

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA,
AMBIENTALE E DEI MATERIALI- DICAM**

*CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO LM*

TESI DI LAUREA IN GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE M

**STUDIO DEGLI EFFETTI DELLA REALIZZAZIONE DI
DIGHE SULL'EVOLUZIONE SPAZIO-TEMPORALE
DELLA DENSITÀ ABITATIVA NEGLI STATI UNITI
D'AMERICA**

CANDIDATO:
Alessandra Polerà

RELATORI:
Dott.ssa Serena Ceola
Prof. Alberto Montanari

Anno Accademico 2018/2019

Sessione III

Sommario

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1: DATI	9
1.1 Distribuzione della popolazione nel territorio degli Stati Uniti d'America dal 1790 al 2010	9
1.2 Distribuzione delle dighe all'interno del territorio degli Stati Uniti d'America	12
CAPITOLO 2: ANALISI STATISTICA DI CLUSTER SPAZIO-TEMPORALI	17
2.1 Applicazione della τ -statistic all'analisi della covarianza spazio-temporale tra lo sviluppo della popolazione e la creazione di una diga	19
CAPITOLO 3: ELABORAZIONE DATI	21
3.1 Elaborazione dati in ambiente GIS	21
3.1.1 Creazione dei buffer	21
3.1.2 Calcolo delle statistiche zonali per i buffer	22
3.1.3 Identificazione del bacino idrografico (o stato) afferente alla diga	26
3.1.4 Calcolo delle statistiche zonali all'interno del bacino idrografico (o stato) afferente a ciascuna diga	28
3.1.5 Correlazione tra dighe, bacini e stati	32
3.2 Elaborazione in ambiente MATLAB	32
3.3 Modello di regressione lineare	34
CAPITOLO 4: RISULTATI	37
4.1 Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa	38
4.2 Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic	39
4.3 Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic	40
4.4 Applicazione del modello di regressione lineare	42
4.5 Analisi dei risultati per l'utilizzo acquedottistico	45
4.5.1 Casi particolari	54
4.5.1.1 Rhode Island	54
4.5.1.2 South Dakota	59
4.5.1.3 Maine	62
4.6 Analisi dei risultati per l'utilizzo idroelettrico	66
4.6.1 Casi particolari	74
4.6.1.1 West Virginia	74
4.6.1.2 Arkansas	79
4.6.1.3 Connecticut	81
4.7 Analisi dei risultati per l'utilizzo irriguo	85
4.7.1 Casi particolari	93
4.7.1.1 North Dakota	93
4.7.1.2 Montana	98
4.7.1.3 California	100
4.8 Analisi dei risultati per gli utilizzi acquedottistico, idroelettrico e irriguo: confronto tra stati	102
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI	106

APPENDICE	109
TABELLA A1	109
CODICE PER IL CALCOLO DELLA τ-statistic_stato.....	135
CODICE PER IL CALCOLO DELLA τ-statistic_bacino	137
CODICE PER LA CREAZIONE DEI GRAFICI	139
CODICE PER ANALISI DEI DATI CON IL MODELLO LINEARE.....	142
SITOGRAFIA.....	144
BIBLIOGRAFIA.....	145

INTRODUZIONE

Sin dall'antichità gli esploratori hanno "seguito l'acqua". Le sue proprietà fisico-chimiche sono essenziali per la sopravvivenza umana: senza acqua persino semplici processi fisici sarebbero impossibili. Anche le cellule del corpo umano morirebbero poiché nessuna delle funzioni fisiche essenziali come la respirazione, la digestione, i movimenti dei muscoli potrebbero avvenire senza di essa.

Circa il 70% del corpo umano è composto da acqua e, coincidenza, più del 70% della Terra è ricoperta da acqua. Essa crea un ambiente che sostiene e nutre le piante, animali, esseri umani e rende la Terra un ambiente perfetto per la vita in generale.

Prima dello sviluppo di automobili ed aerei, l'acqua fungeva da mezzo di trasporto; i primi insediamenti si stabilirono infatti proprio in prossimità di corsi d'acqua ed oceani, da sfruttare come "autostrade" per il commercio e gli spostamenti. Ugualmente, al giorno d'oggi, la ricerca di acqua continua a guidare le esplorazioni dell'uomo, anche ben oltre la Terra [<https://www.nasa.gov/vision/earth/everydaylife/jamestown-water-fs.html>].

Ma la sua disponibilità sta cambiando ovunque: uno studio della Nasa rivela che "le aree umide della Terra diventano sempre più umide e le aree secche diventano sempre più secche a causa di una serie di fattori, tra cui la gestione delle risorse umane, i cambiamenti climatici e i cicli naturali" [<https://www.riusa.eu/it/notizie/2018-nasa-acqua-terra.html>].

L'acqua è una risorsa la cui disponibilità non è infinita e la gestione sbagliata da parte dell'uomo di questo bene è un problema non da poco. Le risorse idriche stanno infatti diminuendo a fronte di una popolazione sempre in crescita [http://www.treccani.it/enciclopedia/l-oro-blu-la-battaglia-per-l-acqua_%28XXI-Secolo%29/]; a ciò si aggiunge una distribuzione non omogenea nel tempo e nello spazio,

con vari paesi e milioni di persone che non hanno un facile accesso all'acqua potabile e che vivono in condizioni di siccità o scarsità idrica. Ne consegue la necessità di imparare a gestire e utilizzare al meglio questa risorsa che, a causa di tutta queste serie di problematiche, è stata ridefinita *l'oro blu*.

Per poter utilizzare l'acqua è necessario che essa venga prelevata dall'ambiente, sottoposta a trattamenti per migliorarne la qualità (ove necessario) e renderla adatta ad i vari usi (ad esempio, potabile, civile, irriguo), distribuita all'utenza e infine, appunto, utilizzata. Per rendere possibile tutto ciò, sin dai tempi più antichi, sono state costruite opere idrauliche (opere di presa e di derivazione, acquedotti, invasi, opere di trasporto, di distribuzione) per

portare l'acqua dove veniva maggiormente utilizzata e immagazzinarla per renderla facilmente accessibile in periodi di siccità, oltre ad altre costruzioni idrauliche necessarie per una corretta gestione della risorsa come ad esempio opere di sistemazione fluviale, protezione da esondazioni ed eventi di piena.

Tutto ciò ha pertanto permesso lo sviluppo di grandi e piccole civiltà, della vita sociale, in prossimità dei corsi d'acqua.

Da un lato infatti, la distribuzione spaziale dei bacini idrografici influenza la distribuzione spaziale della popolazione umana: i bacini idrografici consentono espansioni agricole, industriali e urbane. D'altra parte, la distribuzione spaziale della popolazione umana influenza la distribuzione spaziale dei bacini: sono costruiti principalmente dove è necessaria più acqua.

Questo effetto reciproco dei bacini idrografici sulla popolazione umana però non è completamente compreso [Di Baldassarre & Mazzoleni, 2019].

Un esempio di opera idraulica sul quale vale la pena soffermarsi è la diga, ossia uno sbarramento, naturale o artificiale, che interrompe il corso delle acque creando un bacino artificiale, il cosiddetto invaso. Esse sono utilizzate per produrre energia elettrica, ma anche per regolare il comportamento dei fiumi riducendo il rischio di inondazioni per gli abitanti che si trovano a valle, nonché avere riserve di acqua da utilizzare per fini agricoli. Metà delle dighe esistenti nel mondo è stata infatti realizzata con lo scopo di aiutare l'agricoltura. Inoltre, dal punto di vista energetico, le dighe forniscono circa il 19% dell'energia mondiale attraverso la produzione idroelettrica [The report of the world commission on dams, 2000]. Un altro dato che rivela l'importanza di queste opere è fornito dalla loro diffusione in tutto il mondo e dalla loro continua realizzazione. I primi esempi di dighe si possono ritrovare già a partire dal 3000 a.C. in Egitto e in altre aree del Medio Oriente, dove furono costruite le prime barriere per regolare il corso dei fiumi, ma anche gli stessi Romani si dimostrarono degli abili costruttori di tali opere. Le dighe sono strutture dimensionate in modo tale da sopportare l'enorme pressione prodotta dall'acqua, tenendo conto che circa ogni 10 m di profondità la pressione che si esercita cresce di una quantità pari a quella di 1 atm. È per questo motivo che lo spessore delle dighe normalmente aumenta man mano che cresce la profondità, passando da pochi metri sulla sommità a decine sulla base [http://www.treccani.it/enciclopedia/dighe_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/].

Tuttavia, la costruzione di una diga implica lo spostamento forzato degli abitanti delle terre destinate a essere coperte dal bacino d'acqua formato dalla diga stessa [http://www.treccani.it/enciclopedia/dighe_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/]. Non sono quindi rari i casi di opposizioni e proteste legate alla realizzazione di nuovi invasi: infatti ciò costituisce l'emigrazione forzata di intere popolazioni, la modifica del paesaggio e rischi per la vita umana.

Diventa pertanto molto importante cercare di capire ed analizzare l'interazione tra dighe e popolazione e gli effetti che ne conseguono, così come fatto ne *Dams and Development - A new framework for decision making* [The report of the world commission on dams,2000]. Ci sono infatti due fasi contrastanti: quella di pianificazione e inizio realizzazione dell'opera che provocano un allontanamento della popolazione dall'area soggetta ad inondazione e la fase di costruzione che invece porta alla creazione di nuovi posti di lavoro e molto spesso miglioramenti nelle infrastrutture e nei servizi per la popolazione, anche a lungo termine. Rimane comunque il problema principale che è quello dello spostamento della popolazione dalle loro città e dalle loro case, non solo per l'inondazione dei bacini idrici, ma anche per l'installazione delle strutture del progetto e dell'infrastruttura associata. In più, l'inondazione della terra comporta la perdita di risorse naturali e attività produttive, quali pascolo, pesca e agricoltura. La portata e l'estensione degli impatti è comunque variabile a seconda della posizione, delle dimensioni e di altre caratteristiche della diga come l'area inondata e la densità di popolazione nel bacino del fiume". [The report of the world commission on dams, 2000].

L'effetto di sfollamento delle aree inondate in seguito alla realizzazione delle dighe è quindi un aspetto che è già stato trattato ed analizzato accuratamente in vari studi. Al contrario invece, il ruolo delle dighe come possibili attrattori di popolazione (assistendo, ad esempio, ad un fenomeno migratorio verso la diga e/o ad un aumento della popolazione nella zona limitrofa) non è stato ancora ben compreso ed approfondito.

Ciò è proprio quello che vuole essere fatto in questa attività di tesi, attraverso l'analisi dell'evoluzione spazio-temporale delle dinamiche tra popolazione e dighe negli Stati Uniti d'America. La decisione di concentrarsi su questo paese dipende principalmente dal fatto di avere a disposizione dati di popolazione per circa 200 anni, forniti ogni decade, dal 1790 al 2010, [Fang & Jawitz, 2018] con l'obiettivo di riuscire ad ottenere un'analisi più completa.

Il lavoro di tesi si articola come segue:

- Nel *Capitolo 1* vengono illustrati e descritti tutti i dati utilizzati, ossia quelli che mostrano la distribuzione della popolazione nel territorio degli Stati Uniti d’America dal 1790 al 2010 e la distribuzione delle dighe nello stesso territorio.
- Nel *Capitolo 2* viene inizialmente introdotto il problema generale di analisi di cluster insieme ad alcuni esempi di metodi usati nelle statistiche di clustering globali, per poi descrivere un approccio innovativo, la cosiddetta τ -*statistic* definita da Azman *et al.* (2018), così come suggerito da Lasser *et al.* (2016), utilizzato nell’ambito dell’epidemiologia delle malattie infettive. Nella seconda parte invece sono riportate le modifiche effettuate alla versione originale della τ -*statistic* per poterla applicare all’analisi popolazione-dighe.
- Nel *Capitolo 3* vengono illustrate tutte le operazioni effettuate in QGIS e in Matlab, necessarie per il calcolo della τ -*statistic*. Esse sono basate sui seguenti step applicativi:
 - Creazione dei buffer (zone concentriche, con distanza pari a d_2 rispetto alla posizione della diga;
 - Calcolo delle statistiche zonali (ovvero densità di popolazione) all’interno di ciascun buffer (per un totale di 19 buffer). Tale operazione è stata ripetuta per tutti gli anni a partire dall’anno di costruzione della diga;
 - Identificazione del bacino idrografico (o dello stato) afferente alla diga;
 - Calcolo delle statistiche zonali (ovvero densità di popolazione) all’interno del bacino (o stato) afferente alla diga. Tale operazione è stata ripetuta per tutti gli anni a partire dall’anno di costruzione della diga.Nell’ultima parte del capitolo viene illustrato il modello di regressione lineare utilizzato per descrivere l’evoluzione temporale della τ -*statistic* riferita al buffer a distanza $d_2=10$ km dalla posizione della diga.
- Nel *Capitolo 4* sono riportati tutti i risultati ottenuti dall’analisi dell’evoluzione temporale della densità abitativa, dell’evoluzione temporale e spaziale della τ -*statistic* e dal confronto tra gli stati rispetto all’applicazione del modello di regressione lineare.
- Infine, le *Conclusioni* riassumono i risultati principali del presente elaborato di tesi e illustrano alcune possibili attività di studio future.

CAPITOLO 1: DATI

Per cercare di determinare la relazione che si ha tra dighe e popolazione, è necessario innanzitutto avere a disposizione un elevato numero di dati da studiare in entrambe le categorie per poter effettuare un'analisi più completa. Il Paese che è riuscito a soddisfare al meglio questi requisiti è risultato essere gli Stati Uniti d'America con oltre 1900 dighe distribuite in tutto il territorio e circa 200 anni di dati di popolazione, forniti in decenni, a partire dal 1790 fino al 2010.

1.1 Distribuzione della popolazione nel territorio degli Stati Uniti d'America dal 1790 al 2010

I dati di popolazione utilizzati, espressi in termini di densità di popolazione (ossia persone/km²), sono stati ricavati da uno studio effettuato da Fang & Jawitz (2018) per ricostruire la distribuzione della popolazione negli Stati Uniti d'America nel corso degli ultimi due secoli. Questo studio ha generato mappe della popolazione disponibili per ogni decennio dal 1790 al 2010 (con esclusione del 1960) ad una risoluzione spaziale pari a 1 km. Tali mappe sono state validate attraverso il confronto con dati di censimento (ottenuto dal *National Historical Geographic Information System (NHGIS)*) e dati di divisione della popolazione nelle varie contee. Uno degli aspetti fondamentali dello studio ha considerato la separazione delle aree urbane da quelle rurali e l'esclusione delle aree non abitabili, quali fattori in grado di migliorare la precisione complessiva del dataset. A tal fine, gli autori hanno sviluppato cinque modelli di distribuzione della popolazione di crescente complessità:

- *M1* ha semplicemente assegnato omogeneamente all'interno delle contee la popolazione derivante dal censimento delle contee stesse;
- *M2* separa le aree urbane e rurali e quindi ha assegnato omogeneamente la popolazione urbana e rurale all'interno delle rispettive aree;
- *M3* ha escluso le aree non abitate, inclusi corpi idrici, aree protette, altipiani;
- *M4* ha esteso il modello *M3* con l'aggiunta dell'idoneità topografica;
- *M5* ha aggiunto l'aspetto socioeconomico.

Da M3 a M5, le mappe di distribuzione della popolazione sono state ottenute moltiplicando la popolazione (in formato raster) con ciascun modello successivo e con dei coefficienti che tengono conto dell'importanza relativa di idoneità topografica e socioeconomica sulla popolazione mappata. Tutti e cinque i modelli sono poi stati applicati per mappare la popolazione storica dal 1790 al 2010 (escluso il 1960).

Nel presente elaborato di tesi, è stato utilizzato il modello M5 (**Figura 1**), che è quello più completo, per studiare la relazione tra popolazione e dighe.

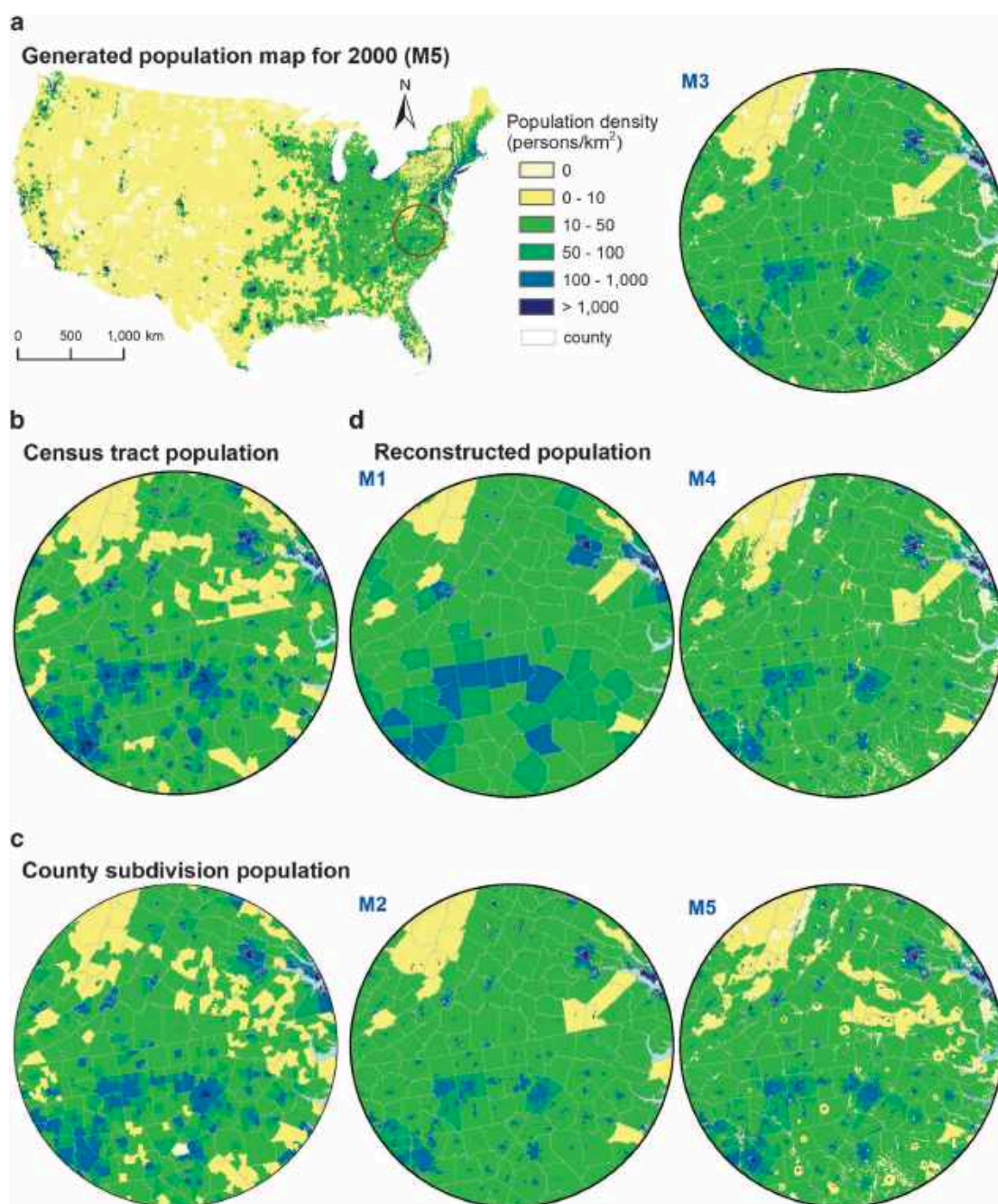


Figura 1. Confronto di mappe della popolazione misurate e modellate per l'anno 2000. (a) Mappa della popolazione generata da M5, (b) popolazione censita, (c) popolazione suddivisa per contee, (d) risultati di popolazione ricostruita per ogni modello nella regione del Sud Atlantico. Fonte: Yu Fang & James W. Jawitz, 2018.

I dati sono forniti, per ogni decennio, in formato *Esri grid*, con una risoluzione di 1 km, i cui valori rappresentano la popolazione presente in ogni cella di pixel (**Figura 2, Figura 3**). La rappresentazione è stata fatta in modo tale da associare ad ogni pixel un colore diverso in base al valore di densità di popolazione che si ha in ogni cella: i colori più chiari rappresentano valori di densità di popolazione più bassi rispetto ai colori più scuri ai quali invece viene fatta corrispondere una densità abitativa più elevata.

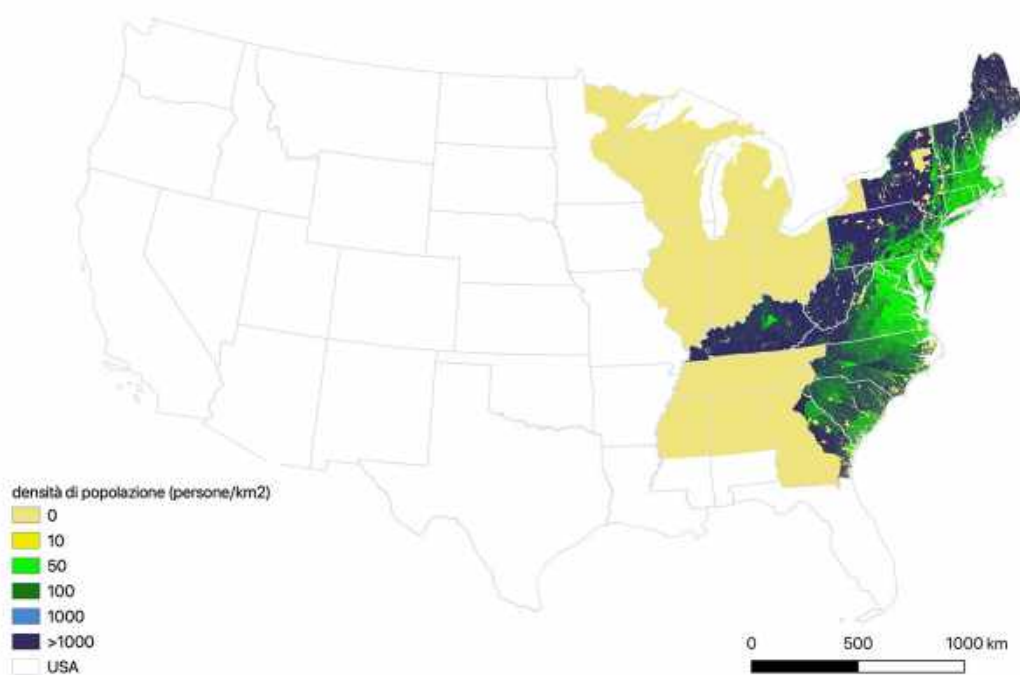


Figura 2. Rappresentazione dei dati di popolazione per gli Stati Uniti d'America per il decennio 1790. I colori differenti rappresentano la variabilità della densità di popolazione, così come riportata in legenda.

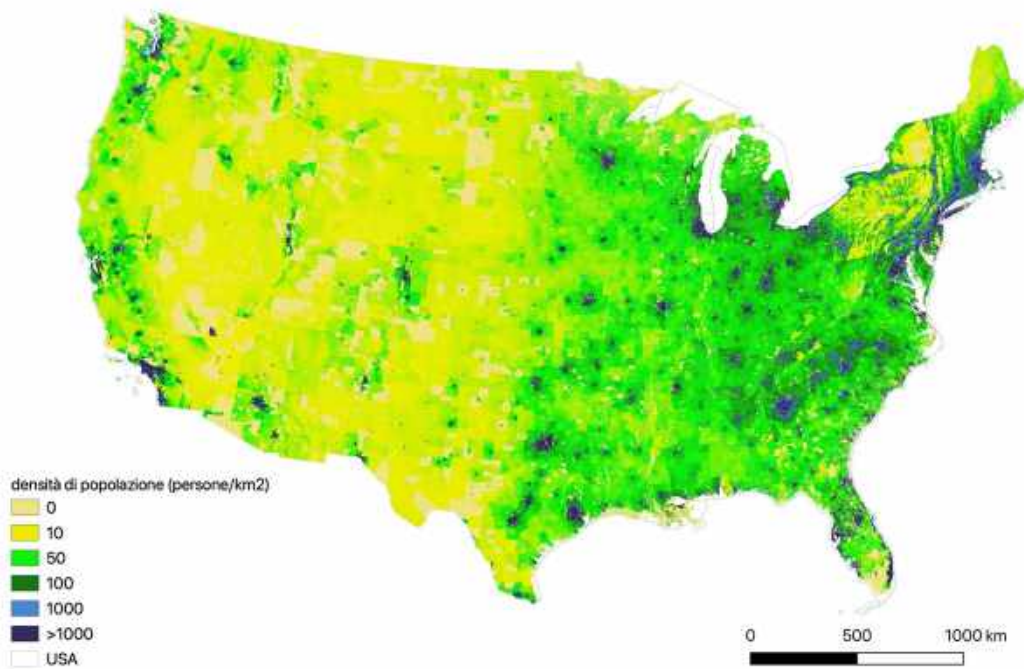


Figura 3. Rappresentazione dei dati di popolazione per gli Stati Uniti d'America per il decennio 2010. I colori differenti rappresentano la variabilità della densità di popolazione, così come riportata in legenda.

Già soltanto questi dati mostrano come la popolazione, con il passare degli anni, si è spostata dall'Est degli Stati Uniti d'America verso Ovest: ma ciò può essere effettivamente essere messo in relazione con l'azione e l'attività delle dighe?

1.2 Distribuzione delle dighe all'interno del territorio degli Stati Uniti d'America

I dati delle dighe necessari per lo studio sono stati ricavati da un database, il *Global Reservoir and Dam Database* (GRanD), messo a disposizione dalla NASA [<https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/grand-v1>].

Questo database nasce da uno studio fatto da un team internazionale di scienziati, attraverso il Global Water System Project (GWSP), che ha trascorso quattro anni a raccogliere set di dati di dighe e bacini per rispondere alla necessità di dati globali che descrivessero le loro caratteristiche e la distribuzione geografica. L'obiettivo di fornire un unico database

geograficamente esplicito e affidabile ha portato al rilascio del *Global Reservoir and Dam Database (GRanD)*.

Esso contiene circa 6862 registrazioni di bacini idrici e delle loro dighe associate (**Figura 4**), geo-spazialmente referenziate.

Per dighe e bacini sono forniti molteplici attributi come l'uso primario, la città più vicina, l'area, il nome del fiume afferente, l'anno di costruzione o della messa in servizio [<https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/grand-v1>].

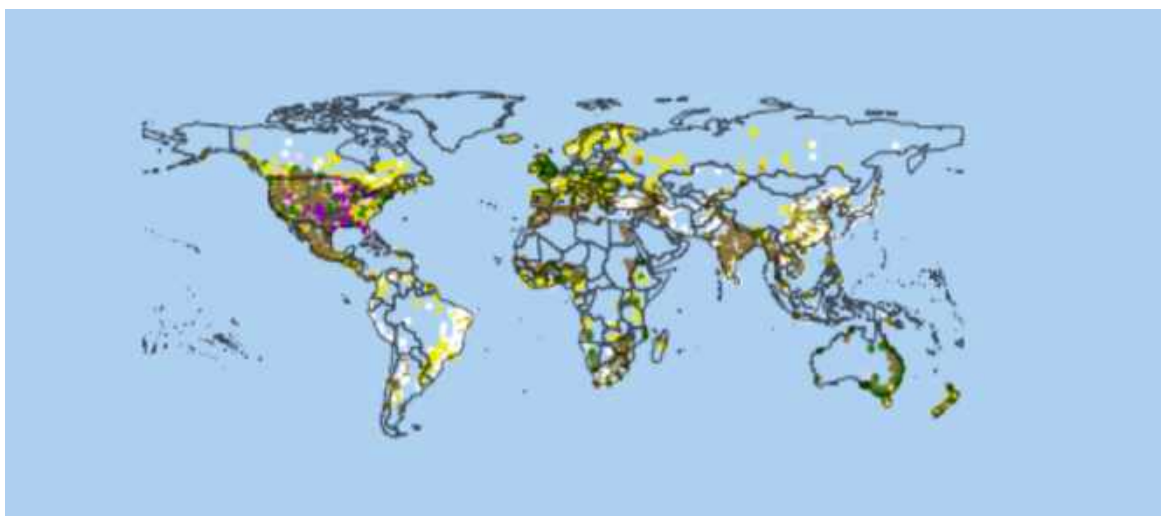


Figura 4. Rappresentazione della distribuzione geografica a scala globale delle dighe. I vari colori rappresentano il diverso utilizzo delle dighe: il giallo per l'uso idroelettrico, il verde per l'uso irriguo, il rosso per il controllo delle piene, il marrone per l'uso irriguo, l'arancione per la navigazione, il viola per l'uso ricreativo, il verde per l'uso acquedottistico, il bianco per uso 'non classificato' e il rosa per altri usi. Fonte: <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/grand-v1>

Dal database iniziale, il quale fornisce localizzazione e caratterizzazione di tutte le dighe a scala globale, sono stati estrapolati solo i dati necessari per lo studio, ossia quelli riguardanti gli Stati Uniti d'America.

Da questi, inoltre, sono state escluse le dighe presenti in Portorico (7 in totale) e in Alaska (7 in totale) poiché in questi Stati non sono disponibili dati di popolazione. In più, sono state anche scartate le dighe per le quali non era presente tra gli attributi l'anno di costruzione (29 in totale) poiché sarebbe venuta a mancare un'informazione molto importante per valutare la variazione di popolazione nel corso degli anni.

Pertanto, si è ottenuto un dataset contenente complessivamente 1859 dighe distribuite su tutto il territorio degli Stati Uniti d'America (**Figura 5**).

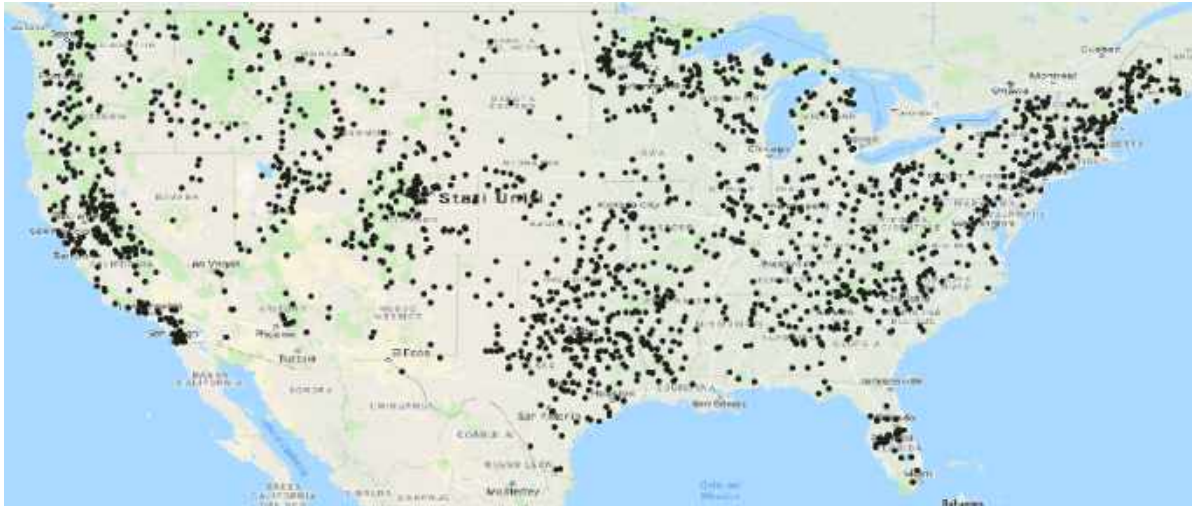


Figura 5. Distribuzione delle dighe in tutto il territorio degli Stati Uniti d'America.

I dati ricavati dal *GRanD* contengono delle informazioni aggiuntive (**Figura 6**, **Figura 7**, **Figura 8**) che si sono rivelate molto utili ai fini dello studio. Oltre a fornire la posizione di ciascuna diga espressa in termini di coordinate geografiche, il database *GRanD* riporta infatti anche l'anno di costruzione t_0 , la capacità massima espressa in milioni di m^3 e l'utilizzo principale e secondario (**Tabella 1**).

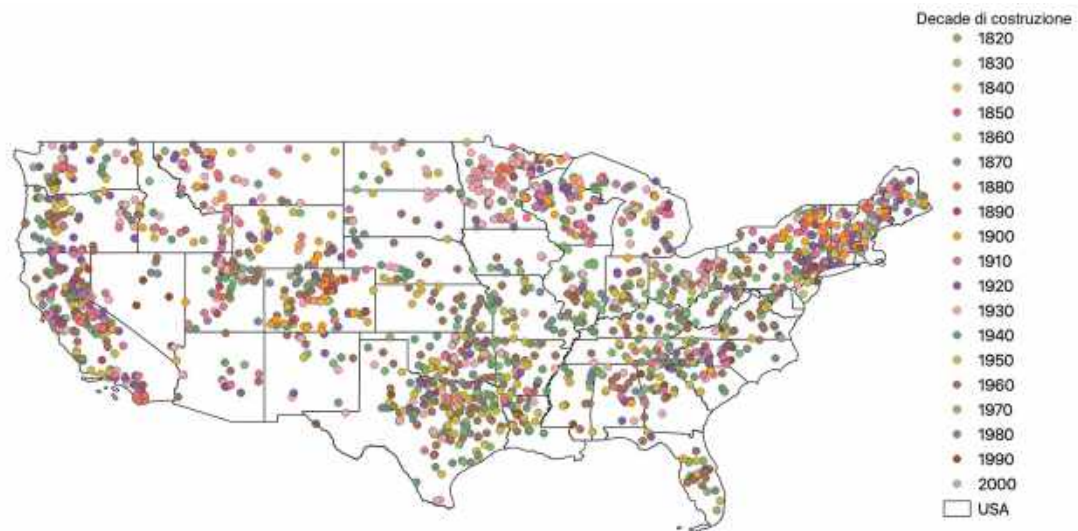


Figura 6. Rappresentazione delle dighe degli Stati Uniti d'America, classificate con colorazioni differenti a seconda della decade di costruzione, così come indicato in legenda.



Figura 7. Rappresentazione delle dighe degli Stati Uniti d'America, classificate con colorazioni differenti a seconda della capacità massima di invaso espressa in milioni di m³ così come indicato in legenda.

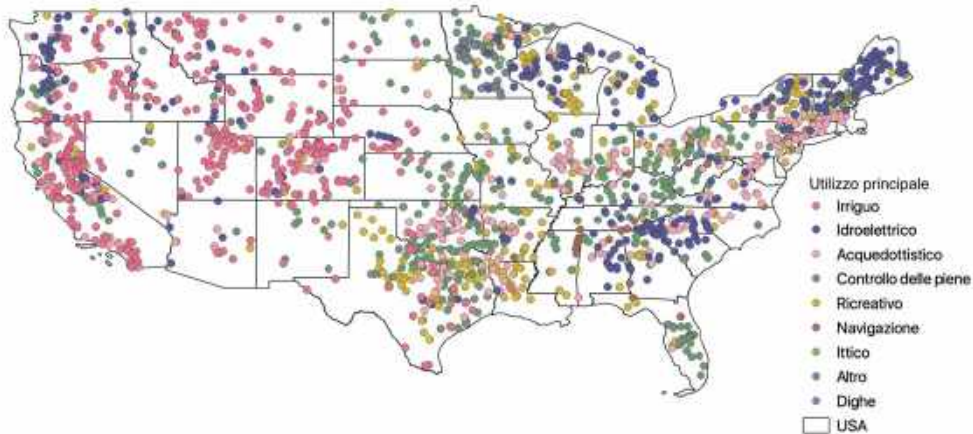


Figura 8. Rappresentazione delle dighe degli Stati Uniti d'America, classificate con colorazioni differenti a seconda dell'utilizzo principale, così come indicato in legenda.

Gli usi, classificati in ricreativo, idroelettrico, irriguo, acquedottistico, per il controllo delle piene, per la navigazione, ittico, civile o altro, saranno poi utilizzati nella fase di elaborazione dei dati per accorpare le dighe in categorie di utilizzo e giustificare i risultati che si otterranno in base all'impiego.

			TIPOLOGIA DI UTILIZZO							
GRAND ID	ANNO	CAPACITÀ [m³]	IRRIGUO	IDROELETTRICO	ACQUEDOTTISTICO	CONTROLLO DELLE PIENE	RICREATIVO	NAVIGAZIONE	ITTICO	ALTRO
40	1937	95	0	0	0	0	1	0	0	0
41	1949	1791.9	0	1	0	2	2	0	2	0
42	1929	111	0	1	0	2	2	0	2	0
43	1959	352.1	0	1	0	0	2	0	2	0
44	1927	200.6	0	1	0	0	2	0	0	0
47	1983	189	0	1	2	2	2	0	0	0
48	1930	22	0	0	1	0	0	0	0	0
49	1927	834	0	1	0	2	0	0	0	0
50	1962	84.4	0	2	1	0	0	0	0	0
51	1926	595.5	0	1	0	0	2	0	0	0

Tabella 1. Esempio delle caratteristiche fornite per le dighe. In corrispondenza degli usi, gli indici 1, 2 e 0 rappresentano rispettivamente l'utilizzo principale, l'utilizzo secondario, e nessun utilizzo.

CAPITOLO 2: ANALISI STATISTICA DI CLUSTER SPAZIO-TEMPORALI

Il clustering è un insieme di tecniche di analisi multivariata dei dati volte alla selezione e al raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati [<https://it.wikipedia.org/wiki/Clustering>].

Le misure del clustering possono essere suddivise in due tipi: statistiche di clustering locale, che misurano la tendenza degli eventi (cioè i casi) a verificarsi attorno a un determinato punto nello spazio, e statistiche di clustering globali, che misurano la tendenza degli eventi a raggrupparsi nello spazio in generale [Lesser et al., 2016].

Alcuni metodi di statistiche di cluster globale utilizzano le posizioni esatte di punti o li aggregano in celle di una griglia.

Gli approcci aggregati, ad esempio, collocano inizialmente una griglia sopra l'area di studio e contano il numero di punti che ricadono in ciascuna cella. Sono però metodi altamente sensibili alla larghezza delle celle e non forniscono informazioni sulla distribuzione dei punti all'interno di una qualsiasi cella.

Un approccio alternativo è quello di calcolare la distanza media tra ciascun punto e quello più vicino ed usare test statistici per valutare se essa è maggiore o minore del valore atteso. Questi metodi però non possono caratterizzare la dipendenza spaziale da diverse distanze.

Un altro approccio basato sulla distanza è la funzione K che stima il numero atteso di punti su range di distanze. Nonostante la sua popolarità, i valori della funzione K sono difficili da interpretare secondo i metodi dell'epidemiologia classica e pertanto il suo uso si limita a rilevare la presenza o l'assenza di dipendenza spaziale. [Lesser *et al.*, 2016].

Nello studio delle malattie infettive è però necessario che una statistica di clustering globale sia facilmente interpretabile in termini di rischio di malattia, comparabile e che distingua le variazioni spaziali dovute al processo di trasmissione. Pertanto, i metodi sopra descritti non sono adeguati. Lesser *et al.* (2016) hanno ideato un nuovo approccio, la τ -statistic, la quale è facilmente interpretabile in termini di rischio di malattia ed estensione ed è valida anche quando il bacino di utenza dei i casi o la distribuzione della popolazione non è nota.

La τ -statistic è stata quindi utilizzata per valutare la dipendenza spaziale dell'epidemiologia di malattie infettive o facilmente trasmissibili come ad esempio il colera [Azman *et al.*, 2018].

Ciò che è stato fatto nello studio condotto da Azman *et al.* (2018), così come suggerito da Lasser *et al.* (2016) è stato “calcolare τ , una statistica di clustering globale che stima il rischio relativo che il caso successivo di colera si verifichi a distanza d , entro t giorni, dopo un caso sospetto ("primario") presente in una struttura sanitaria rispetto al rischio che il prossimo caso si verifichi ovunque nella popolazione (cioè l'intera città) durante lo stesso periodo”. La τ -statistic è espressa come segue:

$$\tau(d_1, d_2) = \frac{\lambda(d_1, d_2)}{\lambda} \quad (1)$$

dove $\lambda(d_1, d_2)$ è il tasso di incidenza atteso di un individuo nell'intervallo di distanza d_1, d_2 da un caso entro t giorni e λ è l'incidenza media su tutta la popolazione, sempre entro t giorni.

I risultati possono essere espressi sia al variare dello spazio (**Figura 9**) che del tempo (**Figura 10**). In particolare, nella **Figura 9** è stato stimato il rischio di un successivo caso di colera in una finestra temporale fissa (0-4 giorni) al variare della distanza (fino a 500 metri dal caso primario) mentre nella **Figura 10** tale rischio è stato valutato a varie distanze fisse dal caso primario (20, 50, 150, 250, 350, 450 metri) al variare del tempo (fino a 14 giorni dopo il caso primario).

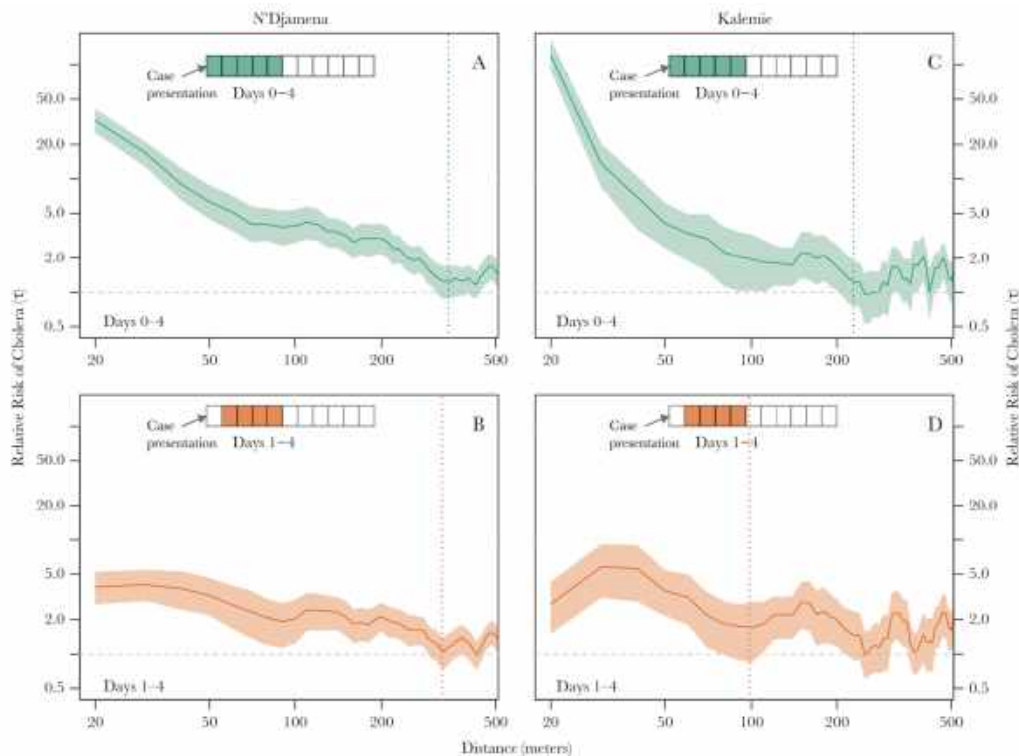


Figura 9. Stime del rischio relativo di un successivo caso di colera entro una distanza specifica da un caso primario (asse x) (A e B, verde) all'interno della finestra temporale 0-4 giorni dopo il caso primario, (C e D, arancione) all'interno della finestra temporale 1-4 giorni dopo il caso primario, rispetto al rischio che il caso si verifichi ovunque nella popolazione. Fonte: Azman *et al.*, 2018.

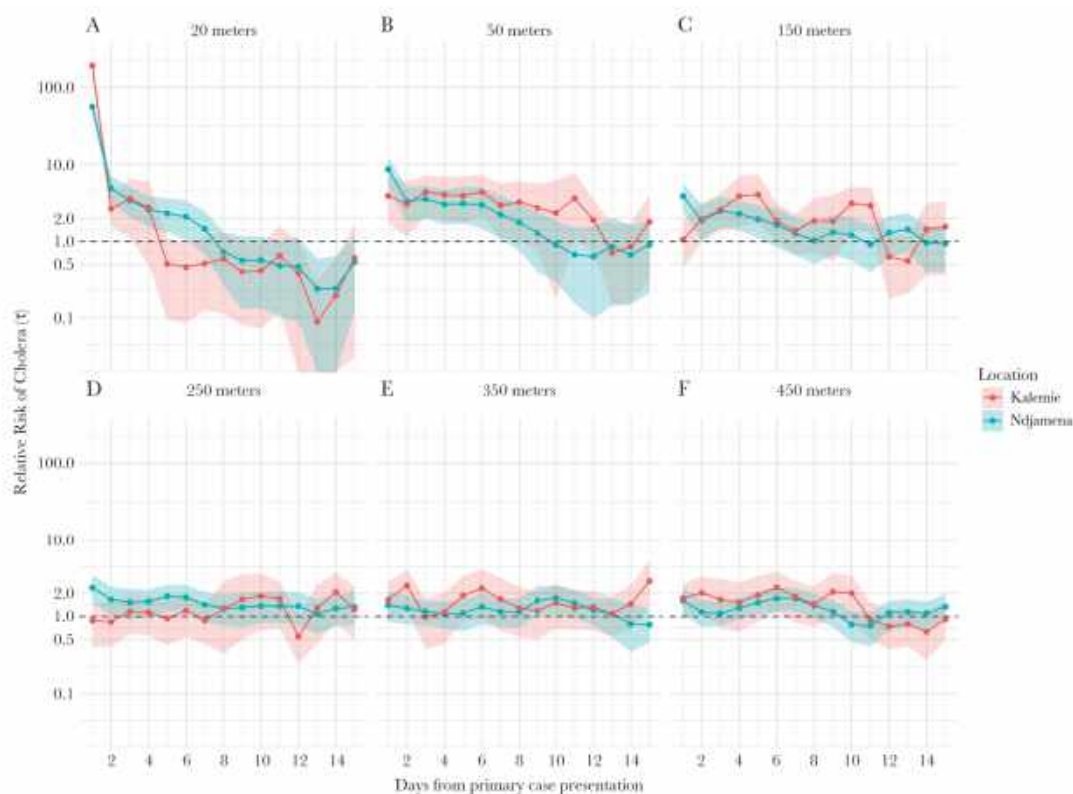


Figura 10. Stime del rischio relativo di un successivo caso di colera a diverse distanze da un caso primario rispetto al rischio che il caso si verifichi in qualsiasi punto fino a 14 giorni dalla presentazione del caso primario (asse y). Fonte: Azman et al., 2018.

2.1 Applicazione della τ -statistic all'analisi della covarianza spazio-temporale tra lo sviluppo della popolazione e la creazione di una diga

Il nuovo approccio che vuole essere proposto in questa tesi è quello di utilizzare la τ -statistic per studiare la covarianza spazio-temporale tra lo sviluppo della popolazione e la creazione di una diga. L'obiettivo della tesi prevede di verificare se vi sia una crescita maggiore della densità di popolazione in vicinanza della diga rispetto alla situazione a livello di stato o bacino idrografico.

Risulta pertanto necessario riformulare la definizione della τ -statistic utilizzata in epidemiologia, per poterla applicare in ambito idrologico. In tale contesto, la τ -statistic viene definita come il rapporto tra variazioni di densità di popolazione in un intervallo di tempo Δt tra la condizione osservata in prossimità della diga nell'intervallo di distanza (d_1, d_2) , e la medesima condizione osservata a livello di stato o bacino idrografico di appartenenza della diga.

Matematicamente la τ -statistic è espressa come:

$$\tau(d_1, d_2) = \frac{\Delta \text{densità popolazione}(d_1, d_2)}{\Delta \text{densità popolazione}} \quad (2)$$

In dettaglio, nel presente elaborato l'intervallo di tempo Δt è pari a 10 anni, la distanza d_1 coincide con la posizione della diga, mentre d_2 rappresenta una distanza compresa tra 10 km e 100 km con passo di 5 km dalla diga stessa. Nel caso in cui la τ -statistic venga applicata a livello di bacino idrografico, l'equazione (2) diventa:

$$\begin{aligned} \tau(d_1, d_2) &= \frac{\Delta \text{densità popolazione}(d_1, d_2)}{\Delta \text{densità popolazione bacino}} = \frac{\frac{\Delta \text{pop}(d_1, d_2)}{\text{area}(d_1, d_2)}}{\frac{\Delta \text{pop bacino}}{\text{area bacino}}} = \\ &= \frac{\frac{\text{pop}_{t_0+10}(d_1, d_2) - \text{pop}_{t_0}(d_1, d_2)}{\text{area}(d_1, d_2)}}{\frac{\text{pop}_{t_0+10}(\text{bacino}) - \text{pop}_{t_0}(\text{bacino})}{\text{area bacino}}} \end{aligned} \quad (3)$$

Nel caso in cui la τ -statistic venga applicata a livello di stato, l'equazione (2) diventa:

$$\begin{aligned} \tau(d_1, d_2) &= \frac{\Delta \text{densità popolazione}(d_1, d_2)}{\Delta \text{densità popolazione stato}} = \frac{\frac{\Delta \text{pop}(d_1, d_2)}{\text{area}(d_1, d_2)}}{\frac{\Delta \text{pop stato}}{\text{area stato}}} = \\ &= \frac{\frac{\text{pop}_{t_0+10}(d_1, d_2) - \text{pop}_{t_0}(d_1, d_2)}{\text{area}(d_1, d_2)}}{\frac{\text{pop}_{t_0+10}(\text{stato}) - \text{pop}_{t_0}(\text{stato})}{\text{area stato}}} \end{aligned} \quad (4)$$

Anche in questo contesto i risultati sono stati poi analizzati graficamente per valutare sia l'evoluzione spaziale del fenomeno, a partire dalla posizione della diga fino ad una distanza massima di 100 km da essa, sia l'evoluzione temporale, a partire dall'anno di costruzione della diga (arrotondato al decimale più vicino poiché i dati di popolazione da intersecare sono espressi ogni decade) fino al 2010.

CAPITOLO 3: ELABORAZIONE DATI

Per poter calcolare la τ -statistic (equazione (2)) è stato innanzitutto necessario, per ogni diga, intersecare le informazioni riguardanti la diga stessa con i dati di popolazione a disposizione. In particolare, sono state prese in considerazione le seguenti informazioni:

- posizione geografica della diga;
- anno di costruzione della diga t_0 ;
- bacino idrografico afferente alla diga;
- stato di appartenenza della diga;
- classi di distanza o buffer (d_2 in equazione (2, 3, 4)) dalla localizzazione della diga.

Le operazioni necessarie per il calcolo della τ -statistic in corrispondenza di ciascuna diga sono basate sui seguenti step applicativi:

1. Creazione dei buffer (zone concentriche, con distanza pari a d_2 rispetto alla posizione della diga);
2. Calcolo delle statistiche zonali (ovvero densità di popolazione) all'interno di ciascun buffer (per un totale di 19 buffer). Tale operazione è stata ripetuta per tutti gli anni a partire dall'anno di costruzione della diga;
3. Identificazione del bacino idrografico (o dello stato) afferente alla diga;
4. Calcolo delle statistiche zonali (ovvero densità di popolazione) all'interno del bacino (o stato) afferente alla diga. Tale operazione è stata ripetuta per tutti gli anni a partire dall'anno di costruzione della diga.

Tutte queste operazioni, effettuate attraverso il programma QGIS, sono descritte in dettaglio qui di seguito. Per rendere più agevole il calcolo della τ -statistic, le formule sono state implementate attraverso la scrittura di un codice Matlab.

3.1 Elaborazione dati in ambiente GIS

3.1.1 Creazione dei buffer

I dati delle dighe, espressi in formato vettoriale così come forniti dal *GRanD*, sono stati caricati in QGIS e collocati nell'opportuno sistema di riferimento. A partire dalla posizione di ogni diga, è stato possibile creare dei buffer, ovvero delle zone concentriche rispetto alla diga di estensione crescente (**Figura 11**).

Una **zona buffer** è un'area che serve allo scopo di mantenere le geometrie del mondo reale distanti l'una dall'altra. Le zone buffer sono spesso istituite per proteggere l'ambiente, proteggere le zone residenziali e commerciali da incidenti industriali o calamità naturali o per prevenire la violenza. I tipi comuni di zone buffer possono essere zone verdi tra aree residenziali e commerciali, zone di confine tra paesi, zone di protezione dal rumore intorno agli aeroporti o zone di protezione contro l'inquinamento lungo i fiumi [https://docs.qgis.org/3.4/it/docs/gentle_gis_introduction/vector_spatial_analysis_buffers.html].

I buffer realizzati nel presente elaborato rappresentano delle zone equidistanti da d_1 (posizione della diga così come fornita dallo shapefile) aventi diametro d_2 variabile, a partire da un valore minimo di 10 km fino ad un valore massimo di 100 km, con passo pari a 5 km.



