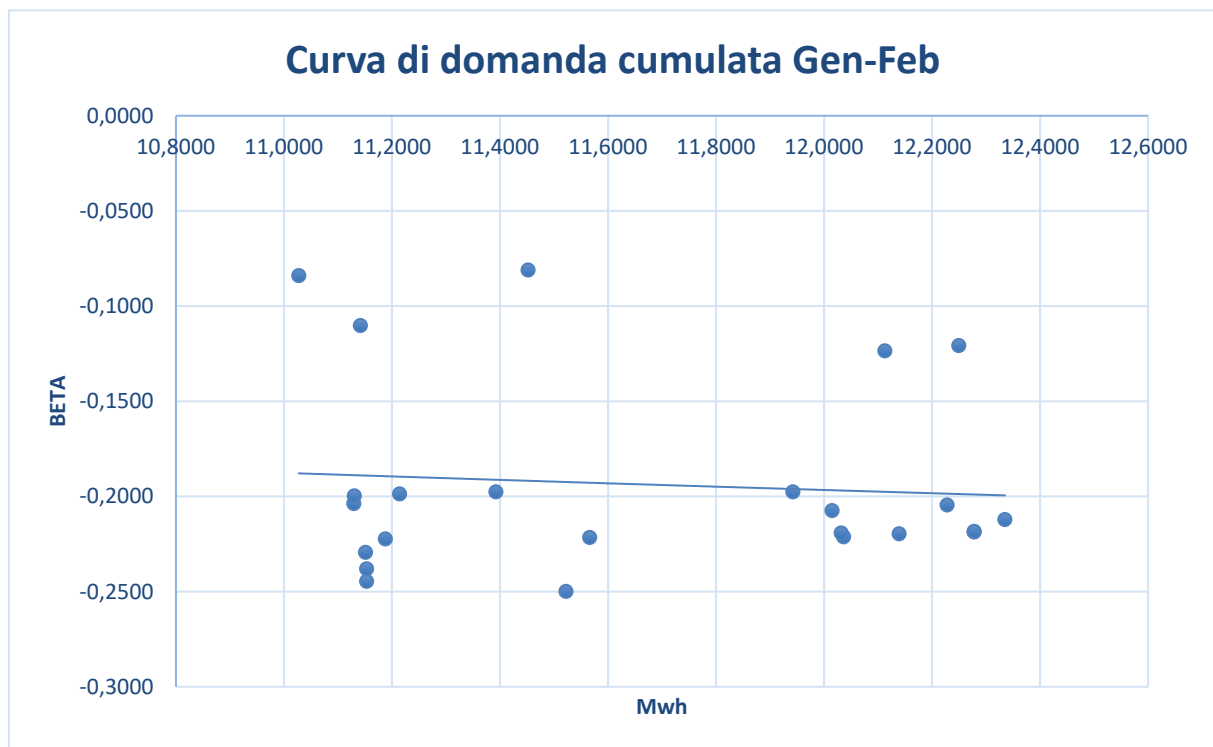
p-value: 0,06214

Complessivamente la relazione logaritmica tra il consumo e il prezzo è la seguente:

$$\text{Ln(cum)} = 11,6611 - 0,4121\text{Ln}(p)$$

Il General F test valuta la significatività complessiva del modello. Analizzando il p-value si può dire che non si rifiuta l'ipotesi nulla secondo la quale ci si avvale di un modello con sola intercetta, dunque con elasticità pari a zero.

Graficamente la funzione di domanda cumulata ottenuta è la seguente:



Si nota come la curva abbia un andamento tendenzialmente parallelo all'asse orizzontale, questo a corroborare l'elasticità nulla.

Dal *chow test* e considerando l'elasticità della domanda difatti uguale a zero si può dire che il consumo notturno non cambia significativamente rispetto a quello dell'ora di pranzo.

Analizzando l'offerta cumulata riferita al periodo 16/01/2022 – 15/02/2022, nella seguente matrice di dati si propone una sintesi dell'analisi per ogni ora:

ORE	INTERCETTA	BETA	SIGMA	ERRORE STND INTERCETTA	ERRORE STND BETA
1	9,4994	0,1302	1,1595	0,1085	0,0210
2	9,9080	0,0398	0,8583	0,0914	0,0179
3	9,8524	0,0411	0,8401	0,0915	0,1804
4	9,3741	0,0994	1,1380	0,0795	0,0206
5	9,9431	0,0999	0,9058	0,0794	0,0187
6	10,0659	0,1145	1,0635	0,0999	0,0197
7	9,7026	0,1207	1,1903	0,1083	0,0211
8	9,2182	0,1231	1,2881	0,0796	0,0207
9	9,3908	0,1250	0,8429	0,0736	0,0151
10	9,3674	0,1367	1,1267	0,0829	0,0169
11	9,8138	0,1403	0,8588	0,0740	0,0149
12	9,6362	0,1613	1,2271	0,0894	0,0175
13	9,3547	0,1735	1,3918	0,0932	0,0186
14	9,4659	0,1759	1,1530	0,0862	0,0171
15	9,5351	0,1759	1,1155	0,0867	0,0175
16	9,1226	0,2034	1,3619	0,0980	0,0197
17	9,4192	0,2048	1,2290	0,0774	0,0200
18	9,3829	0,2095	0,9455	0,0787	0,0158
19	9,0366	0,2139	1,6457	0,1034	0,0209
20	9,8893	0,2322	0,9270	0,0821	0,0164
21	10,1332	0,2424	0,9621	0,0961	0,0186
22	10,0163	0,2500	0,9472	0,0979	0,0189
23	10,0387	0,2502	0,8560	0,0945	0,0183
24	10,1958	0,2636	1,0953	0,1037	0,0203

Dalla prima colonna della matrice riportata si riscontra come il valore dell'intercetta subisca variazioni contenute con valori compresi tra 9 Mwh e 10 Mwh e in alcuni casi (ad esempio nelle ore notturne) leggermente superiore a 10 Mwh.