Figura 11. Esempio di buffer con estensione crescente da 10 km a 100 km (con passo di 5 km) per alcune dighe.

3.1.2 Calcolo delle statistiche zonali per i buffer

Una volta creati i buffer, è stato necessario valutare il valore della popolazione presente in ognuna di queste zone, a partire dalla posizione d_1 di ciascuna diga, facendo variare la distanza d_2 , ossia spostandosi di buffer in buffer, nel corso del tempo.

Per compiere tale operazione è stata quindi effettuata un'intersezione tra i dati di popolazione e i buffer, con l'obiettivo di calcolare la densità di popolazione presente nei vari anni e nei vari buffer a partire dall'anno della costruzione della diga t_0 .

Il valore di densità di popolazione calcolato è inteso come valore medio areale su tutta la zona.

Poiché infatti i dati di densità di popolazione sono stati espressi attraverso un raster, con ogni pixel rappresentante la densità presente esattamente in quella cella nell'anno di riferimento, è stato necessario valutare la densità di popolazione media dei pixel appartenenti al buffer considerato.

Questa operazione è stata effettuata attraverso uno strumento di QGIS, denominato *Statistiche zonali*, il quale permette di analizzare i risultati di una classificazione tematica.

Il plugin in questione permette di calcolare diversi valori dei pixel di un raster (nel caso in esame i dati di densità di popolazione) con l'aiuto di un layer vettoriale poligonale (buffer).

Il plugin genera colonne di output nel layer vettoriale con un prefisso definito dall'utente e calcola per ogni poligono le statistiche sui pixel che si trovano all'interno (**Tabella 2**).

Tra le statistiche disponibili si ha la somma, che permette di calcolare la somma dei valori dei pixel nel layer vettoriale poligonale considerato.

DENSITÀ DI POPOLAZIONE [abitanti/km²]											
GRAND ID	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890
40	0	0	0	0	0	0	4.127	16.253	26.448	155.464	9204.097
41	0	0	0	0	0	0	0.107	0.429	0.699	4.109	29.645
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	3.424	13.486	21.945	128.992	811.735
44	0	0	0	0	0	0	3.949	15.553	25.308	148.762	800.281
47	0	0	0	0	0	0	3.856	18.491	43.169	99.960	1522.343
48	0	0	0	0	0	0	4.481	21.485	50.159	116.145	1442.043
49	0	0	0	0	0	0	4.585	8.034	4.041	23.704	6.549
50	0	0	0	0	0	0	3.754	17.917	124.471	198.889	1293.329
51	0	0	0	0	0	0	1.708	6.6914	22.265	48.859	94.345

Tabella 2. Esempio di statistiche zonali, per alcuni anni, per alcune dighe (identificate nella colonna "Grand id") per il buffer 10km.

Tale valore è stato poi normalizzato rispetto all'area del buffer considerato. L'area del buffer è stata calcolata utilizzando il *Calcolatore di campi* in QGIS, il quale consente di eseguire calcoli sulla base di valori di attributo esistenti o funzioni definite, ad esempio, per calcolare la lunghezza o l'area delle caratteristiche geometriche [https://docs.qgis.org/2.8/it/docs/user_manual/working_with_vector/field_calculator.html]. I risultati vengono generalmente trascritti in una nuova cella della tabella attributi. Ciò è stato fatto su tutti i layer vettoriali poligonali in questione sfruttando la formulazione del calcolatore di campi

$$\frac{\$area}{1000000}$$

in modo da ottenere l'area della zona in questione in km² ed essere pertanto coerenti con il resto delle unità di misura utilizzate nel progetto. L'area calcolata da questa funzione rispetta sia l'impostazione dell'ellissoide del progetto corrente sia le impostazioni dell'unità di area.

Come si può notare dalla **Tabella 3**, l'area dei buffer ha un valore univoco per ciascuno di essi, anche considerando dighe diverse. I buffer sono infatti dei cerchi concentrici aventi un diametro che è stato fatto variare in maniera uniforme tra una diga e l'altra. Ovviamente le aree di bacini e stati risultano invece variabili.

Area_10km	Area_15km	Area_20km	Area_25km	Area_30km	Area_35km	Area_40km	Area_45km	Area_50km	Area_55km
309.017	695.288	1236.067	1931.354	2781.148	3785.449	4944.256	6257.569	7725.386	9347.708
Area_60km	Area_65km	Area_70km	Area_75km	Area_80km	Area_85km	Area_90km	Area_95km	Area_100km	
11124.532	13055.858	15141.685	17382.011	19776.835	22326.156	25029.972	27888.281	30901.083	

Tabella 3. Valore delle aree dei buffer, espresse in km².

L'operazione è stata effettuata per ogni diga per tutti i 19 buffer presi in esame, andando poi a salvare tutti i risultati in un file Excel da utilizzare nelle fasi successive per il calcolo del numeratore della τ -statistic.

3.1.3 Identificazione del bacino idrografico (o stato) afferente alla diga

Il calcolo della τ -*statistic* prevede come ulteriori valori da inserire la variazione di densità di popolazione nel bacino o nello stato, a seconda dell'area di riferimento presa in esame. Anche in questo caso è stato quindi necessario fare uso delle *statistiche zonali* con le stesse operazioni e modalità compiute per i buffer.

Per quanto riguarda l'identificazione del bacino idrografico afferente, i dati utilizzati sono stati ricavati dal database *HydroSHEDS* [<http://www.hydrosheds.org>], il quale fornisce una serie di strati poligonali che descrivono i confini dello spartiacque e le delineazioni dei vari sottobacini a scala globale. I livelli poligonali risultanti sono chiamati *HydroBASINS* e rappresentano un sottoinsieme del database *HydroSHEDS*. Il database divide un bacino in due sottobacini in ogni posizione in cui si incontrano due rami fluviali che hanno ciascuno una superficie a monte di almeno 100 km² (**Figura 12**). Va notato che questo concetto consente ancora che si verifichino sub-bacini più piccoli (che possono avere dimensioni inferiori) [Lehner, 2014].



Figura 12. Divisione in sottobacini fornita dal database *HydroSHEDS*. Fonte: *HydroBASINS*, Technical Documentation Version 1.c, Lehner, 2014

I dati scaricati dal database non forniscono quindi direttamente i confini del bacino principale, quanto quelli di tutti i sottobacini che lo compongono. Per tale motivo si è ritenuta necessaria l'estrazione del bacino principale. Tra le informazioni fornite dal database, oltre ad *Hybas_id* (inteso come quello del sottobacino), è presente il campo *Main*

Basin nel quale viene riportato il codice identificativo (ID) del bacino idrografico principale.

Il processo di identificazione ed estrazione dei bacini principali è risultato essere un processo macchinoso, articolato in varie fasi, proprio a causa della tipologia dei dati forniti. Non avendo infatti direttamente a disposizione i dati del *Main Basin*, ma solamente la correlazione tra ogni sottobacino e il bacino principale, in corrispondenza di ogni diga è stato:

- Identificato *ID Main Basin*
- Selezionato l'insieme di sottobacini associati a tale ID
- Salvato questo gruppo di elementi selezionati come "Bacino principale"
- Associato ad ognuno dei salvataggi effettuati il codice corrispondente all' *ID Main Basin*.

Complessivamente alla fine di queste operazioni, sono stati estratti 155 bacini (**Figura 13**). Alcuni bacini non sono stati riportati in **Figura 13** poiché in corrispondenza di essi non è presente nessuna diga, e quindi non risultano utili ai fini di questa analisi. Inoltre, non tutti i bacini estratti rientrano esclusivamente nei confini degli Stati Uniti: poiché infatti si tratta di bacini idrografici molto grandi, alcuni di essi, in particolar modo quelli ai confini estremi, si estendono anche nel territorio canadese.



Figura 13. Rappresentazione di tutti i 155 bacini principale estratti. Non tutti appartengono esclusivamente al territorio degli Stati Uniti d'America ma si estendono anche nel territorio canadese.

Per quanto riguarda l'identificazione dello stato di appartenenza, lo shapefile contenente le informazioni con i confini degli stati presenti nel territorio degli Stati Uniti d'America è stato fornito da *United States Census Bureau* [<https://www.census.gov/cgi-bin/geo/shapefiles/index.php?year=2019&layergroup=States+%28and+equivalent%29>].

Prima di poter utilizzare questi dati, è stata eseguita una trasformazione di sistema di riferimento, per renderli coerenti a quelli utilizzati nel progetto QGIS.

Lo shapefile fornisce informazioni sui confini di 56 stati appartenenti agli Stati Uniti d'America. Alcuni di questi stati sono stati esclusi (7 in totale) poiché in essi non sono presenti dati di popolazione e perciò non sarebbero stati utili ai fini di questo studio. Complessivamente quindi sono stati considerati 49 stati (**Figura 14**).

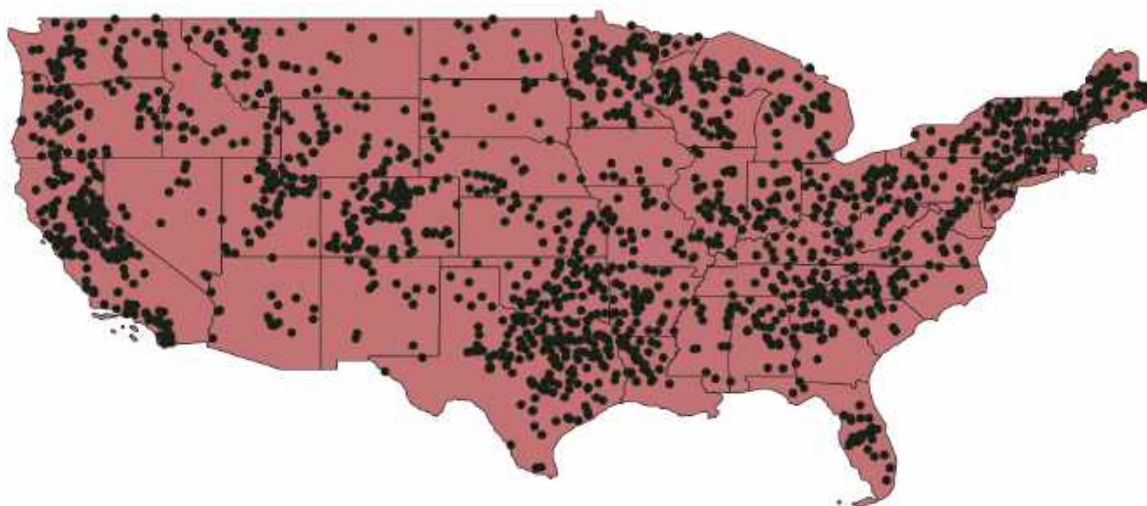


Figura 14. Rappresentazione degli stati presenti nel territorio degli Stati Uniti d'America utilizzati nel presente elaborato di tesi.

3.1.4 Calcolo delle statistiche zonali all'interno del bacino idrografico (o stato) afferente a ciascuna diga

La valutazione dei dati di densità di popolazione presente nei bacini idrografici o negli stati nel corso degli anni è stata effettuata sempre attraverso il plugin *Statistiche zonali*.

Le operazioni sono state effettuate in maniera analoga a quanto descritto per i buffer (**Tabella 4 e 5**). Per quanto riguarda i bacini idrografici, poiché il layer vettoriale poligonale utilizzato in questo contesto è quello contenente i bacini idrografici appena estratti (i quali risultano comunque composti da sottobacini), i valori di somma restituiti

fanno riferimento ai sottobacini (gli elementi che erano stati selezionati nella fase di estrazione) che compongono il bacino principale.

Per tale motivo, i valori relativi a ciascun sottobacino sono stati tra loro sommati per ottenere un valore unico nel bacino principale, nei vari anni considerati.

Tutti i risultati sono stati poi salvati in file Excel da utilizzare nelle fasi successive per il calcolo del denominatore della τ -statistic.

Tale valore è stato poi normalizzato rispetto all'area del bacino principale per ottenere la densità media areale.

DENSITÀ DI POPOLAZIONE [abitanti/km²]										
MAIN BAS	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880
7000008710	0	0	0	0	0	0	251.889	49546.147	48832.159	103273.831
7000012270	0	0	0	0	0	0	11.024	114.576	131.882	110.049
7000012300	0	0	0	0	0	0	4.050	42.094	48.453	40.431
7000012320	0	0	0	0	0	0	5.989	62.247	71.649	59.788
7000012340	0	0	0	0	0	0	13.447	139.757	160.867	2770.866
7000012380	0	0	0	0	0	0	9.299	96.652	111.250	92.833
7000012450	0	0	0	0	0	0	14.710	152.881	175.972	146.840
7000012480	0	0	0	0	0	0	18.901	196.443	226.115	221.225
7000012590	0	0	0	0	0	0	953.356	925.068	1230.680	3785.881
7000012630	0	0	0	0	0	0	587.002	4939.656	7081.157	14495.629

Tabella 4. Esempio di statistiche zonali, per alcuni anni in esame, per alcuni bacini (identificati nella colonna "Main bas" con il codice ID).

DENSITÀ DI POPOLAZIONE [abitanti/km ²]								
STATE	ID_STATE	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850
Alabama	1	0	1100.788	8580.093	144316.999	309533.039	590759.015	771633.431
Arizona	2	0	0	0	0	0	0	0
Arkansas	3	0	0	2240.951	11382.752	30077.404	97976.969	210567.509
California	4	0	0	0	0	0	0	92595.965
Colorado	5	0	0	0	0	0	0	4766.217
Connecticut	6	230899.063	251581.464	263004.117	276442.511	299127.666	314462.993	371970.806
Delaware	7	59148.602	64335.487	72745.896	72821.659	76845.629	78173.396	91657.493
District of Columbia	8	1801.045	0	10553.102	0	30281.757	33771.3035	51794.454
Florida	9	1.135	6.254	19.313	0	34722.871	54472.618	87433.009
Georgia	10	82561.459	162699.497	251423.065	341014.662	516862.673	691434.158	906229.558

Tabella 5. Esempio di statistiche zonali, per alcuni anni in esame, per alcuni stati (identificati nella colonna "State").

3.1.5 Correlazione tra dighe, bacini e stati

In tutto lo studio, dighe, bacini idrografici e stati sono sempre stati identificati attraverso dei codici identificativi numerici (ID). Per unire gran parte delle informazioni ricavate fino ad ora e per facilitare l'applicazione del codice Matlab, è stato creato un ulteriore file Excel in grado di associare ad ogni diga lo stato e il bacino idrografico di appartenenza (**Tabella 6**).

GRAND ID	MAIN BASIN ID	ID STATE	ADMIN UNIT	AREA STATI [km²]	AREA BACINI [km²]
40	7000016170	46	Washington	184667.707	169.189
41	7000016090	46	Washington	184667.707	8208.373
42	7000016090	46	Washington	184667.707	8208.373
43	7000016090	46	Washington	184667.707	8208.373
44	7000016090	46	Washington	184667.707	8208.373
47	7000016000	46	Washington	184667.707	4545.242
48	7000016000	46	Washington	184667.707	4545.242
49	7000014930	46	Washington	184667.707	671063.856
50	7000016000	46	Washington	184667.707	4545.242
51	7000015600	46	Washington	184667.707	622.159

Tabella 6. Esempio di correlazione tra dighe, bacini e stati. Per ogni diga è riportato il codice identificativo dello stato e del bacino di appartenenza, il nome dello stato e l'area del bacino e dello stato.

3.2 Elaborazione in ambiente MATLAB

L'utilizzo della τ -statistic in questo studio ha l'obiettivo principale di calcolare la covarianza spazio-temporale tra popolazione e dighe, per verificare se sia plausibile affermare che la crescita maggiore della popolazione avvenga in vicinanza della diga.

Infatti, come già detto, l'effetto di sfollamento delle aree inondate in seguito alla realizzazione delle dighe è un aspetto che è già stato trattato ed analizzato accuratamente in vari studi, mentre il ruolo dei bacini idrici come possibili attrattori di nuova popolazione non è stato ancora ben capito.

Per fare ciò, così come previsto dalla formula della τ -statistic (equazione (2)), bisogna effettuare il confronto tra la variazione di densità di popolazione negli intorno della diga (buffer) rispetto al bacino idrografico o allo stato afferente alla diga stessa.

Nel presente elaborato le dighe prese in esame distribuite su tutto il territorio degli Stati Uniti d'America sono 1859, i bacini 155 e gli stati 49.

Per ognuna di queste unità sono state utilizzate le informazioni sulla densità di popolazione ricavate attraverso i calcoli in QGIS (con il plugin *Statistiche zonali*) e riassunte nei vari file Excel, per gli anni che vanno dal 1790 al 2010, espressi in decadi, con l'esclusione del 1960 (per il quale non sono disponibili dati di popolazione).

I codici in Matlab, riportati in **Appendice**, risultano leggermente differenti nel momento in cui si va ad effettuare la normalizzazione rispetto al bacino idrografico o allo stato afferente, poiché varia il denominatore della τ -statistic (equazione (3) e (4)), mentre il numeratore, essendo riferito sempre ai buffer, rimane lo stesso.

Per ogni diga tra le informazioni fornite dal *GRanD*, si ha l'anno di costruzione t_0 . Questo è risultato essere un dato molto importante perché le valutazioni sono state fatte a partire dal t_0 di ogni diga fino al 2010, per valutare la variazione di popolazione verificatasi negli anni successivi alla costruzione della diga stessa.

La prima parte del codice prevede il caricamento di tutti i file Excel e dei dati utili all'analisi, come ad esempio un vettore con tutti gli anni in cui sono presenti i dati di popolazione (ossia dal 1790 al 2010 escluso il 1960). Successivamente è stato identificato per ogni diga, attraverso un ciclo *for*, l'anno di costruzione t_0 .

Essendo i dati di popolazione forniti ogni 10 anni, è stato necessario arrotondare t_0 alla decade precedente o successiva, attraverso il comando *round*.

Si è poi passati alla scrittura del codice per calcolare il numeratore e il denominatore della τ -statistic.

È stato quindi creato un ulteriore ciclo *for* per calcolare il numeratore della τ -statistic in grado di:

- identificare, attraverso il comando *find*, l'anno in cui è stata costruita la diga (t_0) nel vettore contenente gli anni di dati e la relativa posizione nel vettore;
- calcolare per ogni buffer la differenza tra i dati di densità di popolazione degli anni successivi a t_0 e il dato di densità di popolazione dell'anno di costruzione della diga.

Il procedimento è stato ripetuto per ogni diga, per ogni decade successiva a t_0 e per ciascuno dei 19 buffer analizzati.

Per calcolare il denominatore della τ -*statistic* si è aggiunta l'istruzione attraverso la quale identificare per ogni diga il bacino idrografico o lo stato di appartenenza attraverso i dati riassunti a titolo di esempio nella **Tabella 6**.

Fatto ciò, il codice è stato impostato in maniera tale da valutare la differenza, in termini di bacino idrografico o stato, tra il dato di densità di popolazione delle decadi successive a t_0 e il dato di densità di popolazione dell'anno di costruzione della diga.

Infine, è stata creata una matrice 3D, denominata *tau_bacino* (o *tau_stato*), di dimensione 1859 x 22 x 19, i cui valori sono calcolati mediante l'equazione (3) o (4), nel caso di analisi rispettivamente a livello di bacino idrografico o di stato. Tale matrice contiene i valori della τ -*statistic* associati a ciascuna diga (1859), ciascuna decade (dal 1790 al 2010, escluso il 1960) e ciascun buffer (19).

3.3 Modello di regressione lineare

Per poter analizzare i risultati e quindi verificare se vi sia una crescita maggiore della densità di popolazione in vicinanza della diga rispetto alla situazione a livello di bacino idrografico o stato afferente alla diga è stato utilizzato un modello di regressione lineare.

L'analisi di regressione lineare è una tecnica che permette di analizzare la relazione lineare tra una variabile dipendente e una o più variabili indipendenti. Lo studio di questa relazione può avere un duplice scopo:

- *esplicativo*: comprendere e ponderare gli effetti delle variabili indipendenti sulla variabile dipendente in funzione di un determinato modello teorico;
- *predittivo*: individuare una combinazione lineare di variabili indipendenti per predire in modo ottimale il valore assunto dalla variabile dipendente [http://www.data.unibg.it/dati/corsi/64023/44086-regressione_lineare.pdf].

In questa attività di tesi si è deciso di applicare un modello di regressione lineare in grado di descrivere l'evoluzione temporale della τ -*statistic* riferita al buffer a distanza $d_2=10$ km

dalla posizione della diga. Tale modello è definito come segue [https://it.mathworks.com/help/matlab/data_analysis/linear-regression.html]:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (5)$$

dove β_0 rappresenta l'intercetta, β_1 la pendenza (espressa in decade⁻¹) e ϵ il termine di errore. Proprio attraverso la pendenza sarà possibile identificare il trend temporale della τ -*statistic*, come si vedrà in seguito.

Data la grande mole di dati di input e di variabili considerate, l'applicazione di un modello di regressione lineare (equazione (5)), seppur attraverso una formulazione alquanto semplificata, permette di analizzare l'evoluzione temporale della τ -*statistic* a livello di diga, bacino idrografico e stato in modo sintetico, esplicativo e sufficientemente affidabile. A differenza di tutto il calcolo della τ -*statistic* per il quale non ci sono limiti o incertezze associate, andare a servirsi di una retta per interpolare degli andamenti molto variabili ed altalenanti introduce sicuramente un limite poiché non per tutte le dighe ovviamente il modello potrà essere performante. Nonostante ciò la scelta di utilizzare un modello lineare è stata comunque ritenuta la più valida ai fini dello studio per poter sintetizzare al meglio i risultati, nella consapevolezza comunque dei limiti che questa scelta comporta.

Andando ad interpolare con una retta i valori della τ -*statistic* per ogni diga è immediato comprendere se l'andamento della variabile, rappresentato dalla pendenza della retta di regressione lineare, sia crescente o decrescente nel tempo (ovvero associato rispettivamente ad un aumento o ad un decremento della densità abitativa nel tempo).

Per generare il modello di regressione lineare è stato scritto un codice Matlab (riportato in **Appendice**) nel quale, per ogni diga, attraverso il comando *LinearModel.fit*, tutti i valori della τ -*statistic* sono stati interpolati da una retta.

Inoltre, sono stati selezionati una serie di coefficienti del modello quali:

- la pendenza della retta
- R^2 , per valutare quanto il modello di regressione lineare sia in grado di riprodurre i dati
- p-value, per valutare la performance del modello di regressione lineare, sulla base del test statistico t-Student. Tale test valuta se l'ipotesi nulla è pari a zero (il che significa che il termine corrispondente non è significativo) rispetto all'ipotesi

alternativa che il coefficiente sia diverso da zero
[<https://it.mathworks.com/help/stats/f-statistic-and-t-statistic.html>].

Il coefficiente di determinazione R^2 è un indice di bontà della retta di regressione e varia tra 0 ed 1. Quando esso tende ad 1 si ha una perfetta relazione lineare, quando esso tende a 0 non si ha nessuna relazione lineare.

Il p-value indica la probabilità di ottenere un risultato uguale o più estremo di quello osservato, supposta vera l'ipotesi nulla [https://it.wikipedia.org/wiki/Valore_p]. Nel momento in cui esso è maggiore di 0.05 il modello viene definito non performante.

Pertanto, a valori di R^2 elevati e tendenti ad 1 corrispondono valori del p-value inferiori di 0.05 e quindi un modello performante.

CAPITOLO 4: RISULTATI

Una volta ottenuti tramite la matrice 3D i valori della τ -*statistic* necessari per lo studio, si ha tutto quello che serve per effettuare delle rappresentazioni grafiche, analizzarle e trarre delle conclusioni circa l'obiettivo dello studio.

I risultati illustrati e discussi in seguito fanno riferimento solo ai valori della τ -*statistic* calcolati con riferimento allo stato di afferenza (equazione (4)). Considerazioni analoghe possono essere fatte anche a livello di bacino idrografico.

La presentazione dei risultati è suddivisa come segue:

- analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa
- analisi dell'evoluzione temporale della τ -*statistic*
- analisi dell'evoluzione spaziale della τ -*statistic*

Tale analisi è stata condotta attraverso un codice Matlab (riportato in **Appendice**) in grado di creare dei grafici che rappresentano sia l'evoluzione spaziale del fenomeno, a partire dalla posizione della diga fino ad una distanza massima di 100 km da essa, sia l'evoluzione temporale, a partire dall'anno di costruzione della diga fino al 2010.

Data l'elevata numerosità di dati analizzati, i risultati sono inoltre analizzati a livello di stato in funzione della principale tipologia di utilizzo.

Infatti, tra le informazioni fornite dal *Global Reservoir and Dam Database* (GRanD) si ha anche l'utilizzo, sia principale che secondario, di ciascuna diga, classificato come ricreativo, idroelettrico, irriguo, acquedottistico, per il controllo delle piene, per la navigazione, ittico, civile o altro. Tra tutti questi utilizzi, il presente elaborato considera solo l'utilizzo primario per ciascuna diga ed in particolare gli usi irriguo, acquedottistico ed idroelettrico.

Pertanto, nel codice è stato impostato un ciclo *for* che permettesse, per ogni stato, di identificare tra tutte le 1859 dighe dello studio quelle che corrispondessero all'utilizzo scelto e appartenessero al territorio considerato, con associazione del corrispondente codice ID. Ci sono stati però numerosi casi tali per cui nel generico stato non erano presenti dighe che svolgessero uno degli usi scelti per lo studio. Proprio per questo motivo nel codice è stato creato un contatore, in modo da associare il numero di dighe presenti nello stato x con utilizzo y ed effettuare un controllo sulla correttezza di quanto ottenuto.

4.1 Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa

Come si è visto, la τ -*statistic* (equazione (2)) è definita come il rapporto tra due quantità. Il numeratore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito all'anno di costruzione t_0 nel buffer, mentre il denominatore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito a t_0 nello stato.

Se la τ -*statistic* è positiva, vuol dire che il rapporto tra le quantità è positivo quindi numeratore e denominatore sono o entrambi positivi, e pertanto sia nel buffer che nello stato si è registrato un aumento di popolazione, oppure entrambi negativi, e pertanto sia nel buffer che nello stato si è registrato una diminuzione di popolazione.

Se invece la τ -*statistic* è negativa, vuol dire che il rapporto tra le quantità è negativo quindi uno tra numeratore e denominatore è negativo e pertanto o nel buffer o nello stato si è verificata una diminuzione di popolazione.

Per poter analizzare l'evoluzione nello spazio e nel tempo della τ -*statistic*, è opportuno valutare l'andamento della densità nel buffer più vicino alla diga (ovvero a 10 km di distanza), a partire dal 1790 fino al 2010. A tal fine, nel codice Matlab (riportato in **Appendice**) sono stati inseriti dei comandi in grado di creare un grafico per valutare gli effetti della diga sulla popolazione, contrassegnando con una "x" la decade di costruzione della diga stessa (**Figura 15**). In questo modo, nel momento in cui nello studio dei grafici di evoluzione spaziale e temporale si sono riscontrati dei valori molto negativi della τ -*statistic* o dei forti picchi in positivo, attraverso l'analisi della densità si è potuto capire se quel comportamento fosse dovuto ad una variazione positiva o negativa di densità abitativa nel buffer o nello stato.

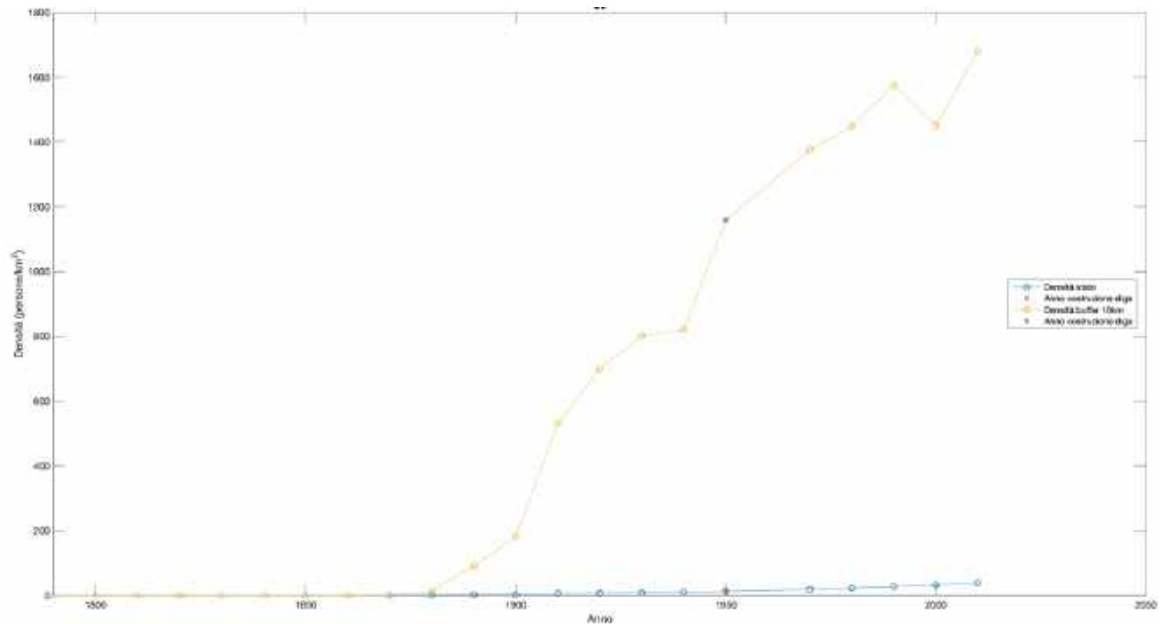


Figura 15. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 53, situata nello stato di Washington. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di Washington.

Il grafico in **Figura 15** si riferisce ad una sola diga (nell'esempio, ID=53): questa tipologia di rappresentazione è infatti stata impostata per analizzare il comportamento di una diga alla volta tra quelle che nell'analisi si ritengono con comportamento singolare rispetto a tutte le altre. Esso rappresenta l'evoluzione temporale nella densità abitativa: in particolare la linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga analizzata (nell'esempio la diga ID=53) mentre la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di appartenenza della diga (nell'esempio lo stato di Washington).

4.2 Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic

I grafici che mostrano l'evoluzione temporale del fenomeno sono stati impostati in maniera tale da rappresentare la variazione della τ -statistic, riferita solo al buffer 10 km (quindi nell'immediato intorno della diga) a partire dall'anno di costruzione t_0 di ciascuna diga fino al 2010 (**Figura 16**).

L'operazione è stata ripetuta per ognuno dei 49 stati e per i tre usi scelti: nel momento in cui non si è avuta una corrispondenza tra le dighe presenti nello stato x con utilizzo y , il grafico non è stato analizzato poiché vuoto.

Nei grafici quindi sono rappresentate tutte le dighe presenti nello stato con un determinato utilizzo, a turno tra i tre scelti per lo studio. Poiché le dighe presentano anni di costruzione diversi, l'origine delle serie temporali non è in comune e per ogni diga il numero di punti (ovvero di decenni) rappresentanti la τ -statistic risulterà essere diverso.

Ad esempio, nella **Figura 16**, sono presenti le sei dighe ad uso acquedottistico dello stato di Alabama. I valori della τ -statistic sono calcolati e quindi rappresentati per ogni diga a partire dalla decade successiva alla sua costruzione fino alla fine delle decadi analizzate, facendo riferimento solo al buffer di 10 km. Ogni diga ha quindi un'origine della serie temporale diverso, a seconda della decade di costruzione, e un andamento differente che in alcuni casi si traduce con un aumento della τ -statistic nel corso del tempo mentre per altre in una diminuzione.

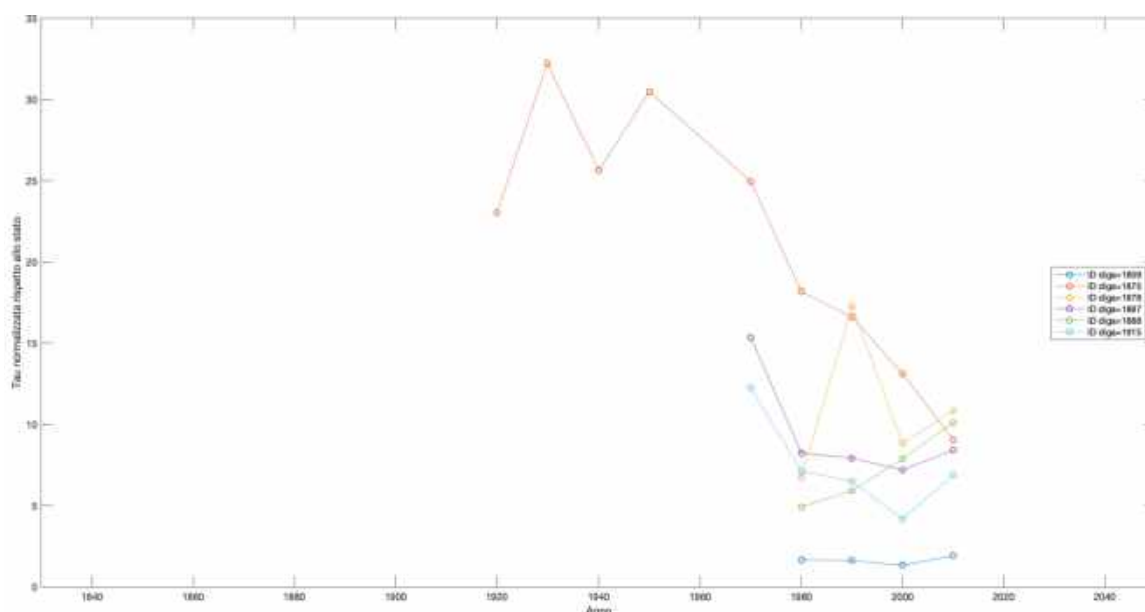


Figura 16. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato di Alabama per utilizzo acquedottistico: buffer spaziale 10 km.

4.3 Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic

I grafici che mostrano l'evoluzione spaziale del fenomeno sono stati impostati in maniera tale da rappresentare la variazione della τ -statistic, riferita solo alla prima decade (quindi nei primi dieci anni successivi alla costruzione della diga) a partire dalla posizione della diga fino ad una distanza massima di 100 km da essa (**Figura 17**).

L'operazione è stata ripetuta per ognuno dei 49 stati e per i tre usi scelti: nel momento in cui non si è avuta una corrispondenza tra le dighe presenti nello stato x con utilizzo y , il grafico non è stato analizzato poiché vuoto.

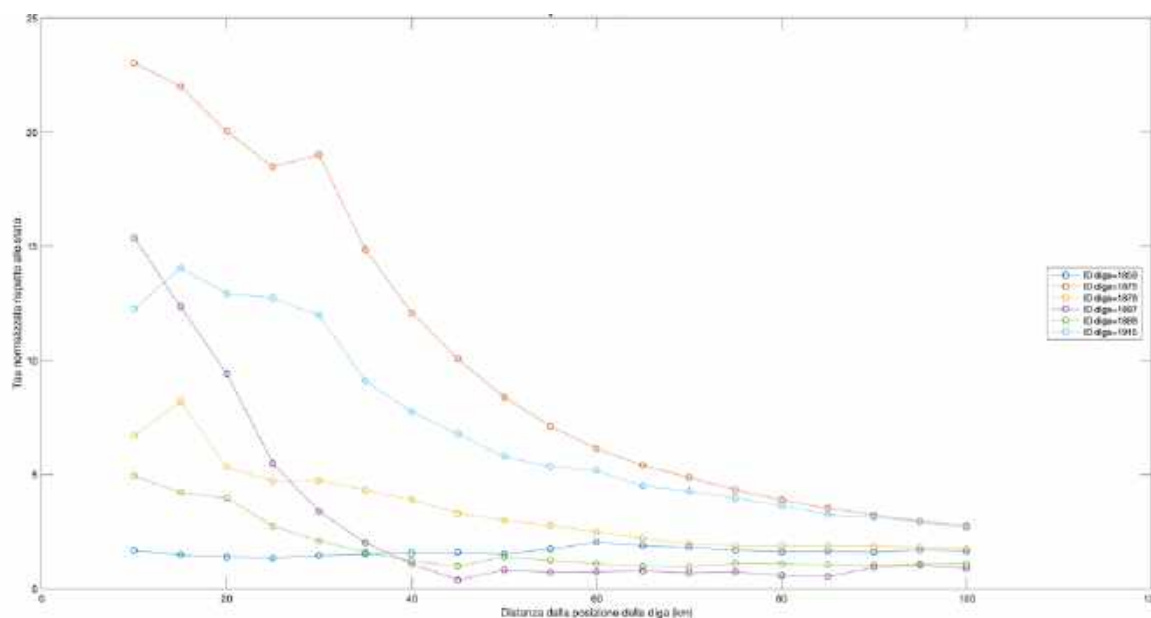


Figura 17. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic nello stato di Alabama per utilizzo acquedottistico: finestra temporale di 10 anni.

Prendendo nuovamente a riferimento le dighe ad uso acquedottistico dello stato di Alabama, la **Figura 17** illustra un esempio dell'evoluzione spaziale della τ -statistic. Il primo punto rappresentato, essendo il valore della τ -statistic riferita al buffer 10 km nella prima decade successiva alla costruzione della diga, è coincidente con il primo punto rappresentato anche nei grafici dell'evoluzione nel tempo.

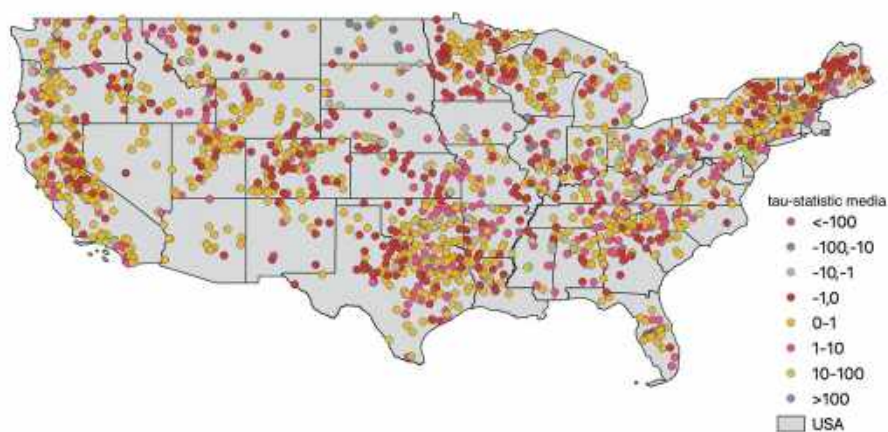
Questa tipologia di grafico è stata quindi utilizzata per effettuare un confronto tra quanto si è verificato nell'immediato intorno della diga nella prima decade successiva alla sua costruzione rispetto a distanze via via maggiori da essa: infatti, le varie linee colorate rappresentano, per ogni diga, l'andamento della τ -statistic valutato in tutti i buffer, ovvero per tutte le distanze da 10 km a 100 km, con intervallo di 5 km, dalla diga.

4.4 Applicazione del modello di regressione lineare

Il modello di regressione lineare (equazione (5)) è stato applicato a tutte le 1859 dighe esaminate per valutare in modo sintetico l'evoluzione temporale dei valori di τ -*statistic*.

Come riportato a titolo esemplificativo in **Tabella 7**, e per esteso in **Tabella A1** in **Appendice**, per ciascuna diga sono stati calcolati alcuni valori caratteristici della τ -*statistic*, ovvero i valori minimo, massimo e medio tra quelli osservati a partire dalla decade successiva alla costruzione dell'invaso fino al 2010, la pendenza della retta di regressione lineare, il coefficiente di determinazione R^2 e il p-value. Complessivamente, a livello di diga, la scelta di utilizzare un modello di regressione lineare si è vista performante per solo 550 dighe, a causa di quanto detto precedentemente, mentre per le restanti 1309 la performance non è stata ottimale.

Nella **Figura 18** è riportata una classificazione delle dighe esaminate in base al valore medio temporale della τ -*statistic*. La **Figura 19** mostra invece una classificazione delle singole dighe in funzione del valore della pendenza della retta di regressione lineare.



*Figura 18. Rappresentazione delle dighe degli Stati Uniti d'America considerate nello studio, classificate sulla base del valore medio di τ -*statistic*.*

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	β_1 [decade⁻¹]	R²	p- value
40	46	4.598	9.026	7.236	0.084	0.905	0.004
41	46	0.000	0.024	0.014	0.000	0.036	0.759
42	46	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
43	46	0.670	1.168	0.897	-0.014	0.612	0.218
44	46	0.229	1.100	0.425	-0.008	0.445	0.102
47	46	-1.530	-0.735	-1.133	0.040	1.000	0.002
48	46	0.302	3.642	1.381	-0.029	0.454	0.097
49	46	0.260	0.616	0.413	-0.002	0.136	0.415
50	46	-0.375	0.293	-0.114	-0.020	0.765	0.126
51	46	-0.048	0.468	0.121	0.007	0.769	0.010

Tabella 7. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic (estratto della Tabella A1 riportata in Appendice). Le colonne riportano rispettivamente il codice identificativo della diga, il codice identificativo dello stato di appartenenza, i valori minimo, massimo e medio della τ -statistic, la pendenza della retta di regressione lineare β_1 (equazione (5)), il coefficiente di determinazione R^2 e il p-value dall'applicazione del test T-Student.

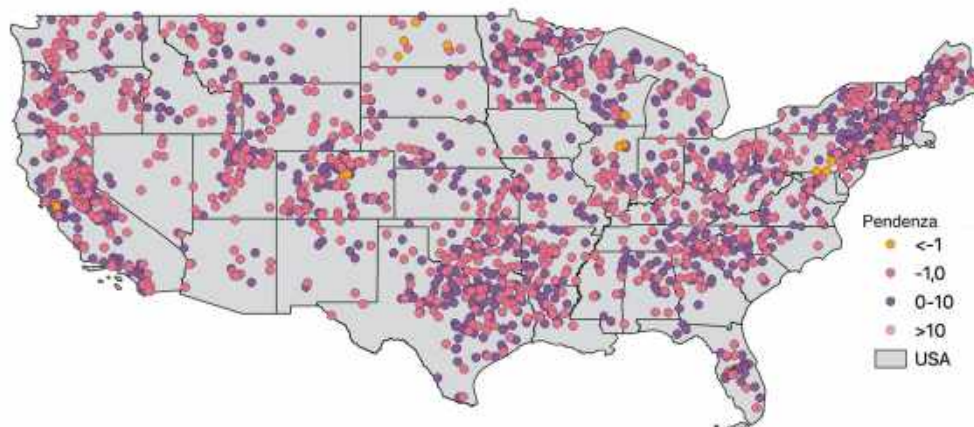


Figura 19. Rappresentazione delle dighe degli Stati Uniti d'America considerate nello studio, classificate sulla base del valore della pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)).

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello di regressione lineare ai valori della τ -*statistic* per le 1859 dighe considerate nel presente elaborato di tesi, sono stati accorpate a livello di stato per ciascuno dei tre utilizzi scelti (acquedottistico, idroelettrico e irriguo). Per analizzare i risultati a livello di stato, parte delle informazioni riportate in **Tabella 7** e in **Tabella A1** in **Appendice** sono state accorpate per ottenere il comportamento medio in ogni stato sulla base delle dighe presenti in tale territorio e per ciascun utilizzo. I valori considerati per ogni stato sono i seguenti:

- *Numero di dighe* presenti nello stato x con utilizzo y
- τ *minima*, ossia il valore minimo dei valori di τ -*statistic* calcolati per tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y
- τ *massima*, ossia il valore massimo dei valori di τ -*statistic* calcolati per tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y
- τ *media*, ossia il valore medio dei valori di τ -*statistic* calcolati per tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y
- *25 percentile*, ossia il valore della τ -*statistic* relativo a tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y al di sotto del quale ricade il 25% degli elementi sotto osservazione

- *τ mediana, o 50 percentile*, ossia il valore della *τ -statistic* relativo a tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y al di sotto del quale ricade il 50% degli elementi sotto osservazione
- *75 percentile*, ossia il valore della *τ -statistic* relativo a tutte le dighe presenti nello stato x con utilizzo y al di sotto del quale ricade il 75% degli elementi sotto osservazione
- *Pendenza media*, ossia il valore medio delle pendenze delle rette di regressione lineare (presenti in **Tabella 7** e in **Tabella A1** in **Appendice**) associate alle dighe presenti nello stato x con utilizzo y
- *Deviazione standard della pendenza media*, ossia la dispersione delle singole osservazioni intorno alla pendenza media

Questi valori caratteristici forniscono una descrizione sintetica a livello di stato dell'evoluzione spazio-temporale della densità abitativa in seguito alla realizzazione di dighe per i tre utilizzi considerati. Ad esempio, attraverso la pendenza media è possibile interpretare il comportamento dello stato in funzione di uno specifico utilizzo: valori di pendenza media positivi (o negativi) sono associati ad una crescita (o decrescita) di densità di popolazione legata alla presenza delle dighe in quel territorio.

Nei paragrafi successivi si descrivono nel dettaglio i risultati ottenuti a livello di stato per ciascuna tipologia di utilizzo. Si riporta inoltre uno studio più approfondito che descrive il comportamento specifico di alcune dighe in termini di evoluzione nello spazio e nel tempo dei valori di *τ -statistic* e di densità abitativa.

4.5 Analisi dei risultati per l'utilizzo acquedottistico

L'utilizzo acquedottistico è risultato essere il secondo utilizzo più diffuso (tra i tre presi in considerazione) su tutto il territorio americano: le dighe di tale tipologia sono 333 su 1859 (**Figura 8 e 20**), presenti in 41 stati rispetto ai 49 considerati (**Figura 21**). Gli stati che ne presentano un numero maggiore sono California (65 in totale) e New York (26 in totale). Una rappresentazione grafica delle caratteristiche principali dei valori di *τ -statistic*, ovvero *τ media* e pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)), per tutte le dighe ad utilizzo acquedottistico è riportata nelle **Figure 22 e 23**.

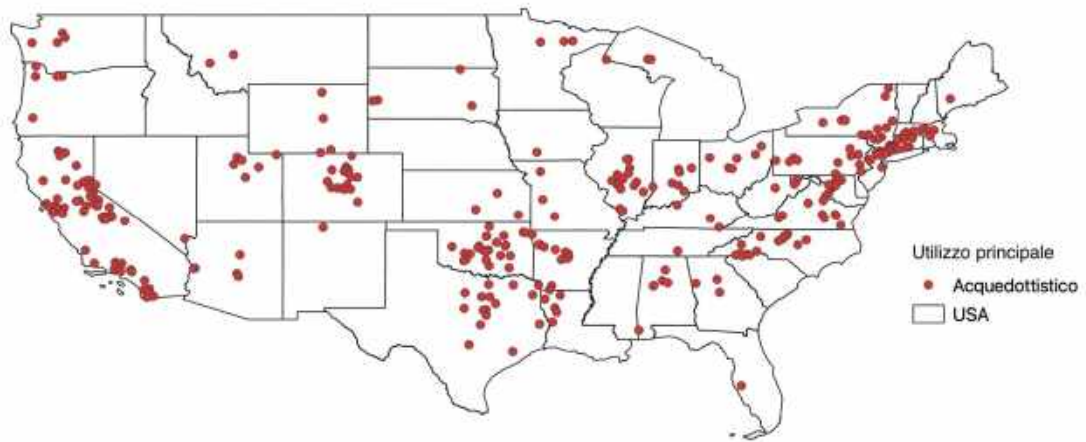


Figura 20. Rappresentazione delle dighe ad utilizzo acquedottistico nel territorio degli Stati Uniti d'America.



Figura 21. Distribuzione geografica delle dighe ad uso acquedottistico, colorate in blu, rispetto al continente americano, colorato in bianco.

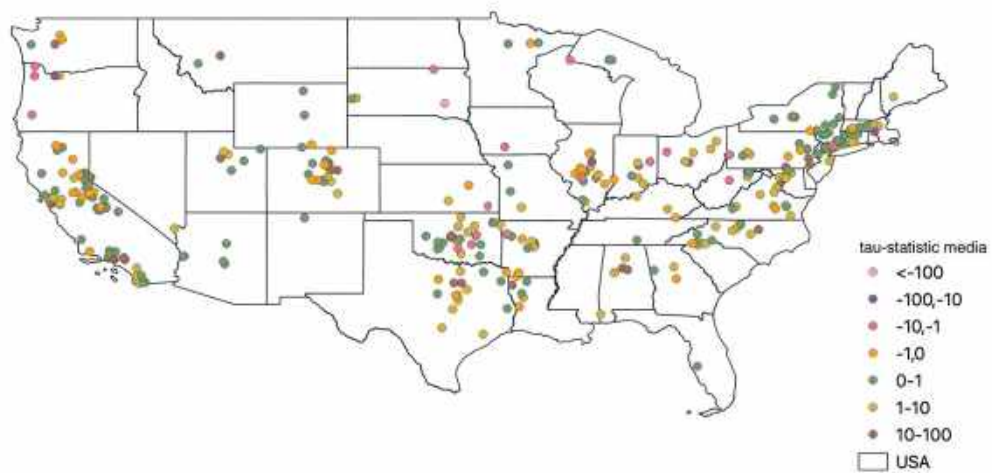


Figura 22. Rappresentazione delle dighe ad uso acquedottistico, classificate sulla base del valore medio di τ -statistic.

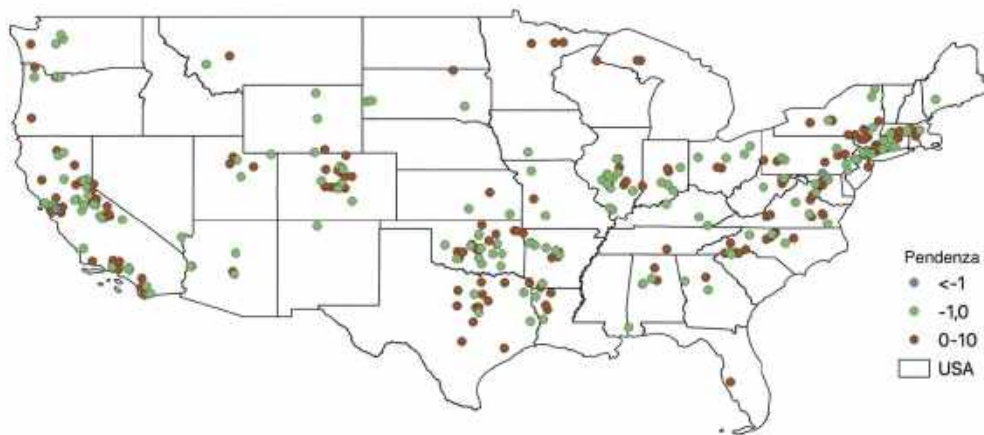


Figura 23. Rappresentazione delle dighe ad uso acquedottistico, classificate sulla base del valore della pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)).

In **Tabella 8** sono riportate le caratteristiche principali dei valori di τ -statistic aggregati a livello di stato per le dighe ad uso acquedottistico.

STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade ⁻¹]	deviazione standard [decade ⁻¹]
Alabama	1	6	1.333	32.235	11.504	6.553	8.432	16.306	-0.045	0.144
Arizona	2	4	-0.015	4.622	0.315	0.014	0.047	0.165	-0.016	0.035
Arkansas	3	12	-22.467	57.485	4.148	0.567	1.133	4.874	0.021	0.382
California	4	65	-2.525	159.037	6.172	0.006	0.192	4.280	-0.045	0.226
Colorado	5	18	-45.266	98.089	8.960	0.015	0.323	5.641	0.198	0.646
Connecticut	6	8	0.204	8.843	1.485	0.525	1.086	2.008	-0.023	0.035
Florida	9	1	-0.549	0.801	0.044	-0.316	-0.038	0.405	0.040	0.000
Georgia	10	3	-1.433	2.255	0.891	0.568	1.042	1.827	-0.086	0.142
Illinois	12	16	-153.912	6.907	-1.293	-0.128	0.231	1.210	0.518	1.925
Indiana	13	7	-2.646	17.128	4.105	0.385	1.037	10.522	0.086	0.209
Iowa	14	1	-13.895	2.572	-5.134	-11.441	-4.077	0.909	-0.332	0.000
Kansas	15	3	-2.977	11.114	0.720	-2.006	-0.195	1.694	-0.116	0.180
Kentucky	16	3	-1.160	2.320	1.014	-0.059	1.574	1.831	-0.028	0.018
Louisiana	17	5	-0.459	24.357	5.968	0.130	0.706	13.976	-0.008	0.074
Maine	18	1	-13.429	12.737	1.322	-9.614	7.435	9.339	-0.689	0.000
Maryland	19	8	-0.098	11.471	2.821	0.272	2.939	4.249	0.003	0.053
Massachusetts	20	7	-1.816	14.913	2.262	0.374	1.375	2.509	-0.012	0.084
Michigan	21	2	-1.313	3.761	0.844	-0.103	0.705	1.551	0.069	0.087
Minnesota	22	3	-1.576	0.468	-0.022	0.016	0.150	0.181	0.023	0.038
Missouri	24	3	-0.157	13.193	3.453	0.177	0.265	8.588	-0.022	0.040

STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade ⁻¹]	deviazione standard [decade ⁻¹]
Montana	25	2	-0.650	32.532	5.635	0.017	0.693	3.641	0.480	0.694
Nevada	27	2	-0.294	64.682	9.064	0.992	2.255	3.828	-0.085	0.236
New Jersey	29	12	-0.200	7.847	1.465	0.217	0.639	1.683	0.015	0.049
New Mexico	30	1	-0.052	0.331	0.136	-0.029	0.133	0.302	-0.014	0.000
New York	31	26	-56.030	30.259	1.042	0.049	0.346	1.712	0.087	0.411
North Carolina	32	10	-0.251	15.987	4.054	0.582	1.433	7.470	0.071	0.225
Ohio	34	6	-6.133	42.941	7.338	2.110	4.071	6.933	-0.021	0.294
Oklahoma	35	25	-169.967	192.359	8.425	0.137	0.897	5.700	0.084	0.486
Oregon	36	6	-23.855	53.502	-2.520	-8.648	-4.434	-0.346	0.015	0.410
Pennsylvania	37	12	-58.936	127.738	4.867	-0.507	0.415	5.005	-0.442	1.271
Rhode Island	38	1	-203.871	5.807	-48.965	-101.996	1.102	4.066	6.315	0.000
South Carolina	39	5	-4.352	8.236	1.665	0.181	0.824	2.972	0.029	0.053
South Dakota	40	4	-1183.044	124.138	-49.556	-5.067	0.395	3.143	-0.019	0.212
Tennessee	41	1	-0.036	0.686	0.378	0.226	0.385	0.579	0.016	0.000
Texas	42	16	-0.929	31.015	3.647	0.030	0.197	3.427	-0.004	0.098
Utah	43	6	0.013	36.448	4.014	0.035	0.066	3.197	0.227	0.598
Virginia	45	11	-1.516	16.425	4.662	1.571	3.004	6.719	0.027	0.109
Washington	46	4	-0.375	38.990	7.470	0.298	0.909	9.520	-0.129	0.239
West Virginia	47	2	-2.339	2.206	0.209	-1.052	0.209	1.745	0.012	0.033
Wisconsin	48	1	-5.935	-3.769	-4.651	-5.590	-4.312	-3.989	0.029	0.000

STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade⁻¹]	deviazione standard [decade⁻¹]
Wyoming	49	4	-0.183	1.611	0.526	0.113	0.523	0.842	-0.009	0.013

Tabella 8. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic aggregati a livello di stato per le dighe ad uso acquedottistico. Le colonne riportano rispettivamente il nome e il codice identificativo dello stato, il numero di dighe ad utilizzo acquedottistico, i valori minimo, massimo e medio della τ -statistic, i percentili 25, 50 (mediana) e 75, la pendenza media della retta di regressione lineare e la deviazione standard.

La rappresentazione grafica del valore medio temporale della τ -statistic di tutte le dighe presenti in ciascuno stato è illustrata in **Figura 24**.



Figura 24. Rappresentazione degli stati considerati nello studio, classificati sulla base del valore della τ media, ossia il valore medio temporale della τ -statistic di tutte le dighe presenti in ogni stato con utilizzo acquedottistico.

Analizzando la distribuzione dei percentili (**Figura 25**), calcolati considerando tutti i valori della τ -statistic (ovvero quelli riferiti *nello spazio* a tutte le dighe acquedottistiche e *nel tempo* a tutte le decadi successive a ciascun t_0), per la gran parte degli stati si può notare come la variazione tra i percentili non sia molta e come la distribuzione sia abbastanza simmetrica: infatti i valori dei tre percentili si mantengono nell'intorno dello zero e le differenze tra 25 percentile e mediana e tra mediana e 75 percentile non sono molto accentuate.

Ci sono però degli stati come ad esempio Iowa, Maine, Oregon, Rhode Island e South Dakota che presentano dei valori del 25 percentile più bassi rispetto all'andamento generale. Rappresentando il 25 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 25% della distribuzione, in questi casi si osserva un valore negativo della τ -statistic, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per Rhode Island tale valore è -101.996 mentre per la California è 0.007).

Viceversa, ci sono stati come Alabama, Indiana, Louisiana, Missouri, North Carolina e Washington che presentano valori del 75 percentile più alti rispetto all'andamento generale e pertanto, rappresentando il 75 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 75% della distribuzione, si osserva un valore positivo della τ -statistic maggiore, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per Alabama tale valore è 16.306 mentre per l'Illinois è 1.210).

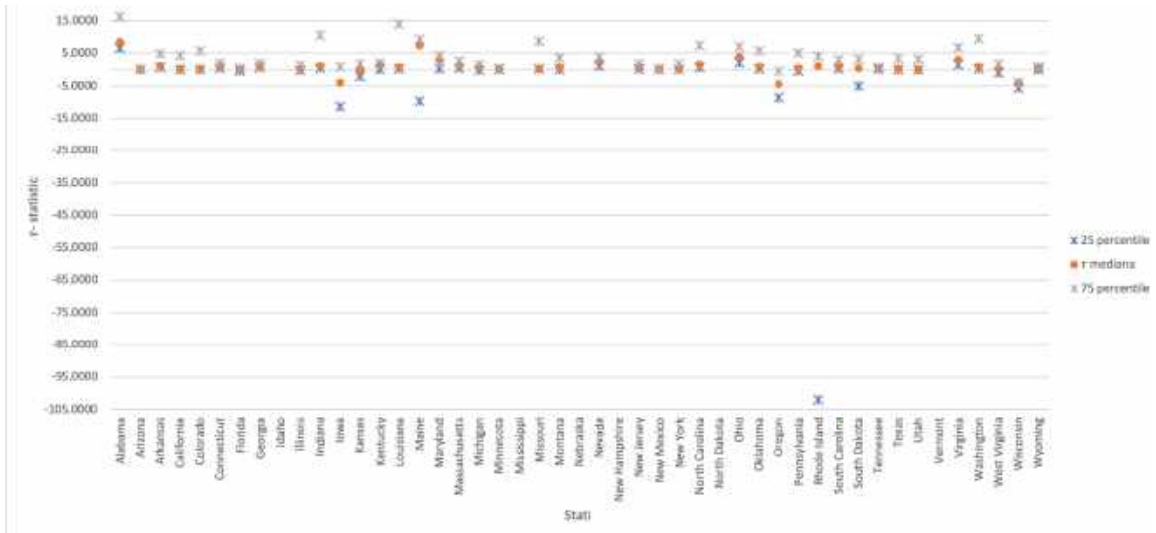


Figura 25. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75 per l'utilizzo acquedottistico.

In **Figura 26** è riportato un altro grafico, in cui oltre ai valori dei percentili sopra citati, si mostrano i valori massimo e minimo assoluti della τ -statistic riscontrati in ogni stato tra i valori di tutte le dighe presenti con uso acquedottistico.

Si può quindi notare come, negli stati sopracitati, ci siano effettivamente dei valori della τ -statistic estremi, sia in positivo, sia in negativo, con delle forti differenze rispetto allo zero. In particolare, Rhode Island e South Dakota sono gli stati per i quali saltano più all'occhio le differenze considerando anche la scala dell'asse delle ordinate y del grafico. Inoltre, sono proprio i due stati in cui sono stati riscontrati i valori negativi più bassi della τ -statistic e il South Dakota in particolare è lo stato che registra la massima differenza tra il valore massimo e minimo della τ -statistic. Rhode Island ha un valore della τ -statistic minimo di -203.871 e massimo di 5.807 mentre il South Dakota ha un valore della τ -statistic minimo di -1183.044 e massimo di 124.138. Per capire il perché di questi valori, sono stati analizzati nel dettaglio i grafici rappresentanti l'evoluzione nello spazio e nel tempo della τ -statistic per le dighe con utilizzo acquedottistico presenti nei due stati in questione. Tale analisi è riportata nel Capitolo 4.5.1.

Attraverso l'applicazione del modello di regressione lineare (equazione (5)), è stato studiato l'andamento temporale medio in ciascuno stato dei valori di τ -statistic per tutte le dighe ad utilizzo acquedottistico. Nella **Figura 27** è rappresentata la pendenza media della retta di regressione lineare (equazione (5)) applicata ai valori decennali di τ -statistic per tutte le dighe a destinazione acquedottistica in ciascuno stato. Nel grafico inoltre sono state inserite delle barre di errore con i valori di deviazione standard per capire di quanto sia la

dispersione dei valori osservati rispetto alla pendenza media. I valori di pendenza media della retta di regressione lineare a livello di stato sono riportati anche nella mappa di **Figura 28**, che permette di visualizzare i risultati associati alla collocazione geografica dei singoli stati.

Mediamente, si è riscontrato un comportamento di crescita di densità di popolazione in prossimità della diga per 21 dei 41 stati totali mentre nei restanti 20 il comportamento è stato di decrescita (**Figura 28**). Risulta subito molto evidente un picco positivo nello stato di Rhode Island. In tale territorio quindi la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media positivo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso acquedottistico. Viceversa, il picco negativo si riscontra nel Maine, stato in cui la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media negativo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso acquedottistico.

Escluso comunque il picco di Rhode Island, la pendenza media dei valori di τ -statistic varia nel range compreso tra 0.5 e -0.5 decade⁻¹.

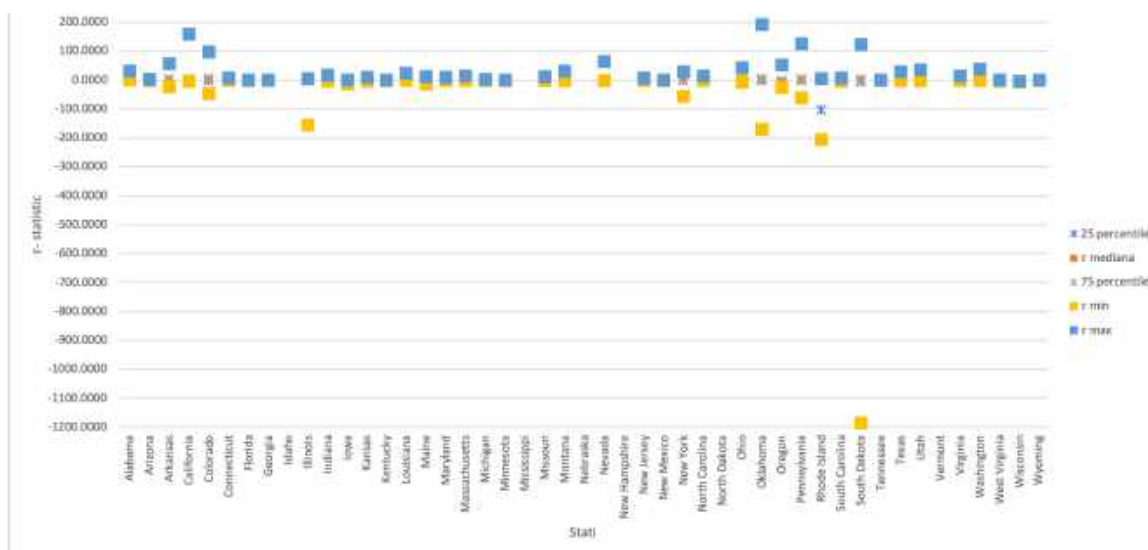


Figura 26. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75, con l'aggiunta dei valori massimo e minimo per l'utilizzo acquedottistico.

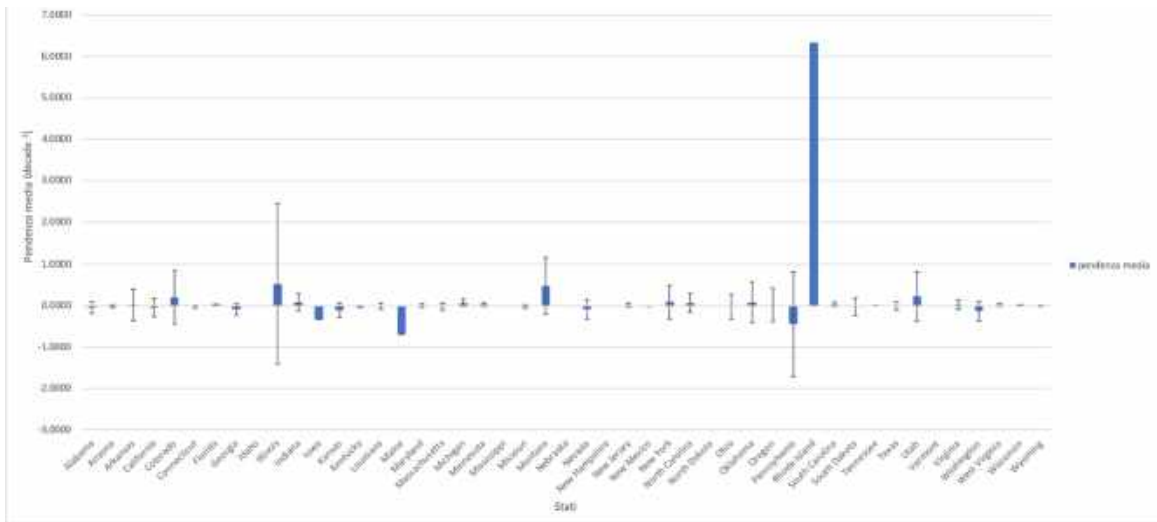


Figura 27. Distribuzione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso acquedottistico: le colonne in blu rappresentano i valori di pendenza media ottenuti per ciascuno stato mentre le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

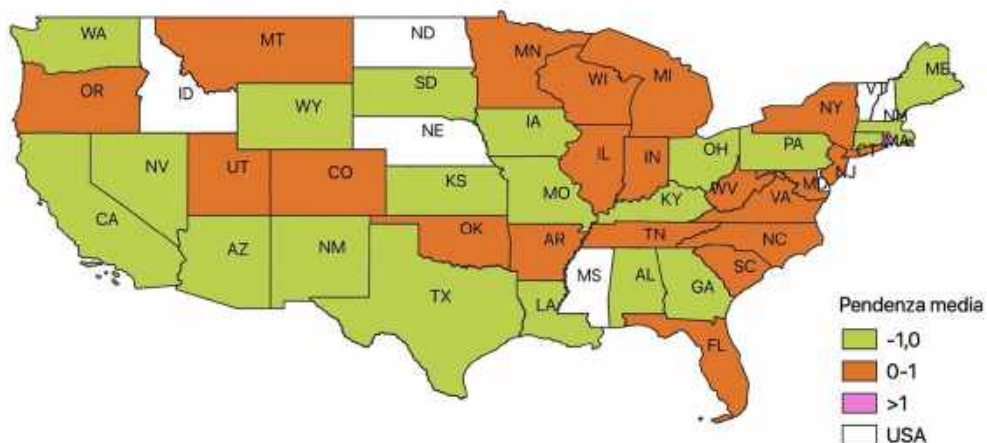


Figura 28. Rappresentazione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso acquedottistico.

4.5.1 Casi particolari

4.5.1.1 Rhode Island

Nello stato di Rhode Island è presente solo una diga di tipo acquedottistico con ID associato pari a 2194. Essa è stata costruita nel 1971, pertanto la τ -statistic è stata calcolata a partire dal 1980 e per tutte le decadi successive fino al 2010. Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 29**).

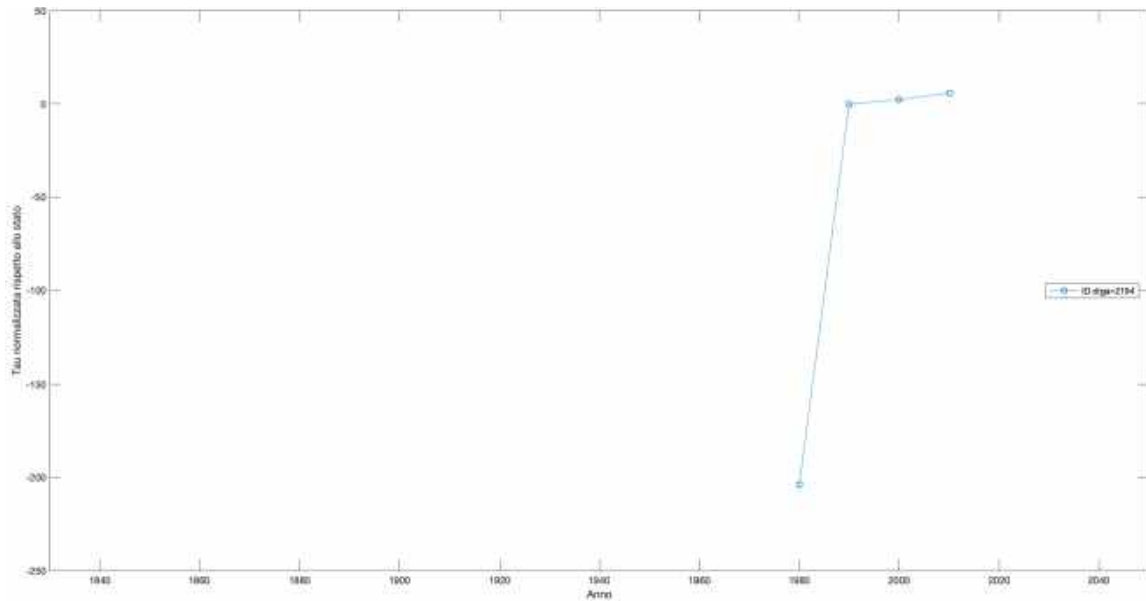


Figura 29. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato di Rhode Island per utilizzo acquedottistico: buffer spaziale 10 km.

Il valore iniziale della τ -statistic, dato dal rapporto tra la differenza dei valori di densità di popolazione nella decade immediatamente successiva alla costruzione della diga e i valori di densità di popolazione in t_0 , rispettivamente nel buffer e nello stato, è di circa -200.

Ciò indica una forte diminuzione di densità di popolazione nell'arco di una distanza massima di 10 km dalla diga nei primi dieci anni successivi alla sua costruzione. Questo valore aumenta poi nelle decadi successive e termina nel 2010 con un valore positivo, circa nell'intorno dello zero.

Confrontando il valore finale della τ -statistic con quello iniziale, si può notare come questo, al procedere degli anni, sia aumentato. È necessario però cercare di capire a cosa sia dovuto il primo valore negativo.

Come detto, la τ -statistic è definita come il rapporto tra due quantità. Il numeratore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito a t_0 nel buffer mentre il denominatore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito a t_0 nello stato.

Se la τ -statistic è positiva, vuol dire che il rapporto tra le quantità è positivo quindi numeratore e denominatore sono o entrambi positivi, e pertanto sia nel buffer che nello

stato si è registrato un aumento di popolazione, oppure entrambi negativi, e pertanto sia nel buffer che nello stato si è registrato una diminuzione di popolazione.

Se invece la τ -statistic è negativa, vuol dire che il rapporto tra le quantità è negativo quindi uno tra numeratore e denominatore è negativo e pertanto o nel buffer o nello stato si è verificata una diminuzione di popolazione.

Bisogna pertanto capire dove sia effettivamente diminuita la popolazione, se nello stato o nel buffer, per ottenere il valore negativo sopra identificato. Per fare ciò è stato quindi associato il grafico delle densità il quale mostra come sia variata la densità di popolazione nello stato e nel buffer in questione al trascorrere delle decadi (**Figura 30**).

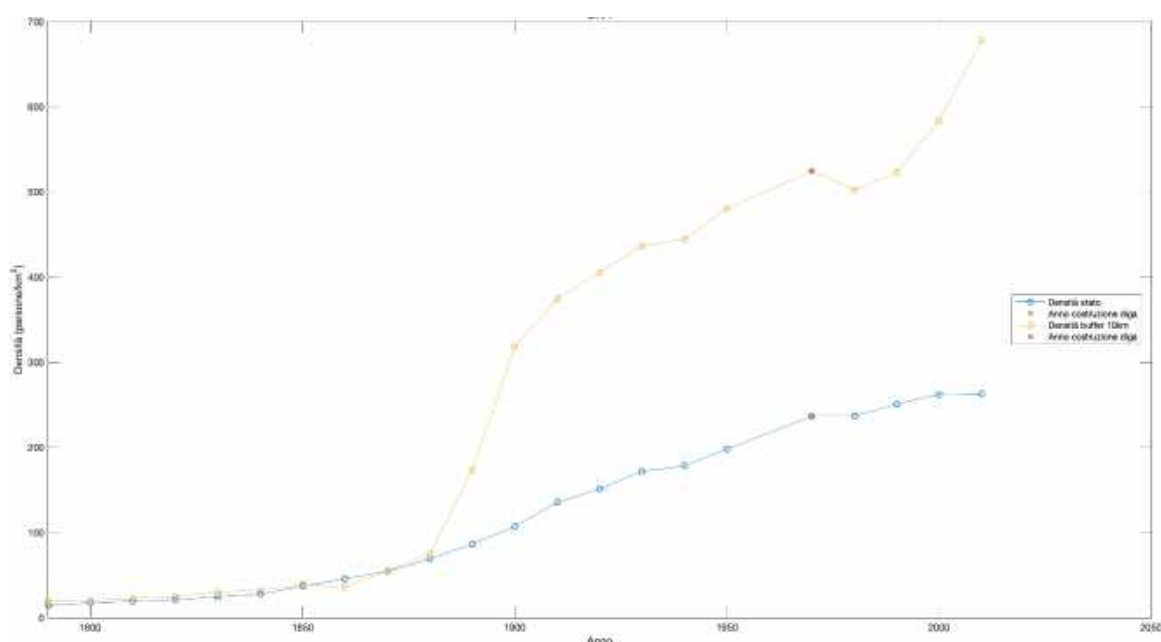


Figura 30. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 2194, situata nello stato di Rhode Island. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di Rhode Island.

Nella **Figura 30** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790 la crescita di densità di popolazione nel buffer sia andata di pari passo con la crescita di densità di popolazione nello stato. Dal 1880 in avanti invece le differenze si fanno più marcate infatti la densità di popolazione nel buffer cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera molto eccessiva.

La diga presa in esame è stata costruita nel 1971 pertanto ricade nella decade precedente secondo il metodo di arrotondamento seguito: il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1970.

Il primo valore della τ -statistic (nel 1980, 10 anni dopo la costruzione della diga) è negativo, a differenza di tutti gli altri che sono positivi.

Ciò è dovuto al fatto che la densità nel buffer nella decade successiva alla costruzione della diga rispetto a quella in t_0 diminuisce di -21.86 abitanti/km² mentre nello stato rimane circa costante (si ha infatti un leggero aumento della densità da 236.59 a 236.7 abitanti/km²).

Essendo quindi il numeratore negativo e il denominatore positivo, la τ -statistic risultante è negativa, con un valore di circa -200 proprio perché il denominatore è molto basso e ciò fa “esplodere” il rapporto risultante.

Nelle decadi successive invece si registra sempre un aumento, sia della densità nel buffer sia della densità nello stato, con una crescita però maggiore di densità abitativa e quindi di popolazione nel buffer.

Andando invece ad analizzare il grafico di evoluzione nello spazio, si può confrontare la variazione di densità di popolazione nella prima decade successiva alla costruzione della diga, a partire da 10 km dalla sua posizione fino ad una distanza massima di 100 km (**Figura 31**) con la situazione riferita al 2010 per capire anche come sia distribuita la popolazione al termine delle decadi analizzate (**Figura 32**).

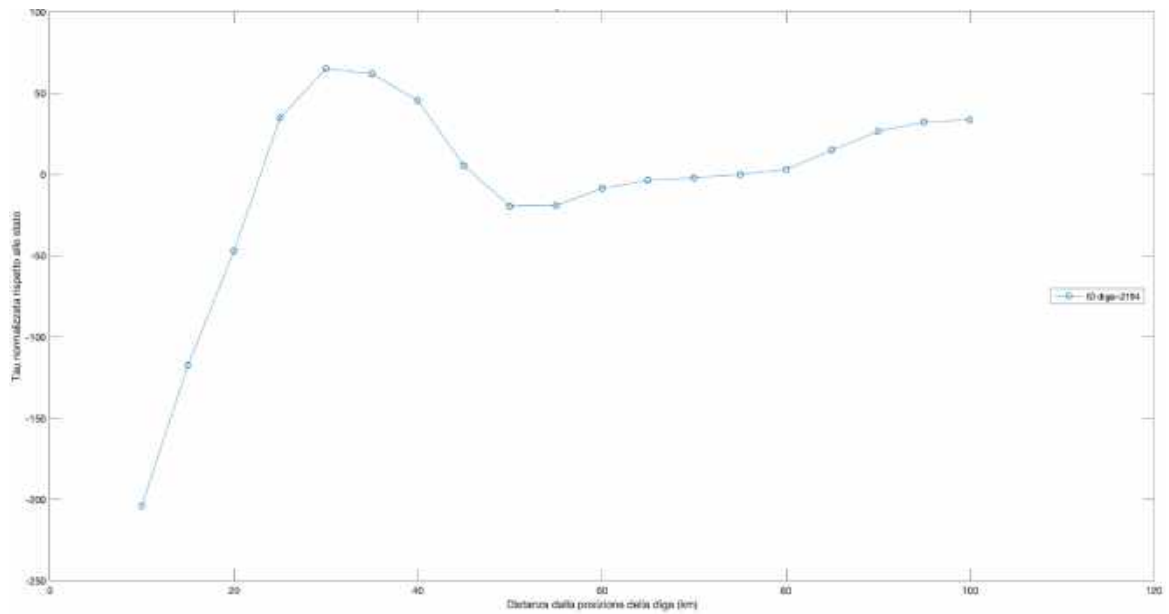


Figura 31. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita alla prima decade successiva alla costruzione della diga (1980) nello stato di Rhode Island per utilizzo acquedottistico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 31** si nota come il valore iniziale della τ -statistic di circa -200, lo stesso che era già stato analizzato nella **Figura 29** essendo riferito alla decade successiva a t_0 e al buffer di 10 km, è il minimo che si riscontra nel grafico: ciò indica che la densità di popolazione nell'immediato intorno della diga sia diminuita. Il valore poi aumenta al procedere della distanza, eccetto in alcuni casi in cui si hanno dei valori della τ -statistic in diminuzione. In particolare, il valore massimo si riscontra ad una distanza di 30 km da essa.

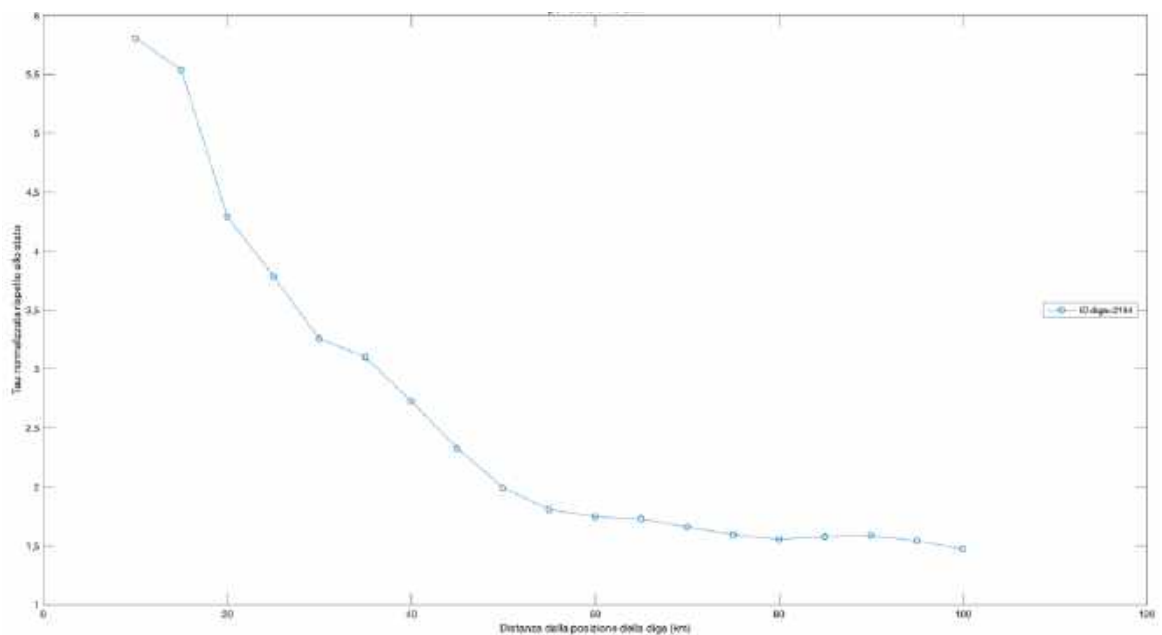


Figura 32. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita al 2010 nello stato di Rhode Island per utilizzo acquedottistico: finestra temporale di 10 anni.

Dalla **Figura 32** si evince invece come nel 2010 il valore della τ -statistic sia massimo nell'immediato intorno della diga, mentre diminuisca al procedere della distanza da essa.

Si può quindi affermare come nello stato di Rhode Island, tranne nella prima decade, il fatto di aver costruito una diga con utilizzo acquedottistico abbia portato un incremento di popolazione nel tempo e nello spazio nell'immediato intorno della diga. Nel 2010 infatti il valore della τ -statistic è 5.807 (a differenza di -203.871 nel 1980, dieci anni dopo la costruzione della diga), la densità nel buffer è 678.05 abitanti/km² (a differenza di 524.46 abitanti/km² nel 1970) mentre la densità nello stato è 263.04 abitanti/km² (a differenza di 236.59 abitanti/km² nel 1970).

Tale comportamento può essere confermato riprendendo i valori ottenuti applicando il modello lineare (equazione (5)) al grafico di evoluzione nel tempo per il buffer di 10 km. La pendenza della retta interpolante è un valore positivo (6.315 decade⁻¹, con un valore di R² pari a 0.62 e p-value pari a 0.21). Questo sta proprio ad indicare come il comportamento nello stato Rhode Island associato all'unica diga di uso acquedottistico presente sia di crescita, così come era già stato visto precedentemente nella **Figura 27**.

Pertanto, la diga nel corso dei decenni è diventata un attrattore di popolazione, evidenziando come l'utilizzo acquedottistico abbia comportato una maggiore concentrazione di persone nell'area entro i primi 10 km dalla posizione della diga.

4.5.1.2 South Dakota

Lo stato del South Dakota ha un valore della τ -statistic minimo di -1183.044 e massimo di 124.138, valori particolari rispetto al comportamento generale; è anche lo stato che registra la massima differenza tra il valore massimo e minimo della τ -statistic (**Figura 26**).

Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 33**).

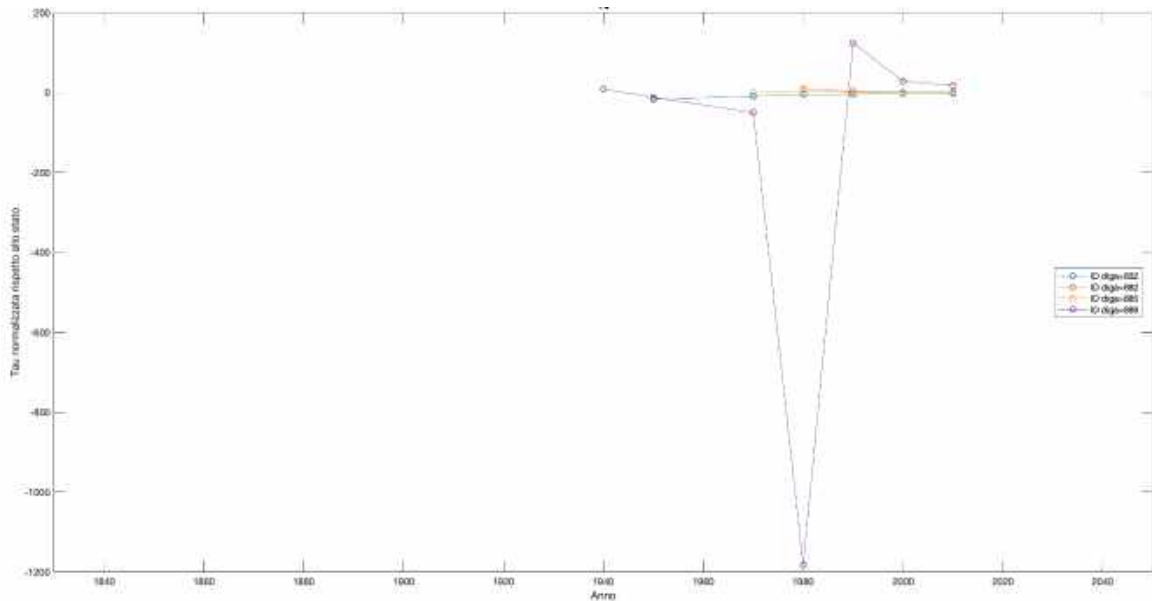


Figura 33. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato di South Dakota per utilizzo acquedottistico: buffer spaziale 10 km.

In questo caso sono presenti quattro dighe, con valore della τ -statistic positivo per la maggior parte di esse e circa compreso nell'intorno dello zero. I valori di ciascuna diga successivi a quello iniziale (ovvero t_0+10 anni) al passare degli anni tendono a diminuire, rivelando una leggera diminuzione di densità abitativa nell'intorno delle dighe rispetto alla situazione a livello di stato.

La diga che fa riscontrare il valore della τ -statistic minimo di -1183.044 e massimo di 124.138 è la ID=889, indicata in viola, la quale presenta appunto un comportamento singolare rispetto alle altre.

Infatti, il primo valore della τ -statistic risulta positivo, i successivi tre negativi e dal 1980 in avanti essi aumentano fino a terminare circa nel range delle altre dighe.

Per capire quindi il perché di questi valori è stato rappresentato e analizzato il grafico della densità di popolazione associata a tale diga (**Figura 34**).

Nel grafico in questione si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia andata di pari passo con la crescita di densità di popolazione nello stato. Dal 1880 in avanti invece le differenze si fanno più marcate infatti la densità di popolazione nel buffer cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera molto eccessiva.

La diga ID=889 è stata costruita nel 1928 pertanto ricade nella decade successiva, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1930.

La diga, da quanto visto nel grafico di evoluzione nel tempo (**Figura 33**), presenta il primo valore della τ -statistic positivo, i successivi tre negativi e in particolare quello riferito al 1980 rappresenta il minimo assoluto registrato in tutto lo stato.

Il primo valore risulta positivo poiché nella prima decade dopo la costruzione della diga è diminuita la densità di popolazione sia nel buffer sia nello stato (rispettivamente di 1.96 e 0.24 abitanti/km²), come si può notare dal grafico sottostante, mentre nelle due decadi successive i valori della τ -statistic sono negativi poiché è diminuita (seppur minimamente) solo la densità nello stato (rispettivamente di 0.21 e 0.12 abitanti/km² rispetto al t_0).

Il punto di minimo assoluto invece dipende proprio dalla diminuzione di densità di popolazione nello stato (pari a 3.37 abitanti/km² nel 1980 e 3.38 abitanti/km² nel 1930) mentre nel buffer la densità di popolazione è aumentata di 7.77 abitanti/km²: al denominatore si ha un valore molto basso che quindi fa “esplodere” il rapporto risultante. Tutti i valori successivi della τ -statistic invece risultano positivi quindi non si sono verificate altre diminuzioni di densità di popolazione nello stato o nel buffer rispetto al valore riferito a t_0 .

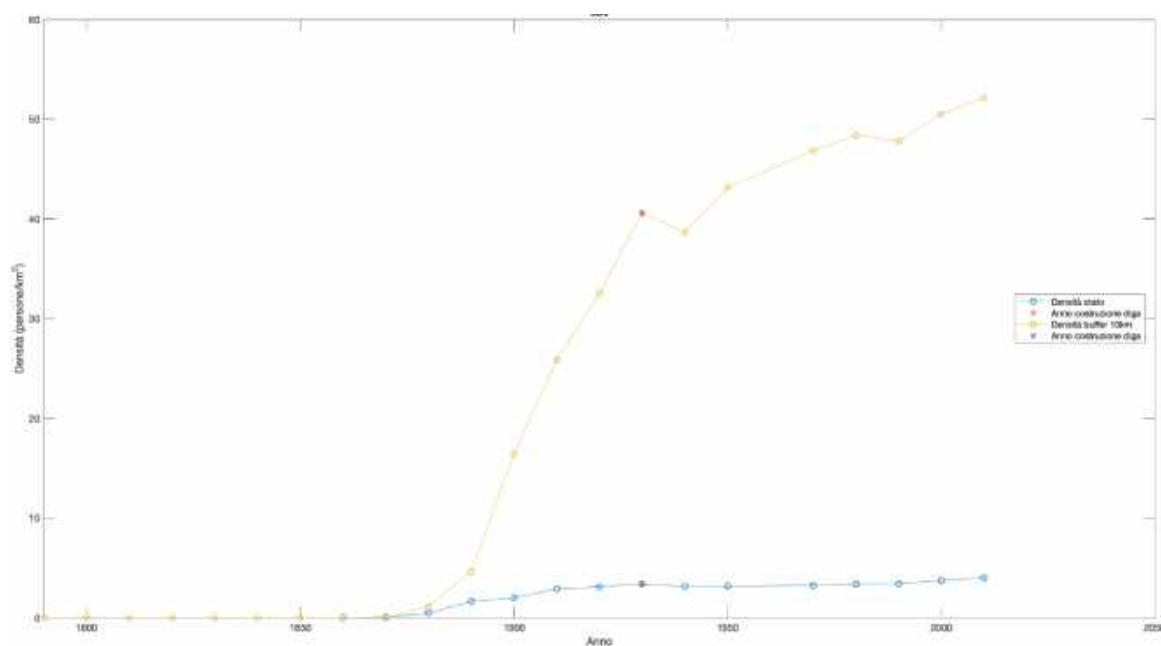


Figura 34. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 889, situata nello stato di South Dakota. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di South Dakota.

Tale comportamento può essere confermato riprendendo i valori ottenuti applicando il modello lineare (equazione (5)) al grafico di evoluzione nel tempo per il buffer di 10 km. La pendenza media della retta interpolante è un valore negativo (-0.019 decade⁻¹). Questo

sta proprio ad indicare come il comportamento nello stato del South Dakota associato alle dighe di uso acquedottistico presenti sia di decrescita, così come era già stato visto precedentemente nella **Figura 27**.

In **Tabella 9** sono riportate le caratteristiche principali dei valori di τ -*statistic* relativamente agli invasi ad uso acquedottistico nello stato del South Dakota.

GRAND ID	STATE ID	τ min	τ max	τ media	Pendenza (decade ⁻¹)	R ²	p-value
832	40	-16.752	-1.965	-6.690	0.248	0.914	0.003
882	40	0.588	8.804	3.324	-0.270	0.828	0.090
885	40	0.095	1.817	0.731	-0.009	0.0431	0.737
889	40	-1183.044	124.128	-152.434	-0.045	0.000	0.996

*Tabella 9. Caratteristiche principali dei valori di τ -*statistic* per le dighe ad utilizzo acquedottistico nello stato del South Dakota.*

4.5.1.3 Maine

Un caso in cui il modello lineare è risultato essere molto performante con valore di R² quasi pari ad 1 è nello stato del Maine. È presente solo una diga, di uso acquedottistico, a cui è stato associato l'ID pari a 2120. Essa è stata costruita nel 1946, pertanto la τ -*statistic* è stata calcolata a partire dal 1970 e per tutte le decadi successive fino al 2010. Il comportamento in questo stato è di decrescita come si può vedere dal grafico di evoluzione nel tempo (**Figura 35**).

I valori della τ -*statistic* sono facilmente interpolabili da una retta e proprio per questo il modello lineare in questo caso è risultato essere particolarmente performante.

Come si può notare a partire dal primo valore della τ -*statistic* tutti gli altri diminuiscono al procedere delle decadi, con i primi tre valori positivi mentre gli ultimi due sono negativi. Dal 1990 in avanti infatti le diminuzioni si fanno più importanti fino a terminare con un valore della τ -*statistic* circa pari a -15.

Per capire a cosa sia dovuto questo comportamento si può analizzare il grafico di densità (**Figura 36**).

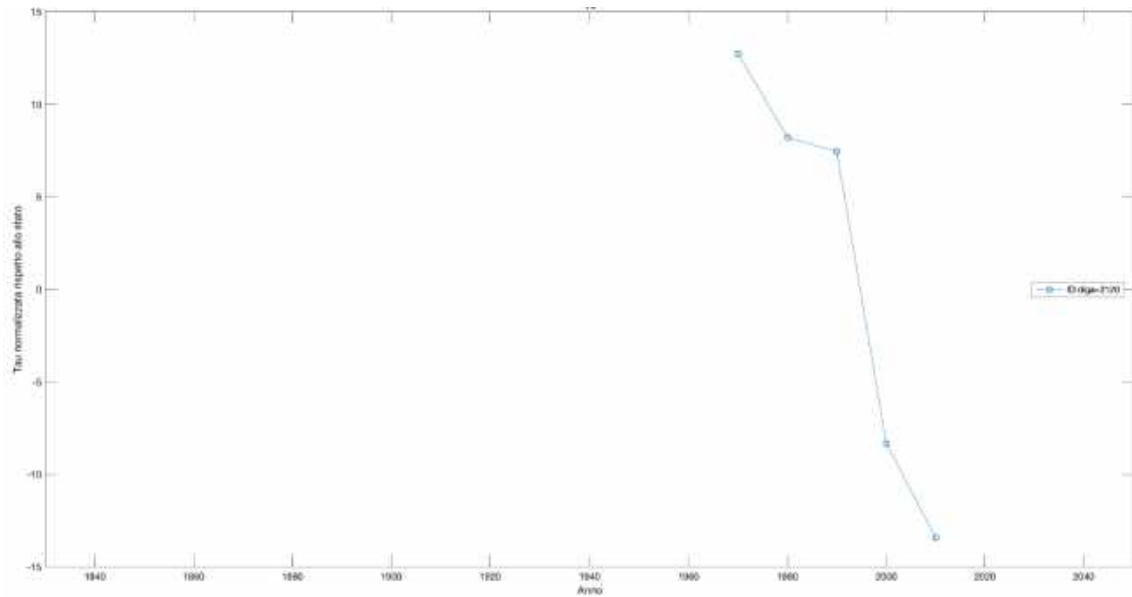


Figura 35. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato del Maine per utilizzo acquedottistico: buffer spaziale 10 km.

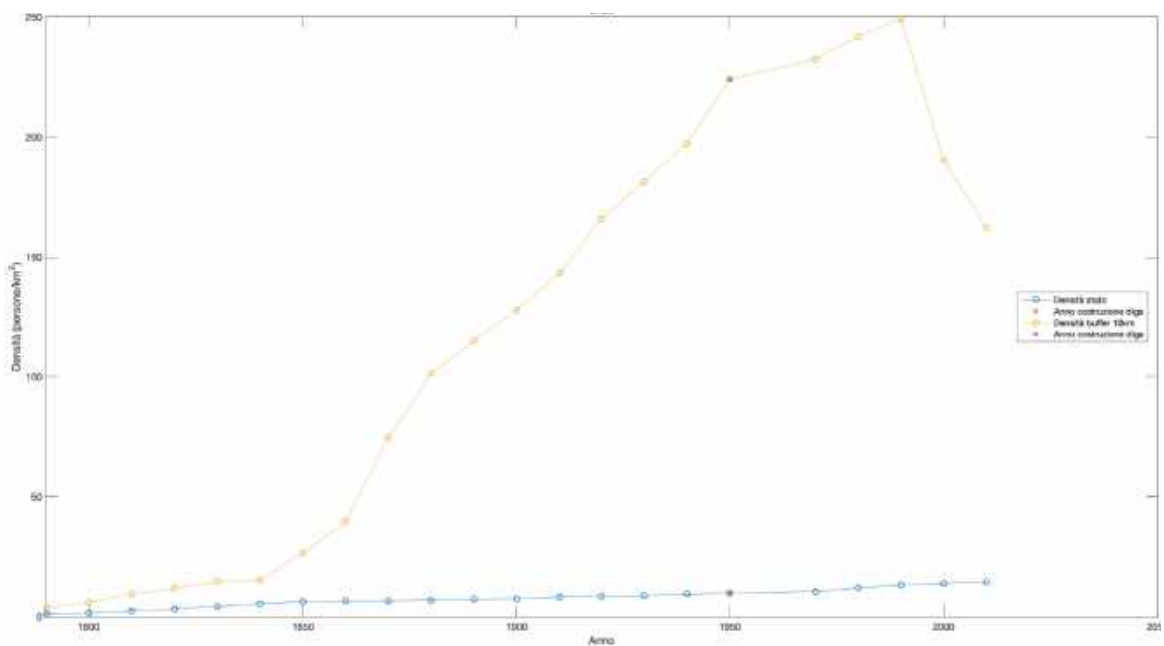


Figura 36. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 2120, situata nello stato del Maine. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato del Maine.

Nella **Figura 36** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia andata circa di pari passo con la crescita di densità di popolazione nello stato. Dal 1850 in avanti invece le differenze si fanno più marcate infatti la densità di popolazione nel buffer cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera molto eccessiva.

La diga in questione è stata costruita nel 1946 pertanto ricade nella decade successiva, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una “X”, è nel 1950.

Si può notare come nelle prime tre decadi successive alla costruzione della diga la densità di popolazione aumenta sia nel buffer che nello stato, con i valori al denominatore che sono via via crescenti e pertanto fanno diminuire il rapporto risultante (mantenendolo però sempre positivo poiché la densità di popolazione rispetto al t_0 è aumentata).

Nelle ultime due decadi invece i valori della τ -statistic sono negativi poiché diminuisce la densità di popolazione nel buffer (rispettivamente di 33.52 abitanti/km² e 61.79 abitanti/km²) rispetto al t_0 , mentre nello stato aumenta. Essendo il numeratore negativo, il rapporto risultante sarà anche esso negativo.

Si può quindi affermare come nello stato del Maine il fatto di aver costruito una diga con utilizzo acquedottistico abbia portato ad un decremento di popolazione nel tempo in prossimità della diga, così come è ben descritto dal modello lineare (pendenza della retta di regressione lineare pari a $-0.689 \text{ decade}^{-1}$, $R^2=0.902$, $p\text{-value}<0.005$).

Avendo una sola diga, per semplicità, si può anche studiare come sia variata la τ -statistic nello spazio (**Figura 37**), per confrontare la variazione di densità di popolazione nella prima decade successiva alla costruzione della diga, a partire da 10 km dalla sua posizione fino ad una distanza massima di 100 km, con la situazione riferita al 2010 per capire anche come sia distribuita la popolazione al termine delle decadi analizzate (**Figura 38**).

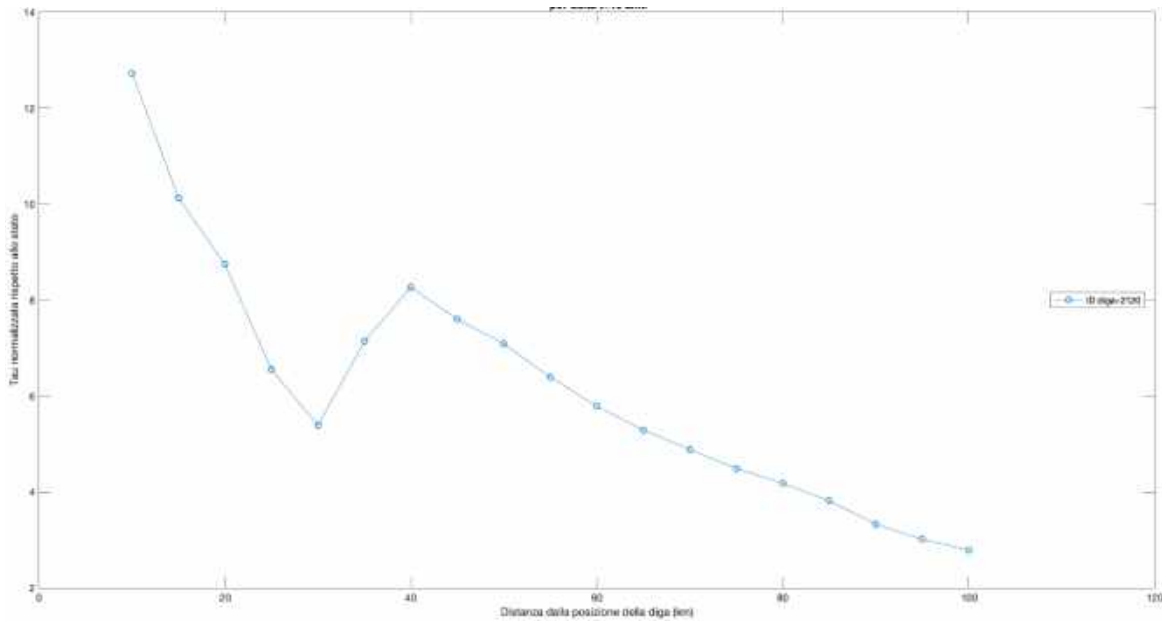


Figura 37. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita alla prima decade successiva alla costruzione della diga (1970) nello stato del Maine per utilizzo acquedottistico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 37** tutti i valori della τ -statistic risultano positivi anche al variare della distanza e pertanto nella prima decade successiva alla costruzione della diga si è sempre verificata una crescita di densità di popolazione (poiché il denominatore è sempre positivo da quanto visto sopra, anche il numeratore sarà sempre positivo) rispetto al t_0 indipendentemente dalla posizione.

Il valore però maggiore si riscontra nella prima posizione e pertanto la crescita maggiore si è verificata proprio nell'immediato intorno della diga mentre al procedere della distanza i valori della τ -statistic sono diminuiti.

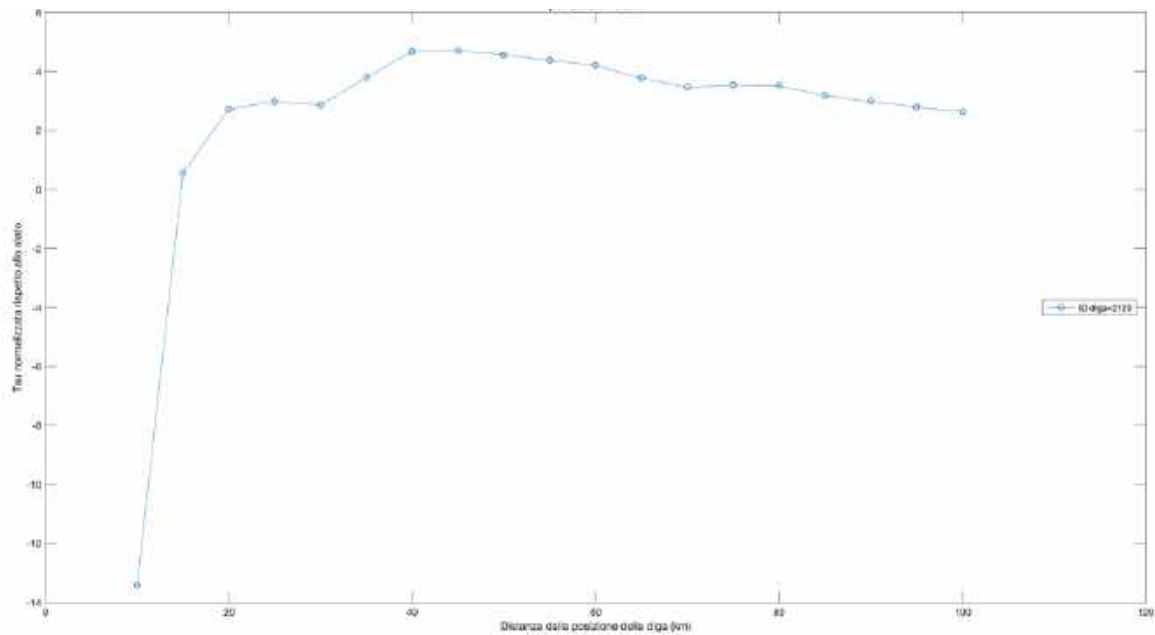


Figura 38. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita al 2010 nello stato del Maine per utilizzo acquadottistico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 38** invece si evince come nel 2010 la τ -statistic sia minima e negativa proprio nell'immediato intorno della diga mentre aumenti al procedere della distanza da essa: ciò indica che alla fine delle decadi analizzate la densità di popolazione in prossimità della diga sia diminuita.

Nel 2010 infatti il valore della τ -statistic è -13.429 (a differenza di 12.736 nel 1970, dieci anni dopo la costruzione della diga), la densità nel buffer è 162.24 abitanti/km² (a differenza di 224.03 abitanti/km² nel 1950) mentre la densità nello stato è 14.5 abitanti/km² (a differenza di 9.9 abitanti/km² nel 1950).

Pertanto, la diga nel corso dei decenni non è diventata un attrattore di popolazione, essendo diminuita la densità di popolazione nel buffer entro i primi 10 km dalla diga nel corso del tempo.

4.6 Analisi dei risultati per l'utilizzo idroelettrico

L'utilizzo idroelettrico è risultato essere il meno diffuso (tra i tre utilizzi presi in considerazione) su tutto il territorio americano: le dighe di tale tipologia sono 331 su 1859 (**Figura 8 e 39**), presenti in 36 stati rispetto ai 49 considerati (**Figura 40**). Gli stati che ne presentano un numero maggiore sono Maine (49 in totale) e Michigan (28 in totale).

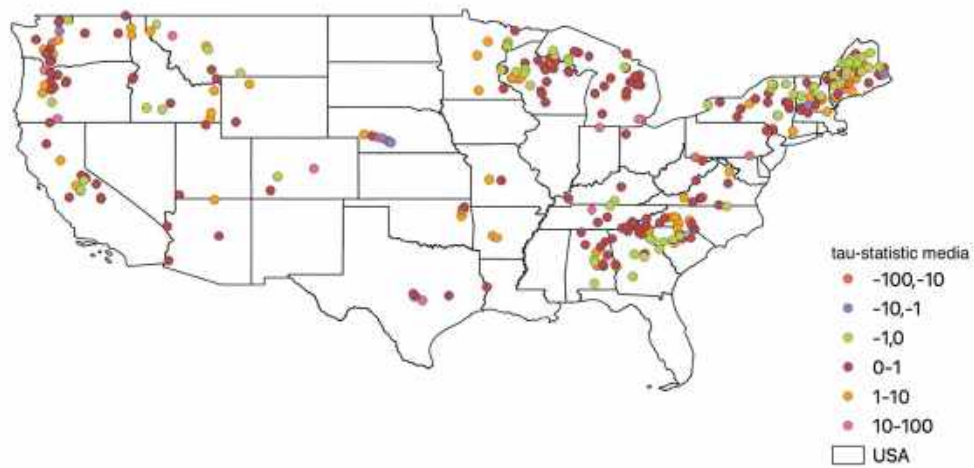


Figura 41. Rappresentazione delle dighe ad uso idroelettrico, classificate sulla base del valore medio di τ -statistic.

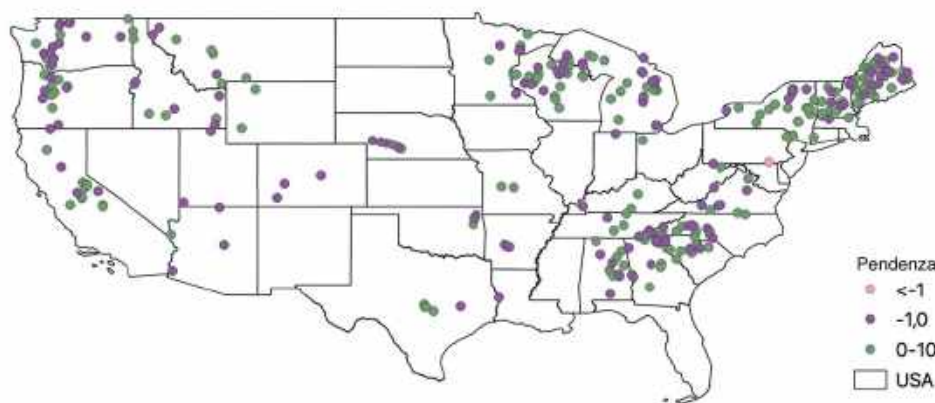


Figura 42. Rappresentazione delle dighe ad uso idroelettrico, classificate sulla base del valore della pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)).

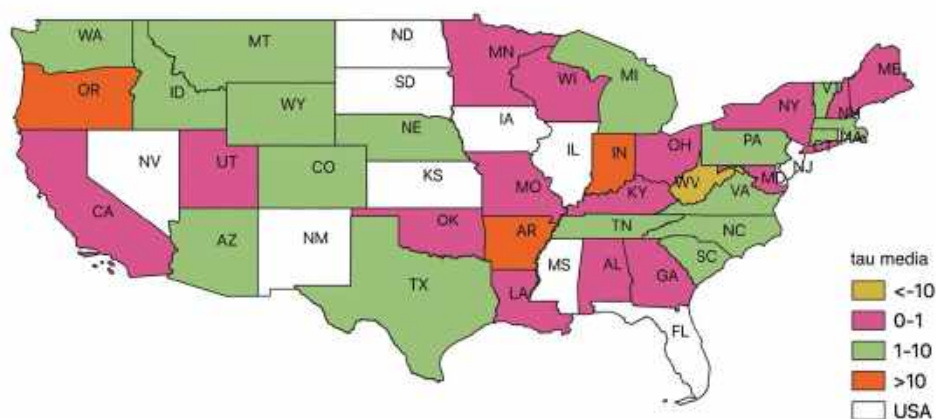
STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade ⁻¹]	deviazione standard [decade ⁻¹]
Alabama	1	13	-2.014	4.083	0.436	-0.137	0.281	0.734	0.018	0.034
Arizona	2	3	0.000	4.994	1.270	0.021	0.066	2.102	-0.018	0.098
Arkansas	3	3	1.275	101.270	16.784	3.005	5.907	15.336	-0.235	0.270
California	4	15	-1.375	6.387	0.293	0.000	0.022	0.141	-0.018	0.068
Colorado	5	3	0.000	27.511	4.426	0.194	0.400	0.627	-0.202	0.347
Connecticut	6	1	-0.507	3.090	1.131	-0.143	0.779	2.624	0.054	0.000
Georgia	10	15	-3.235	15.841	0.712	-0.026	0.345	0.873	-0.016	0.055
Idaho	11	9	-1.617	27.312	2.175	0.157	0.619	2.694	0.035	0.094
Indiana	13	1	8.957	27.757	15.730	9.568	13.949	20.127	-0.189	0.000
Kentucky	16	3	-1.604	1.217	0.321	-0.077	0.447	0.853	0.018	0.022
Louisiana	17	1	-0.071	0.259	0.135	0.027	0.175	0.242	-0.006	0.000
Maine	18	49	-71.837	41.593	0.778	-0.075	0.037	0.319	0.069	0.591
Maryland	19	1	-0.057	0.071	0.024	0.008	0.039	0.050	0.000	0.000
Massachusetts	20	2	0.375	3.629	2.530	2.443	2.710	3.055	-0.027	0.039
Michigan	21	28	-0.675	42.349	1.890	0.033	0.147	0.641	-0.006	0.058
Minnesota	22	9	-0.877	10.158	0.790	-0.049	0.182	1.658	0.000	0.041
Missouri	24	2	-1.022	1.940	0.370	-0.340	0.362	1.341	0.021	0.021
Montana	25	8	-1.627	17.302	1.771	-0.013	0.444	1.743	0.041	0.115
Nebraska	26	7	-44.885	67.401	2.118	-1.270	-0.088	2.987	-0.063	0.558

STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade ⁻¹]	deviazione standard [decade ⁻¹]
New Hampshire	28	11	-5.550	7.196	0.461	0.029	0.460	1.041	-0.005	0.044
New York	31	23	-9.551	14.297	0.276	0.000	0.030	0.365	-0.021	0.126
North Carolina	32	19	-0.721	11.834	1.084	0.128	0.449	1.119	0.008	0.063
Ohio	34	1	-0.661	0.578	0.232	0.026	0.518	0.555	0.013	0.000
Oklahoma	35	6	-3.467	6.202	0.957	0.591	1.105	1.403	0.005	0.042
Oregon	36	13	-2.120	84.481	10.655	0.358	0.922	8.702	0.034	0.282
Pennsylvania	37	2	0.002	28.727	5.240	0.254	0.542	1.525	-0.522	0.747
South Carolina	39	12	-1.282	9.009	1.262	-0.197	0.252	1.035	0.015	0.046
Tennessee	41	6	-0.795	37.666	3.661	-0.025	0.208	0.590	-0.076	0.216
Texas	42	5	-0.776	42.211	9.790	0.163	0.852	10.092	0.020	0.023
Utah	43	2	-0.506	2.399	0.313	-0.138	0.029	0.513	-0.014	0.012
Vermont	44	5	-2.642	75.501	1.955	0.035	0.171	0.304	-0.132	0.316
Virginia	45	8	-0.094	9.392	1.086	0.094	0.657	1.300	0.023	0.110
Washington	46	18	-2.635	16.174	1.578	0.017	0.352	1.100	-0.013	0.039
West Virginia	47	1	-71.107	1.914	-15.136	-15.582	-7.976	0.361	-0.102	0.000
Wisconsin	48	24	-0.765	15.706	0.999	0.021	0.205	0.680	0.001	0.015
Wyoming	49	2	0.013	8.340	2.607	0.391	1.418	4.822	0.045	0.044

Tabella 10. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic aggregati a livello di stato per le dighe ad uso idroelettrico. Le colonne riportano rispettivamente il nome e il codice identificativo dello stato, il numero di dighe ad utilizzo idroelettrico, i valori minimo, massimo e medio della τ -statistic, i percentili 25, 50 (mediana) e 75, la pendenza media della retta di regressione lineare e la deviazione standard.

In **Tabella 10** sono riportate le caratteristiche principali dei valori di τ -*statistic* aggregati a livello di stato per le dighe ad uso idroelettrico.

La rappresentazione grafica del valore medio temporale della τ -*statistic* di tutte le dighe presenti in ciascuno stato è illustrata in **Figura 43**.



*Figura 43. Rappresentazione degli stati considerati nello studio, classificati sulla base del valore della τ media, ossia il valore medio temporale della τ -*statistic* di tutte le dighe presenti in ogni stato con utilizzo idroelettrico.*

Analizzando la distribuzione dei percentili (**Figura 44**), calcolati considerando tutti i valori della τ -*statistic* (ovvero quelli riferiti nello spazio a tutte le dighe idroelettriche e nel tempo a tutte le decadi successive a ciascun t_0) per la gran parte degli stati si può notare come la variazione tra i percentili non sia molta e come la distribuzione sia abbastanza simmetrica: infatti i valori dei tre percentili si mantengono nell'intorno dello zero e le differenze tra 25 percentile e mediana e tra mediana e 75 percentile non sono molto accentuate.

Ci sono però degli stati come ad esempio Nebraska e West Virginia che presentano dei valori del 25 percentile più bassi rispetto all'andamento generale. Rappresentando il 25 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 25% della distribuzione, in questi casi si osserva un valore negativo della τ -*statistic*, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per West Virginia tale valore è -15.582 mentre per il Colorado è 0.194).

Viceversa, ci sono stati come Arkansas, Indiana, Oregon, Texas, Wyoming che presentano valori del 75 percentile più alti rispetto all'andamento generale e pertanto, rappresentando il 75 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 75% della distribuzione, si osserva un valore positivo della τ -*statistic* maggiore, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per Oregon tale valore è 8.702 mentre per la Georgia è 0.873).

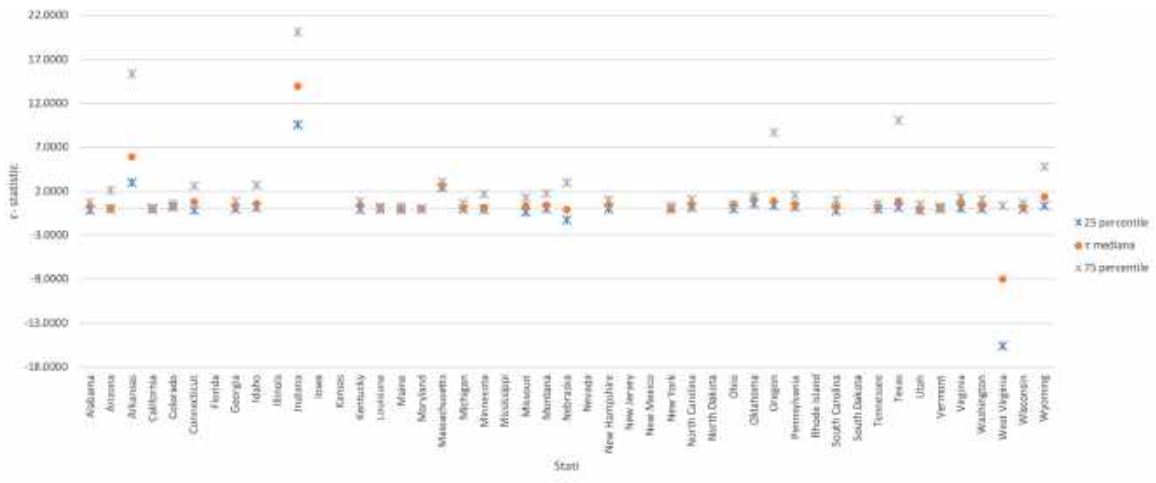


Figura 44. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75 per l'utilizzo idroelettrico.

In **Figura 45** è riportato un altro grafico, in cui oltre ai valori dei percentili sopra citati, si mostrano i valori massimo e minimo assoluti della τ -statistic riscontrati in ogni stato tra i valori di tutte le dighe presenti con uso idroelettrico.

Si può quindi notare come, negli stati sopracitati, ci siano effettivamente dei valori della τ -statistic estremi, sia in positivo, sia in negativo, con delle forti differenze rispetto allo zero. In particolare, West Virginia e Arkansas sono gli stati per i quali saltano più all'occhio le differenze considerando anche la scala dell'asse delle ordinate y del grafico e che hanno degli andamenti nei grafici di evoluzione nel tempo più particolari rispetto agli altri. Inoltre, il West Virginia è uno degli stati per il quale è stato riscontrato il valore negativo più basso della τ -statistic (l'altro è il Maine) mentre Arkansas è lo stato per cui si ha il valore positivo più alto. West Virginia ha un valore della τ -statistic minimo di -71.107 e massimo di 1.914 mentre l'Arkansas ha un valore della τ -statistic minimo di 1.275 e massimo di 101.270. Per capire il perché di questi valori, sono stati analizzati nel dettaglio i grafici rappresentanti l'evoluzione nello spazio e nel tempo della τ -statistic per le dighe con utilizzo idroelettrico presenti nei due stati in questione. Tale analisi è riportata nel Capitolo 4.6.1.

Attraverso l'applicazione del modello di regressione lineare (equazione (5)), è stato studiato l'andamento temporale medio in ciascuno stato dei valori di τ -statistic per tutte le dighe ad utilizzo idroelettrico. Nella **Figura 46** è rappresentata la pendenza media della retta di regressione lineare (equazione (5)) applicata ai valori decennali di τ -statistic per tutte le dighe a destinazione idroelettrica in ciascuno stato. Nel grafico inoltre sono state

inserirle delle barre di errore con i valori di deviazione standard per capire di quanto sia la dispersione dei valori osservati rispetto alla pendenza media. I valori medi di pendenza della retta di regressione lineare a livello di stato sono riportati anche nella mappa di **Figura 47**, che permette di visualizzare i risultati associati alla collocazione geografica dei singoli stati.

Mediamente, si è riscontrato un comportamento di crescita di densità di popolazione in prossimità della diga per 18 dei 36 stati totali mentre nei restanti 18 il comportamento è stato di decrescita (**Figura 47**). Risulta subito molto evidente quel picco negativo nello stato della Pennsylvania che era già stato descritto nel confronto tra gli stati. In tale territorio quindi la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media negativo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso idroelettrico. Viceversa, il picco positivo si riscontra nel Maine, stato in cui la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media positivo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso idroelettrico.

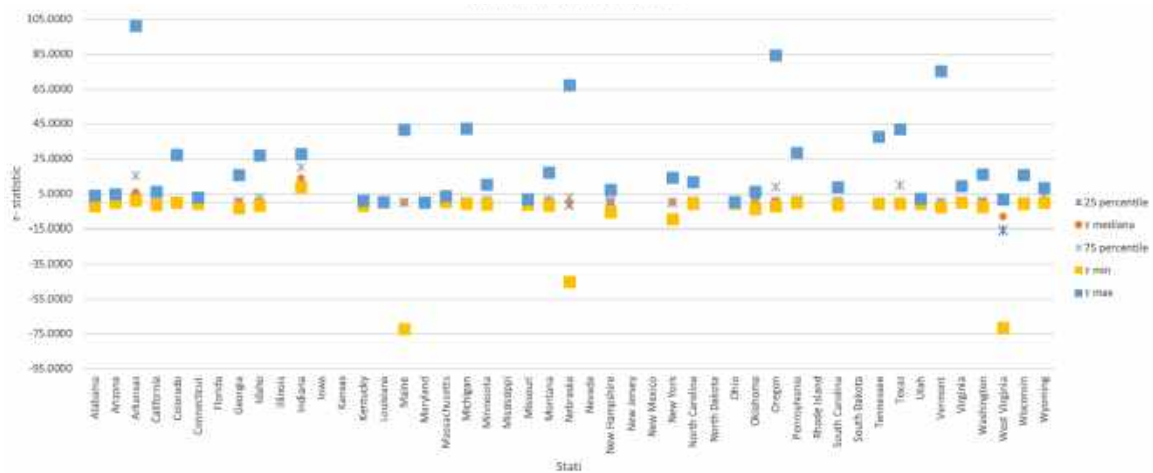


Figura 45. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75, con l'aggiunta del valore massimo e minimo per l'utilizzo idroelettrico.

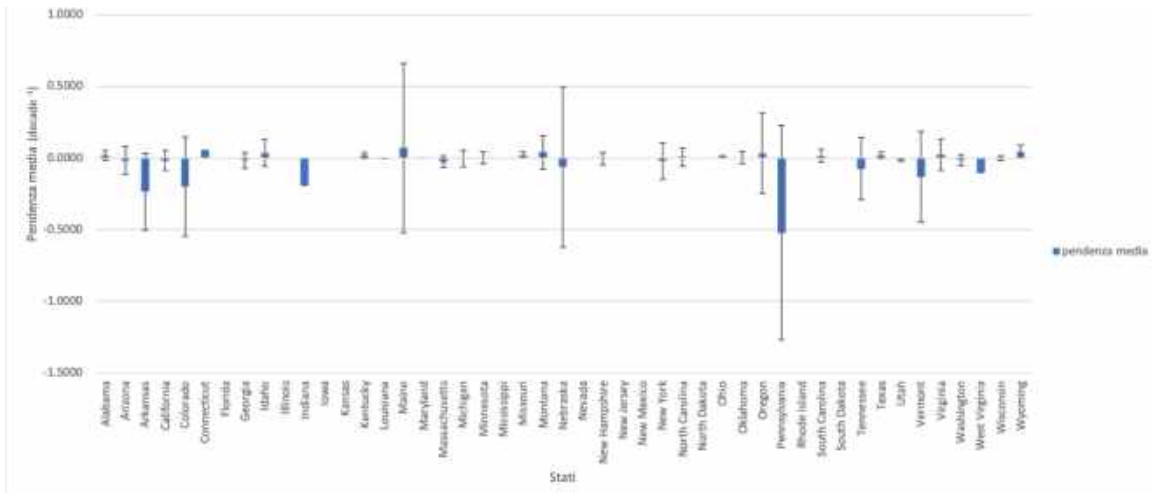


Figura 46. Distribuzione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso idroelettrico: le colonne in blu rappresentano i valori di pendenza media ottenuti per ciascuno stato mentre le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

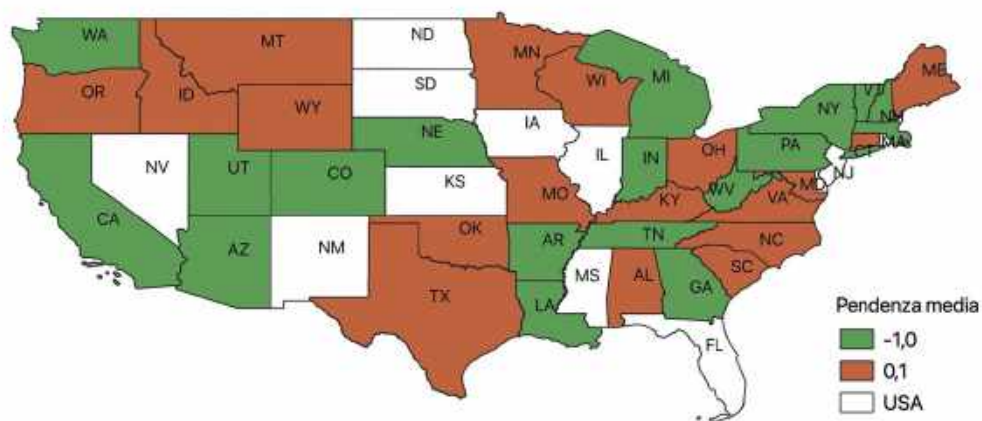


Figura 47. Rappresentazione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso idroelettrico.

4.6.1 Casi particolari

4.6.1.1 West Virginia

Nello stato di West Virginia è presente solo una diga di tipo idroelettrico con ID associato pari a 1646. Essa è stata costruita nel 1926, pertanto la τ -statistic è stata calcolata a partire dal 1940 e per tutte le decadi successive fino al 2010. Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 48**).

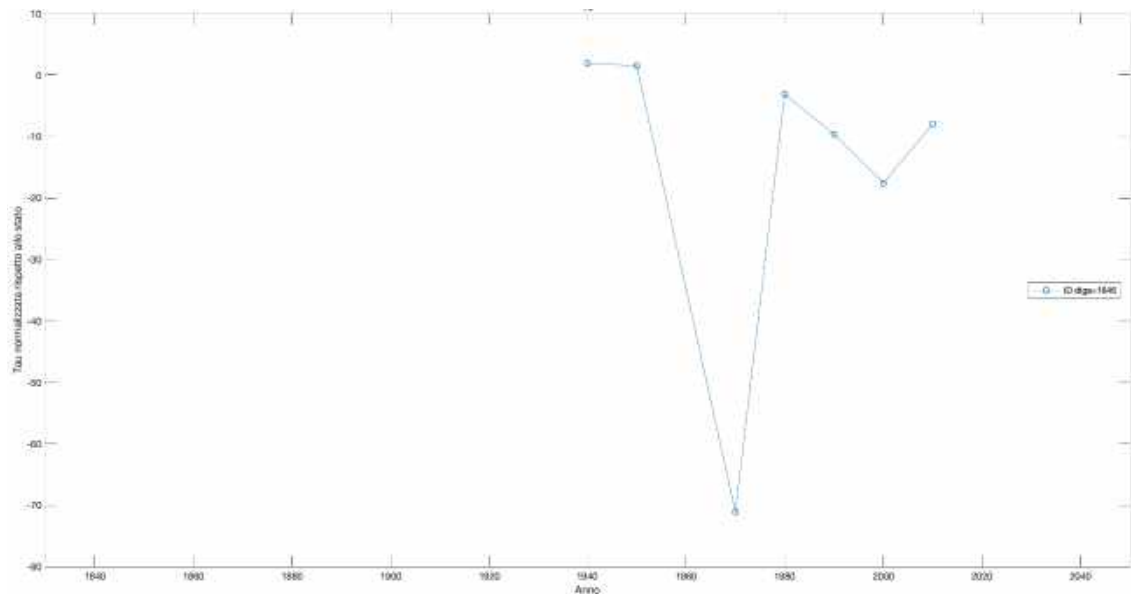


Figura 48. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato del West Virginia per utilizzo idroelettrico: buffer spaziale 10 km.

Nel grafico si può notare come i primi due valori della τ -statistic risultino positivi, mentre nella decade successiva, in corrispondenza del 1970 sia presente un minimo assoluto, circa pari a -70. Tale valore cresce nei successivi dieci anni rimanendo però sempre negativo, poi decresce nuovamente nelle altre due decadi e termina nel 2010 in aumento rispetto ai valori precedenti ma sempre in negativo.

Quindi gli unici due valori della τ -statistic positivi che sono stati riscontrati sono quelli associati alle prime due decadi successive alla costruzione della diga, mentre in tutte le altre i valori sono sempre negativi. Per capire il perché di questo comportamento è stato analizzato il grafico di densità di popolazione riferito alla diga in esame (**Figura 49**).

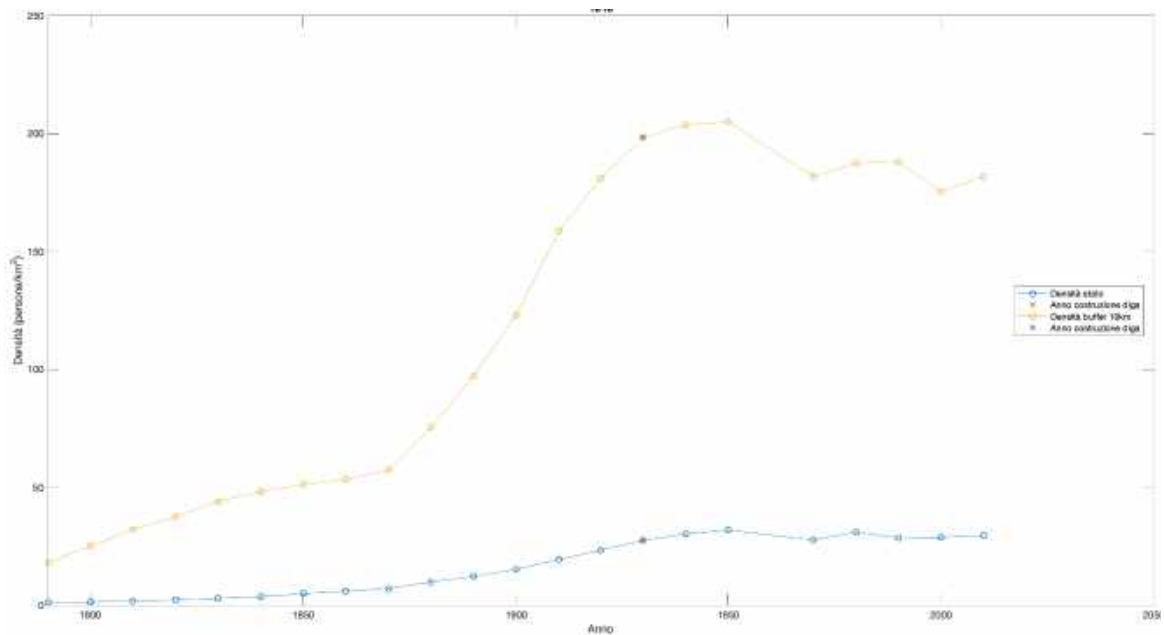


Figura 49. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 1646, situata nello stato di West Virginia. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di West Virginia.

Nella **Figura 49** si può notare come sin dalle prime decadi dopo il 1790 la crescita di densità di popolazione nel buffer sia stata più marcata rispetto alla crescita di densità di popolazione verificatasi nello stato.

La diga presa in esame è stata costruita nel 1926 pertanto ricade nella decade successiva secondo il metodo di arrotondamento seguito: il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1930.

I primi due valori della τ -statistic risultano positivi poiché nelle prime due decadi successive alla costruzione della diga si è verificato un aumento di densità di popolazione sia nel buffer di 10 km che nello stato.

Nel 1970 la densità nel buffer diminuisce mentre la densità di popolazione dello stato registra un leggerissimo aumento (si passa infatti da 27.44 abitanti/km² nel 1930 a 27.67 abitanti/km² nel 1970). Essendo quindi il numeratore negativo e il denominatore positivo, la τ -statistic risultante è negativa, con un valore di circa -70 proprio perché il denominatore è molto basso e ciò fa "esplodere" il rapporto risultante.

Nelle decadi successive invece la densità nel buffer ha dei valori inferiori rispetto a quelli riscontrati in t_0 mentre nello stato i valori risultano maggiori (alternando alcuni più alti e altri più bassi) rispetto alla densità di popolazione presente al momento di costruzione della diga.

Per tale motivo, dopo il picco negativo, anche gli altri valori della τ -statistic sono negativi (essendolo il numeratore) ma con andamento variabile poiché il denominatore alterna differenze maggiori e minori rispetto alle precedenti.

Avendo una sola diga, per semplicità, si può anche studiare come sia variata la τ -statistic nello spazio (**Figura 50**), per confrontare la variazione di densità di popolazione nella prima decade successiva alla costruzione della diga, a partire da 10 km dalla sua posizione fino ad una distanza massima di 100 km, con la situazione riferita al 2010 per capire anche come sia distribuita la popolazione al termine delle decadi analizzate (**Figura 51**).

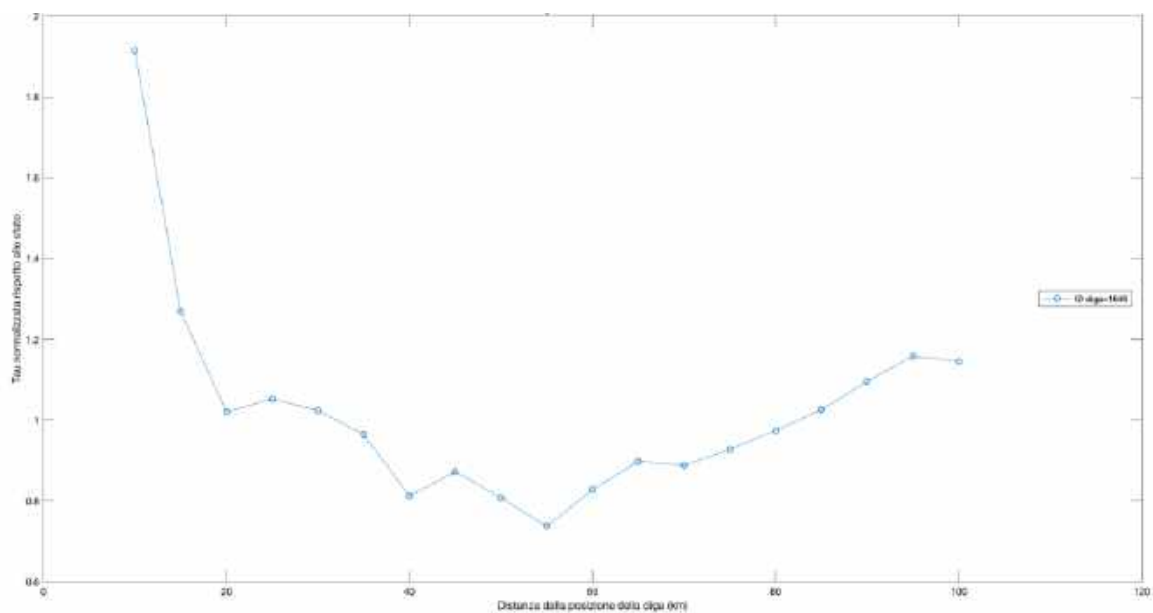


Figura 50. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita alla prima decade successiva alla costruzione della diga (1940) nello stato del West Virginia per utilizzo idroelettrico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 50** tutti i valori della τ -statistic risultano positivi anche al variare della distanza e pertanto nella prima decade successiva alla costruzione della diga si è sempre verificata una crescita di densità di popolazione (poiché il denominatore è sempre positivo da quanto visto sopra, anche il numeratore sarà sempre positivo) rispetto al t_0 indipendentemente dalla posizione.

Il valore però maggiore si riscontra nella prima posizione e pertanto la crescita maggiore si è verificata proprio nell'immediato intorno della diga mentre al procedere della distanza i valori della τ -statistic sono diminuiti.

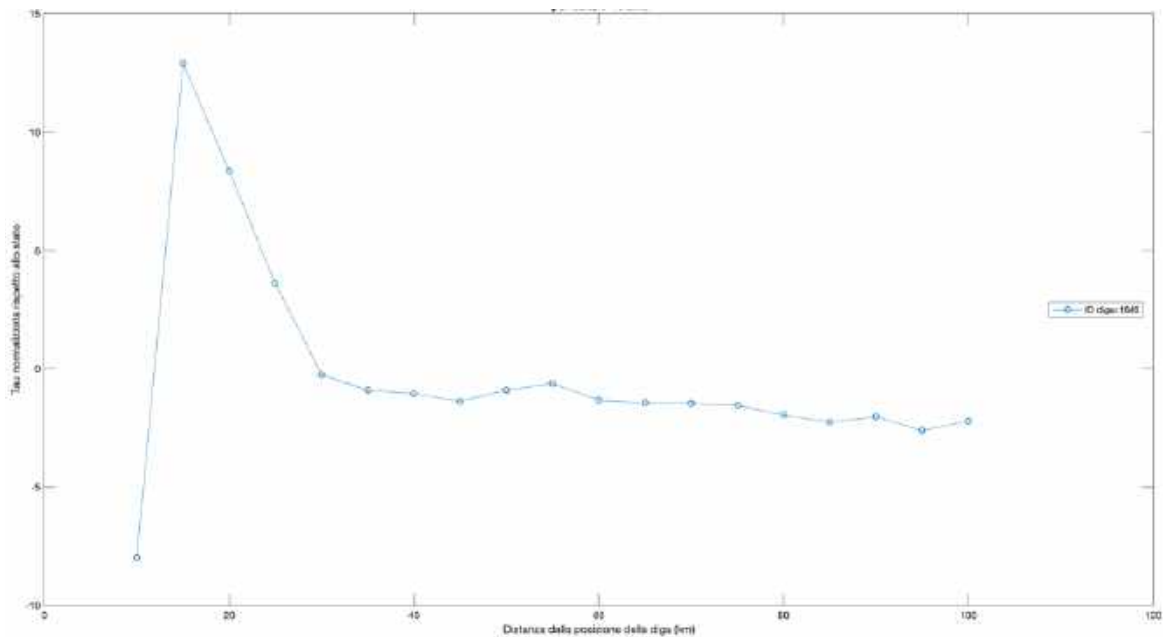


Figura 51. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita al 2010 nello stato del West Virginia per utilizzo idroelettrico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 51** invece si evince come nell'ultima decade la τ -statistic sia minima proprio nell'immediato intorno della diga, con valori maggiori al procedere della distanza: ciò indica che alla fine delle decadi analizzate la densità di popolazione in prossimità della diga sia diminuita mentre il valore massimo si riscontra alla distanza di 15 km da essa.

Nel 2010 infatti il valore della τ -statistic è -7.976 (a differenza di 1.914 nel 1940, dieci anni dopo la costruzione della diga), la densità nel buffer è 181.7 abitanti/km² (a differenza di 198.3 abitanti/km² nel 1930) mentre la densità nello stato è 29.52 abitanti/km² (a differenza di 27.44 abitanti/km² nel 1930).

Tale comportamento può essere confermato riprendendo i valori ottenuti applicando il modello lineare (equazione (5)) al grafico di evoluzione nel tempo per il buffer di 10 km. La pendenza media della retta interpolante è un valore negativo pari a -0.102 decade⁻¹ (R²=0.010, p-value=0.828, modello non performante). Questo sta proprio ad indicare come il comportamento nello stato di West Virginia associato alle dighe di uso idroelettrico presenti sia di decrescita, così come era già stato visto precedentemente nella **Figura 46**. Pertanto, la diga nel corso dei decenni non è diventata un attrattore di popolazione, essendo diminuita la densità di popolazione nel buffer entro i primi 10 km dalla diga nel corso del tempo.

4.6.1.2 Arkansas

Lo stato di Arkansas ha un valore della τ -statistic minimo di 1.275 e massimo di 101.270, valori particolari rispetto al comportamento generale. Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 52**).

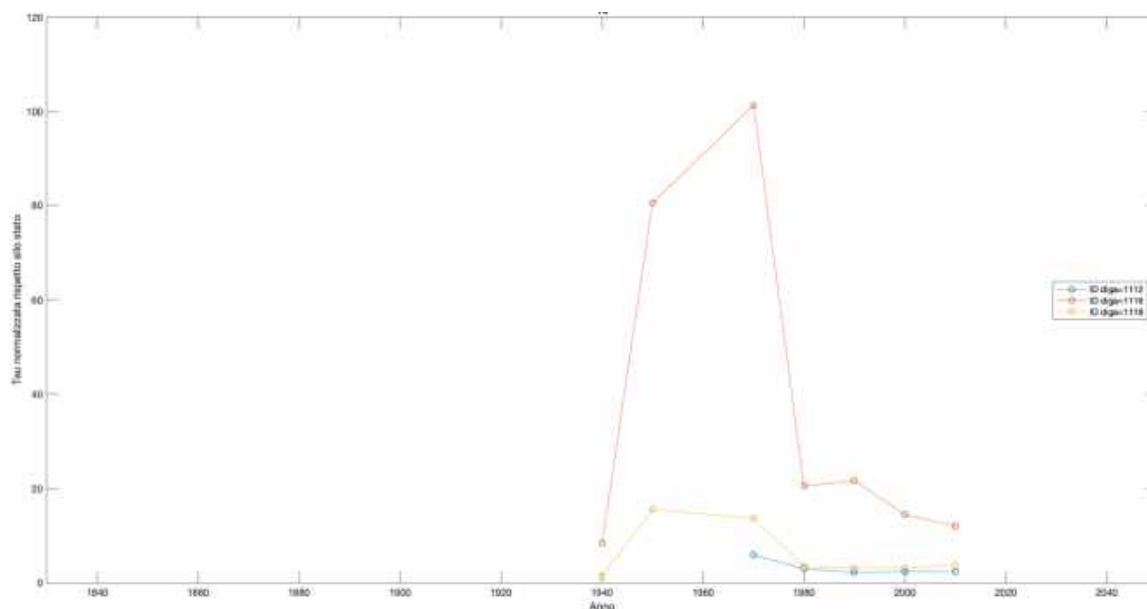


Figura 52. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato di Arkansas per utilizzo idroelettrico: buffer spaziale 10 km.

Nella **Figura 52** si può notare come siano presenti solo tre dighe ad uso idroelettrico nello stato di Arkansas: di queste, una in particolare presenta un andamento della τ -statistic differente con dei valori molto più elevati rispetto alle altre.

Infatti, per tutte e tre le dighe la τ -statistic assume solo dei valori positivi, ma, se per le dighe ID=1112 e ID=1118, rappresentate rispettivamente in giallo e in blu, non si supera un valore massimo di τ -statistic circa pari a 20, la diga ID=1116 raggiunge un picco della τ -statistic nell'intorno di 100. In più, tale valore decresce poi nelle decadi successive per terminare nelle ultime due decadi nell'intorno di 20, così come le altre due dighe.

Per capire il perché di questo comportamento bisogna analizzare il grafico di evoluzione della densità nel tempo per tale diga (**Figura 53**).

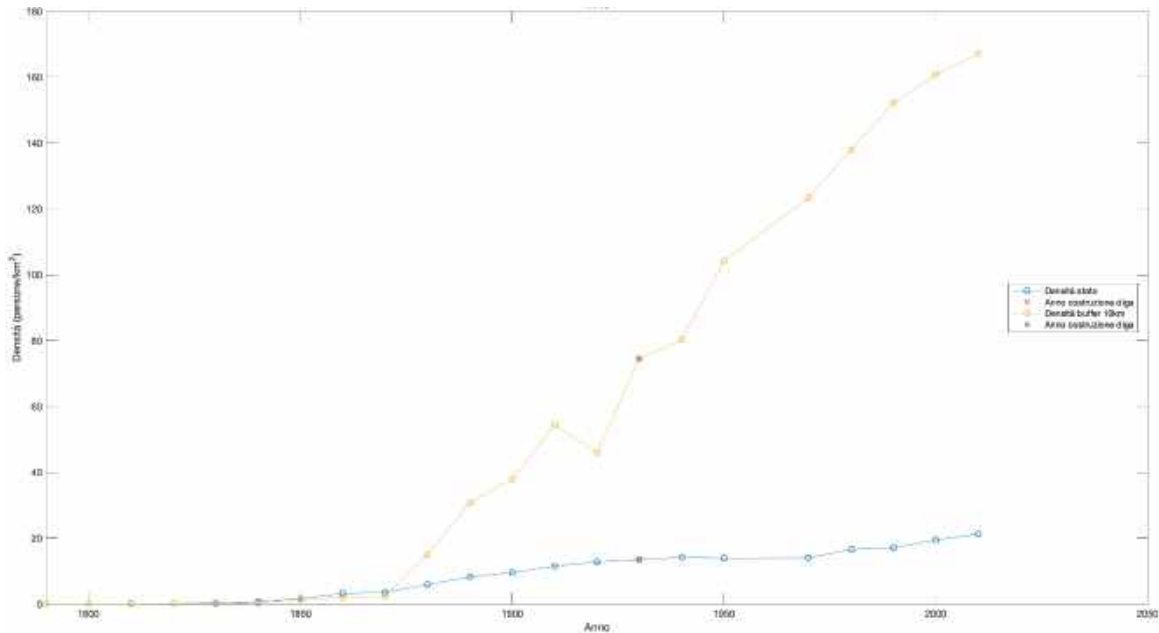


Figura 53. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 1116, situata nello stato di Arkansas. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato di Arkansas.

Nella **Figura 53** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia andata circa di pari passo con la crescita di densità di popolazione nello stato. Tra il 1850 e il 1870 la densità di popolazione nel buffer risulta leggermente inferiore rispetto alla densità di popolazione nello stato mentre dal 1880 in avanti invece le differenze si fanno più marcate con la densità di popolazione nel buffer che cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera molto eccessiva.

La diga in questione è stata costruita nel 1932 pertanto ricade nella decade precedente, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1930.

Come detto nel grafico di evoluzione nel tempo (**Figura 52**), tutti i valori della τ -statistic sono positivi: infatti in tutte le decadi successive alla costruzione della diga si è sempre verificato un aumento di densità di popolazione, sia del buffer che nello stato, rispetto ai corrispettivi valori riferiti al t_0 .

Il picco massimo è dovuto al fatto che nel 1970, il valore del denominatore della τ -statistic è il più basso riscontrato e ciò fa "esplodere" in positivo il rapporto risultante: il denominatore infatti è pari a 0.483 poiché la densità di popolazione nello stato passa da 13.49 abitanti/km² nel 1930 a 13.97 abitanti/km² nel 1970. In tutte le altre decadi invece i valori del denominatore sono più elevati, con valori maggiori dell'unità, e pertanto il

rapporto che ne risulta diminuisce rispetto al picco, rimanendo comunque sempre positivo perché non si verifica mai una decrescita di densità di popolazione rispetto al valore di t_0 .

Nonostante quindi non ci siano valori negativi della τ -statistic il comportamento complessivo dello stato, descritto dal modello lineare (equazione (5)), è di decrescita: la pendenza media della retta interpolante è pari a $-0.235 \text{ decade}^{-1}$. Questo perché, per tutte e tre le dighe, si ottengono dei valori di pendenza della retta interpolante negativi, come riportato in **Tabella 11**.

GRAND ID	STATE ID	τ min	τ max	τ media	Pendenza (decade^{-1})	R ²	p-value
1112	3	2.184	5.901	3.163	-0.077	0.602	0.123
1116	3	8.450	101.269	37.001	-0.547	0.139	0.410
1118	3	1.275	15.615	6.296	-0.082	0.133	0.422

Tabella 11. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic per le dighe ad utilizzo idroelettrico nello stato di Arkansas.

4.6.1.3 Connecticut

Un caso in cui il modello lineare è risultato essere molto performante con valore di R² quasi pari ad 1 è nello stato del Connecticut. È presente solo una diga, di uso idroelettrico, a cui è stato associato l'ID pari a 2207. Essa è stata costruita nel 1929, pertanto la τ -statistic è stata calcolata a partire dal 1940 e per tutte le decadi successive fino al 2010. Il comportamento in questo stato è di crescita come si può vedere dal grafico di evoluzione nel tempo (**Figura 54**).

I valori della τ -statistic sono facilmente interpolabili da una retta e proprio per questo il modello lineare in questo caso è risultato essere particolarmente performante.

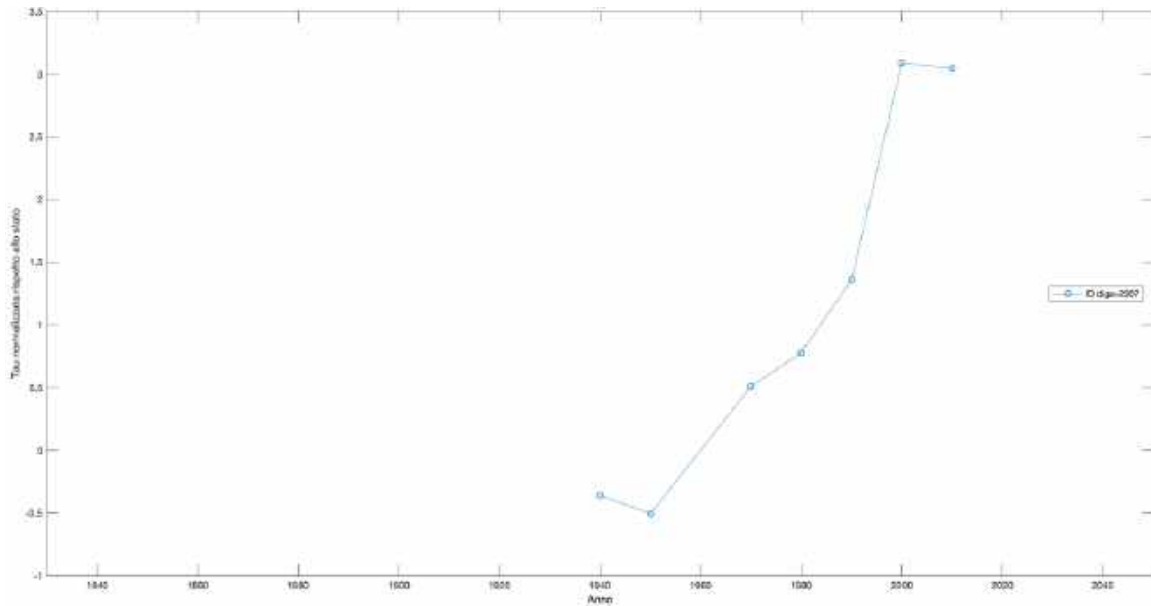


Figura 54. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato del Connecticut per utilizzo idroelettrico: buffer spaziale 10 km.

Come si può notare dalla **Figura 54**, i primi due valori della τ -statistic sono negativi, e pertanto si è verificata una diminuzione di densità di popolazione o nel buffer o nello stato, mentre tutti gli altri sono positivi. Infatti, a partire dal secondo valore della τ -statistic, tutti gli altri aumentano al procedere delle decadi, tranne l'ultimo che invece diminuisce (rispetto al precedente).

Per capire a cosa sia dovuto questo comportamento si può analizzare il grafico di densità di tale diga (**Figura 55**).

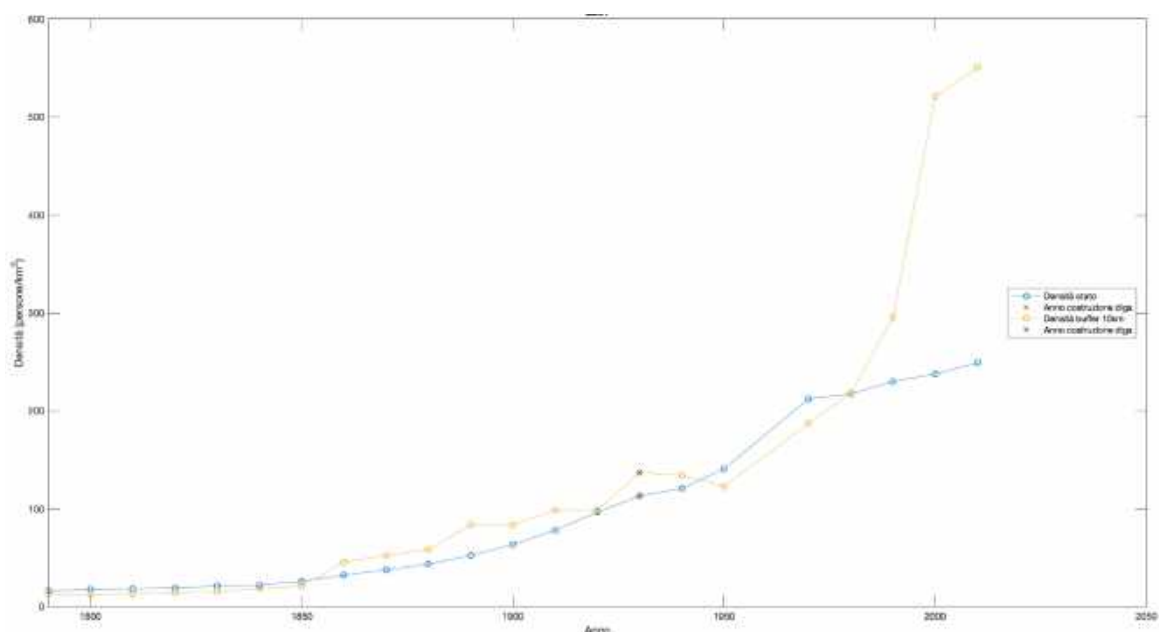


Figura 55. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 2207, situata nello stato del Connecticut. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato del Connecticut.

Nella **Figura 55** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia andata circa di pari passo con la crescita di densità di popolazione nello stato. Dal 1850 fino al 1940 le differenze si fanno più marcate con la densità di popolazione nel buffer che cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera molto eccessiva, ad esclusione del 1920, decade in cui i valori di densità di popolazione del buffer e nello stato risultano quasi coincidenti. Per le due decadi successive al 1940 la densità di popolazione è maggiore nello stato piuttosto che nel buffer. Nel 1980 i valori tornano ad essere nuovamente quasi coincidenti, fino a terminare poi con valori di densità abitativa decisamente maggiori nel buffer.

La diga in questione è stata costruita nel 1929 pertanto ricade nella decade successiva, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1930.

Dal grafico di evoluzione nel tempo (**Figura 54**) si era capito come, ad esclusione dei primi due valori della τ -statistic che sono negativi, tutti gli altri risultano positivi. Questo perché, tranne nelle prime due decadi, i valori di densità di popolazione sia nel buffer che nello stato sono sempre stati maggiori rispetto ai corrispondenti valori riferiti a t_0 .

Quello che invece si verifica nelle prime due decadi è una diminuzione di densità di popolazione nel buffer (di 2.7 abitanti/km² nel 1940 e 13.95 abitanti/km² nel 1950): essendo quindi il numeratore negativo e il denominatore positivo (è sempre positivo per questa diga poiché si ha sempre un aumento rispetto alla densità abitativa in t_0) il rapporto risultante è negativo.

Inoltre, non sono presenti nemmeno grandi picchi della τ -statistic poiché il denominatore risulta essere sempre molto maggiore dell'unità e pertanto non altera troppo il rapporto risultante.

Si può quindi affermare come nello stato del Connecticut il fatto di aver costruito una diga con utilizzo idroelettrico abbia portato un aumento di popolazione nel tempo, così come è stato anche ben descritto dal modello lineare (equazione (5)), (pendenza della retta di regressione lineare pari a 0.054 decade⁻¹, R²=0.894, p-value<0.005).

Avendo una sola diga, per semplicità, si può anche studiare come sia variata la τ -statistic nello spazio (**Figura 56**), per confrontare la variazione di densità di popolazione nella

prima decade successiva alla costruzione della diga, a partire da 10 km dalla sua posizione fino ad una distanza massima di 100 km, con la situazione riferita al 2010 per capire anche come sia distribuita la popolazione al termine delle decadi analizzate (**Figura 57**).

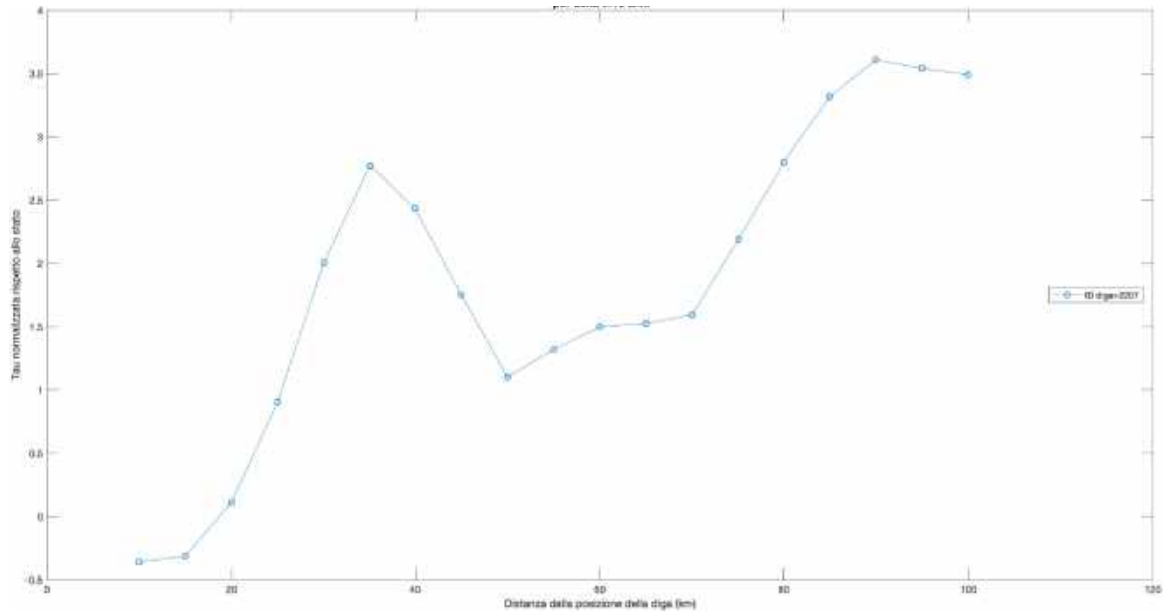


Figura 56. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita alla prima decade successiva alla costruzione della diga (1940) nello stato del Connecticut per utilizzo idroelettrico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 56** si può notare come, ad esclusione dei primi due, tutti i valori della τ -statistic risultino positivi anche al variare della distanza e pertanto nella prima decade successiva alla costruzione della diga si sia sempre verificata, da 20 km in avanti rispetto la sua posizione, una crescita di densità di popolazione (poiché il denominatore è sempre positivo da quanto visto sopra, anche il numeratore sarà sempre positivo) rispetto al t_0 . In particolare, il valore maggiore si riscontra a 90 km di distanza. Nell'immediato intorno invece, essendo i valori della τ -statistic negativi, si è verificata una diminuzione della densità di popolazione.