Il coefficiente di regressione stimato Beta risulta essere positivo per tutte le ore del giorno. Esso rappresenta l'elasticità della curva di offerta. In altre parole, all'aumentare del prezzo aumenta l'offerta del bene considerato. Gli errori standard per ogni singola fascia oraria risultano essere bassi, questo a corroborare l'attendibilità dell'analisi svolta.

Per un'analisi compressiva circa il modello di regressione logaritmico utilizzato si riporta il risultato della funzione *summary* disponibile su applicativo statistico R:

```
> summary(lm)

Coefficients:
              Estimate      Std. Error      t value      Pr(>|t|)
(Intercept)      9,5291          0,1218        78,22 <2e-16 ***
ln(p)             0,1226          0,0238         5,15 3e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

General F test

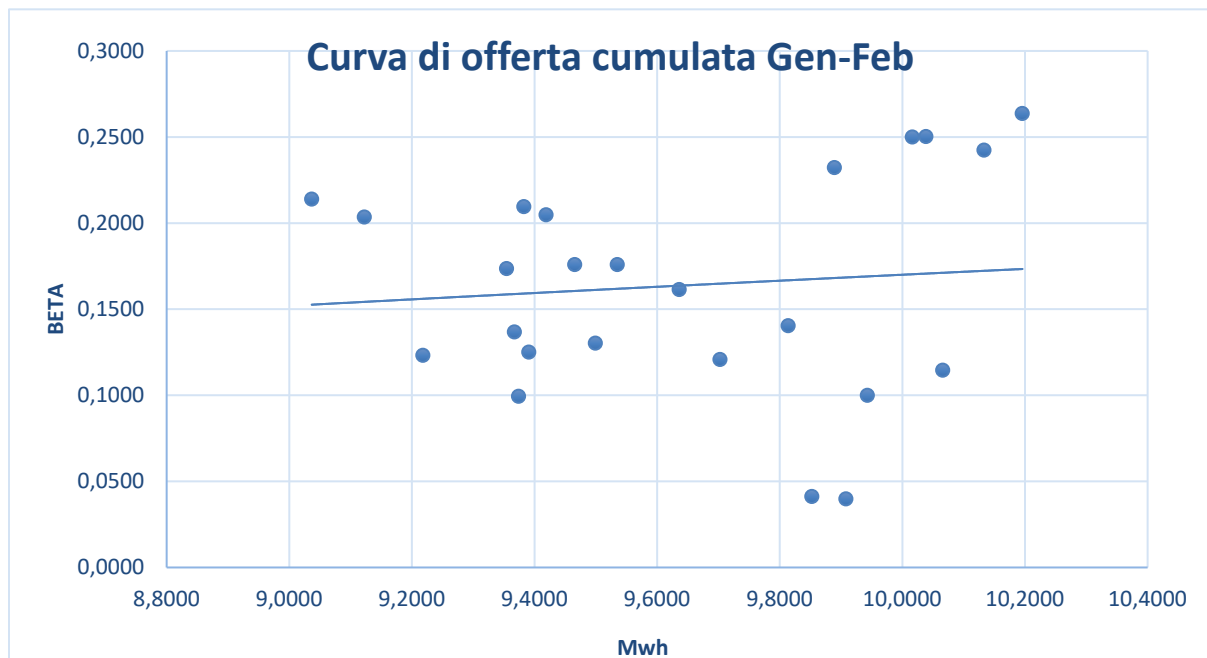
p-value:      0,0003003
```

Complessivamente la relazione tra il consumo e il prezzo è la seguente:

$$\text{Ln(cum)} = 9.5291 + 0,1226\text{Ln}(p)$$

Dal *summary* si può vedere il General F test che riguarda la significatività complessiva del modello utilizzato e non solo del singolo regressore. In questo caso il p-value è al di sotto della soglia di significatività, di conseguenza si rifiuta l'ipotesi nulla, secondo la quale andrebbe considerato il modello di sola intercetta, mentre consideriamo valido il modello di regressione lineare.

Graficamente la funzione di offerta cumulata è la seguente:



A riprova dell'elasticità non nulla si nota come la funzione abbia un andamento crescente. Dal *chow test* emerge che vi è differenza tra consumo di energia tra le ore diurne e notturne in particolare dalle 2 alle 12. L'elasticità infatti presenta valori diversi, di conseguenza l'offerta di elettricità relativa all'ora di pranzo differisce da quella rilevata in orari notturni.

2.4) ANALISI OFFERTE PUBBLICHE 16/02/2022 – 15/03/2022

Con riferimento alla domanda cumulata dal 16 Febbraio – 15 Marzo, la sintesi dell'analisi per ogni ora è riportata nella seguente matrice dei dati:

Ore	Intercetta	BETA	SIGMA	Errore std Intercetta	Errore Beta
1	11.72372669	-0.2691961	0.4067546	0.2178300	0.0361799
2	11.73526063	-0.24171507	0.41608896	0.20616414	0.03426234
3	11.67046462	-0.22787253	0.43273800	0.20993556	0.03480008
4	11.68885684	-0.23318317	0.42753217	0.20499727	0.03406018
5	11.73070309	-0.27621981	0.42186669	0.22446605	0.03728385
6	11.74363024	-0.24078923	0.41688021	0.20386249	0.03384973
7	11.85756514	-0.19360588	0.40027109	0.19482439	0.03215596
8	11.92942768	-0.22625990	0.35381694	0.21980154	0.03619894
9	11.95074699	-0.2348506	0.3474842	0.2319714	0.0381431
10	11.93592746	-0.23410065	0.34269242	0.22233161	0.03662869
11	12.17425044	-0.17328952	0.34413377	0.17364114	0.02871861
12	11.93838231	-0.15154371	0.34448423	0.14923300	0.02478715
13	11.99814471	-0.17896415	0.34686996	0.16404487	0.02726936
14	11.84425153	-0.17629737	0.34273569	0.15535594	0.02591237
15	11.96451043	-0.17195190	0.34279772	0.15969977	0.02655494
16	11.84901537	-0.17116368	0.34593688	0.16318203	0.02708823
17	12.16611917	-0.23067900	0.34492874	0.20482063	0.03388208
18	12.02287940	-0.18100378	0.35610796	0.19216522	0.03166208
19	12.20228999	-0.17898263	0.36965259	0.19513895	0.03210522
20	11.84230465	-0.24079513	0.36817545	0.23349802	0.03841556
21	11.88034877	-0.25139830	0.37584633	0.23035876	0.03798952
22	12.15002826	-0.19304827	0.37884711	0.18603021	0.03079139
23	12.02940910	-0.21120037	0.39074976	0.19322416	0.03202571
24	11.95241341	-0.2822688	0.39062654	0.22441107	0.03723235

È possibile osservare che per la maggior parte delle ore del giorno il valore dell'intercetta si attesta sui 11,9 Mwh circa, tranne per le ultime ore in cui si attesta sui 12,1 Mwh.

Il coefficiente di regressione rappresenta l'elasticità della curva di domanda la quale risulta essere negativa per ogni ora, difatti all'aumentare del prezzo la domanda cumulata diminuisce. Osservando gli errori standard si può desumere che il modello nel suo complesso, considerando le stime dei parametri singolarmente, presenta valori stimati corretti, infatti gli errori standard sono bassi. Il test effettuato sui parametri di regressione, per verificare la significatività del coefficiente e dell'intercetta evidenzia che è significativamente diversa da zero, difatti i p-value riportati sono per tutti i vettori orari rispettivamente inferiori e superiori a 0.05. In particolare, tale verifica ha consentito di valutare che l'elasticità della domanda cumulata in ogni ora è rigida rispetto al prezzo, dunque si ha elasticità pari a zero

Attraverso il summary riportato di seguito consideriamo il modello di regressione lineare logaritmico nel suo complesso:

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  11.98730    0.22441   53.417 < 2e-16 ***
lnp          -0.28227    0.03723   -7.581 1.11e-13 ***
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

General F test:

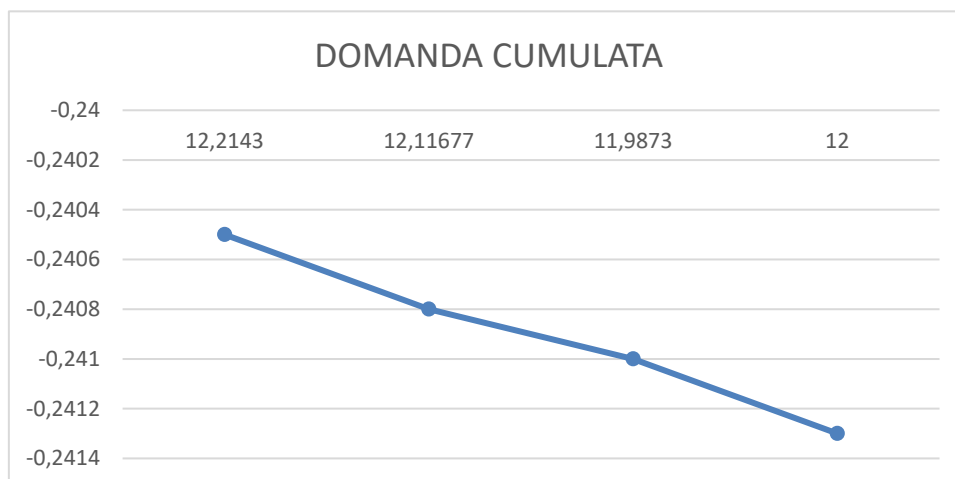
p-value: 1.11E-13

Complessivamente la relazione tra il consumo e il prezzo è la seguente:

$$\text{Ln(cum)} = 11.98730 - 0.28227\text{Ln}(p)$$

Dal summary si ottiene il general F test, un test che consente di valutare la significatività del modello lineare e non del singolo regressore, e anch'esso presenta un p-value superiore al modello di significatività, dunque si accetta l'ipotesi nulla di avvalersi di un modello solo intercetta, dunque con elasticità pari a zero.

Graficamente la funzione di domanda cumulata è la seguente:



La funzione di domanda stimata ha un andamento decrescente, ma essendo tale modello non significativo la domanda ha elasticità zero dunque la si considera parallela all'asse orizzontale. Dal chow test emerge che c'è differenza nel consumo di energia tra le ore 2 e 12, difatti l'elasticità è diversa da zero e differente per le due fasce orarie.

Con riferimento all'offerta cumulata dal 16 febbraio – 15 marzo, la sintesi dell'analisi per ogni ora è riportata nella seguente matrice dei dati:

Ore	Intercetta	BETA	SIGMA	Errore std Intercetta	Errore Beta
1	9.412976	0.172391523	1.2479584	0.09638649	0.02322923
2	9.382778	0.176540292	1.2429693	0.09663856	0.02331407
3	9.394129	0.175158434	1.2289252	0.09705795	0.02339299
4	9.372290	0.177867978	1.2194219	0.09664033	0.02332039
5	9.385785	0.175444215	1.2223082	0.09624486	0.02330907
6	9.369549	0.175442519	1.2683976	0.91854447	0.02370281
7	9.209717	0.210774527	1.2416626	0.08240256	0.01962912
8	9.059007	0.226420536	1.2897597	0.08706816	0.01862061
9	9.354031	0.219427045	1.1738439	0.08869010	0.01784987
10	9.526879	0.213163667	1.1005138	0.08690102	0.01784807
11	9.617930	0.201914981	1.0897002	0.09542485	0.01788269
12	9.702462	0.201123713	1.0869048	0.09503984	0.01780355
13	9.717368	0.200191397	1.0710351	0.09706816	0.01779092
14	9.710345	0.204784017	1.0739195	0.09222013	0.01783599
15	9.639872	0.214518622	1.0761416	0.09690102	0.01777197
16	9.527342	0.232292957	1.0759527	0.08542485	0.01837825
17	9.257009	0.232292957	1.1451491	0.09503984	0.01864982
18	9.777107	0.232951920	1.2093727	0.08034295	0.02182832
19	9.730940	0.248898976	1.1406383	0.09639215	0.02249357
20	9.752977	0.248276553	1.1327195	0.09369930	0.02249259
21	9.702931	0.245029359	1.1107425	0.09808939	0.02187854
22	9.692556	0.243046392	1.0903664	0.09619058	0.02164754
23	9.706752	0.255662719	1.0669037	0.09722526	0.02152310
24	9.705823	0.246460358	1.0484391	0.09966978	0.02182453