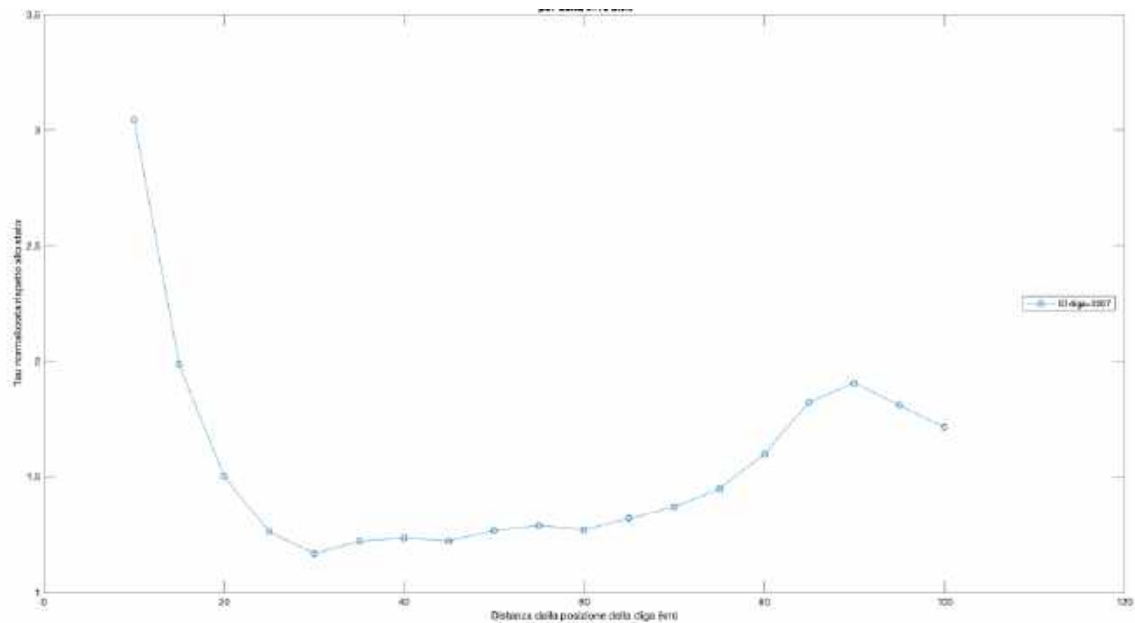


Figura 57. Analisi dell'evoluzione spaziale della τ -statistic riferita al 2010 nello stato del Connecticut per utilizzo idroelettrico: finestra temporale di 10 anni.

Nella **Figura 57** invece si evince come nell'ultima decade la τ -statistic sia massima proprio nell'immediato intorno della diga mentre diminuisca al procedere della distanza.

Nel 2010 infatti il valore della τ -statistic è 3.045 (a differenza di -0.360 nel 1940, dieci anni dopo la costruzione della diga), la densità abitativa nel buffer è 550.31 abitanti/km² (a differenza di 136.92 abitanti/km² nel 1930) mentre la densità nello stato è 248.92 abitanti/km² (a differenza di 113.17 abitanti/km² nel 1930).

Pertanto, la diga nel corso dei decenni è diventata un attrattore di popolazione, ovvero l'utilizzo idroelettrico ha comportato una maggiore concentrazione di persone nell'area entro i 10 km dalla posizione della diga.

4.7 Analisi dei risultati per l'utilizzo irriguo

L'utilizzo irriguo è risultato essere il più diffuso (tra i tre utilizzi presi in considerazione) su tutto il territorio americano: le dighe di tale tipologia sono 367 su 1859 (**Figura 8 e 58**) presenti in 19 stati rispetto ai 49 considerati (**Figura 59**). Le dighe ad uso irriguo si trovano solo nella metà occidentale del continente americano, a differenza delle altre tipologie che invece risultano distribuite più omogeneamente.

Negli stati in cui esse sono presenti, il loro numero è nettamente superiore alle altre tipologie di utilizzo, in particolar modo in California (in cui si ha un totale di 84 dighe irrigue), in Colorado (63 in totale) e in Montana (39 in totale).

Una rappresentazione grafica delle caratteristiche principali dei valori di τ -statistic, ovvero τ media e pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)), per tutte le dighe ad utilizzo irriguo è riportata nelle **Figure 60 e 61**.

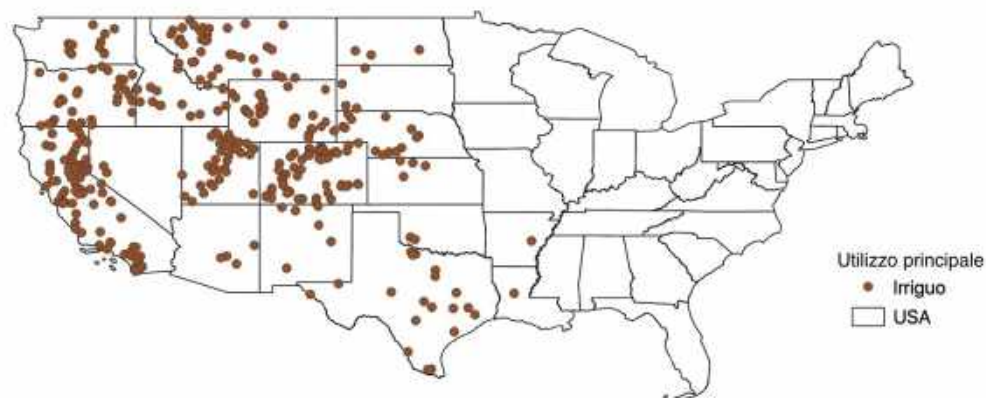


Figura 58. Rappresentazione delle dighe ad utilizzo irriguo nel territorio degli Stati Uniti d'America.

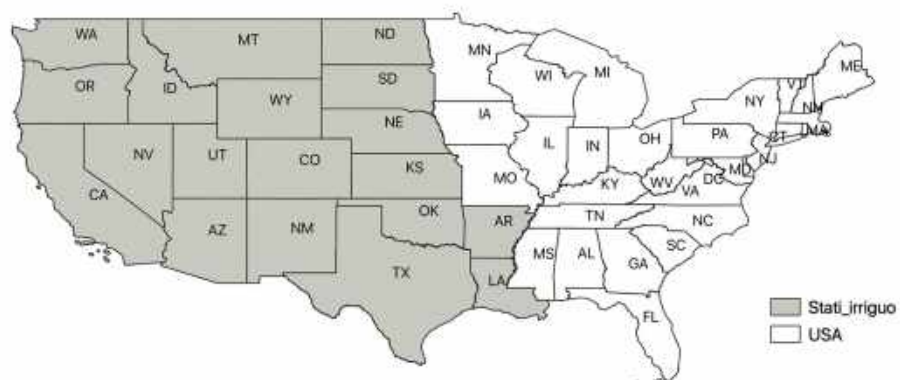


Figura 59. Distribuzione geografica delle dighe ad uso irriguo, colorate in grigio, rispetto al continente americano, colorato in bianco.

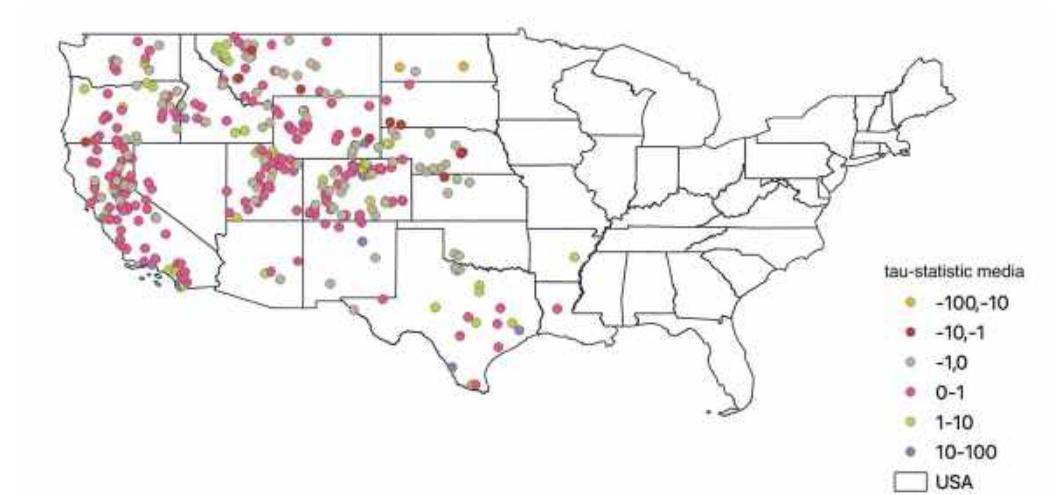


Figura 60. Rappresentazione delle dighe ad uso irriguo, classificate sulla base del valore medio di τ -statistic.

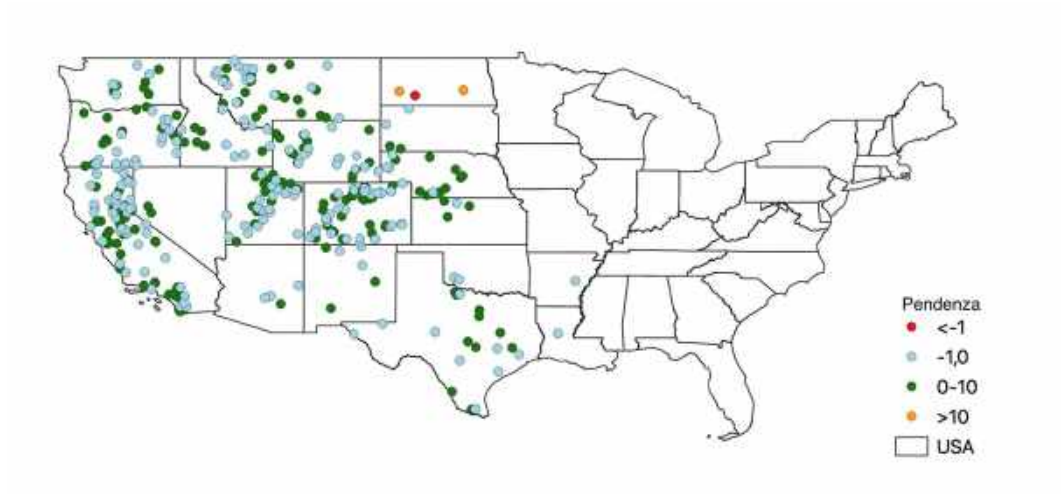


Figura 61. Rappresentazione delle dighe ad uso irriguo, classificate sulla base del valore della pendenza della retta di regressione lineare (equazione (5)).

STATO	STATE ID	NUMERO DIGHE	τ min	τ max	τ media	25 percentile	50 percentile	75 percentile	pendenza media [decade ⁻¹]	deviazione standard [decade ⁻¹]
Arizona	2	4	-1.092	6.034	0.374	0.043	0.098	0.369	-0.014	0.031
Arkansas	3	1	-1.597	10.367	1.474	-1.252	-0.713	2.753	-0.115	0.000
California	4	84	-1.598	22.377	1.316	0.003	0.096	0.439	0.004	0.080
Colorado	5	63	-5.945	67.724	3.813	0.000	0.231	1.474	0.027	0.146
Idaho	11	13	-0.517	28.818	2.217	0.000	0.121	0.556	0.004	0.031
Kansas	15	4	-2.042	-0.073	-0.412	-0.366	-0.195	-0.092	0.010	0.017
Louisiana	17	1	-0.213	1.184	0.685	0.251	0.885	1.120	-0.045	0.000
Montana	25	39	-100.265	225.338	1.928	-0.151	0.003	1.125	-0.015	0.122
Nebraska	26	13	-2.598	9.340	0.424	-0.748	-0.246	0.663	0.009	0.044
Nevada	27	2	-0.915	1.554	0.141	0.018	0.031	0.230	0.003	0.002
New Mexico	30	6	-0.658	25.136	2.383	-0.103	0.028	0.255	-0.036	0.092
North Dakota	33	3	-722.217	219.988	-26.555	-14.982	58.473	116.351	9.594	9.537
Oklahoma	35	2	-2.609	2.698	-0.404	-0.957	-0.527	-0.201	-0.019	0.023
Oregon	36	32	-15.595	14.170	0.615	-0.023	0.037	0.586	0.028	0.135
South Dakota	40	4	-36.643	2.663	-2.665	-1.651	-0.451	0.063	0.185	0.285
Texas	42	19	-1.910	23.725	3.047	-0.005	0.245	4.511	0.026	0.110
Utah	43	34	-1.092	11.073	0.691	-0.001	0.062	0.399	0.011	0.057
Washington	46	12	-0.364	16.093	0.630	0.005	0.134	0.479	-0.004	0.034
Wyoming	49	31	-3.230	23.344	0.507	0.018	0.183	0.538	-0.013	0.091

Tabella 12. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic aggregati a livello di stato per le dighe ad uso irriguo. Le colonne riportano rispettivamente il nome e il codice identificativo dello stato, il numero di dighe ad utilizzo irriguo, i valori minimo, massimo e medio della τ -statistic, i percentili 25, 50 (mediana) e 75, la pendenza media della retta di regressione lineare e la deviazione standard.

In **Tabella 12** sono riportate le caratteristiche principali dei valori di τ -statistic aggregati a livello di stato per le dighe ad uso irriguo.

La rappresentazione grafica del valore medio temporale della τ -statistic di tutte le dighe presenti in ciascuno stato è illustrata in **Figura 62**.



Figura 62. Rappresentazione degli stati considerati nello studio, classificati sulla base del valore della τ media, ossia il valore medio temporale della τ -statistic di tutte le dighe presenti in ogni stato con utilizzo irriguo.

Analizzando la distribuzione dei percentili (**Figura 63**), calcolati considerando tutti i valori della τ -statistic (ovvero quelli riferiti nello spazio a tutte le dighe irrigue e nel tempo a tutte le decadi successive a ciascun t_0) per la gran parte degli stati si può notare come la variazione tra i percentili non sia molta e come la distribuzione sia abbastanza simmetrica: infatti i valori dei tre percentili si mantengono nell'intorno dello zero e le differenze tra 25 percentile e mediana e tra mediana e 75 percentile non sono molto accentuate.

Ci sono però degli stati, come ad esempio il North Dakota, che presentano dei valori del 25 percentile più bassi rispetto all'andamento generale. Rappresentando il 25 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 25% della distribuzione, in questi casi si osserva un valore negativo della τ -statistic, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per North Dakota tale valore è -14.982 mentre per la California è 0.002).

Viceversa, ci sono stati come Arkansas, North Dakota, Texas che presentano valori del 75 percentile più alti rispetto all'andamento generale e pertanto, rappresentando il 75 percentile il valore di misura al di sotto del quale cade il 75% della distribuzione, si osserva un valore positivo della τ -statistic maggiore, in contrasto con il resto degli andamenti (ad esempio per il Texas tale valore è 4.511 mentre per il Nebraska è 0.663).

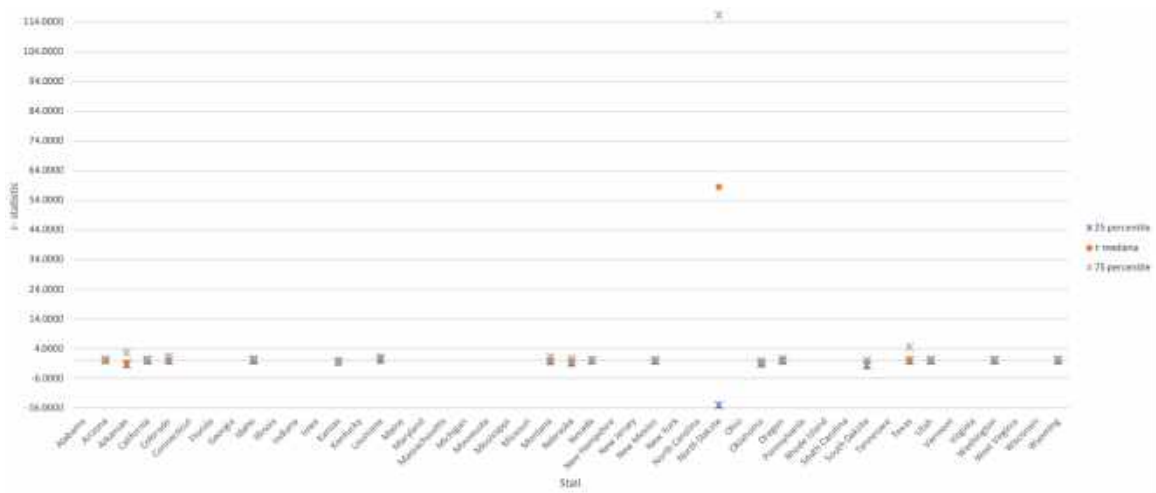


Figura 63. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75 per l'utilizzo irriguo.

In **Figura 64** è riportato un altro grafico, in cui oltre ai valori dei percentili sopra citati, si mostrano i valori massimo e minimo assoluti della τ -statistic riscontrati in ogni stato tra i valori di tutte le dighe presenti con uso irriguo.

Si può quindi notare come, negli stati sopracitati, ci siano effettivamente dei valori della τ -statistic estremi, sia in positivo, sia in negativo, con delle forti differenze rispetto allo zero. In particolare, North Dakota e Montana sono gli stati per i quali saltano più all'occhio le differenze considerando anche la scala dell'asse delle ordinate y del grafico. Inoltre, sono proprio i due stati in cui sono stati riscontrati i valori negativi più bassi della τ -statistic e il North Dakota in particolare è lo stato che registra la massima differenza tra il valore massimo e minimo della τ -statistic. North Dakota ha un valore della τ -statistic minimo di -722.217 e massimo di 219.988 mentre il Montana ha un valore della τ -statistic minimo di -100.265 e massimo di 225.338. Per capire il perché di questi valori, sono stati analizzati nel dettaglio i grafici rappresentanti l'evoluzione nello spazio e nel tempo della τ -statistic per le dighe con utilizzo irriguo presenti nei due stati in questione. Tale analisi è riportata nel Capitolo 4.7.1.

Attraverso l'applicazione del modello di regressione lineare (equazione (5)), è stato studiato l'andamento temporale medio in ciascuno stato dei valori di τ -statistic per tutte le dighe ad utilizzo irriguo. Nella **Figura 65** è rappresentata la pendenza media della retta di regressione lineare (equazione (5)) applicata ai valori decennali di τ -statistic per tutte le dighe a destinazione irrigua in ciascuno stato. Nel grafico inoltre sono state inserite delle

barre di errore con i valori di deviazione standard per capire di quanto sia la dispersione dei valori osservati rispetto alla pendenza media. Risulta subito molto evidente un picco positivo nello stato del North Dakota. In tale territorio quindi la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media positivo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso irriguo. A causa di questo picco e della scala di rappresentazione sull'asse delle ordinate y , tutti gli altri andamenti risultano molto ridotti e non facilmente studiabili. Quindi, per effettuare l'analisi delle pendenze medie per gli altri stati, il picco è stato momentaneamente "escluso" in modo da concentrarsi anche sul resto degli andamenti (Figura 66).

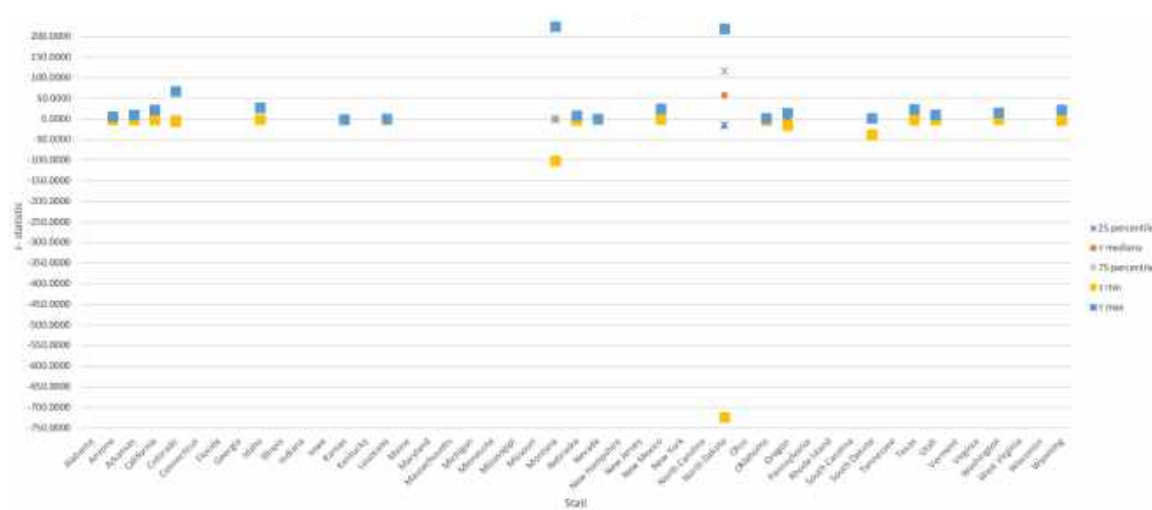


Figura 64. Distribuzione a livello di stato dei valori di τ -statistic osservati in corrispondenza di tutte le dighe, per ciascuna decade successiva all'anno di costruzione: analisi dei percentili 25, 50 e 75, con l'aggiunta dei valori massimo e minimo per l'utilizzo irriguo.

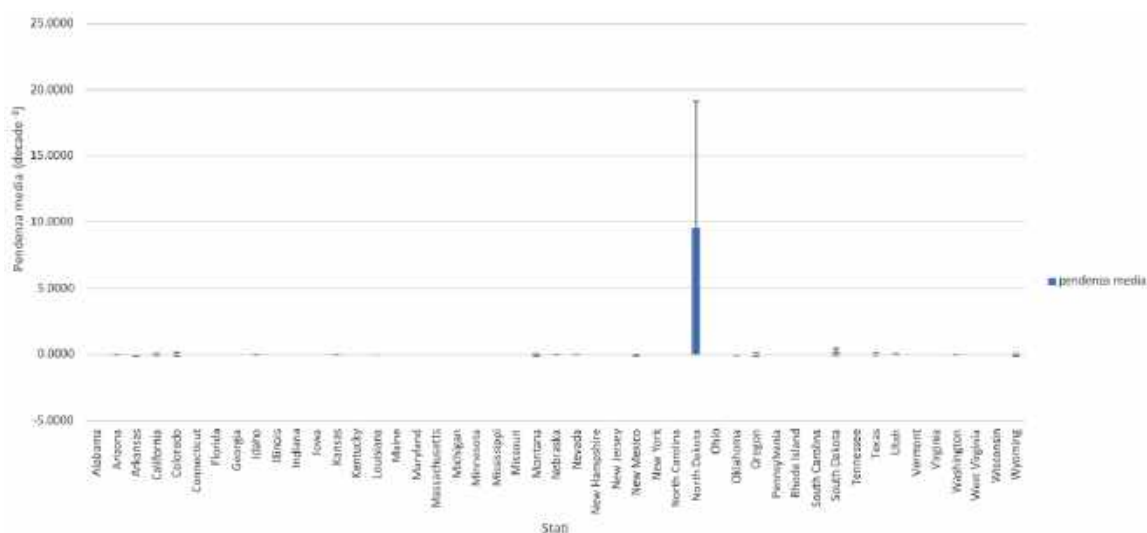


Figura 65. Distribuzione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso irriguo: le colonne in blu rappresentano i valori di pendenza media ottenuti per ciascuno stato mentre le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

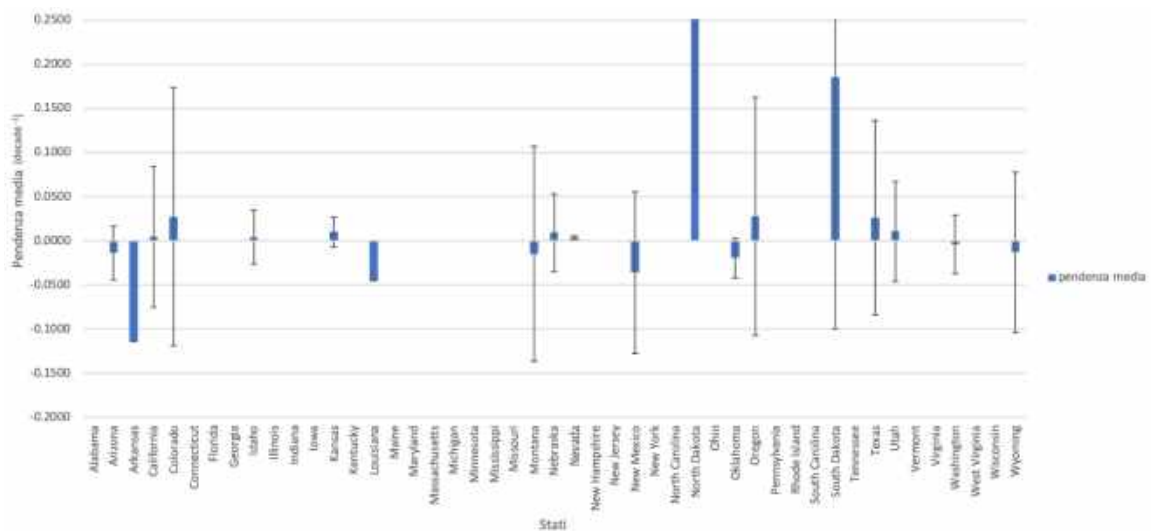


Figura 66. Distribuzione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso irriguo: le colonne in blu rappresentano i valori di pendenza media ottenuti per ciascuno stato mentre le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Andamento delle pendenze medie del modello lineare per irriguo con eliminazione di alcuni outlier (valore limite di pendenza (-0.200, 0.250))

Nella **Figura 66** è stata quindi semplicemente ridotta di due ordini di grandezza la scala sull'asse y per “tagliare” il picco e concentrarsi sul comportamento negli altri stati.

Il picco negativo si può così riscontrare in Arkansas, stato in cui la retta interpolante ha assunto il valore di pendenza media negativo massimo associato alla presenza delle dighe ad uso irriguo.

I valori medi di pendenza della retta di regressione lineare a livello di stato sono riportati anche nella mappa di **Figura 67**, che permette di visualizzare i risultati associati alla collocazione geografica dei singoli stati. Mediamente, si è riscontrato un comportamento di crescita di densità di popolazione in prossimità della diga per 11 dei 19 stati totali mentre nei restanti 8 il comportamento è stato di decrescita.

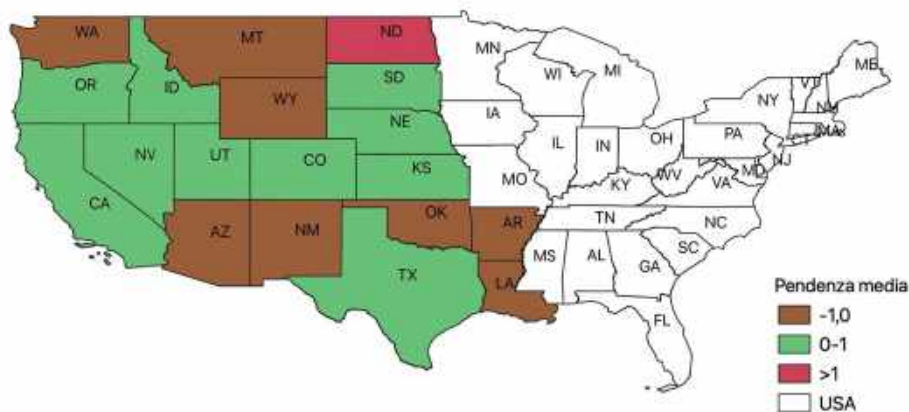


Figura 67. Rappresentazione a livello di stato dei valori medi di pendenza del modello di regressione lineare (equazione (5)) stimati in corrispondenza di tutte le dighe ad uso irriguo.

4.7.1 Casi particolari

4.7.1.1 North Dakota

Lo stato del North Dakota ha un valore della τ -statistic minimo di -722.217 e massimo di 219.988, valori particolari rispetto al comportamento generale; è anche lo stato che registra la massima differenza tra il valore massimo e minimo della τ -statistic.

Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 68**).

Nel grafico si può notare come ci siano tre dighe ad uso irriguo nel North Dakota, due delle quali, la diga ID=780 e ID= 784 rappresentate rispettivamente in rosso e in blu, presentino un comportamento quasi identico, a differenza dell'altra diga che invece ha un trend a parte. Le due dighe in questione registrano entrambe il primo valore della τ -statistic nell'intorno di -700 mentre il successivo arriva nell'intorno di 200 (quindi con una variazione molto importante); nelle restanti tre decadi i valori rimangono in tale intorno senza subire delle particolari variazioni. L'altra diga invece ha dei valori della τ -statistic quasi prossimi a zero, con un andamento abbastanza lineare.

Per capire perché le due dighe abbiano quella prima variazione molto importante, bisogna analizzare i grafici delle densità (**Figura 69** e **Figura 70**).

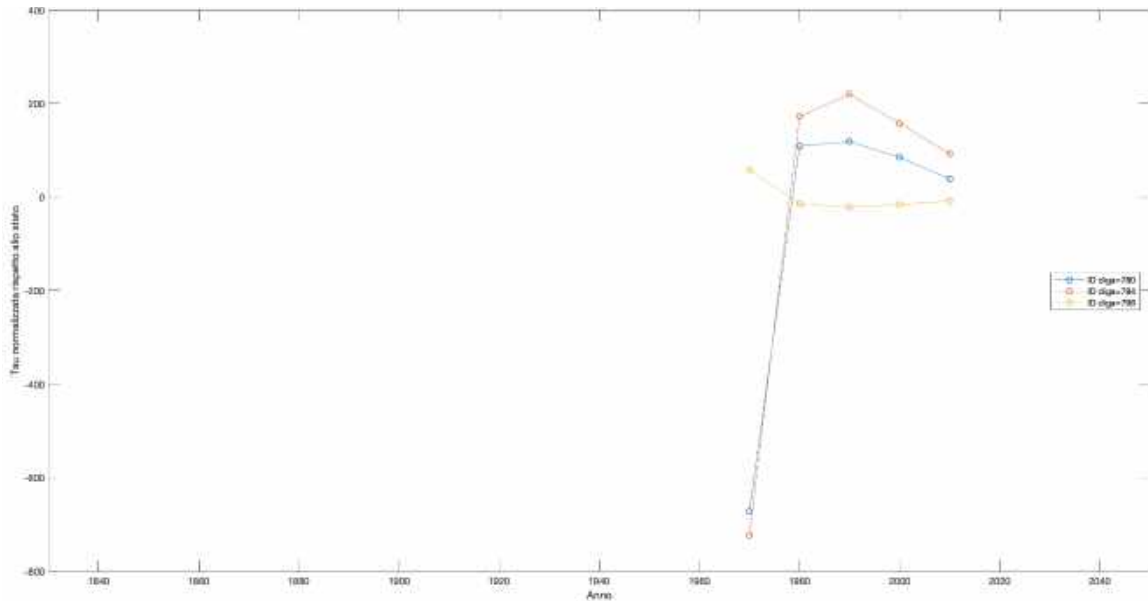


Figura 68. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato del North Dakota per utilizzo irriguo: buffer spaziale 10 km.

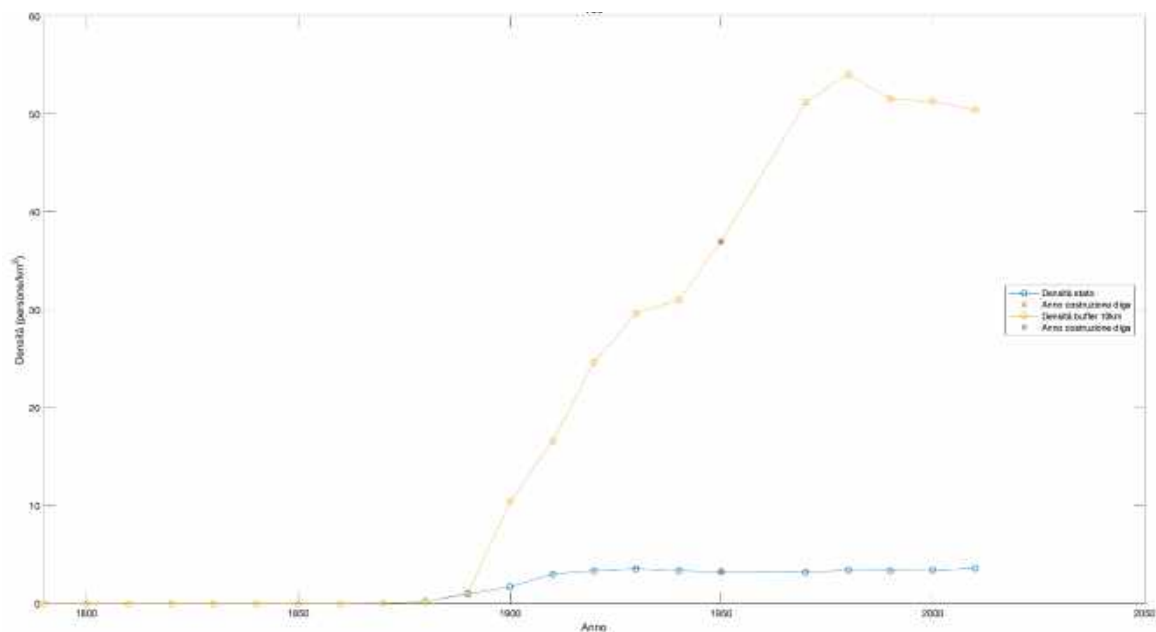


Figura 69. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 780, situata nello stato del North Dakota. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato del North Dakota.

Con riferimento alla diga ID=780, nella **Figura 69** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia stata esattamente uguale alla densità di popolazione nello stato, fino al 1890. Dal 1900 invece le differenze si fanno più marcate con la densità di popolazione nel buffer che cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma veramente di poco.

La diga in questione è stata costruita nel 1952 pertanto ricade nella decade precedente, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1950.

Il valore che si deve studiare è il primo valore della τ -statistic che, come si è visto nel grafico dell'evoluzione nel tempo (**Figura 68**) è fortemente negativo, a differenza di tutti gli altri che sono positivi. Ciò è dovuto al fatto che la densità nello stato nella decade successiva alla costruzione della diga rispetto a quella in t_0 diminuisce (si passa infatti da 3.25 abitanti/km² nel 1950 a 3.23 abitanti/km² nella decade successiva) mentre nel buffer aumenta di 14.24 abitanti/km².

Essendo quindi il numeratore positivo e il denominatore negativo, la τ -statistic risultante è negativa, con un valore di circa -700 proprio perché il denominatore è molto basso e ciò fa “esplodere” il rapporto risultante.

Il secondo picco invece, quello positivo, è dovuto ad un aumento di densità abitativa nel buffer (di 17.09 abitanti/km²) mentre il valore al denominatore è positivo e molto basso (0.16 abitanti/km²) e ciò fa nuovamente “esplodere” il rapporto risultante.

Nelle decadi successive si registra sempre un aumento, sia della densità nel buffer sia della densità dello stato, infatti tutti i valori della τ -statistic successivi sono positivi, con una crescita però maggiore di densità abitativa nel buffer che comporta un'amplificazione della τ -statistic a causa del leggerissimo aumento di densità abitativa nello stato rispetto al t_0 .

Il comportamento della diga ID=784 è quasi identico a quello appena descritto, come si può notare dal grafico in **Figura 70**, poiché ovviamente il comportamento dello stato è lo stesso mentre ci sono solo delle leggere differenze sul buffer.

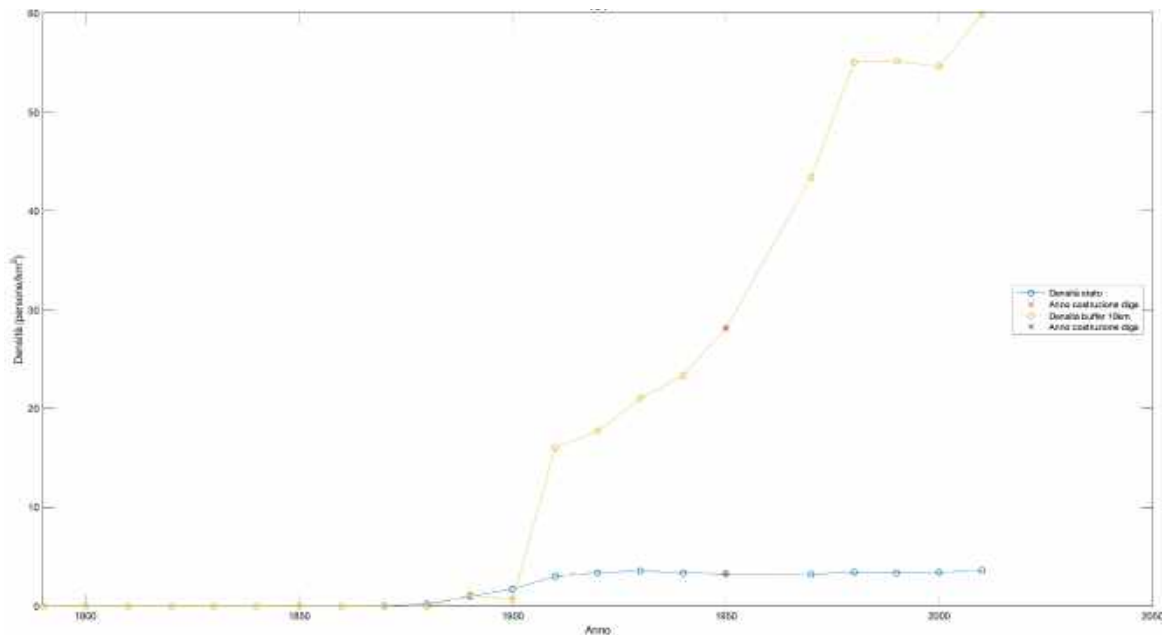


Figura 70. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 784, situata nello stato del North Dakota. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato del North Dakota.

Nella **Figura 70** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia stata esattamente uguale alla densità di popolazione nello stato, fino al 1890. Nel 1900 la densità nel buffer risulta leggermente inferiore rispetto a quella nello stato, invece dal 1910 le differenze si fanno più marcate con la densità di popolazione nel buffer che cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma veramente di poco.

La diga in questione è stata costruita nel 1949 pertanto ricade nella decade successiva, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1950.

Il valore che si deve studiare è il primo valore della τ -statistic che, come si è visto nel grafico dell'evoluzione nel tempo (**Figura 68**) è fortemente negativo, a differenza di tutti gli altri che sono positivi. Ciò è dovuto al fatto che la densità nello stato nella decade successiva alla costruzione della diga rispetto a quella in t_0 diminuisce (si passa infatti da 3.25 abitanti/km² nel 1950 a 3.23 abitanti/km² nella decade successiva) mentre nel buffer aumenta di 15.31 abitanti/km².

Essendo quindi il numeratore positivo e il denominatore negativo, la τ -statistic risultante è negativa, con un valore di circa -700 proprio perché il denominatore è molto basso e ciò fa "esplodere" il rapporto risultante.

Il secondo picco invece, quello positivo, è dovuto ad un aumento di densità abitativa nel buffer (di 26.95 abitanti/km²) mentre il valore al denominatore è positivo e molto basso (0.16 abitanti/km²) e ciò fa nuovamente “esplodere” il rapporto risultante.

Nelle decadi successive si registra sempre un aumento, sia della densità nel buffer sia della densità dello stato, infatti tutti i valori della τ -statistic successivi sono positivi, con una crescita però maggiore di densità abitativa nel buffer che comporta un’amplificazione della τ -statistic a causa del leggerissimo aumento di densità abitativa nello stato rispetto al t_0 .

Si può quindi affermare come nello stato del North Dakota, tranne nella prima decade, il fatto di aver costruito dighe con utilizzo irriguo abbia portato un incremento di popolazione nel tempo. Pertanto, nel corso dei decenni esse sono diventate un attrattore di popolazione, ovvero l’utilizzo irriguo ha comportato una maggiore concentrazione di persone nell’area entro i primi 10 km dalla posizione della diga.

Tale comportamento può essere confermato riprendendo i valori ottenuti applicando il modello lineare (equazione (5)) al grafico di evoluzione nel tempo per il buffer di 10 km. La pendenza della retta interpolante è un valore positivo (9.593 decade⁻¹). Questo sta proprio ad indicare come il comportamento nello stato North Dakota associato alle dighe di uso irriguo presente sia di crescita, così come era già stato visto precedentemente nella **Figura 65**.

In **Tabella 13** sono riportate le caratteristiche principali dei valori di τ -statistic relativamente agli invasi ad uso irriguo nello stato del North Dakota.

GRAND ID	STATE ID	τ min	τ max	τ media	Pendenza (decade ⁻¹)	R ²	p-value
780	33	-671.555	118.698	-63.807	13.974	0.419	0.237
784	33	-722.217	219.988	-15.842	16.152	0.413	0.413
798	33	-21.205	58.473	-0.016	-1.346	0.415	0.415

Tabella 13. Caratteristiche principali dei valori di τ -statistic per le dighe ad utilizzo irriguo nello stato del North Dakota.

4.7.1.2 Montana

Lo stato del Montana ha un valore della τ -statistic minimo di -100.265 e massimo di 225.338, valori particolari rispetto al comportamento generale. Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 71**).

Dal grafico seguente si può subito notare come ci siano numerose dighe ad uso irriguo nel Montana e ciò rende anche difficile l'analisi poiché i valori della τ -statistic si concentrano tutti maggiormente nell'intorno tra 0 e 10, non permettendo di distinguere nettamente per ciascuna diga il comportamento. Si nota però subito l'andamento particolare della diga ID=324, che è effettivamente quella che fa registrare il valore minimo e massimo della τ -statistic nello stato. Tale diga infatti ha il primo valore della τ -statistic nell'intorno di -100 mentre il successivo arriva nell'intorno di 200 (quindi con una variazione molto importante); nelle successive decadi i valori diminuiscono fino a terminare nel range di tutte le altre dighe.

Per capire il perché di questa prima variazione molto importante, bisogna analizzare il grafico delle densità (**Figura 72**).

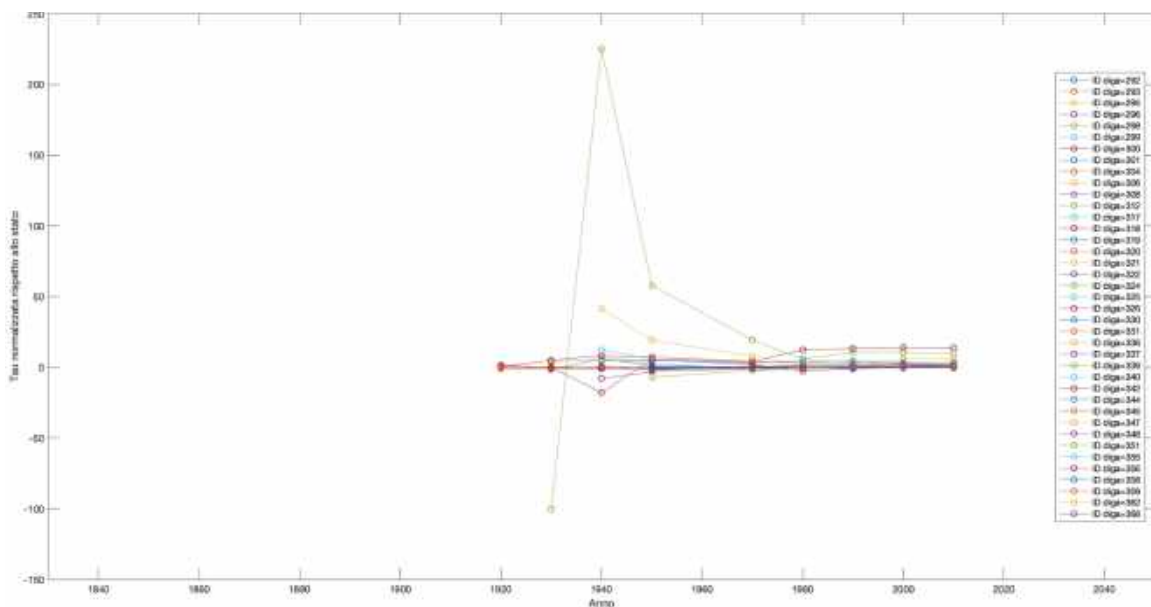


Figura 71. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato del Montana per utilizzo irriguo: buffer spaziale 10 km.

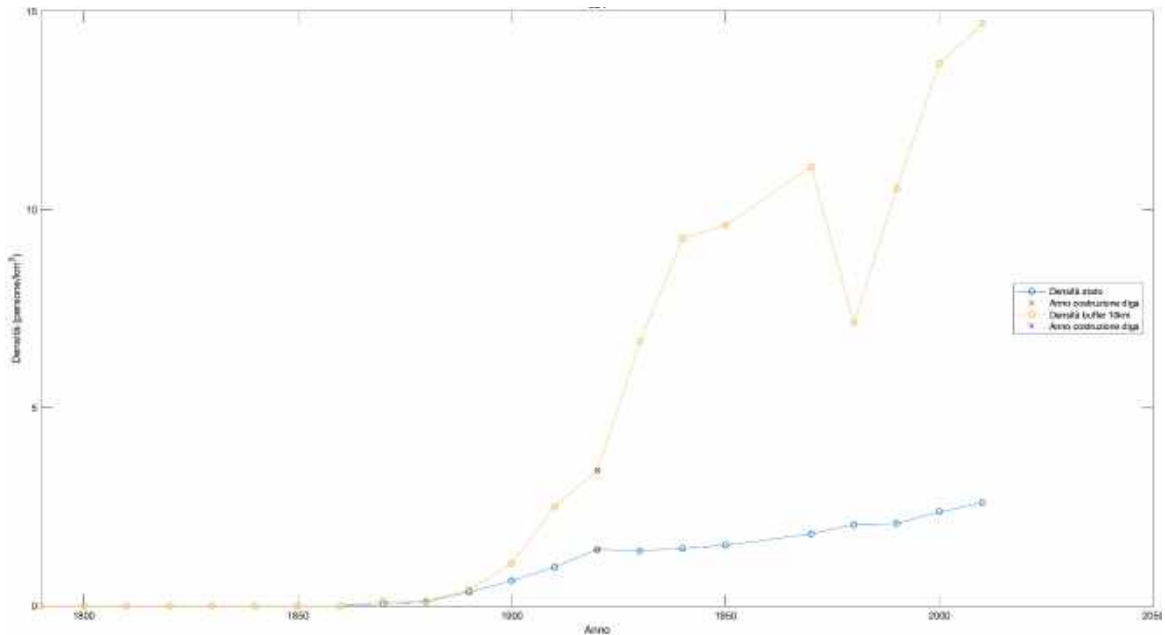


Figura 72. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 324, situata nello stato del Montana. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato del Montana.

Nella **Figura 72** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia stata esattamente uguale alla densità di popolazione nello stato, fino al 1890. Dal 1900 invece le differenze si fanno più marcate con la densità di popolazione nel buffer che cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere non eccessivamente.

La diga in questione è stata costruita nel 1923 pertanto ricade nella decade precedente, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una "X", è nel 1920.

Il valore che si deve studiare è il primo valore della τ -statistic che, come si è visto nel grafico dell'evoluzione nel tempo (**Figura 71**) è fortemente negativo, a differenza di tutti gli altri che sono positivi. Ciò è dovuto al fatto che la densità nello stato nella decade successiva alla costruzione della diga rispetto a quella in t_0 diminuisce (si passa infatti da 1.42 abitanti/km² nel 1920 a 1.39 abitanti/km² nella decade successiva) mentre nel buffer aumenta di 3.25 abitanti/km².

Essendo quindi il numeratore positivo e il denominatore negativo, la τ -statistic risultante è negativa, con un valore di circa -100 proprio perché il denominatore è molto basso e ciò fa "esplodere" il rapporto risultante.

Nelle decadi successive invece si registra sempre un aumento, sia della densità nel buffer sia della densità dello stato, infatti tutti i valori della τ -statistic successivi sono positivi, con una crescita però maggiore di densità abitativa e quindi di popolazione nel buffer.

Il comportamento dello stato però, descritto applicando il modello lineare (equazione (5)) al grafico di evoluzione nel tempo per il buffer di 10 km, è dato dalla media dell'andamento di tutte le dighe. La pendenza media risultante è un valore negativo ($-0.015 \text{ decade}^{-1}$). Questo sta ad indicare come il comportamento nello stato del Montana associato alle dighe di uso irriguo presente sia di decrescita, così come era già stato visto precedentemente nella **Figura 65**.

Per la diga analizzata comunque il modello lineare risulta essere non performante (pendenza della retta di regressione lineare pari a $-0.547 \text{ decade}^{-1}$, $R^2=0.030$, $p\text{-value}>0.005$).

4.7.1.3 California

Un caso in cui il modello lineare è risultato essere molto performante con il valore di R^2 massimo, quasi pari ad 1, è nello stato della California. La diga che fa registrare questo valore, con ID = 220, è stata costruita nel 1953, pertanto la τ -statistic è stata calcolata a partire dal 1970 e per tutte le decadi successive fino al 2010. Per prima cosa è riportato il grafico di evoluzione nel tempo riferito al buffer di 10 km (**Figura 73**). I valori della τ -statistic della diga in questione, rappresentati in azzurro nella parte in alto a destra del grafico, sono facilmente interpolabili da una retta e proprio per questo il modello lineare in questo caso è risultato essere particolarmente performante.

Dalla **Figura 73** si può però notare come questi valori siano abbastanza elevati e si discostino dal range in cui ricadono tutte le altre dighe. Per capire a cosa sia dovuto questo comportamento è stato analizzato il grafico di evoluzione temporale della densità (**Figura 74**).

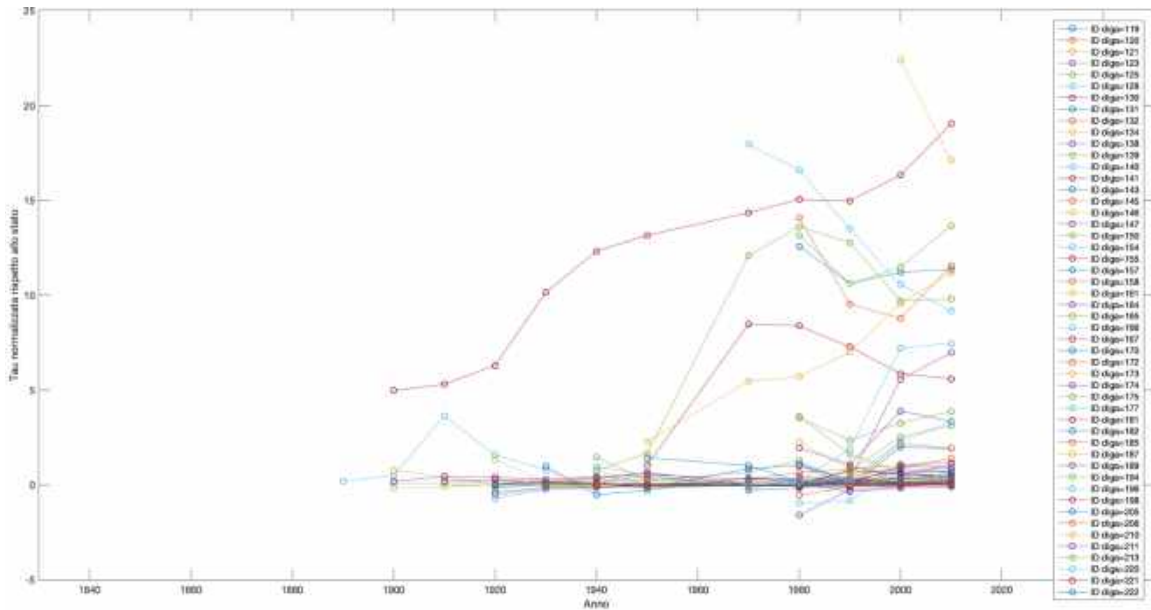


Figura 73. Analisi dell'evoluzione temporale della τ -statistic nello stato della California per utilizzo irriguo: buffer spaziale 10 km.