È possibile osservare che per la maggior parte delle ore del giorno il valore dell'intercetta si attesta sui 9,8 Mwh circa ad eccezione delle prime e delle ultime ore in cui si attesta su valori più bassi.

Il coefficiente di regressione rappresenta l'elasticità della curva di offerta la quale risulta essere positiva per ogni ora, difatti all'aumentare del prezzo l'offerta cumulata aumenta. Osservando gli errori standard si può desumere che il modello nel suo complesso, considerando le stime dei parametri singolarmente, presenta valori stimati corretti, infatti gli errori standard sono bassi. Il test effettuato sui parametri di regressione, per verificare la significatività del coefficiente e dell'intercetta evidenzia che entrambi sono significativamente diversi da zero, difatti i p-value riportati sono per tutti i vettori orari superiori a 0.05. In particolare, tale verifica ha consentito di valutare che l'elasticità dell'offerta cumulata in ogni ora non è rigida rispetto al prezzo, dunque si ha elasticità diversa zero. L'elasticità di ogni ora, in termini assoluti, è inferiore ad 1, dunque c'è poca reattività delle variazioni di domanda di elettricità al variare del prezzo.

Attraverso il summary riportato di seguito consideriamo il modello di regressione lineare logaritmico nel suo complesso:

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	9.83579	0.11911	82.579	< 2e-16	***
lnp	0.09591	0.02349	4.082	4.72e-05	***

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

General F test:

p-value: 4.72E-05

Complessivamente la relazione tra il consumo e il prezzo è la seguente:

$$\text{Ln(cum)} = 9.83579 + 0.09591\text{Ln}(p)$$

Dal summary si ottiene il general F test che consente di valutare la significatività del modello lineare e non del singolo regressore: anch'esso presenta un p-value inferiore al modello di significatività, dunque si rifiuta l'ipotesi nulla che presuppone l'utilizzo di un modello di sola intercetta mentre si considera valido il modello di regressione lineare.

Graficamente la funzione di offerta cumulata è la seguente:



L'offerta cumulata ha un andamento crescente, questo comprova l'elasticità non nulla.

Dal chow test emerge che c'è differenza nel consumo di energia tra le ore 2 e 12, difatti l'elasticità è diversa per gli orari considerati e dunque l'offerta di elettricità relativa all'ora di pranzo differisce da quella delle 2 di notte.

2.5) ANALISI OFFERTE PUBBLICHE 16/03/2022 – 15/04/2022

Analizzando la domanda cumulata riferita al periodo 16/03/2022 – 15/04/2022, nella seguente matrice di dati è possibile osservare una sintesi dell'analisi per ogni ora:

Ore	Intercetta	beta	sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	11,34109	-0,21873	0,57818	0,287364	0,045818
2	11,31707	-0,22464	0,586333	0,172502	0,046087
3	11,3175	-0,22992	0,587734	0,175077	0,046179
4	11,30953	-0,23012	0,588295	0,173557	0,046275
5	11,31095	-0,22752	0,586785	0,175255	0,046065
6	11,40062	-0,2303	0,577703	0,179007	0,047269
7	11,54176	-0,22667	0,558223	0,189959	0,050547
8	11,58017	-0,20818	0,535669	0,188108	0,049583
9	11,6389	-0,20165	0,526497	0,188147	0,048216
10	11,66873	-0,20419	0,523195	0,175109	0,045142
11	11,69597	-0,21075	0,51868	0,161369	0,041891
12	11,7144	-0,21683	0,51826	0,157455	0,041314
13	11,65248	-0,2142	0,520391	0,152703	0,040051
14	11,57826	-0,20665	0,517104	0,142608	0,037837
15	11,49814	-0,1936	0,517325	0,132325	0,036315
16	11,50364	-0,1948	0,517639	0,12995	0,036498
17	11,56212	-0,20201	0,524138	0,135888	0,038013
18	11,6214	-0,20844	0,529604	0,15529	0,041684
19	11,6415	-0,20522	0,537595	0,166346	0,045335
20	11,68692	-0,20556	0,541171	0,187806	0,051159
21	11,70015	-0,21184	0,549715	0,202618	0,051723
22	11,64771	-0,21735	0,550138	0,189762	0,04828
23	11,52822	-0,21607	0,557515	0,180372	0,045728
24	11,08268	-0,18295	0,554596	0,170848	0,042961

Osservando i dati riportati dalla matrice, è possibile notare che i valori dell'intercetta sono compresi in un intervallo di valori incluso tra 11,08 Mwh e 11,71 Mwh. Da ciò si evince che non vi sono variazioni degne di nota nel corso di una giornata dal momento che i valori sono pressoché simili. Per quanto riguarda il coefficiente di regressione (beta), si registrano unicamente valori negativi ad ogni ora del giorno. Questo è sinonimo di una relazione inversa tra prezzo e quantità, dove all'aumentare del prezzo vi è una diminuzione

della domanda. In merito alle ultime due colonne della matrice, ovvero quelle relative agli errori standard dell'intercetta e del beta, è possibile riscontrare dei valori relativamente bassi; ciò evidenzia che le stime dei singoli parametri possono essere ritenute attendibili.

Tramite il codice che è possibile digitare sul software RStudio, ovvero `summary(lm)`, è possibile considerare i risultati principali del modello di regressione logaritmico:

```
Call:
lm(formula = bid_g[[c]] ~ bid_g[[384]], data = na.exclude(bid_g))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.697e-10  0.000e+00  0.000e+00  0.000e+00  1.300e-12

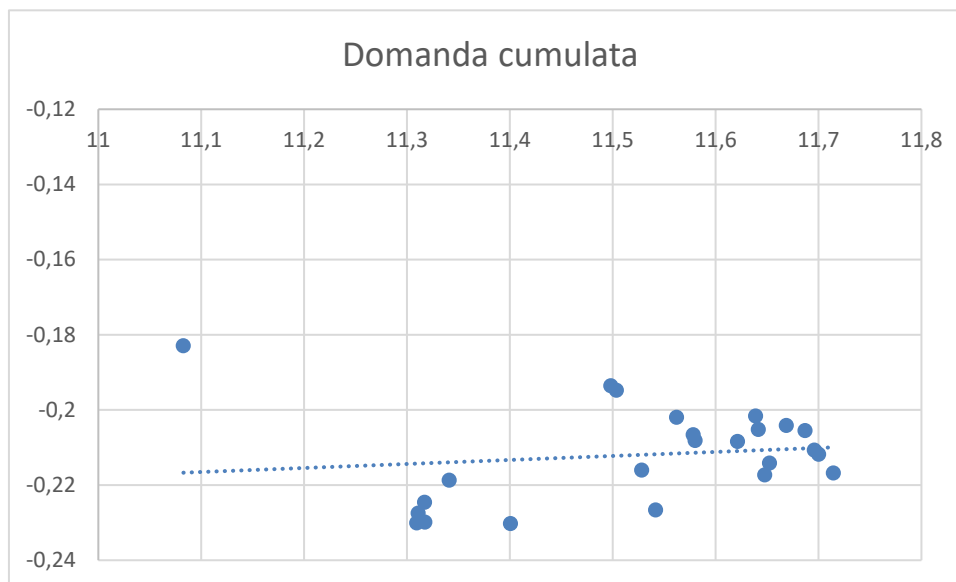
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.225e-11  2.379e-14  5.150e+02  <2e-16 ***
bid_g[[384]]  1.000e+00  3.782e-15  2.644e+14  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.296e-12 on 267165 degrees of freedom
Multiple R-squared:  1, Adjusted R-squared:  1
F-statistic: 6.991e+28 on 1 and 267165 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Dal summary si ottiene F test tramite il quale è possibile valutare la significatività del modello lineare. Da ciò si può dedurre che si accetta l'ipotesi nulla e che l'elasticità è pari a zero. La relazione tra consumo e prezzo è:

$$\text{Ln}(\text{cum}) = 1.225\text{e-}11 + 1.000\text{e+}00 \ln(p)$$

A livello grafico, la funzione di domanda cumulata ha la seguente rappresentazione:



È possibile notare che la funzione di domanda cumulata ha un andamento orientativamente parallelo all'asse delle ascisse e ciò simboleggia che la domanda ha elasticità nulla. Inoltre, grazie al Chow test ed alla nozione che ci ribadisce che l'elasticità è nulla, è possibile affermare che non vi è una differenza significativa nel consumo di energia tra le ore diurne e quelle notturne.

Analizzando la domanda cumulata riferita al periodo 16/03/2022 – 15/04/2022, nella seguente matrice di dati è possibile osservare una sintesi dell'analisi per ogni ora:

Ore	Intercetta	beta	sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	9,728158426	0,095300096	0,969617628	0,098166485	0,019095952
2	10,06994433	0,061985526	1,006711544	0,101142309	0,019736134
3	10,06949004	0,062006073	1,010044198	0,100952224	0,019698986
4	10,06541472	0,063017073	1,006093017	0,10150249	0,01977408
5	10,06254255	0,063361728	1,009171506	0,101830765	0,019830731
6	10,02481843	0,071989339	1,014602399	0,101488486	0,019709607
7	9,708150494	0,132132554	1,066526019	0,088642514	0,017571074
8	9,736282114	0,140092859	1,107915699	0,0877693	0,017410685
9	9,847484022	0,140251389	1,117824991	0,087801784	0,017386747
10	9,946176844	0,13664157	1,107157599	0,087196363	0,01734897
11	10,03279579	0,130597803	1,091522699	0,086174292	0,017273098
12	10,09070707	0,125935463	1,084658488	0,085602486	0,017267262
13	10,11804378	0,1230469	1,087108573	0,085542373	0,017327026
14	10,12822595	0,119892308	1,083033776	0,085320053	0,017304422
15	10,11428394	0,11870103	1,07527817	0,084845658	0,017203665
16	10,0571331	0,122520304	1,071816368	0,084559404	0,017108713
17	9,983871251	0,125870202	1,070309683	0,084575726	0,017024082
18	9,887792369	0,13282071	1,078163815	0,085838927	0,017094068
19	9,809591969	0,137528145	1,100562509	0,089591984	0,017614027
20	9,948631439	0,106970695	1,09536055	0,09891103	0,019064202
21	10,16878171	0,067436924	1,059064422	0,105421724	0,020107614
22	10,16666368	0,062291648	1,043876947	0,10453819	0,020080431
23	10,16992686	0,057665186	1,022821901	0,103355047	0,019965107
24	9,832660848	0,086956819	0,979218611	0,099341629	0,019250269

Osservando i dati riportati dalla matrice, è possibile notare che i valori dell'intercetta sono compresi in un intervallo di valori incluso tra 9,7 Mwh e 10,1 Mwh. Da ciò si evince che il valore dell'intercetta subisce delle variazioni minime nell'arco della giornata. Per quanto riguarda l'elasticità della curva di offerta rappresentata dal beta (seconda colonna), è possibile notare che i valori sono sempre positivi nell'arco della giornata. Questo è sinonimo di una relazione diretta tra prezzo e quantità, dove la quantità offerta di un determinato bene aumenta all'aumentare del prezzo. In merito alle ultime due colonne della matrice, ovvero quelle relative agli errori standard dell'intercetta e del beta, è possibile riscontrare dei valori relativamente bassi; ciò evidenzia che le stime dei singoli parametri possono essere ritenute attendibili.

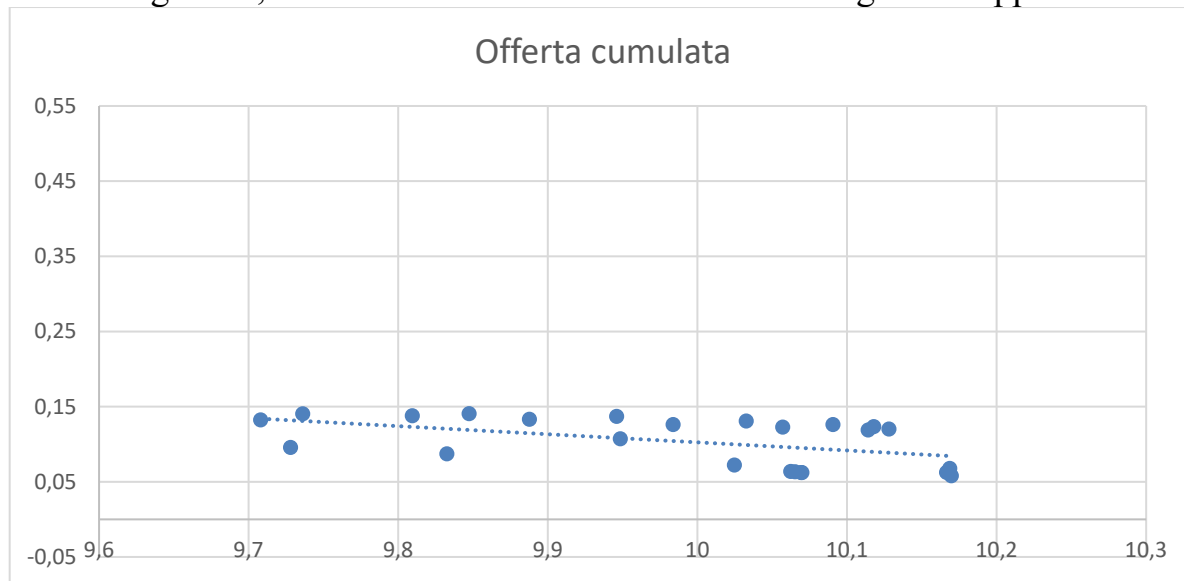
Tramite il codice che è possibile digitare sul software RStudio, ovvero `summary(lm)`, è possibile considerare i risultati principali del modello di regressione logaritmico:

```
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.54e-12 on 416678 degrees of freedom
Multiple R-squared: 1, Adjusted R-squared: 1
F-statistic: 4.918e+29 on 1 and 416678 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Dal summary si ottiene F test tramite il quale è possibile valutare la significatività del modello lineare. Da ciò si può dedurre che non si accetta l'ipotesi nulla e che l'elasticità sia pari a zero.

A livello grafico, la funzione di offerta cumulata ha la seguente rappresentazione:



È possibile notare che l'elasticità non è nulla. Dal Chow test si può dedurre che vi è una differenza di consumo di energia tra le ore diurne e quelle notturne. Difatti l'elasticità ha valore differenti e l'offerta di energia differisce tra l'ora di pranzo e quella relativa alle ore notturne.

2.6) Analisi Offerte Pubbliche 16/04/2022 – 15/05/2022

Grazie ad un'attenta analisi della domanda cumulata riferita ad ogni ora per il periodo 16/04/2022 – 15/05/2022, è possibile ricavare la seguente matrice:

Ore	Intercetta	beta	sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	11,34219	-0,22108	0,57686	0,286419	0,04418
2	11,31817	-0,22654	0,58743	0,180109	0,045178
3	11,3284	-0,23114	0,58785	0,174091	0,046185
4	11,31092	-0,22987	0,59010	0,172109	0,046306
5	11,32187	-0,22854	0,58956	0,174201	0,045982
6	11,31286	-0,22764	0,578916	0,178901	0,046904
7	11,42758	-0,22987	0,56474	0,190262	0,049769
8	11,59375	-0,21765	0,547953	0,189091	0,049328
9	11,61674	-0,21946	0,535853	0,187915	0,047915
10	11,54685	-0,20769	0,54794	0,176741	0,045348
11	11,42757	-0,22031	0,53948	0,162795	0,042031
12	11,82647	-0,21872	0,52964	0,158632	0,041254
13	11,58635	-0,22678	0,529578	0,153012	0,039896
14	11,46747	-0,2098	0,52476	0,143690	0,038121
15	11,38537	-0,19675	0,524856	0,13012	0,036437
16	11,58532	-0,19980	0,52648	0,13125	0,036531
17	11,69536	-0,21275	0,524138	0,14076	0,037913
18	11,87538	-0,22794	0,529853	0,15873	0,042241
19	11,79742	-0,21974	0,537984	0,16803	0,044173
20	11,80119	-0,21897	0,54641	0,18581	0,052012
21	11,75214	-0,21124	0,549843	0,21014	0,051687
22	11,65032	-0,22795	0,552109	0,19132	0,049012
23	11,50632	-0,21648	0,560216	0,181505	0,046014
24	10,9830	-0,17535	0,557501	0,171741	0,043012

Si osservano valori dell'intercetta compresi tra l'intervallo 10,98 Mwh e 11,875 Mwh, che stanno ad indicare variazioni di debole rilevanza durante la giornata. Andando ad analizzare il coefficiente di regressione, il beta, è rilevante sottolineare il fatto che sono valori sempre negativi, per ciascuna fascia oraria: ciò si spiega da una relazione inversa tra il prezzo e la quantità: mentre il prezzo aumenta diminuisce la domanda. Per quanto riguarda l'errore

standard dell'intercetta e del coefficiente di regressione (beta), possiamo notare valori bassi per ogni fascia oraria, il che fa pensare che le stime di questi ultimi due parametri dovrebbero essere attendibili.