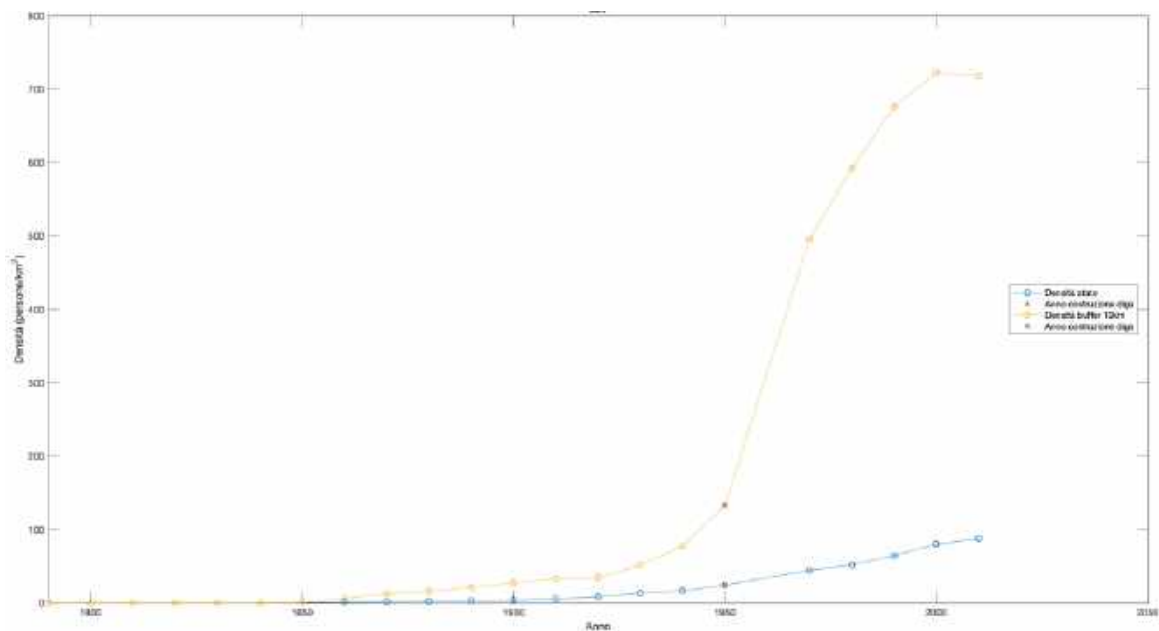


Figura 74. Analisi dell'evoluzione temporale della densità abitativa: ID diga 220, situata nello stato della California. La linea arancione rappresenta l'evoluzione temporale della densità per il buffer a distanza $d_2=10$ km dalla diga; la linea blu rappresenta l'evoluzione temporale della densità all'interno dello stato della California.

Nella **Figura 74** si può notare come nelle prime decadi dopo il 1790, la crescita di densità di popolazione nel buffer sia stata esattamente uguale alla densità di popolazione nello stato, fino al 1850. Nelle decadi successive invece la densità di popolazione nel buffer cresce molto di più rispetto a quella nello stato, che continua sì a crescere ma non in maniera eccessiva.

La diga in questione è stata costruita nel 1953 pertanto ricade nella decade precedente, secondo il metodo di arrotondamento utilizzato: infatti il punto corrispondente alla fondazione della diga, contrassegnato con una “X”, è nel 1950.

Come si è visto nel grafico dell’evoluzione nel tempo (**Figura 73**), il primo valore della τ -*statistic* della diga ID=220 è abbastanza elevato rispetto al range delle altre dighe mentre i successivi valori diminuiscono, rimanendo comunque positivi.

Questo comportamento è dovuto al fatto che nelle decadi successive alla costruzione della diga la densità nel buffer aumenta sempre, tranne il valore del 2010 rispetto al precedente (si passa da 722.25 abitanti/km² nel 2000 a 718.21 abitanti/km² nel 2010), così come la densità nello stato che aumenta sempre al passare del tempo. La τ -*statistic* però diminuisce al procedere delle decadi perché i valori al denominatore sono via via crescenti e pertanto fanno diminuire il rapporto risultante (mantenendolo però sempre positivo poiché la densità di popolazione rispetto al t_0 è aumentata). Il primo valore della τ -*statistic* risulta abbastanza elevato perché al numeratore la variazione di densità è 362.39 abitanti/km² e al denominatore 20.19 abitanti/km² mentre per l’ultimo valore della τ -*statistic* le variazioni sono rispettivamente 585.19 abitanti/km² e 63.72 abitanti/km².

Il comportamento complessivo dello stato, descritto dal modello lineare (equazione (5)), dato dalla media del comportamento di tutte le dighe presenti è di crescita: la pendenza media della retta interpolante è pari a 0.004 decade⁻¹.

4.8 Analisi dei risultati per gli utilizzi acquedottistico, idroelettrico e irriguo: confronto tra stati

La **Figura 75** sintetizza i risultati descritti finora, confrontando il comportamento a livello di singolo stato, per capire quale effetto abbiano avuto le dighe ad uso acquedottistico, le dighe ad uso idroelettrico e le dighe ad uso irriguo sulla popolazione in prossimità degli invasi stessi. Inoltre, sempre dal grafico si può capire immediatamente in quale stato e con quale uso della diga la retta interpolante abbia assunto la pendenza media positiva e negativa massima. Basta infatti guardare i picchi presenti: il North Dakota presenta il valore massimo, positivo, di pendenza media associata all’uso irriguo mentre Rhode Island

presenta il valore massimo, positivo, di pendenza media associata all'uso acquedottistico. Questi valori molto alti si possono giustificare con il modello di regressione lineare e con la pendenza assunta dalla retta interpolante i dati.

Proprio a causa di questi picchi molto importanti e della scala di rappresentazione sull'asse delle ordinate y , tutti gli altri andamenti risultano molto ridotti e non facilmente studiabili. Quindi, per effettuare l'analisi a livello di singolo stato come descritto precedentemente, i due picchi sono stati momentaneamente "esclusi" in modo da concentrarsi anche su gli andamenti degli altri stati (**Figura 76**).

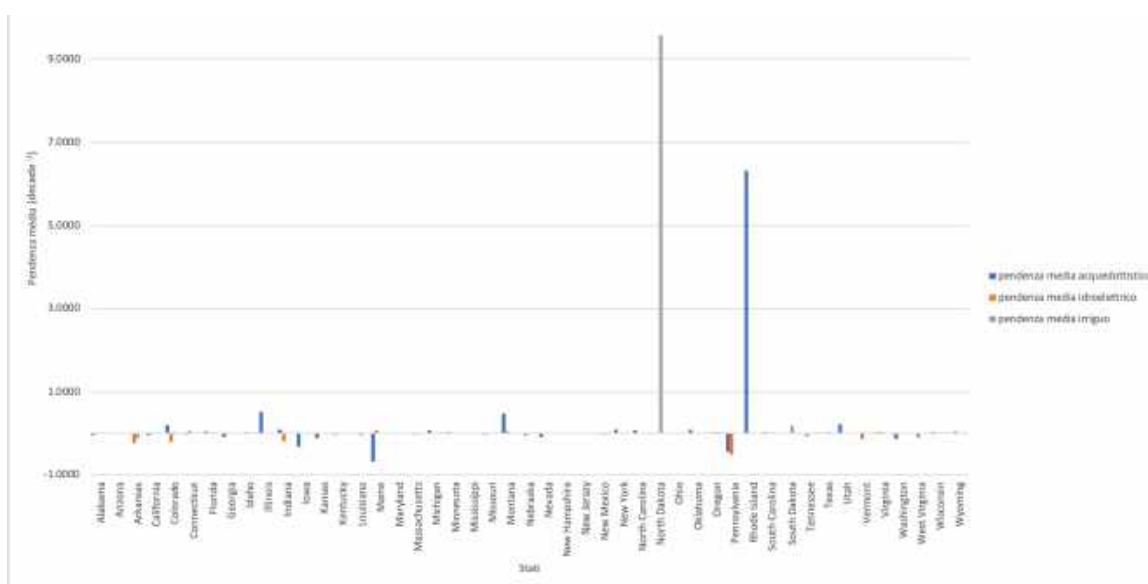


Figura 75. Confronto degli andamenti della pendenza media della retta di regressione lineare negli Stati Uniti d'America per i diversi utilizzi, rappresentati con delle barre blu per l'uso acquedottistico, arancio per l'idroelettrico e grigio per l'irriguo.

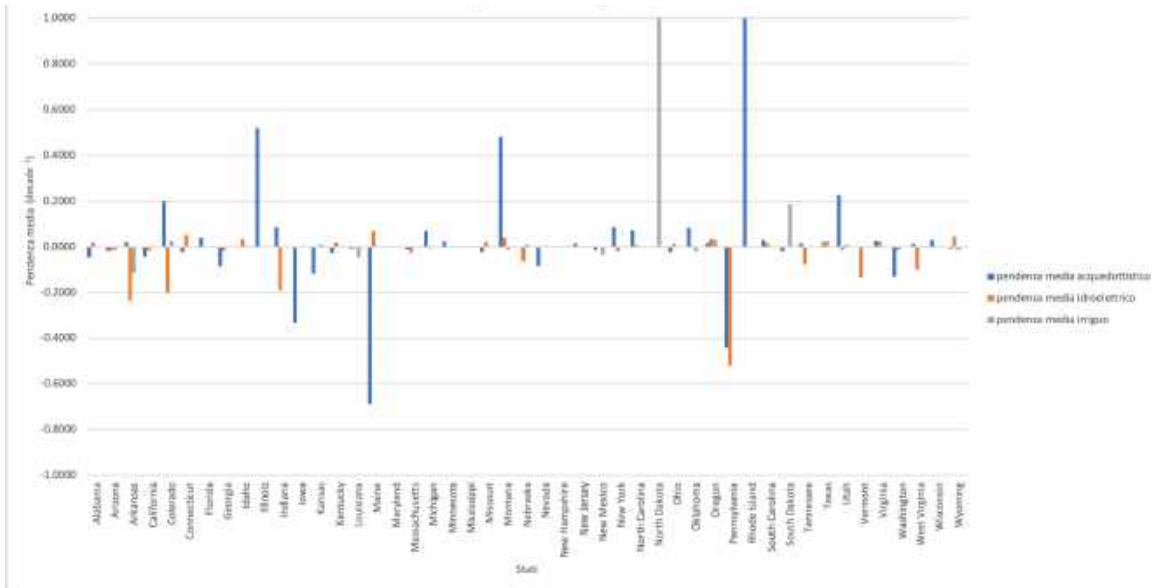


Figura 76. Confronto degli andamenti della pendenza media della retta di regressione lineare negli Stati Uniti d'America per i diversi utilizzi, rappresentati con delle barre blu per l'uso acquedottistico, arancio per l'idroelettrico e grigio per l'irriguo, con eliminazione di alcuni outlier (valore limite di pendenza -1,1).

Nella **Figura 76** è stata quindi semplicemente ridotta di un ordine di grandezza la scala sull'asse y per “tagliare” i due picchi e concentrarsi sul comportamento negli altri stati.

Si può anche notare come in 3 stati non ci sia la presenza di nessuna diga dei tre usi considerati: essi sono Delaware, District of Columbia, Mississippi.

Solo 12 stati sui 49 considerati invece mostrano la presenza sul territorio di dighe per tutti e tre gli utilizzi scelti. Essi sono: Arizona, Arkansas, California, Colorado, Louisiana, Montana, Oklahoma, Oregon, Texas, Utah, Washington e Wyoming.

Tra questi, Arizona, Louisiana e Washington hanno valori di pendenza media negativi per tutti e tre gli usi: ciò vuol dire che si è sempre verificata una diminuzione di densità di popolazione in prossimità della diga, indipendentemente dalla tipologia di utilizzo.

Per i restanti 9 stati in cui sono presenti tutte le tipologie di dighe non si ha un andamento predominante di crescita o decrescita in base all'uso poiché esso varia di stato in stato.

Esclusi i due picchi già descritti, il valore massimo positivo della pendenza media per l'uso acquedottistico si trova nell'Illinois, per l'uso idroelettrico nel Maine, per l'uso irriguo in South Dakota mentre i picchi negativi si trovano rispettivamente in Maine, Pennsylvania e in Arkansas. Pertanto, questi stati, insieme a Rhode Island e North Dakota sono quelli in cui la retta interpolante ha assunto la pendenza massima in confronto ai valori ottenuti per gli altri stati.

Nella **Figura 77** è riportato infine un confronto della pendenza media per tipologia di utilizzo considerando tutte le dighe presenti nel territorio degli Stati Uniti d'America: si può notare come il valore medio della pendenza della retta di regressione lineare sia positivo per l'utilizzo acquedottistico ed irriguo mentre sia negativo per l'utilizzo idroelettrico. Quindi mediamente a livello di utilizzo, la crescita si è verificata solo in due utilizzi su tre (dove il valor medio è positivo) e in particolare nell'utilizzo irriguo tale valore è risultato essere il massimo.

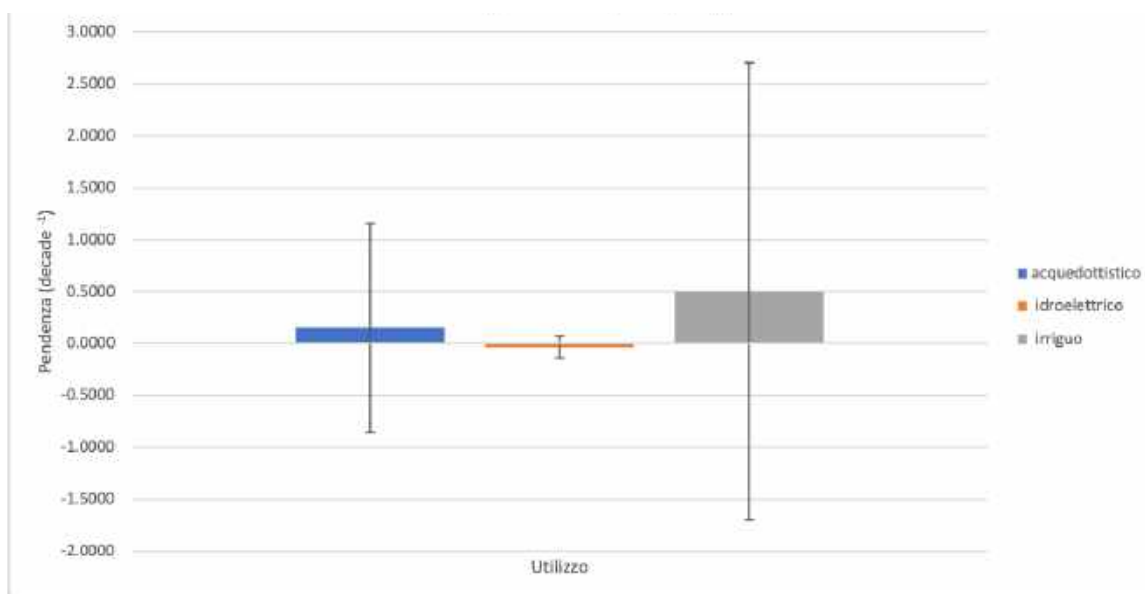


Figura 77. Confronto dei valori medi di pendenza della retta di regressione lineare nel territorio degli Stati Uniti d'America per tipologia di utilizzo. Le barre colorate rappresentano i valori di pendenza media ottenuti per ciascun utilizzo mentre le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente elaborato di tesi è stato quello di verificare se sia possibile considerare le dighe quali attrattori di popolazione in seguito alla loro realizzazione. A tale fine, è stata analizzata l'evoluzione spazio-temporale delle dinamiche tra popolazione e dighe negli Stati Uniti d'America. Mentre l'effetto di sfollamento delle aree inondate in seguito alla realizzazione delle dighe è un aspetto che è già stato trattato ed analizzato accuratamente in vari studi, il ruolo degli invasi come possibili attrattori di nuova popolazione non è ancora ben noto.

La decisione di concentrarsi proprio sugli Stati Uniti d'America è dipesa principalmente dal fatto di avere a disposizione dati di popolazione per circa 200 anni, forniti ogni decade, dal 1790 al 2010, e circa 1900 dighe distribuite su tutto il territorio.

È stato utilizzato un software Gis (QGIS) per l'elaborazione dei dati di popolazione e Matlab per la stesura di un codice in grado di calcolare l'evoluzione spazio-temporale dei cluster abitativi mediante una funzione statistica, la cosiddetta τ -statistic, a partire dall'anno di costruzione della diga.

La τ -statistic è definita come un rapporto tra variazioni di densità di popolazione; in particolare il numeratore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito all'anno di costruzione t_0 in un'area limitrofa alla diga, mentre il denominatore rappresenta la variazione di densità di popolazione tra le decadi successive alla costruzione della diga e il valore di densità di popolazione riferito a t_0 nello stato di appartenenza della diga.

Si è deciso di impostare lo studio in funzione della tipologia di utilizzo delle dighe e di prendere in considerazione solo l'utilizzo principale, con particolare riferimento agli utilizzi idroelettrico, irriguo ed acquedottistico.

È stato applicato un modello di regressione lineare per sintetizzare il trend temporale dei valori di τ -statistic, consci dei limiti che tale scelta comporta.

I risultati emersi dal lavoro di tesi sono i seguenti:

- Le dighe ad uso irriguo rappresentano la tipologia di invaso più diffusa sul territorio americano: sono infatti 367 dighe su 1859 totali, presenti in 19 stati rispetto ai 49 considerati. Le dighe ad uso idroelettrico sono 331, presenti in 36 stati, mentre quelle acquedottistiche sono 333, presenti in 41 stati. È stata notata anche una distribuzione molto particolare delle dighe ad uso irriguo che si trovano solo nella

metà occidentale del continente americano, a differenza delle altre tipologie che invece risultano distribuite più omogeneamente. Inoltre, in 3 stati non c'è la presenza di nessuna diga per i tre usi considerati (essi sono Delaware, District of Columbia, Mississippi), mentre solo 12 stati sui 49 considerati mostrano la presenza sul territorio di dighe per tutti e tre gli utilizzi scelti (essi sono Arizona, Arkansas, California, Colorado, Louisiana, Montana, Oklahoma, Oregon, Texas, Utah, Washington e Wyoming).

- Il modello di regressione lineare ha evidenziato un aumento di densità di popolazione in prossimità delle dighe in 21 (su 41), 18 (su 36) e 11 (su 19) stati, rispettivamente per l'utilizzo acquedottistico, idroelettrico e irriguo. Complessivamente, aggregando questi risultati alla scala degli Stati Uniti d'America, si è riscontrato un incremento di densità abitativa in prossimità delle dighe ad uso acquedottistico ed irriguo, mentre la densità è diminuita in corrispondenza delle dighe ad utilizzo idroelettrico. In particolare, nell'utilizzo irriguo tale valore è risultato essere il massimo. Questo comportamento potrebbe anche dipendere dalla particolare distribuzione geografica delle dighe ma sicuramente è dovuto agli andamenti della τ -*statistic* ottenuti e alla loro interpolazione. Come detto infatti, il comportamento è stato stabilito in base alla pendenza media assunta dalle rette interpolanti tutte le dighe nello stato ma ciò presuppone per l'appunto una corretta interpolazione dei valori e un modello che si adatti il più possibile ai dati. In questo studio invece, il modello lineare si è dimostrato essere quello più semplice da utilizzare ma non quello più corretto poiché i dati nella maggior parte dei casi non sono stati interpretati al meglio da una retta. Nei grafici difatti sono stati notati numerosi picchi, sia positivi che negativi della τ -*statistic*, in contrasto con il resto dei valori, che hanno reso gli andamenti altalenati e non regolari e quindi non hanno permesso un adattamento corretto del modello lineare. Tale situazione necessita pertanto dell'uso di modelli più complessi per essere approfondita.
- È stato studiato inoltre nel dettaglio il comportamento di alcuni invasi. Limitatamente all'analisi condotta, è emerso che molte dighe risultano un attrattore di popolazione poiché hanno osservato una maggiore concentrazione di persone nell'area entro i primi 10 km dalla posizione della diga.

Pertanto, in virtù del metodo lineare usato e di come è stata condotta l'analisi, si può concludere come effettivamente ci sia stata una crescita maggiore di densità abitativa in prossimità delle dighe rispetto alla situazione a livello di stato e come mediamente negli stati il comportamento associato alla presenza delle dighe sia di crescita.

Per ulteriori studi futuri potrebbe però essere utile utilizzare modelli più complessi che possano interpolare in maniera più precisa i dati ed effettuare l'analisi anche a livello di bacino in maniera da tale effettuare dei confronti con la situazione a livello di stato.

APPENDICE

TABELLA A1

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
40	46	4.598	9.026	7.236	0.084	0.905	0.004
41	46	0.000	0.024	0.014	0.000	0.036	0.759
42	46	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
43	46	0.670	1.168	0.897	-0.014	0.612	0.218
44	46	0.229	1.100	0.425	-0.008	0.445	0.102
47	46	-1.530	-0.735	-1.133	0.040	1.000	0.002
48	46	0.302	3.642	1.381	-0.029	0.454	0.097
49	46	0.260	0.616	0.413	-0.002	0.136	0.415
50	46	-0.375	0.293	-0.114	-0.020	0.765	0.126
51	46	-0.048	0.468	0.121	0.007	0.769	0.010
52	46	0.067	4.132	1.949	-0.043	0.708	0.004
53	46	15.397	38.990	27.603	-0.487	0.724	0.067
54	46	0.212	0.952	0.543	0.019	0.548	0.260
55	46	0.032	16.093	3.562	-0.094	0.258	0.199
56	46	-0.492	1.718	0.381	-0.075	0.927	0.037
57	46	-0.030	3.781	0.920	-0.008	0.051	0.560
58	46	-0.364	0.183	-0.012	0.007	0.864	0.002
59	46	8.057	16.173	12.233	-0.015	0.036	0.626
60	46	0.006	0.718	0.315	0.002	0.039	0.610
61	46	-2.635	2.369	0.020	-0.138	0.927	0.009
62	46	1.144	1.919	1.410	-0.023	0.748	0.135
63	46	-0.190	1.735	0.287	-0.015	0.518	0.044
64	46	0.011	0.481	0.271	0.017	0.863	0.071
65	46	0.037	0.401	0.174	0.013	0.895	0.054
66	46	1.016	1.683	1.350	-0.067	1.000	NaN
67	46	1.055	1.714	1.385	-0.066	1.000	NaN
68	46	0.137	0.290	0.200	-0.005	0.938	0.032
69	36	-8.889	-3.048	-5.469	0.146	0.504	0.290
70	46	0.257	0.979	0.512	0.005	0.065	0.680
71	36	-10.739	53.502	3.000	-0.696	0.590	0.044
72	36	2.590	11.032	6.135	0.422	0.928	0.172
73	36	0.063	9.661	2.974	-0.058	0.028	0.832
74	36	-23.855	-7.724	-14.812	0.558	0.965	0.018
75	36	-1.581	-1.581	-1.581	-0.001	NaN	NaN
76	36	15.534	84.481	59.515	0.907	0.870	0.001
77	36	-0.725	2.666	0.628	-0.110	0.839	0.084
78	36	-0.044	1.473	0.716	0.029	0.369	0.393
79	36	-2.120	1.923	0.590	0.087	0.360	0.400
80	36	-0.133	1.910	0.822	0.047	0.730	0.065
81	36	-0.198	0.578	0.277	0.002	0.006	0.921
82	36	-0.050	0.496	0.228	-0.006	0.124	0.647
83	36	0.616	1.830	0.973	-0.018	0.162	0.597
84	36	0.416	1.246	0.720	-0.001	0.001	0.974
85	36	2.930	5.812	4.046	-0.100	0.909	0.047
86	36	0.363	0.922	0.625	0.017	0.766	0.125
87	36	0.226	3.747	1.868	0.012	0.085	0.484
88	36	0.224	2.108	1.056	0.010	0.027	0.834
89	36	0.117	1.340	0.712	0.011	0.082	0.713
90	36	0.842	7.406	3.355	-0.065	0.312	0.250
91	36	0.123	0.441	0.281	-0.012	0.886	0.059
92	36	0.206	2.489	1.244	-0.084	0.923	0.039
93	36	0.352	3.375	1.727	-0.112	0.910	0.046
94	36	-0.579	1.129	0.408	0.008	0.033	0.772
95	36	-0.118	0.566	0.205	0.026	0.895	0.054
96	36	-0.276	-0.098	-0.194	0.007	0.858	0.073
97	36	2.253	3.980	2.829	-0.040	0.822	0.034
98	36	0.060	0.642	0.297	0.001	0.006	0.882
99	36	1.460	2.634	2.260	0.017	0.743	0.027
100	36	-0.331	0.531	0.055	-0.013	0.213	0.538
101	36	-0.823	0.720	0.139	0.009	0.414	0.062
102	36	-0.002	0.095	0.039	0.003	0.880	0.062
103	36	-0.351	0.360	-0.110	0.023	0.810	0.100
104	36	-4.434	-1.572	-2.722	0.143	0.896	0.209
105	36	0.024	0.447	0.241	-0.005	0.865	0.001
106	36	-0.488	-0.278	-0.383	0.021	1.000	NaN

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
107	36	-0.308	1.218	0.285	-0.064	0.606	0.432
108	36	0.045	0.721	0.285	-0.008	0.765	0.004
109	36	-0.002	0.000	-0.001	0.000	0.004	0.937
110	36	8.494	38.953	16.597	-0.313	0.778	0.004
111	36	-0.221	2.887	0.633	-0.093	0.634	0.204
112	36	-0.035	1.065	0.181	-0.011	0.478	0.085
113	36	0.339	1.648	0.944	-0.011	0.460	0.064
114	36	1.103	3.242	1.675	0.012	0.238	0.220
115	36	-0.099	0.221	0.019	-0.001	0.122	0.358
116	36	-15.595	-3.333	-7.793	0.613	0.818	0.281
117	4	-0.045	0.242	0.042	0.000	0.013	0.787
118	4	-0.012	0.108	0.042	0.001	0.024	0.844
119	4	-0.016	0.115	0.033	0.000	0.004	0.870
120	4	-0.023	0.045	0.002	-0.001	0.377	0.105
121	4	-0.002	0.749	0.113	-0.007	0.432	0.109
122	4	0.479	1.173	0.670	-0.021	0.663	0.185
123	4	-0.108	-0.012	-0.035	0.001	0.756	0.024
124	4	-0.637	-0.079	-0.260	0.018	0.789	0.112
125	4	-0.079	0.101	0.008	0.000	0.003	0.880
126	4	-0.588	-0.062	-0.216	0.016	0.699	0.164
127	4	-0.023	0.373	0.083	-0.005	0.759	0.011
128	4	-0.011	0.145	0.050	-0.001	0.664	0.002
129	4	-0.047	0.609	0.154	-0.021	0.734	0.143
130	4	-0.002	0.037	0.013	-0.001	0.647	0.196
131	4	0.021	0.161	0.073	-0.003	0.374	0.389
132	4	0.334	1.171	0.811	0.021	0.973	0.002
133	4	0.334	0.799	0.566	0.008	0.277	0.474
134	4	-0.166	0.085	-0.007	0.001	0.195	0.174
135	4	-0.001	0.011	0.005	0.000	0.671	0.181
136	4	-0.063	0.012	-0.011	0.001	0.720	0.008
137	4	-0.043	0.012	-0.011	0.002	0.922	0.040
138	4	-0.001	0.089	0.021	-0.001	0.393	0.132
139	4	-0.076	0.034	0.002	0.001	0.519	0.044
140	4	0.040	0.135	0.088	0.000	0.003	0.901
141	4	0.102	0.254	0.175	-0.004	0.530	0.272
142	4	-0.051	0.480	0.132	-0.018	0.852	0.077
143	4	0.149	1.140	0.717	-0.006	0.031	0.823
144	4	0.026	0.061	0.038	-0.001	0.385	0.380
145	4	-0.003	0.263	0.103	-0.009	0.833	0.087
146	4	-0.135	0.159	-0.016	-0.001	0.037	0.679
147	4	-0.350	0.096	-0.127	-0.004	0.070	0.736
148	4	0.058	8.675	4.091	-0.333	0.847	0.079
149	4	0.079	6.387	3.276	-0.241	0.787	0.113
150	4	0.010	0.166	0.102	0.004	0.685	0.173
151	4	-0.566	1.023	-0.033	-0.036	0.420	0.352
152	4	0.480	4.349	2.469	-0.144	0.773	0.121
153	4	-0.127	0.606	0.089	-0.003	0.051	0.667
154	4	-0.009	0.338	0.125	0.000	0.006	0.871
155	4	-0.075	0.200	0.062	0.007	0.948	0.005
156	4	0.029	0.218	0.097	0.000	0.000	0.963
157	4	-0.153	1.041	0.343	0.000	0.000	1.000
158	4	0.159	0.302	0.230	0.003	0.545	0.262
159	4	-0.434	1.029	0.018	-0.001	0.027	0.589
160	4	-1.117	3.464	0.503	-0.094	0.353	0.406
161	4	-0.011	1.349	0.178	-0.008	0.369	0.083
162	4	-0.498	0.198	-0.061	0.006	0.783	0.002
163	4	-0.378	2.079	0.477	-0.049	0.322	0.433
164	4	-0.081	0.236	0.102	0.005	0.262	0.488
165	4	0.107	1.476	0.643	-0.010	0.225	0.282
166	4	-0.533	0.128	-0.083	0.005	0.750	0.003
167	4	-0.063	0.724	0.314	0.022	0.881	0.018
168	4	-0.163	0.585	0.190	0.011	0.681	0.043
169	4	1.017	1.737	1.349	0.009	0.158	0.602
170	4	-0.135	0.148	-0.014	0.001	0.299	0.128
171	4	-0.362	2.739	1.007	0.010	0.011	0.896
172	4	0.044	0.098	0.064	0.001	0.373	0.389
173	4	0.029	0.203	0.100	-0.007	0.545	0.471
174	4	0.056	0.118	0.091	-0.001	0.092	0.696
175	4	0.310	3.621	1.550	-0.109	0.896	0.054
176	4	0.087	0.208	0.131	-0.003	0.588	0.234
177	4	0.046	0.793	0.367	0.002	0.009	0.907
178	4	0.141	0.308	0.203	0.004	0.423	0.350

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
179	4	0.078	0.220	0.156	0.001	0.063	0.750
180	4	0.118	0.530	0.307	0.021	0.981	0.089
181	4	0.056	0.759	0.483	0.012	0.273	0.478
182	4	10.613	12.580	11.442	-0.030	0.226	0.524
183	4	-0.003	0.017	0.008	0.000	0.532	0.040
184	4	0.019	0.200	0.092	0.005	0.726	0.067
185	4	-0.530	0.051	-0.142	0.018	0.739	0.140
186	4	-0.022	0.254	0.082	0.000	0.001	0.950
187	4	-0.140	0.203	0.089	0.008	0.809	0.038
188	4	-0.076	0.832	0.527	0.008	0.495	0.078
189	4	-1.598	0.026	-0.470	0.050	0.734	0.143
190	4	0.166	5.749	1.550	-0.069	0.770	0.009
191	4	-0.974	-0.098	-0.563	-0.009	0.108	0.672
192	4	-0.100	0.039	-0.009	0.005	0.842	0.082
193	4	-0.189	0.762	0.176	-0.016	0.232	0.519
194	4	0.174	0.341	0.237	-0.008	0.838	0.264
195	4	0.145	0.446	0.249	-0.010	0.811	0.100
196	4	-0.138	3.634	0.599	-0.011	0.186	0.161
197	4	0.819	2.779	1.635	-0.052	0.956	0.004
198	4	0.349	0.964	0.617	-0.031	0.952	0.141
199	4	-0.774	0.066	-0.354	-0.084	1.000	NaN
200	4	8.908	43.983	25.743	-0.065	0.016	0.767
201	4	1.493	6.196	3.725	0.020	0.123	0.395
202	4	-0.661	15.966	7.515	-0.634	0.785	0.114
203	4	0.062	0.497	0.210	-0.010	0.724	0.067
204	4	0.367	3.353	1.352	-0.097	0.818	0.095
205	4	-0.516	0.982	0.158	-0.001	0.002	0.910
206	4	0.169	1.397	0.741	0.042	0.990	0.005
207	4	1.667	1.667	1.667	0.001	NaN	NaN
208	4	4.157	18.960	11.342	-0.740	0.997	0.032
209	4	19.954	159.036	68.411	-1.239	0.845	0.000
210	4	0.138	2.262	0.860	-0.070	0.843	0.082
211	4	-0.024	0.396	0.201	0.004	0.652	0.008
212	4	0.027	0.160	0.087	0.000	0.015	0.773
213	4	2.357	3.870	3.259	0.019	0.139	0.627
214	4	-0.097	0.004	-0.056	0.004	0.921	0.040
215	4	3.992	17.005	10.599	0.077	0.571	0.003
216	4	1.624	4.284	2.997	0.092	0.755	0.131
217	4	-1.038	23.104	13.348	0.081	0.213	0.153
218	4	-1.375	-0.345	-0.701	0.033	0.829	0.090
219	4	1.256	5.566	3.921	0.015	0.073	0.558
220	4	9.183	17.945	13.558	-0.236	0.981	0.001
221	4	1.048	8.466	6.107	0.051	0.162	0.430
222	4	-0.283	1.999	0.673	0.066	0.779	0.047
223	4	-0.011	2.181	0.714	0.038	0.606	0.068
224	4	-0.128	3.584	1.818	0.100	0.547	0.261
225	4	-0.032	0.192	0.094	0.007	0.769	0.123
226	4	-0.031	0.237	0.118	0.008	0.748	0.135
227	4	1.079	3.900	2.570	0.070	0.495	0.297
228	4	-0.195	0.287	0.082	0.018	0.891	0.056
229	4	-0.005	0.034	0.008	0.001	0.843	0.082
230	4	-0.010	0.166	0.042	-0.005	0.510	0.286
231	4	-0.008	0.141	0.033	-0.004	0.538	0.266
232	4	0.042	0.653	0.290	0.016	0.486	0.303
233	4	-0.038	0.313	0.065	-0.003	0.355	0.212
234	4	0.273	0.469	0.339	-0.006	0.783	0.115
290	46	0.001	0.092	0.025	0.003	0.646	0.196
291	46	-0.150	0.060	-0.045	-0.021	1.000	NaN
292	25	-1.438	6.107	0.867	-0.023	0.092	0.465
293	25	-1.312	0.142	-0.219	0.018	0.496	0.118
294	46	0.030	0.592	0.230	-0.004	0.298	0.128
295	25	-0.132	0.754	0.136	-0.010	0.803	0.001
296	25	-0.043	0.549	0.142	-0.009	0.165	0.593
297	25	-0.477	-0.053	-0.221	0.000	0.001	0.975
298	25	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
299	25	0.411	2.242	1.611	0.032	0.508	0.177
300	25	-0.079	0.257	0.055	0.007	0.388	0.377
301	25	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
302	46	-0.261	0.137	-0.041	0.001	0.040	0.666
303	46	0.027	0.475	0.264	-0.015	0.990	0.005
304	25	3.017	5.058	3.774	-0.027	0.795	0.007
305	11	1.319	5.651	3.236	0.030	0.046	0.787

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
306	25	-0.002	0.003	0.000	0.000	0.038	0.805
307	25	-0.412	-0.186	-0.257	0.002	0.078	0.722
308	25	-7.828	-0.191	-1.914	0.091	0.697	0.019
309	25	1.692	2.885	2.041	-0.035	0.624	0.210
310	46	0.027	0.233	0.103	-0.001	0.051	0.666
311	46	-0.056	0.181	0.007	0.005	0.717	0.070
312	25	2.627	5.964	3.981	-0.032	0.608	0.023
313	46	-0.255	3.395	0.800	-0.008	0.038	0.642
314	46	0.382	4.664	2.949	0.214	0.894	0.212
315	11	0.173	27.312	7.658	0.275	0.700	0.005
316	25	-1.177	17.302	10.917	0.323	0.663	0.048
317	25	-0.955	5.640	0.990	-0.069	0.557	0.054
318	25	0.354	13.958	8.724	0.132	0.748	0.003
319	25	-0.534	0.265	-0.067	-0.002	0.021	0.757
320	25	-0.853	0.851	-0.019	0.006	0.108	0.388
321	25	1.942	41.425	12.128	-0.443	0.645	0.030
322	25	-1.994	1.253	-0.052	0.072	0.647	0.101
323	46	0.083	0.286	0.167	0.001	0.025	0.798
324	25	-100.265	225.338	29.960	-0.548	0.031	0.679
325	25	2.855	12.285	5.324	-0.095	0.566	0.051
326	25	-1.009	1.663	-0.383	-0.008	0.110	0.383
327	46	0.843	3.024	1.771	0.058	0.529	0.273
328	25	0.418	3.652	2.110	0.004	0.018	0.752
329	46	0.094	0.337	0.223	-0.005	0.745	0.060
330	25	-0.282	-0.081	-0.178	0.004	0.777	0.048
331	25	-0.011	0.092	0.058	0.002	0.873	0.006
332	25	-1.627	1.744	-0.006	0.037	0.840	0.001
333	46	-0.139	0.006	-0.052	0.003	0.652	0.099
334	25	1.941	32.532	17.700	0.970	0.728	0.147
335	46	-0.132	0.017	-0.041	0.003	0.624	0.112
336	25	-0.110	0.213	0.010	-0.016	0.839	0.263
337	25	-0.338	-0.033	-0.124	0.004	0.450	0.145
338	11	-2.661	-0.279	-0.976	0.031	0.124	0.648
339	25	-0.403	-0.148	-0.296	0.004	0.714	0.034
340	25	-0.706	0.106	-0.412	0.011	0.628	0.060
341	25	-0.650	1.006	0.272	-0.011	0.378	0.078
342	25	-17.966	5.459	-1.780	0.065	0.073	0.517
343	25	-5.472	-0.884	-2.712	0.158	0.926	0.038
344	25	-0.367	0.489	-0.090	-0.009	0.384	0.189
345	25	-1.881	3.342	0.472	0.041	0.613	0.013
346	36	0.435	6.079	3.488	0.058	0.725	0.004
347	25	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
348	25	-1.170	1.685	0.822	0.046	0.807	0.015
349	36	-0.803	-0.184	-0.393	0.031	0.761	0.326
350	36	2.842	14.170	6.119	-0.138	0.806	0.006
351	25	-6.954	0.925	-1.320	0.132	0.885	0.005
352	25	0.070	1.047	0.498	-0.005	0.225	0.197
353	36	-0.095	-0.044	-0.064	0.003	0.895	0.210
354	36	-0.321	-0.009	-0.089	0.003	0.393	0.132
355	25	-0.003	1.102	0.603	0.012	0.103	0.679
356	25	-1.276	0.202	-0.289	0.024	0.930	0.002
357	25	-0.033	0.000	-0.016	0.000	0.944	0.000
358	25	-0.766	0.099	-0.149	0.013	0.802	0.016
359	25	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
360	36	-0.083	0.116	-0.009	-0.006	0.813	0.098
361	36	-0.090	0.529	0.046	-0.005	0.353	0.160
362	25	0.052	0.240	0.151	-0.005	0.596	0.228
363	36	0.367	0.773	0.517	-0.009	0.440	0.337
364	25	-0.210	0.870	0.428	0.004	0.111	0.420
365	11	0.040	0.218	0.100	0.005	0.731	0.145
366	25	0.387	0.868	0.561	-0.002	0.010	0.900
367	36	-0.047	0.063	0.018	-0.003	0.803	0.104
368	25	0.076	0.453	0.148	-0.003	0.277	0.225
369	49	0.027	0.056	0.039	-0.001	0.956	0.022
370	11	-0.276	0.302	0.114	0.012	0.748	0.058
371	49	-0.183	0.504	0.140	-0.020	0.344	0.601
372	36	-0.194	-0.030	-0.093	0.002	0.698	0.038
373	49	0.764	8.339	3.679	0.076	0.816	0.001
374	11	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
375	11	-0.002	0.000	-0.001	0.000	0.162	0.598
376	36	-0.416	0.475	-0.158	-0.012	0.618	0.064
377	11	0.010	0.476	0.177	0.003	0.233	0.273

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
378	49	-0.051	1.017	0.579	0.010	0.351	0.215
379	49	0.228	0.362	0.278	-0.001	0.034	0.814
380	11	0.626	4.936	1.953	-0.046	0.839	0.001
381	49	-0.320	0.073	-0.056	0.007	0.805	0.015
382	36	-0.211	0.304	0.011	0.011	0.398	0.369
383	36	-0.023	0.117	0.045	0.000	0.001	0.949
384	49	-0.286	0.674	0.223	0.008	0.787	0.001
385	49	-0.047	0.008	-0.014	0.000	0.000	0.996
386	36	-0.294	0.704	0.018	-0.005	0.158	0.377
387	11	-0.278	0.576	0.283	0.004	0.268	0.153
388	36	0.004	0.059	0.018	0.000	0.500	0.050
389	11	14.390	28.818	18.292	0.097	0.380	0.077
390	11	-2.565	-0.224	-1.073	0.117	0.816	0.282
391	11	1.615	15.664	11.500	0.395	0.579	0.239
392	11	0.038	0.545	0.196	-0.016	0.728	0.146
393	49	-0.371	0.483	0.197	0.011	0.278	0.361
394	11	-0.321	0.015	-0.067	0.007	0.598	0.125
395	11	-0.202	0.047	-0.046	0.001	0.254	0.167
396	11	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
397	11	0.069	0.523	0.199	-0.004	0.673	0.007
398	49	0.212	0.613	0.399	0.002	0.072	0.606
399	49	0.537	0.965	0.737	-0.004	0.456	0.096
400	49	0.148	0.577	0.292	-0.002	0.180	0.343
401	49	0.492	1.611	0.855	-0.006	0.243	0.177
402	11	-0.517	0.172	-0.040	0.004	0.381	0.077
403	49	0.010	0.363	0.168	0.012	0.965	0.018
404	49	0.469	0.870	0.644	-0.003	0.263	0.240
405	11	-1.396	-0.141	-0.466	0.026	0.633	0.107
406	36	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
407	49	0.411	0.758	0.585	0.035	1.000	NaN
408	11	-1.617	0.430	-0.089	0.034	0.379	0.269
409	49	0.157	0.540	0.280	0.011	0.683	0.173
410	49	0.029	0.072	0.044	-0.001	0.806	0.102
411	11	0.917	1.550	1.153	-0.032	0.837	0.264
412	49	-0.044	2.073	0.487	-0.016	0.537	0.025
413	11	0.325	3.481	1.323	-0.026	0.684	0.006
414	11	-0.259	8.057	3.188	0.025	0.046	0.646
415	49	0.215	1.449	0.648	-0.017	0.580	0.078
416	49	0.242	0.953	0.525	-0.005	0.518	0.029
417	36	-0.003	0.000	-0.001	0.000	0.029	0.829
418	11	0.333	3.111	1.275	-0.029	0.754	0.002
419	49	-0.403	0.317	0.133	0.013	0.436	0.225
420	49	0.019	0.276	0.177	0.000	0.002	0.918
421	49	-0.249	0.454	0.079	-0.005	0.178	0.405
422	36	-0.003	0.000	-0.002	0.000	0.166	0.592
423	49	0.013	0.411	0.195	0.013	0.689	0.170
424	49	7.575	23.344	14.125	-0.500	0.925	0.038
425	49	0.125	0.506	0.285	0.013	0.955	0.023
426	49	-0.034	0.147	0.051	-0.004	0.577	0.240
427	43	-0.506	2.399	0.191	-0.023	0.343	0.167
428	49	-0.518	-0.023	-0.185	0.004	0.808	0.000
429	49	-2.294	1.434	-0.457	-0.097	0.272	0.651
430	27	0.028	0.065	0.048	0.000	0.085	0.708
431	43	1.794	11.073	7.176	0.079	0.278	0.224
432	43	-0.011	0.303	0.085	-0.008	0.441	0.336
433	49	1.249	2.124	1.650	0.012	0.187	0.568
434	49	-0.319	0.107	-0.017	0.003	0.617	0.012
435	27	0.026	0.080	0.055	-0.003	0.989	0.066
437	43	2.075	4.765	3.807	0.074	0.622	0.211
438	43	0.955	4.632	2.237	-0.051	0.733	0.029
439	49	-0.273	0.091	-0.014	0.003	0.629	0.011
441	49	-0.104	-0.013	-0.059	0.009	1.000	NaN
442	43	0.396	0.711	0.564	0.002	0.038	0.806
443	49	1.261	1.988	1.537	-0.003	0.016	0.872
444	49	0.126	0.297	0.211	-0.017	1.000	NaN
445	49	0.446	0.857	0.625	0.008	0.316	0.438
448	43	0.000	0.096	0.035	0.004	0.679	0.383
449	43	-1.092	2.666	0.655	0.002	0.003	0.904
450	43	-0.385	-0.015	-0.127	0.011	0.616	0.215
451	43	0.013	0.049	0.034	0.000	0.012	0.891
452	43	-0.020	0.012	0.001	0.002	0.771	0.318
453	43	0.025	0.192	0.098	0.000	0.000	0.994

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
454	5	-0.606	-0.295	-0.496	0.016	0.796	0.298
455	5	0.036	0.081	0.062	0.000	0.044	0.791
456	43	0.491	1.182	0.902	-0.025	0.895	0.054
457	43	3.197	3.228	3.213	0.003	1.000	NaN
458	43	0.155	0.510	0.333	-0.036	1.000	NaN
459	27	0.013	0.033	0.023	-0.002	1.000	NaN
460	5	0.776	3.062	1.492	0.014	0.376	0.059
461	27	0.015	0.076	0.046	-0.006	1.000	NaN
462	5	0.512	7.482	2.657	0.078	0.671	0.007
463	5	0.764	12.220	4.444	0.119	0.635	0.006
465	5	29.815	48.798	36.637	-0.202	0.095	0.691
466	5	0.001	0.861	0.439	-0.009	0.697	0.010
467	43	2.899	3.788	3.344	-0.089	1.000	NaN
468	5	0.585	21.780	14.783	0.388	0.527	0.165
469	43	-0.156	0.069	-0.024	0.011	0.919	0.184
470	43	0.046	0.098	0.072	-0.005	1.000	NaN
471	43	-0.006	0.038	0.013	0.001	0.824	0.012
472	5	-1.310	-0.142	-0.569	0.058	0.823	0.277
473	43	4.647	6.071	5.234	-0.039	0.531	0.271
474	5	0.165	0.888	0.426	-0.036	0.813	0.284
476	5	9.954	26.431	17.418	0.144	0.818	0.000
477	43	-0.381	0.549	0.278	0.010	0.415	0.167
478	5	17.068	28.165	22.193	-0.076	0.703	0.001
479	43	21.982	36.448	29.215	1.447	1.000	NaN
480	5	0.414	18.344	13.873	0.027	0.043	0.519
481	5	0.843	1.247	1.019	0.000	0.000	0.974
482	43	0.065	0.195	0.136	-0.003	0.376	0.387
483	43	1.170	3.679	2.048	-0.084	0.862	0.072
484	5	0.090	0.102	0.096	-0.001	1.000	NaN
485	27	0.004	0.004	0.004	0.000	NaN	NaN
486	5	0.014	0.218	0.090	-0.006	0.827	0.090
487	5	0.014	0.141	0.078	0.002	0.473	0.199
488	43	0.027	0.221	0.092	0.006	0.777	0.119
489	43	0.038	0.129	0.068	-0.003	0.808	0.101
490	5	6.140	16.651	13.664	0.062	0.205	0.307
491	5	0.024	0.250	0.127	0.004	0.527	0.165
492	5	0.025	0.203	0.110	0.003	0.423	0.235
493	43	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
494	5	-0.036	0.004	-0.015	0.001	0.210	0.697
495	5	13.371	16.932	14.995	-0.033	0.078	0.720
496	5	-0.090	-0.009	-0.043	0.004	0.925	0.177
497	5	0.024	0.209	0.134	0.004	0.316	0.438
498	5	27.791	36.241	33.093	-0.166	0.320	0.434
499	5	-5.091	1.387	-0.550	0.059	0.711	0.004
500	5	2.584	3.979	3.403	0.013	0.075	0.726
501	5	-5.945	25.702	13.842	0.376	0.900	0.000
502	5	-0.471	0.737	0.241	0.011	0.316	0.246
503	43	-0.095	1.745	0.343	-0.009	0.343	0.075
504	5	0.934	67.724	36.436	0.845	0.769	0.002
505	5	-1.351	25.083	16.629	0.214	0.243	0.321
506	43	-0.165	-0.023	-0.060	0.003	0.662	0.094
507	5	1.361	1.759	1.552	0.005	0.168	0.590
508	5	-45.266	98.089	47.954	1.372	0.767	0.001
509	5	1.599	5.623	3.470	0.141	0.720	0.152
510	43	0.018	0.100	0.050	-0.003	0.875	0.065
511	5	50.286	85.629	68.041	-1.167	0.999	0.000
513	43	-0.115	0.057	-0.015	0.004	0.889	0.016
514	27	-0.915	1.554	0.242	0.005	0.045	0.614
515	43	-0.056	1.685	0.320	-0.014	0.596	0.015
516	5	0.011	0.038	0.025	-0.001	0.867	0.069
517	5	0.046	0.442	0.269	-0.015	0.903	0.050
518	43	0.008	0.052	0.031	-0.001	0.483	0.305
519	5	-1.821	0.664	-0.413	-0.013	0.025	0.842
520	27	0.006	0.006	0.006	0.000	NaN	NaN
521	5	-0.396	-0.090	-0.198	0.010	0.859	0.073
522	5	0.148	6.447	1.645	-0.022	0.125	0.351
523	43	-0.222	3.426	0.731	-0.016	0.338	0.061
524	27	-0.294	64.682	14.268	0.081	0.002	0.942
525	43	-0.231	-0.047	-0.106	0.003	0.844	0.010
526	43	0.042	0.193	0.135	-0.005	0.895	0.054
527	27	-0.091	0.034	0.006	0.002	0.562	0.086
528	5	-0.344	0.143	-0.056	0.005	0.801	0.001

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
529	5	-0.199	0.139	-0.014	0.003	0.658	0.008
530	5	0.253	0.463	0.347	0.003	0.106	0.789
531	5	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
532	5	3.109	4.455	3.698	0.012	0.068	0.739
533	5	-0.039	1.016	0.224	-0.006	0.177	0.347
534	43	0.010	0.355	0.140	-0.004	0.875	0.000
536	5	-1.095	0.046	-0.216	0.018	0.743	0.027
537	5	0.127	0.493	0.261	-0.008	0.437	0.339
538	27	-0.037	-0.037	-0.037	0.000	NaN	NaN
539	43	-0.029	0.124	0.039	-0.001	0.475	0.040
540	5	0.083	0.172	0.115	-0.001	0.255	0.385
541	5	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
542	5	0.054	0.215	0.107	-0.005	0.817	0.096
544	4	-0.046	0.050	0.002	0.010	1.000	NaN
545	4	-0.026	0.022	0.002	0.000	0.019	0.863
546	4	0.000	0.040	0.013	0.000	0.434	0.076
547	43	-0.327	-0.047	-0.173	0.005	0.888	0.005
548	4	-0.193	0.104	-0.015	0.002	0.506	0.032
549	5	0.043	0.056	0.049	0.000	0.729	0.146
550	43	-0.032	0.199	0.044	-0.002	0.666	0.007
551	4	-0.185	0.055	-0.023	0.001	0.176	0.301
552	43	-0.196	0.406	0.009	-0.001	0.067	0.471
553	5	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
554	4	-0.098	0.057	0.015	0.004	0.566	0.248
555	4	0.026	0.125	0.064	-0.001	0.369	0.110
556	4	0.002	0.187	0.033	-0.001	0.202	0.263
557	4	0.025	0.379	0.117	-0.003	0.359	0.117
558	5	-0.087	0.013	-0.025	0.002	0.898	0.001
559	4	0.002	0.017	0.006	0.000	0.161	0.431
560	5	-0.316	-0.008	-0.103	0.003	0.833	0.001
561	5	0.037	0.414	0.175	-0.005	0.851	0.000
562	4	-0.014	0.058	0.007	0.000	0.218	0.243
563	43	0.099	0.944	0.412	-0.005	0.597	0.002
564	5	-0.042	1.069	0.086	-0.004	0.216	0.149
565	43	-0.111	0.126	0.032	-0.002	0.030	0.889
566	4	0.008	0.026	0.013	0.000	0.209	0.363
567	5	0.173	0.192	0.185	-0.001	0.586	0.445
568	5	0.194	0.627	0.417	-0.002	0.349	0.072
569	43	0.006	0.363	0.133	-0.002	0.231	0.191
570	5	0.033	0.050	0.042	-0.001	0.939	0.031
571	5	0.064	0.844	0.289	-0.006	0.502	0.033
572	5	-0.028	0.173	0.099	0.005	0.841	0.028
573	5	-0.047	0.976	0.279	-0.010	0.714	0.004
574	5	0.449	0.604	0.555	-0.005	0.731	0.145
575	5	-0.624	0.338	0.064	0.015	0.802	0.016
576	4	0.000	0.033	0.014	0.001	0.773	0.049
577	5	0.020	0.627	0.194	-0.006	0.830	0.001
578	5	-0.040	-0.006	-0.018	0.001	0.908	0.012
579	4	-2.525	-0.334	-0.987	0.068	0.727	0.147
580	4	0.052	0.463	0.257	-0.004	0.789	0.001
581	4	-0.004	0.038	0.013	0.000	0.185	0.335
582	43	0.441	0.655	0.527	-0.006	0.754	0.132
583	5	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
584	4	-0.011	0.135	0.040	0.001	0.153	0.339
585	4	0.113	0.423	0.246	-0.011	0.486	0.509
586	4	-0.715	-0.018	-0.151	0.005	0.569	0.019
587	43	3.208	9.357	5.957	0.307	0.968	0.115
588	4	-0.408	-0.009	-0.085	0.003	0.560	0.020
589	4	-0.337	1.980	0.422	-0.050	0.568	0.141
590	4	0.066	0.297	0.119	0.000	0.004	0.892
591	5	-0.046	0.963	0.277	-0.010	0.714	0.004
592	4	0.183	0.254	0.221	0.001	0.158	0.739
593	4	0.003	0.106	0.053	0.003	0.697	0.165
594	4	-0.034	0.095	0.004	-0.001	0.167	0.362
595	4	0.017	1.451	0.476	-0.026	0.846	0.009
596	4	0.005	0.114	0.068	0.003	0.660	0.188
597	2	1.416	4.994	2.957	-0.123	0.960	0.020
598	4	3.434	6.403	4.822	0.083	0.937	0.007
599	30	-0.024	0.139	0.058	-0.001	0.081	0.495
600	4	0.020	0.239	0.151	0.001	0.043	0.738
601	30	-0.117	0.119	0.028	0.007	0.718	0.153
602	30	-0.196	-0.049	-0.130	-0.002	0.149	0.614