Possiamo adesso osservare il summary con la funzione `summary(lm)`, per valutare il modello di regressione lineare logaritmico:

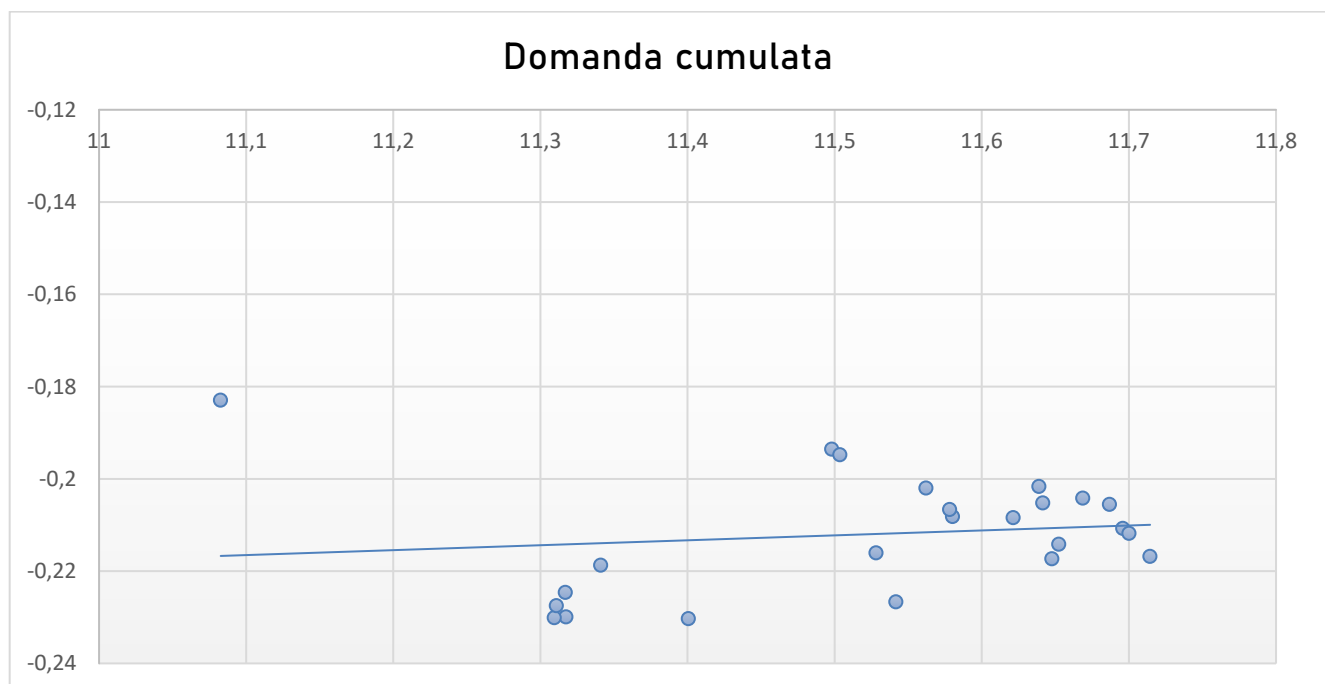
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.235e-11	2.398e-14	5.284e+02	<2e-16 ***
bid_g [[384]]	1.000e+00	3.831e-15	2.753e+14	<2e-15 ***

Da cui ricaviamo anche il test F, con valore $6.989e+28$ e il pvalue $<2.3e-15$. Con questi valori, ritroviamo anche la relazione tra il consumo e il prezzo, ed è quanto segue:

$$\text{Ln}(\text{cum}) = 1.235e-11 + 1.000e+00 \ln(p)$$

Graficamente, la funzione di domanda cumulata ha questa rappresentazione:



Si evidenzia un andamento quasi parallelo alle x, e ciò può solo significare una domanda con un'elasticità molto ridotta, vicina allo 0. Grazie al Chow test, è possibile dire che non c'è una differenza rilevante nel consumo di energia al variare della fascia oraria.

Analizzando l'offerta cumulata riferita ad ogni ora per il periodo 16/04/2022 – 15/05/2022, è possibile ricavare la seguente matrice:

Ore	Intercetta	beta	sigma	Errore std intercetta	Errore std Beta
1	9,73162	0,096212	0,97125	0,09712	0,01908
2	10,1201	0,062612	1,00716	0,10217	0,01979
3	10,0810	0,062172	1,01014	0,10106	0,01952
4	10,0712	0,063739	1,00598	0,10165	0,01988
5	10,0626	0,064012	1,00912	0,10209	0,01984
6	10,0251	0,072719	1,01560	0,10235	0,01971
7	9,70821	0,133612	1,06778	0,08932	0,01758
8	9,73712	0,141221	1,10789	0,08807	0,01742
9	9,84821	0,141183	1,11872	0,08935	0,01740
10	9,96212	0,136182	1,11021	0,08821	0,01735
11	10,0419	0,131278	1,09266	0,08534	0,01732
12	10,0812	0,126151	1,08671	0,08475	0,01727
13	10,1210	0,124104	1,08809	0,08576	0,01733
14	10,1312	0,120019	1,08091	0,08537	0,01732
15	10,1212	0,119096	1,07621	0,08653	0,01721
16	10,0512	0,123191	1,07401	0,08533	0,01711
17	9,9924	0,126098	1,07109	0,08475	0,01703
18	9,8732	0,133091	1,07795	0,08643	0,01711
19	9,8162	0,136976	1,10106	0,08932	0,01771
20	9,9512	0,107971	1,09607	0,09882	0,01912
21	10,17821	0,067691	1,05901	0,10575	0,02009
22	10,19212	0,062391	1,04416	0,10539	0,02007
23	10,17126	0,058121	1,02306	0,10282	0,01997
24	9,841261	0,087125	0,98012	0,09937	0,01925

In quest'ultima matrice si osservano valori dell'intercetta compresi tra 9,71 Mwh e 10,19 Mwh, il che lascia evidente che le variazioni nel corso della giornata sono minime. Per quanto riguarda il beta, e quindi l'elasticità della curva di offerta, i valori sono sempre positivi, sebbene ci siano variazioni abbastanza rilevanti. C'è quindi, in questo caso, una relazione diretta tra la quantità e il prezzo, all'aumentare di quest'ultimo aumenta la quantità offerta. Le ultime due colonne evidenziano valori bassi degli std error, sia per l'intercetta sia per il beta, e quindi le stime possono essere utilizzate come buoni parametri.

Possiamo adesso osservare il summary con la funzione summary(lm), per valutare il

modello di regressione lineare logaritmico:

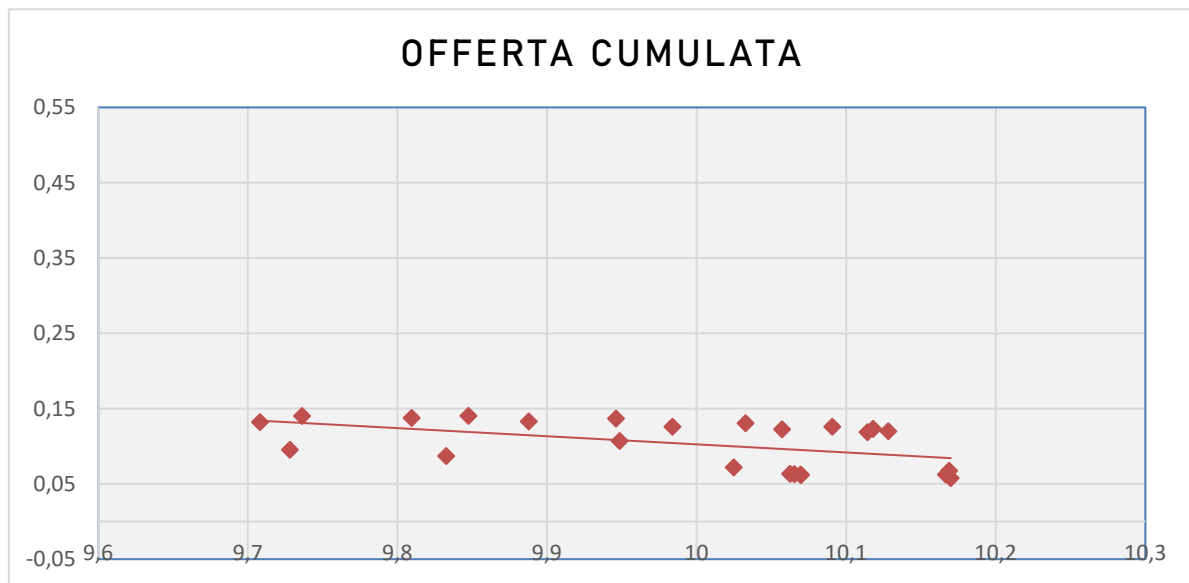
Residual standard error: 1.56e-12 on 415689 degrees of freedom

Multiple R-squared: 1, Adjusted R-squared: 1

F-statistic: 4.891e+29 on 1 and 415689 DF, p-value: <2.1e-15

Da questo `summary(lm)` otteniamo il test F che ci permette di trovare il livello di significatività del modello lineare. Questo ci porta a non accettare l'ipotesi nulla e che quindi l'elasticità non sia pari a zero, in questo caso.

Graficamente, la funzione di offerta cumulata ha questa rappresentazione:



Si può notare immediatamente l'elasticità non nulla: inoltre, dal Chow test, in questo caso si intuisce che c'è una certa differenza nel consumo dell'energia elettrica tra le diverse fasce orarie, specialmente se confrontiamo le fasce orarie diurne con quelle notturne. L'elasticità in questo caso ha valori differenti, come anche l'offerta di energia stessa.

3. Conclusioni Generali

L'analisi svolta presenta i seguenti importanti risultati: le domande hanno elasticità nulla nei mesi di dicembre-gennaio gennaio-febbraio marzo-aprile e si ha una elasticità della domanda particolarmente bassa nell'ultimo periodo considerato aprile-maggio. Mentre i periodi di novembre-dicembre e febbraio-marzo presentano un'elasticità della domanda non nulla. Le offerte invece hanno sempre un'elasticità positiva ma inferiore all'unità in tutto il periodo analizzato.

Per quanto riguarda il consumo di energia elettrica in diverse fasce orarie della giornata, in particolare dalle ore 2 alle ore 12, si è analizzato come in presenza di una domanda rigida, ovvero nella maggior parte dei periodi considerati, il consumo non cambi. Viceversa, si ha la situazione opposta nei periodi in cui la domanda cumulata presenta elasticità non nulla.

Al fine di dare una risposta maggiormente dettagliata si indica anche che le differenze tra i vari periodi considerati, sia rispetto all'elasticità della curva di domanda cumulata che il consumo di energia elettrica in diverse fasce orarie, sono dipese da una molteplicità di fattori. In primo luogo la situazione contingente rispetto al mercato dell'energia nei mesi considerati e in secondo luogo anche alla variabilità dei dati e infine anche eventuali possibili termini di errore tipici dell'analisi empirica.