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
603	30	-0.052	0.331	0.136	-0.014	0.909	0.047
604	30	-0.054	0.776	0.219	-0.012	0.797	0.017
605	4	0.270	0.533	0.365	-0.006	0.414	0.357
606	30	0.019	0.679	0.312	-0.023	0.954	0.023
607	4	0.011	0.268	0.065	-0.002	0.501	0.033
608	27	42.999	42.999	42.999	0.021	NaN	NaN
609	4	1.752	2.477	2.053	-0.013	0.290	0.461
610	27	0.901	17.955	4.728	-0.252	0.693	0.040
611	30	4.425	25.136	11.361	-0.222	0.740	0.006
612	4	-0.119	0.170	-0.002	0.000	0.000	0.989
613	30	-0.245	1.356	0.399	0.064	0.565	0.459
614	30	0.172	11.466	4.243	0.281	0.751	0.057
615	4	0.057	0.778	0.241	-0.004	0.417	0.032
616	2	0.000	2.563	0.903	0.071	0.794	0.042
617	2	0.027	0.057	0.040	0.000	0.696	0.039
618	2	0.009	0.065	0.034	0.001	0.095	0.800
619	4	0.006	0.098	0.041	0.003	0.909	0.047
620	4	-0.518	-0.125	-0.253	0.009	0.828	0.032
621	4	0.000	0.120	0.035	0.002	0.728	0.015
622	4	0.011	1.108	0.393	0.037	0.859	0.073
623	2	0.027	0.066	0.043	-0.001	0.244	0.506
624	4	0.009	3.126	1.602	0.111	0.960	0.020
625	4	0.011	0.534	0.260	0.019	0.939	0.031
626	4	-0.954	1.108	0.071	0.078	0.792	0.110
627	2	0.065	0.540	0.246	-0.005	0.755	0.002
628	4	-0.083	25.953	15.025	0.323	0.710	0.009
629	2	0.001	0.014	0.008	0.000	0.667	0.047
630	4	0.000	0.001	0.000	0.000	0.063	0.632
631	4	0.015	0.996	0.395	0.005	0.153	0.337
632	4	0.003	0.454	0.128	-0.001	0.012	0.775
633	4	11.639	22.217	15.377	-0.336	0.839	0.084
634	4	4.822	24.778	10.337	-0.311	0.827	0.012
635	4	11.331	50.942	21.742	-0.622	0.816	0.014
636	4	2.329	35.308	22.236	0.260	0.429	0.078
637	4	8.774	14.091	10.990	-0.084	0.208	0.544
638	4	20.937	38.142	28.255	0.037	0.032	0.674
639	4	2.777	82.087	45.960	-0.024	0.001	0.959
640	2	-0.015	0.518	0.205	0.006	0.234	0.409
641	2	0.005	0.041	0.019	-0.001	0.337	0.420
642	4	2.274	11.186	6.867	0.144	0.965	0.000
643	4	0.313	6.968	3.464	0.231	0.819	0.095
644	2	0.064	4.622	0.990	-0.069	0.674	0.045
645	4	0.774	13.604	8.633	0.149	0.525	0.066
646	4	0.217	7.467	2.654	0.097	0.585	0.045
647	2	0.041	0.493	0.183	-0.004	0.676	0.007
648	4	17.199	17.199	17.199	0.009	NaN	NaN
649	4	0.006	0.302	0.100	-0.002	0.354	0.070
650	2	-0.057	0.691	0.112	-0.004	0.195	0.322
651	4	0.060	6.686	2.407	0.225	0.869	0.068
652	2	0.052	6.034	1.334	-0.058	0.474	0.087
653	2	0.063	3.042	0.997	-0.036	0.723	0.008
654	4	0.020	0.602	0.223	0.015	0.836	0.030
655	4	0.012	0.299	0.123	-0.002	0.491	0.053
656	2	-1.092	0.037	-0.175	0.012	0.574	0.049
657	30	0.848	17.489	7.862	-0.069	0.128	0.384
658	4	-0.076	0.216	0.043	-0.003	0.159	0.505
659	4	0.237	10.648	2.637	0.100	0.512	0.046
660	4	17.129	22.377	19.753	-0.525	1.000	NaN
661	4	0.053	0.568	0.311	-0.002	0.263	0.107
662	4	1.462	6.354	4.493	0.077	0.956	0.001
663	4	-0.015	0.027	0.004	-0.001	0.989	0.005
664	30	-0.658	-0.038	-0.219	0.010	0.883	0.005
665	4	0.351	3.532	1.409	0.027	0.342	0.168
666	4	10.609	13.661	12.224	0.024	0.046	0.786
667	4	-0.040	3.333	1.225	0.088	0.859	0.024
668	4	4.976	19.036	11.993	0.120	0.928	0.000
669	4	0.150	0.649	0.352	-0.003	0.356	0.090
670	4	0.195	0.739	0.386	-0.002	0.107	0.430
671	4	0.211	5.928	1.533	0.049	0.544	0.037
674	42	-0.012	-0.008	-0.010	0.000	1.000	NaN
727	33	-0.301	1.201	0.532	0.049	0.677	0.177
728	22	-0.045	0.003	-0.011	0.001	0.683	0.085

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
729	33	-52.696	3.175	-10.016	-0.304	0.094	0.555
730	33	-455.213	7.979	-86.065	-1.624	0.037	0.714
731	22	1.581	8.168	4.301	-0.074	0.941	0.000
732	33	-156.320	2.997	-30.964	-0.682	0.056	0.650
733	25	-0.500	0.436	0.004	-0.021	0.595	0.127
734	22	-0.191	-0.051	-0.089	0.002	0.734	0.029
735	33	-197.090	3.655	-37.472	-0.735	0.041	0.701
736	22	-0.008	0.020	0.006	-0.003	1.000	NaN
737	22	-0.200	0.083	-0.009	0.004	0.731	0.030
738	22	0.016	0.056	0.028	0.000	0.673	0.004
739	22	-0.048	0.017	0.002	0.000	0.280	0.177
740	22	-0.018	0.344	0.066	-0.004	0.586	0.045
741	22	-0.115	0.023	-0.011	0.001	0.573	0.030
742	22	-0.629	0.080	-0.124	0.011	0.836	0.011
743	22	0.059	0.162	0.108	-0.001	0.397	0.051
744	22	-0.093	0.037	0.008	0.001	0.311	0.151
745	22	-0.019	0.930	0.236	-0.008	0.425	0.113
746	22	-0.716	-0.141	-0.331	0.009	0.872	0.006
747	22	-0.422	0.185	0.004	0.007	0.551	0.091
748	22	0.009	0.131	0.057	0.003	0.547	0.260
749	22	-2.007	1.399	0.184	0.158	0.693	0.374
750	22	-0.481	0.291	0.049	0.013	0.912	0.003
751	22	-0.232	0.224	0.032	0.004	0.353	0.214
752	22	-1.846	-0.739	-1.132	0.055	0.798	0.296
753	33	-31.580	70.427	0.350	-1.495	0.345	0.297
754	22	-0.075	0.180	0.073	0.002	0.100	0.603
755	22	-1.576	0.468	-0.670	0.067	0.677	0.177
756	22	-0.146	0.160	-0.013	0.002	0.198	0.376
757	22	-0.849	0.531	-0.048	-0.004	0.026	0.761
758	22	0.023	0.216	0.154	0.000	0.108	0.296
759	22	0.091	0.345	0.195	0.001	0.024	0.771
760	22	0.075	0.198	0.145	0.001	0.121	0.499
761	22	-0.116	0.204	0.018	-0.005	0.226	0.525
762	22	1.630	10.158	3.452	-0.076	0.599	0.024
763	22	-0.574	0.211	-0.012	0.007	0.704	0.009
764	22	0.158	0.372	0.236	-0.005	0.394	0.372
765	22	-0.378	0.201	0.011	0.006	0.711	0.009
766	33	-341.001	6.874	-65.459	-1.259	0.040	0.703
767	22	0.129	0.292	0.195	-0.001	0.714	0.001
768	22	0.011	2.700	1.572	0.013	0.358	0.040
769	22	-0.764	0.033	-0.223	0.012	0.793	0.017
770	33	-0.112	4.696	1.879	-0.160	0.949	0.026
771	22	-0.008	0.117	0.065	0.002	0.553	0.090
772	22	-0.525	0.070	-0.111	0.009	0.731	0.030
773	22	-0.804	0.237	-0.208	-0.001	0.003	0.900
774	33	-9.761	38.105	1.907	-0.871	0.459	0.209
775	22	-0.821	0.248	-0.229	-0.001	0.002	0.913
776	22	0.034	1.450	0.468	-0.013	0.327	0.235
777	33	-2.135	16.082	4.226	-0.567	0.811	0.099
778	22	-0.263	1.044	0.205	-0.012	0.808	0.001
779	22	-0.066	0.284	0.126	0.007	0.877	0.006
780	33	-671.555	118.698	-63.807	13.975	0.420	0.237
781	22	-0.270	0.218	0.061	0.008	0.918	0.003
782	22	-0.613	0.001	-0.168	0.008	0.594	0.073
783	22	-0.355	0.305	0.158	0.009	0.617	0.064
784	33	-722.217	219.988	-15.842	16.153	0.413	0.242
785	22	-0.287	0.197	0.009	0.008	0.948	0.001
786	22	-0.391	0.375	0.101	0.017	0.802	0.040
787	22	-0.222	0.253	0.082	0.009	0.947	0.001
788	22	-0.158	0.228	0.043	0.008	0.886	0.005
789	22	0.122	0.677	0.375	-0.006	0.864	0.000
790	22	-0.604	0.925	0.361	-0.006	0.056	0.651
791	22	-0.833	0.237	-0.076	0.017	0.830	0.011
792	22	0.272	0.640	0.471	0.002	0.224	0.141
793	22	-0.896	0.145	-0.194	0.015	0.722	0.032
794	22	-0.070	0.942	0.643	0.009	0.282	0.279
795	22	-0.126	0.711	0.158	0.004	0.095	0.501
796	22	-0.887	0.292	-0.088	0.019	0.853	0.009
797	22	-0.052	0.932	0.642	0.009	0.298	0.263
798	33	-21.205	58.473	-0.016	-1.346	0.416	0.240
799	22	-1.020	0.261	-0.154	0.021	0.871	0.007
800	22	-0.467	0.796	0.058	0.017	0.815	0.014

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
801	22	-0.250	0.331	0.168	0.009	0.791	0.018
802	22	-0.841	0.194	-0.156	0.015	0.735	0.029
803	22	-0.363	0.119	-0.032	0.007	0.656	0.051
804	22	-0.790	-0.012	-0.256	0.011	0.770	0.022
805	48	-5.935	-3.769	-4.651	0.029	0.478	0.128
806	22	0.368	1.283	0.883	-0.003	0.106	0.391
807	22	-0.264	0.892	0.371	0.018	0.948	0.001
808	22	-0.877	2.767	1.559	0.085	0.831	0.031
809	22	-1.047	-0.169	-0.404	0.014	0.791	0.018
810	22	-0.747	-0.082	-0.268	0.010	0.795	0.017
811	48	-0.355	0.005	-0.116	0.006	0.886	0.005
812	22	-0.147	0.598	0.409	0.009	0.530	0.101
813	22	-0.646	0.029	-0.176	0.011	0.823	0.013
814	22	0.020	0.864	0.451	0.010	0.441	0.150
815	48	-0.109	0.172	0.092	0.003	0.495	0.119
816	48	-0.077	0.458	0.051	-0.004	0.354	0.159
817	48	-0.203	0.396	0.221	0.006	0.318	0.244
818	22	-0.906	-0.282	-0.494	0.010	0.864	0.007
819	48	-0.253	0.319	0.135	0.009	0.841	0.010
820	22	-0.176	1.496	0.205	-0.018	0.368	0.202
821	22	0.271	2.499	1.028	-0.074	0.831	0.088
822	48	-0.199	0.103	0.003	0.001	0.017	0.781
823	48	0.012	1.538	0.361	-0.015	0.495	0.078
824	22	-0.178	0.573	0.247	0.011	0.759	0.024
825	33	-2.532	0.008	-1.408	-0.019	0.034	0.815
826	48	-0.107	0.269	0.004	-0.011	0.677	0.177
827	33	-0.157	-0.009	-0.083	-0.006	0.797	0.107
828	22	0.634	4.860	1.950	-0.060	0.761	0.023
829	22	-0.584	0.089	-0.179	0.027	0.577	0.450
830	48	0.025	0.386	0.140	-0.001	0.108	0.428
831	22	-0.198	1.190	0.439	0.021	0.924	0.002
832	40	-16.752	-1.965	-6.690	0.248	0.915	0.003
833	48	-0.301	0.156	0.039	0.007	0.700	0.038
834	22	-1.077	0.200	-0.123	0.019	0.738	0.028
835	40	-4.810	-0.339	-1.553	0.074	0.839	0.010
836	22	-0.367	-0.203	-0.280	0.001	0.063	0.633
837	40	-0.297	1.071	0.271	-0.035	0.939	0.007
838	22	-0.266	0.584	0.260	0.008	0.320	0.242
839	48	0.465	1.534	1.087	-0.053	0.926	0.176
840	48	0.105	0.960	0.321	-0.007	0.618	0.012
841	48	0.127	0.785	0.330	-0.006	0.721	0.004
842	48	-0.117	0.080	0.000	0.002	0.658	0.015
843	48	0.093	0.975	0.309	-0.007	0.696	0.005
844	22	-4.861	0.881	-0.486	0.091	0.768	0.022
845	40	0.040	26.752	9.707	-0.450	0.954	0.001
846	48	-0.321	-0.087	-0.173	0.002	0.125	0.559
847	48	-0.266	0.333	0.029	0.006	0.649	0.016
848	40	-27.797	208.288	27.184	-0.052	0.000	0.972
849	48	-0.765	0.826	-0.063	0.017	0.833	0.001
850	48	-0.519	0.429	-0.040	0.009	0.670	0.024
851	22	-1.647	-0.282	-0.610	0.021	0.770	0.022
852	22	1.794	3.149	2.426	0.006	0.016	0.872
853	22	0.834	1.752	1.382	0.012	0.153	0.609
854	22	-0.074	0.060	-0.008	-0.005	0.764	0.126
855	48	-0.763	0.167	-0.029	0.006	0.441	0.051
856	22	0.767	2.883	1.854	0.037	0.763	0.023
857	22	0.015	0.675	0.263	-0.006	0.480	0.085
858	22	-0.698	0.524	-0.300	0.012	0.380	0.193
859	22	15.359	61.744	27.961	-0.524	0.453	0.143
860	48	0.001	0.878	0.439	-0.024	0.661	0.187
861	22	-0.713	-0.422	-0.528	0.004	0.639	0.056
862	22	-0.146	0.221	0.090	-0.001	0.008	0.867
863	48	-0.475	2.733	1.348	0.027	0.611	0.022
864	48	0.463	2.011	1.430	0.017	0.846	0.000
865	48	2.533	4.021	3.153	-0.050	0.952	0.024
866	48	6.956	15.706	8.733	-0.012	0.042	0.523
867	48	7.891	11.972	9.977	0.024	0.151	0.447
868	40	-0.811	2.663	0.361	-0.025	0.482	0.038
869	22	2.540	4.051	3.265	0.039	0.947	0.005
870	40	2.812	8.877	5.324	0.087	0.185	0.570
871	48	-0.182	0.503	-0.017	-0.003	0.220	0.202
872	49	0.110	0.391	0.260	0.003	0.181	0.475

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
873	22	-0.309	-0.128	-0.188	0.009	0.748	0.335
874	22	-0.227	3.401	0.662	-0.053	0.706	0.036
875	22	0.108	0.719	0.451	-0.008	0.589	0.075
876	22	0.138	1.161	0.584	-0.010	0.592	0.026
877	22	-0.244	0.138	-0.054	-0.005	0.294	0.345
878	48	-0.043	0.043	0.011	0.002	0.948	0.001
879	22	-0.479	0.429	-0.182	-0.005	0.202	0.312
880	22	0.706	2.609	1.968	0.010	0.370	0.082
881	22	-0.376	0.721	-0.043	-0.015	0.844	0.003
882	40	0.588	8.805	3.324	-0.270	0.828	0.090
883	48	0.006	0.355	0.263	0.007	0.514	0.173
884	40	0.117	1.060	0.543	-0.032	0.980	0.010
885	40	0.095	1.817	0.731	-0.009	0.043	0.737
886	40	-2.026	6.595	1.817	0.039	0.088	0.568
887	22	-0.125	0.110	-0.014	0.001	0.073	0.606
888	22	-0.730	-0.221	-0.345	0.006	0.482	0.126
889	40	-1183.044	124.138	-152.435	-0.045	0.000	0.996
890	22	1.426	7.740	2.860	-0.096	0.725	0.031
891	22	2.130	9.958	5.283	-0.088	0.952	0.000
892	48	0.080	1.201	0.685	0.030	0.612	0.218
893	40	-11.869	-0.831	-4.445	0.229	0.700	0.077
894	40	-36.643	0.110	-8.167	0.572	0.735	0.029
895	40	-0.861	10.299	4.573	0.337	0.910	0.046
896	26	-1.774	0.901	-0.367	-0.007	0.075	0.511
897	26	-0.100	-0.051	-0.068	0.000	0.000	0.980
898	49	-0.121	0.543	0.097	-0.014	0.353	0.406
899	26	-0.430	-0.148	-0.247	0.006	0.746	0.059
900	12	-62.249	0.013	-20.763	3.113	0.751	0.333
901	49	-3.230	-0.789	-1.598	0.030	0.805	0.006
902	49	-2.806	4.477	0.318	-0.260	0.479	0.513
903	26	0.265	5.215	2.198	-0.039	0.506	0.032
904	26	0.583	9.340	4.015	-0.068	0.499	0.033
905	26	-0.120	-0.040	-0.080	0.008	1.000	NaN
906	14	1.981	22.121	12.427	0.292	0.876	0.002
907	14	-211.009	108.693	2.964	4.586	0.165	0.594
908	49	-2.023	0.847	-0.771	-0.007	0.046	0.645
909	14	-6.228	-0.521	-2.018	0.064	0.087	0.705
910	26	-2.598	-1.762	-2.180	0.084	1.000	NaN
911	14	-27.811	11.067	-0.176	0.313	0.048	0.781
912	26	-1.722	-0.815	-1.106	0.007	0.050	0.775
913	26	0.711	24.393	5.593	-0.348	0.661	0.049
914	26	-0.238	2.487	0.311	-0.037	0.545	0.094
915	14	-0.099	-0.099	-0.099	0.000	NaN	NaN
916	14	-13.895	2.572	-5.134	-0.332	0.161	0.737
917	14	-2.456	5.039	0.073	-0.076	0.086	0.708
918	26	7.606	67.401	19.490	-0.845	0.602	0.070
919	26	1.752	2.245	2.010	-0.007	0.153	0.609
920	26	-29.463	-0.365	-5.649	0.422	0.609	0.067
921	12	-0.896	-0.024	-0.390	-0.003	0.013	0.885
922	5	-0.016	1.158	0.373	-0.013	0.850	0.000
923	26	4.135	5.416	4.765	-0.041	0.984	0.008
924	14	-0.844	2.540	0.409	-0.081	0.425	0.348
925	5	-0.093	-0.020	-0.051	0.001	0.444	0.219
926	26	1.047	42.290	9.096	-0.604	0.640	0.056
927	14	-1.034	7.190	2.399	0.104	0.059	0.844
928	26	-44.885	-1.013	-8.978	0.634	0.605	0.069
929	26	-23.962	-0.676	-5.036	0.338	0.620	0.063
930	5	0.418	9.125	5.044	0.246	0.834	0.030
931	26	-2.097	0.085	-0.683	0.103	0.705	0.365
932	5	13.154	33.055	24.041	-0.357	0.125	0.770
933	5	-2.458	9.064	4.703	-0.078	0.016	0.920
934	5	1.037	24.720	10.003	0.260	0.835	0.000
935	5	-0.002	2.368	0.546	-0.022	0.714	0.004
936	26	-0.945	-0.357	-0.529	0.009	0.379	0.269
937	5	0.145	1.632	0.733	-0.015	0.804	0.000
938	26	-1.306	-0.699	-0.968	0.009	0.304	0.335
939	26	-0.559	-0.097	-0.318	-0.003	0.052	0.771
940	12	-4.550	0.226	-1.527	0.005	0.001	0.970
941	5	0.151	2.026	0.767	-0.021	0.805	0.001
942	24	-0.356	1.085	0.254	0.072	0.934	0.165
943	5	0.114	1.719	0.752	-0.016	0.807	0.000
944	5	0.154	2.182	0.754	-0.022	0.784	0.001

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
945	5	-0.017	0.336	0.147	-0.018	0.986	0.075
946	24	1.178	2.158	1.683	-0.011	0.245	0.396
947	26	-1.183	-0.608	-0.830	0.012	0.731	0.065
948	26	-1.276	-0.648	-0.984	0.015	0.664	0.093
949	5	-2.437	0.279	-0.332	0.020	0.566	0.019
950	5	1.478	12.890	5.534	0.067	0.583	0.006
951	24	0.152	0.575	0.307	-0.014	0.873	0.066
952	15	-0.040	0.009	-0.016	0.001	0.595	0.229
953	15	-2.042	-0.128	-1.166	0.035	0.310	0.443
954	24	-0.115	0.189	0.061	-0.002	0.031	0.823
955	24	-0.637	-0.361	-0.458	0.014	0.792	0.301
956	15	-0.092	-0.073	-0.083	0.000	0.230	0.414
957	5	92.878	149.359	119.665	-1.287	0.914	0.011
958	5	-0.183	-0.050	-0.093	0.003	0.789	0.044
959	5	9.781	33.785	21.783	2.400	1.000	NaN
960	24	0.074	0.831	0.339	-0.021	0.650	0.194
961	24	-0.348	0.210	0.012	0.026	0.697	0.371
962	15	-0.385	-0.137	-0.207	0.002	0.040	0.800
963	15	0.225	0.914	0.610	-0.025	0.870	0.067
964	24	-1.785	6.799	2.522	0.429	1.000	0.004
965	15	21.099	28.846	26.347	-0.244	0.764	0.126
966	15	11.837	53.171	23.423	-0.638	0.756	0.024
967	15	-0.780	0.473	0.028	0.026	0.333	0.423
968	15	-11.374	0.554	-8.106	0.363	0.658	0.189
969	24	-2.748	4.755	1.004	-0.750	1.000	NaN
970	24	-12.200	12.157	4.404	0.570	0.429	0.345
971	5	5.142	27.511	18.872	-0.603	0.650	0.194
972	15	-0.504	-0.063	-0.264	0.016	0.854	0.076
973	24	-26.360	12.446	1.240	0.181	0.132	0.423
974	24	9.500	12.553	11.026	0.305	1.000	NaN
975	15	35.721	55.387	43.556	-0.983	0.890	0.215
976	15	-0.366	-0.238	-0.301	0.003	0.906	0.013
977	24	1.327	6.254	3.715	0.192	0.838	0.085
978	15	-2.006	-0.079	-0.480	0.025	0.524	0.104
979	15	-2.144	5.822	1.858	0.398	1.000	0.005
980	15	1.847	6.009	3.436	-0.122	0.763	0.126
981	15	-1.612	-0.324	-0.633	0.024	0.465	0.205
982	15	-0.004	1.885	1.175	0.032	0.242	0.508
983	15	-1.121	-0.161	-0.506	0.020	0.345	0.413
984	15	1.004	2.470	1.529	-0.012	0.054	0.768
985	5	0.008	0.653	0.250	-0.007	0.879	0.000
986	24	-0.157	0.232	0.058	0.014	0.868	0.068
987	5	2.843	7.867	4.748	0.135	0.642	0.199
988	5	0.016	1.472	0.490	-0.014	0.810	0.000
989	24	0.586	1.458	1.128	0.006	0.015	0.921
990	5	-0.272	0.005	-0.111	0.007	0.964	0.003
991	15	2.005	13.286	6.078	-0.367	0.868	0.068
992	5	-0.005	1.164	0.261	-0.009	0.625	0.006
993	24	-1.022	1.940	0.045	0.036	0.854	0.003
994	5	4.002	23.713	8.333	-0.295	0.694	0.040
995	5	-1.083	-0.148	-0.375	0.010	0.627	0.034
996	5	0.188	5.557	1.729	-0.038	0.537	0.016
997	24	1.109	3.553	1.922	-0.039	0.204	0.548
998	5	-0.251	-0.041	-0.123	0.003	0.834	0.011
999	24	0.317	1.121	0.719	-0.080	1.000	NaN
1000	24	0.637	1.225	0.950	-0.021	0.968	0.016
1001	15	1.488	14.019	5.952	-0.583	0.695	0.373
1002	5	-0.011	-0.002	-0.005	0.000	0.225	0.197
1003	15	-0.087	0.512	0.199	-0.007	0.146	0.617
1004	24	-0.906	0.084	-0.415	0.049	1.000	0.008
1005	15	1.694	11.114	5.348	-0.319	0.917	0.042
1006	24	0.469	0.948	0.744	-0.015	0.935	0.033
1007	15	-0.919	-0.398	-0.616	0.012	0.948	0.005
1008	5	0.007	0.832	0.249	-0.009	0.779	0.002
1009	15	-2.976	-0.550	-2.108	-0.054	0.425	0.348
1010	24	-0.466	0.113	-0.114	0.024	0.594	0.440
1011	15	0.260	2.788	1.333	-0.087	0.955	0.023
1012	5	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
1013	24	8.024	13.193	9.994	-0.065	0.143	0.622
1014	15	-0.567	-0.209	-0.357	0.014	0.526	0.483
1015	15	-0.236	0.108	-0.125	-0.010	0.656	0.190
1016	5	-2.554	-0.180	-0.973	0.119	0.751	0.333

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1017	24	-1.313	-0.132	-0.424	0.017	0.652	0.052
1018	24	-0.414	-0.036	-0.145	0.008	0.719	0.069
1019	24	-0.685	-0.183	-0.400	0.008	0.774	0.021
1020	35	-1.257	0.585	-0.219	0.092	0.953	0.139
1021	35	-1.955	2.663	-0.322	-0.039	0.287	0.273
1022	35	-15.525	20.804	4.349	0.176	0.106	0.529
1023	35	-0.490	0.599	0.211	0.054	0.801	0.294
1024	35	-0.349	0.791	0.024	-0.026	0.433	0.342
1025	35	-0.288	0.005	-0.100	0.014	0.688	0.377
1026	24	6.491	9.287	8.139	0.040	0.181	0.574
1027	35	-0.883	0.798	-0.159	-0.010	0.152	0.445
1028	35	0.445	5.182	2.166	-0.237	0.817	0.282
1029	35	-3.467	6.202	0.297	-0.064	0.184	0.396
1030	3	2.999	24.959	12.569	1.098	0.953	0.139
1031	35	-0.188	0.254	0.005	-0.004	0.070	0.735
1032	35	2.395	4.449	3.588	-0.073	0.932	0.035
1033	3	1.194	2.241	1.621	-0.034	0.931	0.035
1034	35	-1.126	0.741	0.045	0.010	0.201	0.265
1035	35	0.513	1.360	0.822	0.019	0.660	0.095
1036	3	-10.448	1.380	-1.097	0.232	0.493	0.186
1037	35	1.174	7.237	3.628	-0.238	0.557	0.464
1038	3	1.587	4.901	3.086	-0.121	0.925	0.038
1039	35	0.779	1.235	1.041	0.003	0.036	0.810
1040	35	0.766	1.373	1.090	0.009	0.214	0.537
1041	35	0.591	1.469	1.074	0.016	0.299	0.453
1042	3	-3.013	3.007	0.728	0.095	0.559	0.087
1043	3	1.229	9.998	6.804	0.398	0.674	0.387
1044	35	1.197	1.458	1.333	-0.002	0.063	0.750
1045	3	0.035	0.344	0.252	0.009	0.601	0.225
1046	35	4.181	15.773	8.350	0.050	0.125	0.390
1047	35	1.974	3.467	2.540	-0.036	0.513	0.284
1048	35	1.914	6.136	3.907	-0.137	0.989	0.006
1049	35	-14.258	19.972	5.625	0.203	0.155	0.440
1050	35	-1.510	-0.314	-0.720	0.025	0.739	0.062
1051	35	1.805	4.171	2.756	-0.083	0.922	0.040
1052	42	0.324	2.203	0.723	-0.028	0.657	0.051
1053	35	-0.835	2.289	1.181	0.069	0.696	0.079
1054	35	0.807	1.800	1.229	0.027	0.572	0.244
1055	42	0.129	0.632	0.357	0.013	0.524	0.276
1056	3	-22.467	1.490	-3.636	0.476	0.510	0.176
1057	3	0.572	19.177	4.583	-0.156	0.212	0.358
1058	35	-16.254	10.951	-2.026	-0.158	0.235	0.270
1059	35	-4.819	-0.257	-1.520	0.069	0.793	0.017
1060	35	-0.450	0.896	0.320	0.030	0.825	0.033
1061	35	-169.967	192.359	44.249	2.304	0.178	0.405
1062	35	-0.263	0.368	0.189	0.016	0.490	0.300
1063	35	0.062	0.172	0.123	-0.003	0.935	0.033
1064	35	-0.039	0.250	0.120	0.004	0.224	0.527
1065	3	0.565	1.512	0.927	-0.033	0.905	0.048
1066	3	-0.652	0.215	-0.061	0.006	0.043	0.793
1067	3	3.345	6.230	4.858	-0.099	0.812	0.099
1068	35	51.550	161.370	76.563	-0.448	0.124	0.392
1069	35	3.349	4.384	3.867	0.104	1.000	NaN
1070	30	-0.814	-0.070	-0.419	0.014	0.891	0.005
1071	3	-0.280	-0.280	-0.280	0.000	NaN	NaN
1072	35	1.706	2.530	2.126	0.025	0.904	0.049
1073	30	-0.016	-0.009	-0.012	0.000	0.299	0.453
1074	35	-8.029	11.357	0.355	-0.105	0.131	0.481
1075	35	0.692	1.326	0.982	-0.023	0.847	0.080
1076	35	5.891	18.484	10.194	0.399	0.817	0.096
1077	35	0.095	0.646	0.448	0.018	0.816	0.097
1078	3	7.647	14.216	9.378	-0.065	0.067	0.741
1079	3	0.681	4.002	1.924	-0.166	0.840	0.262
1080	35	2.521	4.693	3.603	0.051	0.458	0.323
1081	35	-0.105	0.391	0.183	0.012	0.563	0.250
1082	3	7.762	17.417	14.161	0.310	0.798	0.107
1083	35	-0.094	0.524	0.215	0.006	0.110	0.668
1084	3	-6.355	0.294	-1.181	0.136	0.554	0.149
1085	35	-16.310	7.755	-1.919	-0.125	0.162	0.370
1086	30	-0.075	0.665	0.417	0.037	0.752	0.332
1087	35	-4.970	5.085	0.939	-0.005	0.002	0.928
1088	42	-0.015	0.045	0.009	-0.002	0.827	0.090

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1089	3	0.790	6.658	2.152	-0.119	0.553	0.150
1090	3	3.546	57.485	15.730	-0.979	0.438	0.224
1091	35	0.298	0.727	0.531	0.010	0.518	0.281
1092	3	-1.064	21.917	4.499	-0.221	0.281	0.280
1093	35	-0.996	0.580	-0.105	0.036	0.944	0.006
1094	42	0.115	0.180	0.150	0.001	0.437	0.153
1095	35	-2.609	2.698	-0.500	-0.035	0.194	0.383
1096	3	0.679	11.980	5.442	0.347	0.894	0.055
1097	3	-0.253	-0.016	-0.088	0.006	0.469	0.315
1098	3	-0.930	1.219	0.402	0.027	0.472	0.132
1099	35	0.228	0.704	0.505	0.017	0.944	0.029
1100	35	-2.184	0.819	-1.243	-0.025	0.105	0.594
1101	23	-24.869	24.661	-0.065	-0.199	0.075	0.599
1102	35	-0.250	-0.180	-0.213	-0.003	0.985	0.079
1103	35	0.412	0.702	0.557	-0.029	1.000	NaN
1104	35	0.352	9.658	4.315	-0.201	0.876	0.019
1105	3	-2.777	16.286	2.128	-0.191	0.308	0.253
1106	3	5.551	7.677	6.405	-0.106	0.896	0.209
1107	3	-1.597	10.367	1.474	-0.115	0.286	0.275
1108	3	1.945	3.501	2.723	0.156	1.000	NaN
1109	30	-0.238	-0.079	-0.149	0.003	0.910	0.003
1110	35	0.645	0.829	0.743	-0.002	0.125	0.646
1111	35	0.682	2.620	1.532	-0.048	0.589	0.233
1112	3	2.184	5.907	3.163	-0.077	0.602	0.123
1113	42	-0.034	0.026	-0.012	-0.001	0.365	0.396
1114	35	0.056	0.279	0.133	-0.007	0.771	0.122
1115	42	-0.257	-0.036	-0.115	0.005	0.896	0.015
1116	3	8.449	101.270	37.001	-0.547	0.139	0.410
1117	35	0.149	2.851	1.249	-0.093	0.871	0.067
1118	3	1.275	15.615	6.296	-0.082	0.133	0.422
1119	35	0.404	0.668	0.536	-0.026	1.000	NaN
1120	35	-0.154	0.570	0.129	-0.036	0.873	0.232
1121	3	0.141	1.074	0.547	-0.014	0.218	0.533
1122	3	-0.666	0.277	-0.050	0.045	0.718	0.356
1123	35	0.102	0.407	0.214	-0.009	0.751	0.133
1124	3	-0.912	0.250	-0.138	0.058	0.751	0.333
1125	3	-5.239	0.148	-1.014	0.109	0.533	0.161
1126	35	0.111	0.493	0.253	-0.012	0.880	0.062
1127	3	-1.385	1.395	0.431	0.134	0.719	0.355
1128	35	-0.115	0.394	0.049	-0.015	0.723	0.150
1129	42	0.174	0.369	0.290	-0.001	0.012	0.891
1130	42	-0.304	-0.044	-0.132	0.006	0.855	0.024
1131	42	-1.910	-0.180	-0.676	0.022	0.844	0.003
1132	3	0.115	0.145	0.130	-0.003	1.000	NaN
1133	42	0.030	0.140	0.096	-0.002	0.169	0.588
1134	42	0.123	0.357	0.244	-0.007	0.953	0.024
1135	35	-1.087	3.550	1.724	0.043	0.312	0.249
1136	42	-0.227	0.443	-0.016	-0.003	0.129	0.382
1137	42	-0.038	-0.004	-0.026	-0.002	0.809	0.288
1138	42	0.217	0.398	0.284	-0.005	0.751	0.133
1139	42	-0.068	0.007	-0.031	0.002	0.559	0.252
1140	42	-0.010	0.003	-0.004	0.000	0.016	0.768
1141	42	-2.258	0.982	0.348	0.019	0.256	0.200
1142	3	0.328	0.952	0.640	-0.062	1.000	NaN
1143	3	0.009	0.111	0.045	0.002	0.190	0.564
1144	3	0.027	0.397	0.138	-0.011	0.618	0.214
1145	42	-0.216	0.013	-0.041	0.005	0.535	0.160
1146	42	-0.173	0.680	0.226	0.025	0.741	0.139
1147	42	0.029	0.227	0.149	0.005	0.494	0.297
1148	42	-0.253	-0.028	-0.137	0.008	0.813	0.098
1149	42	-0.023	0.275	0.157	0.010	0.917	0.043
1150	42	-0.006	0.001	-0.002	0.000	0.700	0.163
1151	42	1.284	1.820	1.552	0.054	1.000	NaN
1152	42	0.088	0.171	0.130	0.008	1.000	NaN
1153	42	-0.929	0.142	-0.307	0.027	0.950	0.005
1154	3	-0.615	2.715	0.394	-0.023	0.470	0.042
1155	3	-0.176	-0.061	-0.118	-0.011	1.000	NaN
1156	3	-7.505	87.281	16.209	-0.927	0.291	0.269
1157	3	-0.283	-0.032	-0.137	0.002	0.042	0.794
1158	42	0.295	0.654	0.475	-0.036	1.000	NaN
1159	42	0.135	1.877	1.016	-0.006	0.065	0.580
1160	42	0.760	1.885	1.277	-0.042	0.898	0.052

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1161	42	0.031	2.068	0.914	0.062	0.615	0.216
1162	42	-0.687	1.215	0.078	0.022	0.629	0.033
1163	42	0.561	0.983	0.751	-0.015	0.862	0.072
1164	42	12.487	28.357	22.246	0.346	0.698	0.078
1165	42	0.004	0.021	0.012	-0.002	1.000	NaN
1166	42	-0.409	-0.120	-0.228	0.007	0.913	0.011
1167	42	0.261	0.409	0.354	-0.004	0.573	0.243
1168	3	-1.308	-0.318	-0.797	0.034	0.713	0.155
1169	42	0.054	0.328	0.203	0.009	0.389	0.571
1170	42	1.371	8.944	4.545	0.213	0.805	0.039
1171	42	19.046	41.111	31.928	0.499	0.670	0.090
1172	42	-0.460	0.328	-0.109	0.039	0.965	0.119
1173	42	21.723	38.573	34.079	0.512	0.642	0.199
1174	42	-1.198	0.155	-0.169	0.022	0.761	0.023
1175	17	0.338	1.366	0.739	-0.017	0.255	0.495
1176	42	-0.525	0.009	-0.132	0.007	0.686	0.042
1177	42	1.671	10.010	6.135	0.082	0.650	0.029
1178	42	0.244	0.912	0.503	-0.021	0.864	0.070
1179	42	-0.010	0.596	0.174	-0.017	0.592	0.230
1180	42	38.707	91.137	67.457	-0.612	0.964	0.000
1181	42	0.516	0.796	0.607	0.003	0.068	0.739
1182	42	0.692	0.952	0.780	0.013	0.764	0.323
1183	42	8.388	12.726	11.220	0.103	0.466	0.318
1184	42	12.978	35.760	23.514	0.117	0.272	0.149
1185	42	2.359	4.580	3.344	0.069	0.795	0.109
1186	42	0.124	0.315	0.199	-0.004	0.417	0.355
1187	17	0.072	0.414	0.250	0.012	0.938	0.032
1188	42	36.198	67.823	51.767	-0.537	0.861	0.008
1189	42	-0.613	0.468	0.107	0.023	0.349	0.409
1190	42	7.850	22.742	16.631	0.395	0.647	0.196
1191	17	0.254	0.918	0.579	0.003	0.010	0.902
1192	17	-0.178	2.882	0.394	-0.015	0.269	0.153
1193	17	-9.274	15.927	5.532	1.260	0.916	0.187
1194	42	16.797	31.015	21.647	-0.342	0.868	0.021
1195	42	-0.012	-0.001	-0.004	0.000	0.687	0.083
1196	42	-0.057	0.150	0.043	0.006	0.712	0.156
1197	42	22.881	23.421	23.151	0.054	1.000	NaN
1198	42	-3.075	-0.094	-0.976	0.046	0.853	0.009
1199	42	0.649	1.860	1.162	-0.040	0.959	0.021
1200	17	3.554	7.917	6.175	-0.001	0.000	0.965
1201	42	-0.012	-0.003	-0.006	0.000	0.600	0.124
1202	30	-0.057	0.038	-0.009	-0.009	1.000	NaN
1203	17	12.847	24.357	17.130	-0.136	0.774	0.009
1204	17	13.201	13.201	13.201	0.007	NaN	NaN
1205	42	-3.260	-0.556	-1.576	0.032	0.891	0.000
1206	42	0.206	0.625	0.365	-0.021	0.850	0.253
1207	23	23.338	38.276	32.655	0.272	0.289	0.462
1208	42	3.161	3.916	3.579	0.019	0.626	0.209
1209	42	-1.131	-0.067	-0.390	0.024	0.770	0.051
1210	42	-0.221	0.068	-0.058	0.007	0.948	0.005
1211	23	8.693	36.312	24.952	-0.991	0.914	0.044
1212	42	0.853	2.804	1.699	0.000	0.000	0.994
1213	17	-0.660	0.332	-0.118	0.009	0.360	0.208
1214	42	-1.210	-0.124	-0.554	0.026	0.918	0.010
1215	17	-0.161	0.506	0.130	0.002	0.013	0.888
1216	42	0.388	1.620	0.817	-0.059	0.716	0.358
1217	42	-0.052	-0.012	-0.035	0.001	0.364	0.396
1218	42	1.942	2.972	2.524	0.017	0.251	0.499
1219	42	0.212	0.683	0.376	-0.015	0.836	0.086
1220	42	0.569	1.657	1.267	0.024	0.417	0.354
1221	42	-0.012	-0.008	-0.010	0.000	1.000	NaN
1222	42	-0.233	1.066	0.258	-0.012	0.626	0.019
1223	42	1.051	1.965	1.413	0.009	0.032	0.886
1224	42	0.271	0.777	0.524	-0.051	1.000	NaN
1225	17	-0.313	-0.176	-0.244	0.014	1.000	NaN
1226	42	-0.113	0.038	-0.037	0.015	1.000	NaN
1227	42	1.685	2.617	2.071	0.012	0.164	0.596
1228	42	0.719	1.808	1.220	-0.041	0.882	0.061
1229	42	0.194	2.438	1.396	0.047	0.741	0.061
1230	42	0.974	1.793	1.269	0.008	0.092	0.697
1231	42	0.255	0.939	0.545	-0.024	0.878	0.063
1232	42	-0.078	0.007	-0.022	0.002	0.700	0.077

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1233	42	0.154	0.213	0.171	0.001	0.068	0.739
1234	42	0.028	0.102	0.058	-0.002	0.945	0.028
1235	17	0.223	0.706	0.464	0.048	1.000	NaN
1236	42	0.021	0.050	0.037	0.001	0.371	0.391
1237	42	0.088	0.316	0.242	0.006	0.527	0.274
1238	42	0.016	0.297	0.157	0.028	1.000	NaN
1239	42	0.014	0.954	0.439	0.017	0.124	0.771
1240	42	0.360	0.526	0.436	-0.004	0.502	0.291
1241	42	0.624	2.125	1.232	-0.051	0.936	0.032
1242	42	-0.008	0.073	0.012	-0.001	0.737	0.029
1243	42	-0.039	0.006	-0.014	0.000	0.059	0.757
1244	17	-0.381	-0.191	-0.290	0.004	0.558	0.147
1245	42	-0.261	-0.012	-0.170	0.012	0.824	0.275
1246	17	0.114	0.225	0.170	-0.011	1.000	NaN
1247	42	-0.768	0.144	-0.091	0.015	0.407	0.246
1248	42	-0.693	0.124	-0.118	0.009	0.593	0.043
1249	42	-0.172	-0.035	-0.084	0.003	0.884	0.017
1250	42	0.093	0.185	0.147	0.001	0.030	0.826
1251	17	0.541	1.763	1.183	0.038	0.709	0.158
1252	17	0.511	0.804	0.646	0.004	0.124	0.648
1253	42	0.273	0.430	0.365	-0.008	0.910	0.194
1254	42	5.737	8.397	7.042	-0.097	0.936	0.033
1255	42	0.625	0.940	0.726	0.005	0.183	0.572
1256	17	0.174	0.735	0.401	-0.016	0.700	0.163
1257	42	0.015	0.039	0.027	-0.002	1.000	NaN
1258	42	3.707	6.769	5.077	-0.064	0.717	0.070
1259	42	-0.867	0.319	-0.123	0.028	0.870	0.021
1260	42	0.434	1.157	0.850	0.000	0.000	0.992
1261	42	0.051	0.255	0.111	-0.006	0.649	0.194
1262	42	2.511	18.193	7.955	-0.059	0.093	0.506
1263	42	2.866	4.984	3.798	-0.078	0.904	0.049
1264	17	0.254	0.513	0.397	-0.008	0.651	0.193
1265	17	-1.510	-0.888	-1.084	0.004	0.039	0.803
1266	42	-0.013	0.221	0.106	0.006	0.280	0.645
1267	17	-0.213	1.184	0.685	-0.045	0.860	0.072
1268	42	0.155	0.278	0.223	-0.006	0.972	0.107
1269	17	-0.071	0.259	0.135	-0.006	0.299	0.453
1270	17	-0.459	-0.111	-0.314	-0.005	0.144	0.621
1271	42	-0.085	0.122	0.009	-0.008	0.864	0.071
1272	17	-1.702	-0.024	-0.857	0.056	1.000	0.000
1273	42	1.354	5.741	3.539	0.120	0.876	0.019
1274	17	0.233	0.491	0.364	-0.003	0.198	0.452
1275	42	0.068	0.114	0.094	0.000	0.021	0.854
1276	42	-0.476	0.050	-0.097	0.011	0.661	0.094
1277	42	1.257	3.427	2.364	0.079	0.809	0.101
1278	17	-0.383	-0.129	-0.222	0.006	0.872	0.020
1279	42	-0.130	0.111	0.004	0.004	0.597	0.126
1280	42	-0.203	0.206	0.049	0.006	0.896	0.004
1281	17	0.135	0.308	0.238	0.005	0.808	0.101
1282	17	-0.041	0.364	0.140	-0.003	0.053	0.710
1283	42	-0.220	0.287	0.063	0.008	0.934	0.002
1284	42	3.603	4.350	3.905	-0.037	0.901	0.204
1285	42	0.433	0.632	0.529	-0.010	0.997	0.033
1286	42	4.442	15.029	9.208	0.529	0.971	0.109
1287	42	0.416	1.344	0.697	0.005	0.022	0.850
1288	42	0.189	0.502	0.325	-0.011	0.466	0.522
1289	17	0.115	0.704	0.409	-0.007	0.204	0.446
1290	42	0.253	0.653	0.508	-0.009	0.840	0.028
1291	42	0.084	1.963	1.257	0.045	0.859	0.023
1292	42	-0.776	1.075	0.583	0.040	0.668	0.091
1293	42	1.907	6.567	3.885	0.172	0.892	0.056
1294	42	4.442	18.196	7.935	0.171	0.520	0.106
1295	42	2.943	9.415	5.798	0.240	0.876	0.064
1296	42	0.157	0.416	0.288	-0.007	0.593	0.230
1297	42	34.476	42.211	39.033	0.019	0.013	0.827
1298	42	10.157	15.241	12.495	-0.065	0.159	0.601
1299	42	0.795	2.443	1.848	0.049	0.763	0.126
1300	42	9.979	23.725	15.756	-0.222	0.481	0.194
1301	42	-0.165	0.089	-0.009	0.002	0.021	0.908
1302	42	0.723	2.236	1.405	0.048	0.680	0.176
1304	42	0.453	1.715	0.901	0.030	0.466	0.317
1305	42	-0.516	2.011	0.496	-0.008	0.087	0.442

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1306	42	4.695	6.719	5.466	0.043	0.399	0.368
1308	42	1.890	4.014	2.606	0.048	0.408	0.361
1309	42	2.332	5.368	3.313	0.073	0.454	0.326
1310	42	-0.118	0.990	0.580	0.013	0.236	0.407
1311	42	2.512	4.211	3.551	-0.021	0.253	0.388
1312	42	-0.041	0.021	-0.014	0.001	0.097	0.799
1313	42	0.041	0.074	0.061	-0.002	0.849	0.254
1314	42	-0.115	-0.012	-0.074	0.004	0.564	0.459
1315	42	-0.105	0.327	0.082	0.022	0.948	0.147
1316	42	0.056	0.155	0.089	0.005	0.744	0.338
1317	42	0.101	0.250	0.181	-0.004	0.664	0.185
1318	42	6.654	17.846	13.485	0.289	0.938	0.007
1321	42	0.075	0.710	0.346	-0.005	0.167	0.421
1322	42	5.659	7.829	6.858	0.005	0.013	0.827
1408	22	0.026	0.086	0.040	-0.001	0.384	0.138
1421	21	-0.020	0.126	0.055	0.001	0.604	0.014
1422	21	-0.646	-0.276	-0.430	0.004	0.110	0.669
1424	21	-0.060	0.054	-0.016	-0.001	0.710	0.017
1425	21	-0.037	0.121	0.048	0.002	0.718	0.004
1427	21	-0.027	0.412	0.077	-0.004	0.675	0.007
1428	21	-0.030	0.642	0.386	0.009	0.727	0.031
1429	21	-0.380	0.750	0.044	0.018	0.621	0.063
1431	21	0.402	1.046	0.714	0.008	0.162	0.598
1433	21	-1.313	3.761	0.974	0.131	0.512	0.284
1434	21	-2.455	-0.256	-1.012	0.110	0.773	0.316
1435	21	-0.114	0.009	-0.033	0.001	0.524	0.104
1438	21	0.010	0.092	0.042	0.000	0.006	0.844
1440	21	-0.736	-0.011	-0.270	0.036	0.803	0.293
1442	21	0.019	0.317	0.131	-0.001	0.042	0.660
1443	21	0.025	0.051	0.038	-0.001	0.754	0.132
1444	21	-0.067	0.038	-0.019	-0.002	0.568	0.084
1445	48	0.092	0.337	0.166	-0.001	0.187	0.332
1447	48	0.061	0.291	0.202	0.001	0.281	0.142
1448	21	0.378	5.607	1.843	-0.040	0.797	0.000
1449	21	-0.120	0.168	-0.031	-0.005	0.881	0.006
1450	21	-0.016	0.032	0.009	0.001	0.861	0.008
1451	21	-0.098	8.055	2.645	-0.408	0.757	0.328
1453	48	0.292	0.636	0.476	-0.001	0.015	0.792
1454	48	1.447	3.961	2.567	-0.022	0.959	0.000
1455	21	-0.675	0.116	-0.046	0.006	0.451	0.068
1457	21	-0.139	0.788	0.119	-0.001	0.007	0.824
1458	48	0.225	0.353	0.308	0.001	0.151	0.301
1459	48	0.115	0.503	0.285	-0.003	0.428	0.056
1461	48	-0.076	0.280	0.056	-0.005	0.804	0.016
1465	48	-0.133	0.140	0.026	0.001	0.088	0.476
1466	48	-0.155	0.244	0.057	0.000	0.003	0.882
1467	48	-0.045	0.404	0.144	-0.003	0.306	0.197
1470	21	0.443	1.005	0.714	-0.002	0.165	0.318
1471	21	0.226	0.550	0.351	-0.003	0.338	0.171
1472	21	-0.410	0.195	-0.037	0.007	0.965	0.000
1473	48	0.349	0.794	0.515	-0.005	0.133	0.636
1474	21	-0.001	0.351	0.213	0.004	0.925	0.000
1475	48	0.282	0.839	0.557	-0.009	0.272	0.479
1476	21	0.056	0.546	0.204	-0.002	0.172	0.205
1478	21	1.401	7.055	3.603	-0.013	0.100	0.292
1479	48	-0.110	1.138	0.341	0.021	0.702	0.037
1480	48	-0.072	0.356	0.176	0.003	0.215	0.354
1481	21	-0.002	0.150	0.088	0.002	0.799	0.003
1482	21	1.221	8.237	3.694	-0.331	0.704	0.366
1483	31	-0.450	0.270	-0.051	0.021	0.597	0.227
1484	21	-0.094	0.103	0.027	0.002	0.956	0.000
1486	21	-0.078	0.149	0.050	0.002	0.741	0.003
1487	21	-0.119	0.185	0.062	0.003	0.754	0.002
1488	21	0.307	2.258	1.139	-0.064	0.834	0.087
1489	21	-0.046	1.466	0.649	0.012	0.397	0.094
1490	21	0.105	0.408	0.292	0.003	0.442	0.103
1492	21	-0.192	0.088	-0.006	0.003	0.862	0.001
1493	48	11.777	16.320	14.228	0.047	0.552	0.035
1494	31	-0.088	0.064	0.011	0.002	0.896	0.001
1495	21	1.973	20.503	8.227	-0.915	0.740	0.340
1496	21	0.185	0.796	0.430	-0.001	0.007	0.855
1497	21	-0.253	0.086	-0.027	0.003	0.789	0.001

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1498	21	2.339	4.887	3.577	-0.097	0.774	0.120
1499	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.816	0.002
1500	21	-0.338	0.911	0.516	0.015	0.113	0.664
1501	48	-0.027	0.324	0.186	0.008	0.932	0.008
1502	48	0.385	0.907	0.649	0.000	0.001	0.941
1503	21	0.667	1.625	0.971	-0.004	0.110	0.467
1504	48	-0.362	0.233	-0.010	0.005	0.632	0.010
1505	48	-0.311	0.286	-0.014	0.008	0.955	0.000
1507	21	1.305	3.543	2.687	0.018	0.423	0.114
1509	48	0.013	0.301	0.122	-0.001	0.019	0.769
1510	31	-0.015	0.029	0.011	0.000	0.861	0.000
1511	48	1.567	2.874	2.057	-0.007	0.264	0.157
1512	48	-1.058	0.714	0.232	0.024	0.620	0.063
1513	31	-0.044	0.363	0.198	0.005	0.893	0.000
1514	31	-0.010	0.010	0.003	0.000	0.822	0.001
1515	48	-0.581	1.329	0.312	0.022	0.948	0.000
1516	31	0.552	1.459	1.138	-0.007	0.510	0.031
1517	31	0.166	1.365	0.834	0.015	0.839	0.001
1519	21	-0.581	2.554	0.384	0.031	0.076	0.725
1521	31	-9.551	14.297	-0.254	-0.599	0.476	0.310
1522	21	4.480	9.452	6.817	-0.128	0.987	0.001
1523	48	16.049	31.763	22.665	-0.442	0.730	0.145
1524	48	21.436	34.007	27.752	0.083	0.038	0.805
1525	48	-14.777	30.221	3.243	-1.797	0.570	0.455
1526	48	0.945	1.850	1.446	-0.001	0.001	0.973
1528	31	-0.383	0.307	0.083	0.006	0.852	0.000
1529	31	0.079	0.251	0.131	0.001	0.127	0.311
1530	31	-0.891	5.710	1.322	-0.129	0.290	0.461
1531	31	0.052	0.878	0.357	0.013	0.221	0.530
1532	31	0.112	0.472	0.337	0.004	0.686	0.011
1533	31	-0.070	0.001	-0.015	0.000	0.671	0.000
1534	21	0.291	6.015	3.214	0.066	0.800	0.007
1535	31	0.006	0.309	0.095	0.004	0.706	0.018
1536	31	-0.097	0.219	0.036	0.000	0.016	0.693
1537	48	2.671	4.343	3.457	0.010	0.086	0.572
1538	48	-1.991	2.882	0.931	0.046	0.907	0.000
1539	21	0.161	1.362	0.814	0.023	0.949	0.001
1540	21	3.989	17.336	10.585	0.295	0.933	0.007
1541	31	0.103	0.284	0.185	-0.001	0.290	0.212
1542	31	0.168	0.388	0.273	0.001	0.073	0.559
1543	31	-0.593	0.208	0.008	0.009	0.421	0.163
1544	31	-0.021	0.024	-0.004	0.000	0.000	0.991
1545	21	10.637	42.349	24.189	-0.290	0.567	0.031
1546	21	9.428	31.468	19.560	0.072	0.048	0.638
1547	12	-1.148	-0.190	-0.473	0.015	0.172	0.585
1548	21	-1.090	1.465	-0.097	0.029	0.118	0.657
1549	31	-1.141	3.333	1.179	0.124	0.308	0.626
1550	31	-1.358	0.854	-0.094	0.040	0.294	0.458
1551	37	0.356	0.755	0.575	-0.007	0.121	0.774
1552	37	0.311	0.668	0.506	-0.007	0.132	0.763
1553	37	-0.746	0.414	-0.250	-0.037	0.813	0.099
1554	13	0.554	0.965	0.698	-0.007	0.854	0.003
1555	37	0.622	1.373	0.898	0.016	0.347	0.411
1556	13	8.957	27.757	15.730	-0.189	0.882	0.000
1557	37	-0.051	0.003	-0.016	-0.001	0.877	0.019
1558	13	0.346	1.276	0.659	-0.005	0.681	0.000
1559	37	0.551	1.375	0.953	-0.010	0.812	0.006
1560	37	0.002	0.597	0.304	0.007	0.587	0.045
1561	34	3.836	17.225	9.785	-0.440	0.673	0.180
1562	37	-0.330	0.550	-0.024	-0.020	0.416	0.355
1563	12	1.738	75.945	26.729	-3.672	0.742	0.339
1564	12	2.206	10.725	6.938	0.101	0.127	0.643
1565	34	3.166	5.812	4.338	-0.043	0.993	0.000
1566	37	-5.701	16.990	1.095	-0.702	0.713	0.156
1567	12	-0.763	28.770	9.355	-1.477	0.771	0.318
1568	37	-0.738	2.339	0.618	-0.035	0.913	0.000
1569	34	-0.661	0.578	0.232	0.013	0.706	0.005
1570	12	-33.429	4.948	-8.933	1.919	0.813	0.284
1571	34	3.479	5.051	4.242	0.003	0.038	0.614
1572	34	2.459	16.042	9.173	-0.506	0.909	0.046
1573	34	0.370	5.274	2.050	-0.051	0.642	0.030
1574	34	0.479	1.762	1.016	-0.007	0.221	0.239

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1575	37	-1.790	3.410	1.074	-0.167	0.661	0.187
1576	34	0.089	0.583	0.307	-0.002	0.029	0.747
1577	34	1.380	3.661	2.375	0.069	0.775	0.120
1578	37	-0.073	8.215	3.035	-0.287	0.895	0.054
1579	37	-0.877	4.082	0.560	-0.148	0.662	0.186
1580	37	8.589	8.589	8.589	0.004	NaN	NaN
1581	34	3.391	7.085	4.941	-0.031	0.283	0.277
1582	37	-0.106	0.093	-0.024	-0.001	0.031	0.740
1583	37	-0.838	1.044	0.153	0.030	0.974	0.000
1584	37	-0.882	1.030	-0.260	0.025	0.470	0.133
1585	37	-3.685	14.126	3.754	-0.473	0.520	0.279
1586	13	0.333	0.881	0.549	0.006	0.100	0.684
1587	13	-0.006	0.138	0.055	-0.004	0.895	0.054
1588	13	-2.065	0.725	0.103	0.021	0.456	0.066
1589	34	-6.133	-0.878	-3.056	-0.158	0.857	0.074
1590	37	-0.974	7.969	2.713	-0.309	0.874	0.065
1591	29	-1.013	-0.406	-0.709	0.061	1.000	NaN
1592	13	-0.517	0.298	-0.210	-0.014	0.255	0.495
1593	34	1.378	2.422	2.021	-0.024	0.838	0.029
1594	37	-6.539	17.023	2.296	-0.712	0.765	0.125
1595	34	-1.875	1.391	0.023	-0.021	0.037	0.808
1596	12	-0.100	0.235	0.010	-0.002	0.183	0.338
1597	13	-0.648	0.429	0.178	0.008	0.333	0.175
1598	12	-0.568	-0.055	-0.398	-0.012	0.439	0.337
1599	37	-42.654	7.226	-10.037	2.399	0.720	0.355
1600	34	0.072	0.275	0.179	0.002	0.235	0.330
1601	37	-1.692	6.609	3.427	-0.030	0.011	0.896
1602	37	-1.132	4.105	1.352	-0.111	0.250	0.500
1603	37	-19.230	-2.367	-8.015	0.272	0.210	0.541
1604	12	0.456	7.778	3.427	-0.248	0.940	0.031
1605	34	0.146	1.076	0.660	0.001	0.026	0.550
1606	34	0.065	0.202	0.131	0.000	0.004	0.909
1607	37	-0.269	0.799	0.295	0.013	0.281	0.358
1608	34	0.061	0.443	0.222	-0.001	0.181	0.114
1609	34	-0.023	0.087	0.054	0.001	0.150	0.449
1610	37	-3.517	4.645	-0.806	-0.102	0.127	0.644
1611	37	-0.217	0.077	-0.020	0.002	0.154	0.442
1612	12	-139.604	-0.207	-46.729	6.970	0.751	0.333
1613	37	2.212	5.507	4.078	-0.113	0.966	0.017
1614	34	1.292	3.795	2.240	0.077	0.785	0.114
1615	37	16.079	83.319	40.302	-3.091	0.685	0.380
1616	34	0.675	2.554	1.548	0.022	0.239	0.403
1617	34	-0.142	-0.038	-0.089	0.002	0.799	0.016
1618	37	3.086	43.137	17.108	-0.804	0.312	0.442
1619	34	-0.123	0.017	-0.039	0.002	0.850	0.009
1620	34	-0.211	0.025	-0.054	0.003	0.720	0.033
1621	34	8.172	39.610	21.919	1.024	0.967	0.017
1622	34	0.507	8.206	4.268	0.071	0.750	0.005
1623	34	0.507	8.206	4.268	0.071	0.750	0.005
1624	13	-2.646	-0.078	-1.200	-0.016	0.038	0.804
1625	12	-153.912	-0.119	-51.413	7.685	0.750	0.334
1626	34	17.101	42.941	31.666	0.457	0.284	0.467
1627	34	-0.793	3.911	1.067	-0.089	0.328	0.427
1628	13	0.980	17.128	8.847	0.549	0.794	0.109
1629	37	-0.664	-0.098	-0.413	-0.017	0.897	0.053
1630	13	-8.754	-0.355	-3.488	0.420	0.838	0.264
1631	34	-9.240	2.677	-3.207	0.397	0.760	0.128
1632	37	-5.118	-0.662	-2.243	0.223	0.798	0.296
1633	37	13.884	21.581	17.979	-0.087	0.595	0.042
1634	34	-7.409	-3.982	-6.247	-0.029	0.055	0.766
1635	34	0.149	0.784	0.353	0.000	0.003	0.827
1636	34	-0.142	-0.023	-0.067	0.001	0.615	0.065
1637	13	10.522	15.468	12.836	0.040	0.201	0.373
1638	47	1.004	1.796	1.300	0.040	0.840	0.262
1639	12	3.198	5.880	4.892	-0.029	0.748	0.006
1640	13	-5.196	12.411	4.426	0.609	0.974	0.013
1641	37	1.169	28.726	13.880	-1.050	0.870	0.067
1642	37	-58.936	127.738	22.594	-4.391	0.448	0.331
1643	37	-1.631	-0.461	-1.152	0.005	0.058	0.646
1644	12	1.068	6.906	3.208	-0.030	0.181	0.341
1645	13	0.167	0.667	0.362	-0.011	0.413	0.357
1646	47	-71.107	1.914	-15.136	-0.102	0.010	0.828
1647	12	-0.513	-0.042	-0.332	-0.011	0.525	0.276

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1648	19	0.232	0.765	0.434	-0.010	0.740	0.028
1649	34	0.396	5.041	1.805	-0.059	0.124	0.648
1650	34	-0.036	0.336	0.151	0.009	0.838	0.029
1651	12	0.676	1.239	0.964	-0.008	0.166	0.592
1652	19	-0.057	0.071	0.024	0.000	0.019	0.770
1653	19	0.070	0.143	0.115	0.000	0.000	0.987
1654	13	0.021	0.354	0.202	0.007	0.632	0.108
1655	34	-8.951	3.484	-1.907	0.622	0.950	0.144
1656	13	0.544	1.038	0.775	-0.002	0.009	0.907
1657	19	-0.098	0.187	0.055	-0.009	0.370	0.584
1658	19	3.795	11.471	5.855	-0.069	0.574	0.029
1659	12	0.086	1.181	0.487	-0.036	0.876	0.064
1660	12	-6.514	0.254	-2.151	0.316	0.697	0.371
1661	12	-0.666	0.511	-0.103	-0.013	0.129	0.640
1662	29	0.295	1.184	0.516	-0.002	0.100	0.292
1663	34	0.373	0.583	0.463	0.004	0.511	0.175
1664	19	1.138	2.481	1.741	0.036	0.889	0.016
1665	47	-5.967	1.287	-1.309	-0.363	0.805	0.291
1666	12	-0.505	-0.015	-0.175	0.002	0.009	0.907
1667	47	-6.376	11.031	2.937	0.171	0.388	0.187
1668	13	0.192	1.768	0.755	-0.035	0.379	0.385
1669	13	0.419	1.008	0.684	-0.014	0.703	0.076
1670	34	1.150	2.656	1.725	-0.050	0.908	0.047
1671	47	0.274	2.206	1.493	0.035	0.284	0.467
1672	19	0.513	3.574	2.827	0.042	0.622	0.062
1673	12	-0.676	0.227	-0.218	-0.010	0.128	0.643
1674	12	-17.016	0.755	-5.283	0.889	0.764	0.323
1675	34	0.003	0.323	0.161	0.008	0.791	0.043
1676	19	3.265	4.883	3.902	-0.066	0.591	0.442
1677	13	1.855	3.482	2.463	-0.021	0.141	0.625
1678	12	0.561	1.326	0.980	0.012	0.220	0.531
1679	19	4.049	7.071	5.621	0.085	0.927	0.009
1681	13	-1.722	0.055	-0.597	0.089	0.825	0.275
1682	12	-0.013	0.109	0.063	-0.003	0.576	0.241
1683	34	15.262	43.313	27.601	-0.898	0.654	0.191
1684	13	-0.699	0.478	-0.232	0.034	0.773	0.121
1685	47	-3.099	-0.775	-1.937	0.232	1.000	NaN
1686	47	-2.338	0.144	-1.075	-0.011	0.012	0.891
1687	34	-1.695	1.448	-0.025	-0.024	0.057	0.762
1688	12	-0.069	1.181	0.680	-0.005	0.013	0.886
1689	12	-25.509	-0.081	-8.559	1.271	0.750	0.333
1690	13	-0.176	0.001	-0.090	0.003	0.842	0.010
1691	47	-0.076	1.027	0.581	0.055	0.901	0.204
1692	13	0.385	1.650	1.019	-0.027	0.461	0.321
1693	45	0.032	9.392	3.354	0.292	0.822	0.093
1694	12	-0.478	0.428	-0.062	-0.011	0.135	0.632
1695	13	-0.189	1.919	0.781	0.012	0.034	0.816
1696	12	-0.068	1.136	0.517	-0.043	0.812	0.099
1697	45	13.045	16.425	14.959	-0.027	0.055	0.766
1698	34	-1.419	0.177	-0.388	0.080	0.796	0.298
1699	47	-0.048	1.345	0.722	0.023	0.257	0.493
1700	16	0.507	2.196	0.927	-0.009	0.673	0.000
1701	13	0.221	0.445	0.312	-0.005	0.432	0.343
1702	45	2.038	5.679	3.724	0.116	0.794	0.109
1703	13	-0.870	0.183	-0.183	0.053	0.782	0.309
1704	13	-0.160	1.091	0.341	-0.042	0.933	0.034
1705	45	1.034	1.352	1.198	-0.003	0.095	0.692
1706	47	-0.380	1.595	0.825	-0.099	0.873	0.232
1707	16	0.745	1.634	1.105	-0.028	0.888	0.057
1708	45	2.494	7.152	5.423	0.151	0.882	0.061
1709	47	-1.452	7.223	2.036	-0.186	0.375	0.387
1710	12	-0.022	1.990	0.649	-0.034	0.222	0.529
1711	45	0.009	0.053	0.026	-0.002	0.587	0.444
1712	47	-6.014	1.021	-2.773	-0.151	0.454	0.326
1713	16	1.266	2.390	1.828	-0.112	1.000	NaN
1714	16	0.375	0.639	0.524	-0.003	0.117	0.658
1715	45	4.711	10.628	6.863	-0.191	0.867	0.069
1716	12	0.265	2.780	1.277	-0.076	0.778	0.118
1717	45	0.442	1.913	0.992	-0.048	0.890	0.057
1718	16	2.553	4.896	3.394	-0.108	0.688	0.377
1719	16	1.307	1.806	1.584	-0.017	0.846	0.080
1720	12	-0.718	0.125	-0.285	-0.007	0.065	0.744

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1721	45	-0.343	-0.082	-0.178	0.013	0.828	0.272
1722	45	0.271	1.177	0.681	0.032	0.844	0.081
1723	16	-0.708	0.571	0.135	0.063	0.733	0.346
1724	16	-0.322	1.217	0.655	0.020	0.733	0.014
1725	12	-0.242	0.553	0.165	-0.015	0.220	0.531
1726	16	-4.934	-0.009	-1.191	0.092	0.478	0.196
1727	12	1.226	2.448	2.029	0.018	0.810	0.015
1728	12	0.123	4.579	2.339	-0.150	0.699	0.164
1729	12	0.603	1.457	1.093	-0.018	0.560	0.146
1730	12	0.029	0.862	0.432	-0.029	0.726	0.148
1731	12	0.291	1.994	1.050	-0.052	0.625	0.210
1732	16	0.367	0.501	0.447	0.002	0.133	0.636
1733	47	0.650	0.884	0.729	0.012	0.763	0.324
1734	45	0.367	1.189	0.772	0.007	0.073	0.730
1735	16	-0.295	0.241	-0.024	-0.020	0.768	0.124
1736	45	8.732	11.814	9.769	-0.031	0.084	0.709
1737	45	1.436	3.184	2.372	0.013	0.099	0.607
1738	45	2.608	3.129	2.872	0.013	0.231	0.681
1739	16	-0.028	1.000	0.401	-0.036	0.947	0.027
1740	16	0.524	0.774	0.655	-0.007	0.667	0.183
1741	16	0.943	1.726	1.321	-0.027	0.723	0.150
1742	45	-0.049	2.236	1.126	0.005	0.003	0.946
1743	45	-0.313	1.624	0.656	0.194	1.000	NaN
1744	16	-6.005	-0.588	-2.397	0.270	0.748	0.335
1745	45	-1.516	1.331	-0.141	0.107	0.894	0.054
1746	16	1.688	2.320	2.020	-0.017	0.553	0.257
1747	12	-0.036	0.974	0.330	-0.050	0.816	0.283
1748	45	0.605	0.778	0.715	-0.005	0.705	0.160
1749	16	0.271	0.455	0.349	-0.005	0.511	0.285
1750	45	1.281	3.730	2.162	-0.043	0.888	0.005
1751	45	0.657	1.160	0.915	-0.018	0.968	0.016
1752	16	0.414	0.588	0.510	-0.004	0.535	0.268
1753	16	-3.808	0.302	-0.659	0.064	0.753	0.025
1754	16	0.794	2.107	1.553	-0.043	0.833	0.087
1755	16	0.587	0.712	0.665	0.004	0.906	0.048
1756	16	-1.604	0.196	-0.299	0.039	0.685	0.084
1757	45	1.557	9.103	3.399	-0.055	0.403	0.091
1758	45	0.062	0.298	0.192	0.005	0.702	0.076
1759	16	-1.160	0.779	-0.563	-0.048	0.481	0.306
1760	45	-3.320	1.138	0.009	0.002	0.016	0.633
1761	45	-0.094	0.099	0.017	0.005	0.922	0.010
1762	41	-0.795	-0.117	-0.392	0.012	0.899	0.004
1763	41	0.420	1.696	0.873	-0.015	0.214	0.433
1764	32	-0.446	-0.156	-0.319	0.010	0.972	0.014
1765	41	1.409	5.772	3.506	0.112	0.734	0.064
1767	41	0.240	3.155	1.343	-0.015	0.042	0.741
1768	41	17.212	37.666	26.698	-0.513	0.935	0.007
1769	32	-0.251	0.476	0.187	0.009	0.142	0.623
1770	41	-0.045	0.840	0.471	0.011	0.531	0.100
1771	32	0.426	2.971	1.645	0.081	0.658	0.189
1773	32	6.852	9.468	7.688	-0.014	0.201	0.266
1774	41	0.895	2.162	1.491	0.019	0.808	0.015
1775	41	4.272	6.762	5.513	0.089	0.960	0.020
1776	32	1.148	4.103	2.096	-0.086	0.669	0.182
1777	41	-0.611	0.156	-0.087	0.018	0.819	0.035
1778	32	3.095	5.070	4.083	0.197	1.000	NaN
1779	32	4.237	7.450	5.687	-0.071	0.479	0.308
1780	32	4.472	13.883	9.604	0.015	0.014	0.800
1781	41	0.036	1.127	0.690	0.018	0.931	0.002
1782	32	0.889	15.987	10.559	0.696	0.687	0.378
1783	41	0.892	3.167	1.994	0.086	0.882	0.061
1784	32	0.945	1.316	1.171	0.004	0.098	0.686
1785	41	1.323	1.544	1.396	-0.004	0.248	0.502
1786	32	1.386	2.093	1.719	0.004	0.145	0.400
1787	41	-0.139	0.320	0.090	0.001	0.052	0.586
1788	41	1.992	5.519	4.236	0.176	0.818	0.281
1789	32	3.398	11.834	6.568	-0.102	0.863	0.002
1790	32	0.775	1.306	1.032	-0.004	0.278	0.180
1791	32	-0.163	0.596	0.427	0.006	0.446	0.070
1792	41	0.867	0.965	0.901	-0.005	0.769	0.319
1793	32	0.113	1.090	0.444	-0.010	0.606	0.039
1794	41	0.480	0.904	0.618	-0.014	0.810	0.100

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1795	32	-0.012	0.962	0.493	0.015	0.300	0.339
1796	32	0.321	2.128	1.004	-0.059	0.895	0.054
1797	41	-0.403	0.292	0.050	0.013	0.880	0.006
1798	32	0.681	1.603	1.080	-0.006	0.245	0.259
1799	41	0.219	0.590	0.328	-0.005	0.764	0.010
1800	41	-0.154	1.060	0.635	0.061	0.788	0.304
1801	32	0.056	0.864	0.302	-0.003	0.030	0.744
1802	32	0.016	0.410	0.158	0.001	0.052	0.588
1804	32	0.115	7.008	3.071	0.248	0.925	0.038
1805	32	-0.721	0.805	0.184	0.021	0.700	0.019
1806	32	0.375	1.369	0.679	-0.001	0.008	0.833
1807	32	0.073	0.443	0.198	-0.003	0.271	0.231
1808	32	-0.073	0.041	-0.016	-0.011	1.000	NaN
1809	32	1.655	5.389	3.730	0.000	0.000	0.988
1810	41	-0.036	0.686	0.378	0.016	0.863	0.023
1811	32	0.096	1.672	0.818	0.051	0.695	0.166
1812	32	0.274	0.479	0.375	0.000	0.001	0.964
1813	32	0.717	0.717	0.717	0.000	NaN	NaN
1814	32	-0.039	0.305	0.133	0.002	0.133	0.421
1815	32	-0.400	1.109	0.194	-0.016	0.424	0.161
1816	32	-0.008	0.225	0.114	0.003	0.542	0.095
1817	32	-0.483	0.210	0.002	0.010	0.716	0.034
1818	32	-0.619	0.321	0.074	0.013	0.638	0.057
1819	39	-0.208	0.824	0.143	-0.018	0.248	0.502
1820	32	0.257	1.422	0.643	-0.005	0.017	0.869
1821	39	0.481	2.959	1.662	0.088	0.959	0.021
1822	41	1.105	15.515	9.029	-0.268	0.822	0.013
1823	41	0.015	1.109	0.338	-0.010	0.703	0.005
1824	41	-0.379	-0.015	-0.129	0.004	0.404	0.175
1825	39	-4.352	0.999	-0.527	0.063	0.676	0.023
1826	39	2.092	3.818	2.973	0.046	0.283	0.643
1827	39	5.909	9.009	7.154	0.005	0.011	0.824
1828	32	-0.368	0.227	-0.026	0.008	0.627	0.060
1829	41	0.945	1.939	1.335	-0.030	0.832	0.088
1830	39	6.711	8.236	7.508	-0.033	0.186	0.716
1831	32	-0.078	1.510	0.517	-0.016	0.898	0.000
1832	39	0.688	2.213	1.523	-0.044	0.740	0.140
1833	10	-0.719	0.454	0.116	0.016	0.685	0.042
1834	10	-0.224	0.346	0.094	0.008	0.555	0.055
1835	1	0.083	0.482	0.317	0.007	0.922	0.002
1836	39	0.818	1.598	1.111	-0.026	0.900	0.052
1837	10	0.324	2.749	0.834	-0.029	0.675	0.023
1838	10	0.241	3.075	0.952	-0.034	0.753	0.011
1839	10	0.373	15.841	3.294	-0.140	0.582	0.028
1840	10	0.349	4.187	1.419	-0.053	0.827	0.005
1841	10	0.564	1.158	0.821	-0.012	0.314	0.440
1842	39	-0.485	0.615	0.243	0.003	0.049	0.600
1843	1	-0.720	0.486	0.001	0.048	0.566	0.458
1844	39	-1.086	0.262	-0.171	0.013	0.650	0.009
1845	23	-1.665	1.380	0.216	0.130	0.624	0.420
1846	1	-0.226	0.771	0.336	0.034	0.455	0.528
1847	1	-1.508	0.926	-0.193	0.041	0.836	0.011
1848	23	-14.700	13.545	-0.760	-0.118	0.081	0.585
1849	39	-0.621	1.231	0.340	0.055	0.739	0.140
1850	10	0.482	0.585	0.533	-0.010	1.000	NaN
1851	10	-0.447	0.202	-0.034	0.021	0.874	0.065
1852	39	-0.413	1.087	0.287	-0.005	0.099	0.448
1853	39	-0.503	-0.212	-0.383	0.015	0.918	0.185
1854	10	1.100	2.800	1.975	-0.051	0.702	0.162
1855	1	-3.071	-0.322	-1.293	0.129	0.703	0.367
1856	23	-0.723	0.368	-0.077	0.055	0.907	0.197
1857	39	-0.349	0.761	0.193	-0.001	0.007	0.833
1858	39	-1.282	0.095	-0.381	0.024	0.958	0.001
1859	1	1.332	1.922	1.639	0.004	0.056	0.764
1860	1	0.100	0.958	0.581	0.015	0.300	0.452
1861	39	-0.414	0.091	-0.177	0.004	0.175	0.409
1862	10	1.590	2.979	2.440	0.047	0.918	0.042
1863	10	3.314	11.031	7.266	0.249	0.739	0.140
1864	23	-12.511	-0.385	-3.200	0.250	0.572	0.139
1865	23	-0.730	0.377	-0.066	0.044	0.572	0.454
1866	39	-1.158	8.849	4.680	0.139	0.878	0.002
1867	1	0.733	1.424	0.991	-0.003	0.018	0.866

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1868	23	-2.229	-1.110	-1.711	0.022	0.150	0.747
1869	23	1.312	24.133	7.496	-0.481	0.651	0.099
1870	1	-0.584	1.616	0.493	0.077	0.978	0.011
1872	10	-0.239	0.418	-0.010	0.016	0.890	0.016
1873	10	2.078	2.255	2.167	0.018	1.000	NaN
1874	1	-2.042	-0.225	-1.277	-0.024	0.065	0.837
1875	1	9.057	32.235	21.483	-0.206	0.713	0.004
1876	23	-7.494	-6.712	-7.011	-0.039	0.856	0.248
1877	10	12.411	14.530	13.634	-0.063	0.851	0.078
1878	1	6.702	17.306	10.922	0.040	0.012	0.888
1879	39	0.036	0.739	0.273	-0.005	0.180	0.401
1880	1	1.358	1.810	1.616	-0.003	0.037	0.807
1881	10	0.524	1.075	0.766	-0.028	0.957	0.133
1882	10	7.374	9.958	8.666	-0.258	1.000	NaN
1883	10	0.114	0.228	0.178	0.002	0.094	0.802
1884	10	0.882	3.476	2.179	0.259	1.000	NaN
1885	10	1.310	1.310	1.310	0.001	NaN	NaN
1886	10	-2.501	4.179	-0.191	-0.005	0.006	0.843
1887	1	7.201	15.370	9.437	-0.149	0.497	0.184
1888	1	4.929	10.122	7.215	0.175	0.974	0.013
1889	1	0.273	0.449	0.383	0.009	0.842	0.260
1890	39	-0.067	1.441	0.863	0.025	0.947	0.001
1891	39	-0.332	0.394	0.085	0.023	0.812	0.099
1893	39	0.395	0.798	0.596	-0.040	1.000	NaN
1894	10	-0.726	0.239	-0.033	0.009	0.118	0.572
1895	1	-1.021	0.075	-0.334	0.008	0.621	0.012
1896	10	-0.161	0.746	0.286	-0.033	0.935	0.033
1897	10	-1.432	1.042	-0.195	-0.247	1.000	NaN
1898	10	0.373	3.816	1.714	-0.111	0.908	0.047
1899	1	-0.424	0.180	-0.169	0.007	0.747	0.006
1900	1	-0.411	2.066	0.382	-0.013	0.174	0.351
1901	10	-1.591	1.866	0.705	0.032	0.516	0.069
1902	1	0.298	2.047	1.086	0.008	0.088	0.519
1903	10	-3.235	2.304	0.029	0.062	0.850	0.000
1904	1	1.239	4.082	2.624	0.105	0.773	0.121
1905	1	-2.014	1.079	0.178	0.018	0.486	0.025
1906	10	1.283	4.917	2.755	-0.130	0.913	0.045
1907	23	1.266	1.992	1.599	0.003	0.019	0.861
1908	23	0.411	1.756	1.242	-0.029	0.406	0.363
1909	10	-0.673	0.515	-0.053	0.004	0.085	0.526
1910	1	0.029	0.343	0.186	0.007	0.454	0.326
1911	1	-0.750	0.082	-0.247	0.000	0.000	0.973
1912	1	1.647	23.227	9.017	-0.076	0.042	0.698
1913	23	1.530	1.786	1.658	0.026	1.000	NaN
1914	23	0.387	1.294	0.754	0.027	0.804	0.104
1915	1	4.181	12.263	7.399	-0.137	0.531	0.163
1916	9	-0.457	-0.237	-0.326	0.004	0.464	0.206
1917	9	-0.336	0.169	0.025	0.006	0.692	0.020
1918	9	-0.011	0.050	0.027	0.002	0.783	0.115
1919	9	0.171	0.254	0.205	-0.002	0.405	0.363
1920	9	-0.636	0.324	0.053	0.008	0.716	0.004
1921	9	2.000	5.120	3.671	0.041	0.169	0.589
1922	9	0.928	2.344	1.315	-0.013	0.061	0.752
1923	9	0.876	1.601	1.269	-0.011	0.128	0.642
1924	9	0.596	1.066	0.881	0.001	0.002	0.955
1925	9	0.199	1.343	0.730	0.033	0.792	0.110
1926	9	-0.205	0.196	0.019	0.004	0.102	0.680
1927	9	1.328	4.328	2.936	0.099	0.990	0.005
1928	9	0.371	0.652	0.470	0.006	0.338	0.419
1929	9	0.245	1.710	0.815	0.051	0.913	0.045
1930	9	0.090	0.757	0.315	0.020	0.717	0.153
1931	9	0.093	0.719	0.366	0.020	0.931	0.035
1932	9	0.774	4.268	2.510	0.129	0.753	0.132
1933	9	0.839	4.077	2.405	0.113	0.722	0.150
1934	9	0.800	4.372	2.573	0.130	0.746	0.136
1935	9	0.567	3.329	1.970	0.106	0.786	0.113
1936	9	0.565	2.474	1.442	0.072	0.857	0.074
1937	9	5.272	7.682	6.200	-0.121	0.863	0.241
1938	9	0.149	1.251	0.603	0.037	0.860	0.073
1939	9	0.089	0.726	0.339	0.015	0.528	0.273
1940	9	0.085	0.609	0.293	0.011	0.363	0.398
1941	9	-0.302	0.421	0.124	0.036	0.913	0.191

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
1942	9	0.564	0.953	0.786	0.014	0.475	0.516
1943	9	-0.003	0.295	0.106	-0.008	0.672	0.181
1944	9	0.133	0.251	0.185	0.000	0.001	0.968
1945	9	-0.020	0.193	0.109	0.004	0.383	0.381
1946	9	0.063	0.349	0.156	-0.007	0.475	0.311
1947	9	0.119	0.358	0.202	-0.003	0.124	0.648
1948	9	0.016	0.264	0.122	-0.004	0.214	0.537
1949	9	0.197	1.033	0.521	-0.042	0.868	0.237
1950	9	0.124	0.405	0.216	-0.002	0.030	0.826
1951	9	0.029	0.092	0.050	-0.001	0.116	0.660
1952	9	0.025	0.072	0.043	-0.001	0.390	0.376
1953	9	0.853	1.624	1.214	0.039	0.988	0.069
1954	9	-0.549	0.801	0.044	0.040	0.831	0.088
1955	9	0.263	0.648	0.459	0.014	0.727	0.147
1956	9	-0.164	-0.095	-0.129	0.003	1.000	0.010
1957	9	0.008	0.015	0.012	0.000	0.426	0.347
1958	9	3.719	4.410	4.067	0.005	0.065	0.678
1959	9	1.851	2.836	2.484	-0.049	0.803	0.293
2032	18	-1.372	0.758	-0.492	-0.003	0.014	0.802
2034	18	-0.039	0.281	0.086	-0.002	0.813	0.000
2035	18	-0.635	0.061	-0.169	0.012	0.900	0.004
2036	18	0.011	0.069	0.042	0.002	0.386	0.573
2037	18	-0.190	0.035	-0.070	0.001	0.039	0.673
2038	18	-0.083	0.153	0.028	-0.002	0.612	0.004
2039	18	-0.181	0.033	-0.067	0.001	0.038	0.677
2040	18	-0.099	0.018	-0.035	0.000	0.059	0.599
2042	18	-0.166	0.016	-0.037	0.001	0.248	0.255
2043	18	-0.989	0.093	-0.241	0.018	0.895	0.004
2044	18	-0.295	-0.015	-0.112	0.003	0.674	0.013
2045	18	-0.245	0.139	-0.019	0.000	0.000	0.971
2046	18	-0.144	0.026	-0.051	0.001	0.061	0.593
2047	18	-0.319	0.002	-0.118	0.006	0.911	0.003
2048	18	-0.156	12.394	5.341	-0.133	0.895	0.000
2050	18	-0.087	0.032	-0.003	0.002	0.336	0.305
2051	18	-0.407	0.099	-0.085	0.004	0.299	0.204
2053	18	-0.672	3.490	1.120	-0.033	0.276	0.226
2054	18	0.897	13.759	6.151	-0.141	0.878	0.000
2056	18	-0.051	0.193	0.046	-0.001	0.586	0.001
2057	18	-2.737	0.455	-0.587	0.055	0.925	0.002
2058	18	0.013	0.053	0.031	-0.001	0.751	0.134
2059	18	0.197	0.309	0.225	0.003	0.599	0.226
2062	18	-0.431	0.152	-0.083	0.006	0.514	0.070
2063	18	-0.710	0.162	-0.154	0.006	0.167	0.362
2064	18	-0.681	-0.052	-0.221	0.006	0.670	0.013
2065	18	0.259	0.476	0.372	-0.011	0.995	0.046
2067	18	-0.032	0.170	0.084	0.005	0.946	0.005
2068	18	-0.043	0.729	0.244	-0.005	0.740	0.000
2069	18	-11.885	-4.528	-6.944	0.043	0.297	0.129
2070	28	-0.035	0.009	-0.004	0.001	0.642	0.055
2071	18	-0.080	0.581	0.313	0.021	0.807	0.101
2072	18	-0.171	0.014	-0.037	0.001	0.248	0.256
2073	18	0.143	0.292	0.222	-0.003	0.365	0.396
2074	28	0.000	0.150	0.036	-0.001	0.424	0.113
2075	18	-0.474	0.201	-0.124	0.005	0.438	0.052
2076	28	-0.049	0.033	0.004	0.001	0.690	0.041
2077	18	0.028	0.270	0.125	-0.008	0.874	0.065
2080	18	-0.039	0.147	0.052	-0.001	0.345	0.096
2081	18	-0.244	0.047	-0.078	-0.004	0.077	0.821
2084	18	-0.636	0.250	0.030	0.001	0.050	0.484
2085	18	2.251	3.856	3.053	-0.160	1.000	NaN
2086	18	-1.468	1.725	0.074	0.012	0.117	0.407
2087	28	0.006	0.235	0.059	-0.001	0.497	0.015
2088	18	-0.741	0.476	0.072	0.001	0.017	0.687
2089	31	-0.283	0.762	0.235	-0.011	0.490	0.080
2090	18	0.087	22.550	8.774	-0.142	0.255	0.202
2092	31	0.000	0.001	0.001	0.000	0.720	0.355
2093	44	0.457	1.148	0.862	0.018	0.939	0.006
2094	18	-0.150	2.227	0.661	0.021	0.686	0.011
2095	18	-3.226	0.974	-0.499	0.015	0.329	0.025
2096	18	-71.837	-31.124	-51.480	4.071	1.000	NaN
2097	18	-0.316	1.791	0.711	0.018	0.834	0.000
2098	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.382	0.266

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
2100	31	-0.002	0.001	0.000	0.000	0.618	0.214
2101	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.903	0.000
2102	31	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.626	0.209
2103	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.827	0.002
2104	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.975
2105	18	-2.754	0.267	-0.293	0.011	0.334	0.039
2106	44	0.784	2.164	1.564	0.010	0.228	0.338
2108	44	-1.353	75.501	10.831	-0.697	0.393	0.132
2109	28	-1.351	0.316	-0.155	0.018	0.639	0.031
2110	31	0.142	0.599	0.310	-0.004	0.630	0.006
2111	18	2.365	10.366	6.217	-0.006	0.005	0.842
2112	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.951	0.000
2113	31	-0.128	0.226	0.032	-0.005	0.970	0.000
2115	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.897	0.000
2116	18	-0.045	8.837	5.952	0.067	0.570	0.007
2118	18	-4.200	41.593	18.939	-0.573	0.816	0.005
2120	18	-13.429	12.736	1.322	-0.689	0.902	0.013
2121	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.958	0.000
2122	18	-2.101	3.107	1.599	0.057	0.819	0.002
2124	18	-0.894	1.936	0.693	0.006	0.118	0.177
2125	31	0.000	0.000	0.000	0.000	NaN	NaN
2126	18	-8.342	8.469	0.180	0.114	0.918	0.000
2127	31	-0.498	0.047	-0.157	0.004	0.868	0.000
2128	28	-0.356	0.535	0.252	0.008	0.709	0.009
2129	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.838	0.000
2130	28	-1.376	2.328	-0.231	0.002	0.010	0.736
2131	44	-2.642	0.259	-0.526	0.016	0.371	0.062
2132	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.830	0.001
2133	31	-0.014	0.013	0.005	0.000	0.789	0.001
2134	31	0.010	0.047	0.027	-0.002	0.986	0.077
2135	28	1.288	3.923	2.367	-0.067	0.958	0.004
2136	18	-0.850	5.282	3.037	0.034	0.341	0.099
2137	31	0.014	0.020	0.018	0.000	0.097	0.548
2138	28	-0.097	1.324	0.718	-0.040	0.887	0.017
2139	28	-0.217	1.773	0.934	0.001	0.003	0.871
2140	28	-12.064	4.124	-0.858	0.017	0.064	0.364
2141	28	0.175	0.555	0.397	0.003	0.507	0.048
2142	31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.320	0.028
2143	18	6.852	10.781	8.968	0.000	0.000	0.995
2144	28	-1.408	0.800	-0.198	0.004	0.178	0.091
2145	28	0.951	1.588	1.229	-0.017	0.605	0.222
2146	18	4.610	11.853	7.687	-0.047	0.471	0.028
2147	28	0.161	2.733	1.549	0.006	0.078	0.466
2148	28	0.030	0.623	0.402	0.007	0.892	0.000
2149	28	0.998	7.195	2.720	-0.094	0.788	0.018
2150	28	-0.146	1.264	0.605	0.008	0.225	0.235
2151	28	0.219	0.532	0.342	0.002	0.155	0.383
2152	31	0.013	0.062	0.027	0.001	0.655	0.027
2153	31	0.040	0.458	0.194	0.011	0.822	0.034
2154	31	0.844	1.525	1.188	0.010	0.727	0.007
2155	28	-183.455	0.179	-13.172	0.369	0.146	0.160
2156	28	-1.493	1.550	-0.141	0.004	0.115	0.183
2157	31	0.124	0.665	0.434	0.005	0.849	0.000
2158	28	0.941	1.027	0.978	-0.001	0.159	0.602
2159	31	0.002	0.012	0.008	0.000	0.771	0.004
2160	28	-5.550	0.558	-1.361	0.067	0.820	0.001
2161	28	0.498	0.765	0.629	0.004	0.938	0.000
2162	31	-0.242	0.005	-0.080	0.012	0.777	0.313
2163	31	0.543	4.663	2.074	-0.182	0.654	0.400
2164	28	-0.012	1.674	0.893	0.002	0.045	0.431
2165	28	4.813	28.028	16.207	-0.204	0.948	0.000
2166	44	-0.288	0.232	0.006	0.001	0.070	0.491
2167	31	0.203	1.056	0.597	0.006	0.544	0.006
2168	31	-0.181	0.996	0.556	0.011	0.905	0.000
2169	31	1.273	3.603	2.546	0.017	0.515	0.030
2170	31	1.331	4.090	2.402	0.031	0.894	0.000
2171	44	-0.122	0.306	0.166	0.002	0.225	0.236
2172	28	-3.824	1.159	0.263	0.028	0.336	0.102
2173	20	0.070	0.257	0.139	0.000	0.040	0.637
2174	31	-0.098	0.015	-0.027	0.001	0.879	0.000
2175	20	2.375	3.629	2.941	0.000	0.002	0.863
2176	20	0.375	2.237	0.990	-0.055	0.708	0.159

GRAND ID	ID STATE	τ min	τ max	τ medio	pendenza regressione lineare [decade ⁻¹]	R ²	p- value
2177	31	0.039	0.401	0.127	-0.004	0.607	0.039
2178	31	-0.725	0.234	-0.115	0.019	0.312	0.442
2179	31	-0.609	0.198	-0.097	0.016	0.311	0.442
2180	20	1.670	2.299	1.937	0.001	0.014	0.760
2181	31	0.004	0.021	0.013	0.000	0.671	0.024
2182	20	0.182	0.744	0.419	-0.008	0.935	0.000
2183	20	0.120	14.913	6.225	-0.182	0.864	0.000
2184	20	-0.078	0.150	0.036	0.002	0.903	0.000
2185	20	2.401	4.210	3.542	0.008	0.231	0.159
2186	20	0.381	0.709	0.611	0.001	0.011	0.840
2187	31	-23.155	9.677	-2.946	0.669	0.338	0.418
2188	20	0.094	0.688	0.291	-0.018	0.743	0.138
2189	20	-1.816	1.484	-0.078	0.101	0.922	0.040
2190	20	-0.018	0.065	0.016	0.001	0.766	0.000
2191	20	0.222	0.713	0.350	-0.004	0.363	0.152
2192	31	-0.022	0.037	0.005	0.001	0.640	0.104
2193	6	0.251	0.904	0.622	-0.004	0.041	0.798
2194	38	-203.871	5.807	-48.965	6.315	0.623	0.211
2195	31	0.015	0.075	0.045	0.001	0.673	0.013
2196	6	-0.234	0.324	0.083	0.002	0.451	0.009
2198	6	0.211	0.591	0.452	0.004	0.663	0.014
2199	6	0.204	1.232	0.726	0.010	0.698	0.003
2200	31	0.012	0.727	0.252	0.016	0.595	0.127
2201	31	0.053	0.352	0.180	0.008	0.832	0.031
2202	6	0.832	2.820	1.630	-0.025	0.943	0.000
2203	6	0.211	0.564	0.320	-0.011	0.720	0.151
2204	31	0.014	0.051	0.036	0.001	0.762	0.010
2205	31	0.013	0.301	0.143	0.004	0.920	0.001
2206	31	-0.760	0.664	0.094	0.009	0.895	0.000
2207	6	-0.507	3.090	1.131	0.054	0.894	0.001
2208	31	-0.043	2.366	0.754	0.021	0.807	0.000
2209	31	-0.028	2.046	0.999	0.019	0.781	0.001
2210	31	-0.031	2.548	0.860	0.023	0.838	0.000
2211	31	-0.002	1.533	0.684	0.015	0.908	0.000
2212	37	1.326	3.558	2.124	-0.049	0.367	0.394
2213	31	0.154	4.412	2.843	0.053	0.613	0.066
2214	31	-1.123	2.759	1.560	0.033	0.753	0.002
2215	6	2.339	4.553	3.126	-0.048	0.404	0.364
2216	6	1.104	1.944	1.368	-0.008	0.520	0.068
2217	31	0.195	2.337	1.689	0.018	0.730	0.002
2218	31	0.334	3.037	2.245	0.014	0.373	0.061
2219	31	-0.302	3.487	2.152	0.003	0.008	0.818
2220	6	0.330	1.109	0.766	-0.011	0.540	0.096
2221	6	2.008	8.843	4.043	-0.097	0.852	0.003
2222	31	-1.123	10.610	7.648	0.037	0.119	0.364
2223	29	0.023	0.879	0.366	0.000	0.001	0.939
2224	29	3.359	3.845	3.602	0.049	1.000	NaN
2225	31	-56.030	30.259	-4.525	2.094	0.453	0.327
2226	29	0.011	0.406	0.138	0.002	0.494	0.016
2227	31	3.005	5.339	4.316	0.030	0.699	0.010
2228	29	0.405	1.631	0.843	-0.008	0.331	0.177
2229	29	0.133	0.494	0.241	-0.001	0.074	0.417
2230	29	-0.200	0.913	0.346	-0.015	0.151	0.612
2231	29	-0.177	1.700	0.857	0.058	0.666	0.184
2232	29	-1.440	3.621	1.223	0.142	0.696	0.166
2233	29	0.244	0.557	0.447	-0.005	0.450	0.215
2234	29	5.389	7.847	6.624	-0.021	0.405	0.090
2235	29	0.092	0.356	0.160	0.002	0.356	0.157
2236	29	0.398	2.250	1.695	0.015	0.666	0.007
2238	29	0.567	0.928	0.757	-0.009	0.450	0.329
2239	29	0.959	1.892	1.416	-0.030	0.986	0.007
2240	29	2.385	2.708	2.574	-0.016	0.921	0.182
2241	29	0.639	2.116	1.378	0.148	1.000	NaN
2242	37	29.388	38.186	33.458	0.062	0.098	0.608
6825	21	0.115	1.825	0.919	-0.018	0.637	0.018
6828	31	0.511	3.584	2.264	0.035	0.781	0.002

CODICE PER IL CALCOLO DELLA τ -statistic_stato

```
clear all
close all
clc

%STEP 1: CARICARE I DATI
dati_stati=xlsread('Statistiche_zonali_Stati.xlsx'); %non legge il
testo per cui e' stato associato un codice agli stati

dati_bacini=xlsread('Statistiche_zonali_Bacini.xlsx');

dati_dighe=xlsread('Caratteristiche_dighe.xlsx');
lista_dighe=dati_dighe(:,1);

[dati_codici,dati_codici_txt,dati_codici_raw]=xlsread('Bacini_dighe_sta
ti.xlsx');%GRAND_ID,
MAIN_BASIN_ID,ID_STATE,ADMIN_UNIT,AREA_STATI,AREA_BACINI
lista_id_stati=unique(dati_codici(:,3));%id 7 e 8 non ci sono --li
elimino da dati_stati
dati_stati(7,:)=[];%elimino id 7
dati_stati(8,:)=[];%elimino id 8
n_stati=size(dati_stati,1);

%elimino id_stati da dati_stati cosi da avere 47*22
dati_stati(:,1)=[];

%aree stati
aree_stati=zeros(n_stati,1);
for id_stati=1:n_stati
    row=find(dati_codici(:,3)==lista_id_stati(id_stati),1,'first');
    aree_stati(id_stati)=dati_codici(row,5);
end

buffer_list=10:5:100;
n_buffer=length(buffer_list);

%STEP 2: CREARE VETTORE ANNI E RIMUOVERE 1960
anni_vec=[1790:10:2010];
anni_vec(18)=[]; %per eliminare il 1960; 18 sta per la posizione
dell'elemento
n_anni=length(anni_vec);

%STEP 3: CALCOLARE IL NUMERO DI DIGHE, BACINI, STATI
n_dighe=size(dati_dighe,1); %mettiamo ,1 per avere solo il numero di
righe che sono appunto il numero di dighe

n_bacini=size(dati_bacini,1);

%STEP 4: ARROTONDARE ANNO DI COSTRUZIONE DIGHE
for id_diga=1:n_dighe
    anno_costruzione_diga(id_diga)=dati_dighe(id_diga,2);
    anno_arrotondato(id_diga)=round(anno_costruzione_diga(id_diga),-
1); %-1 per arrotondare al decimale precedente o successivo

end

%STEP 5: ELIMINARE 1960 DA ANNO ARROTONDATO E SOSTITUIRE CON 1970
for i=1:size(anno_arrotondato,2);
    anno_diga(i)=anno_arrotondato(i);
    if anno_diga(i)==1960;
        anno_diga(i)=1970;
    else
```

```

        anno_diga(i)=anno_diga(i);
    end
end

%creazione matrice 3d dati buffer
dati_buffer_all=zeros(n_dighe,n_anni,n_buffer);
for id_buffer=1:n_buffer
    dati_buffer_all(:,:,id_buffer)=xlsread(['STATISTICHE ZONALI
BUFFER/Statistiche_zonali_Buffer_',num2str(buffer_list(id_buffer)),'km.
xlsx'],'B2:W1860');
end

%aree buffer
aree_buffer=xlsread('Aree_buffer.xlsx','A2:S2');

%densita di popolazione buffer
densita_buffer_all=zeros(size(dati_buffer_all));
for id_buffer=1:n_buffer

    densita_buffer_all(:,:,id_buffer)=dati_buffer_all(:,:,id_buffer)./aree_
buffer(id_buffer);
end

%densita di popolazione stato
densita_stati=dati_stati./aree_stati;

posizione=zeros(n_dighe,1);
tau=NaN*ones(n_dighe,n_anni,n_buffer);
%calcolo tau statistic
for id_dighe=1:n_dighe
    diga=lista_dighe(id_dighe)
    stato=dati_codici(id_dighe,3)
    row_stato=find(lista_id_stati(:,1)==stato);
    posizione(id_dighe)=find(anno_diga(id_dighe)==anni_vec);%+1; %trova
la posizione dell'anno in cui È stata costruita la diga all'interno del
vettore dei nostri anni di dati e somma 1 per tenere conto di id_diga
    for id_buffer=1:n_buffer
        for id_t=posizione(id_dighe)+1:n_anni

tau(id_dighe,id_t,id_buffer)=(densita_buffer_all(id_dighe,id_t,id_buffe
r)-
densita_buffer_all(id_dighe,posizione(id_dighe),id_buffer))/(densita_st
ati(row_stato,id_t)-densita_stati(row_stato,posizione(id_dighe)));
            end
        end
    end
end

save('Tau_normalizzata_buffer_stato/tau_normalizzata_buffer_stato.mat',
'tau')

```


CODICE PER IL CALCOLO DELLA τ -statistic_bacino

```
clear all
close all
clc

%STEP 1: CARICARE I DATI
dati_bacini=xlsread('Statistiche_zonali_Bacini.xlsx');

dati_dighe=xlsread('Caratteristiche_dighe.xlsx');
lista_dighe=dati_dighe(:,1);

[dati_codici,dati_codici_txt,dati_codici_raw]=xlsread('Bacini_dighe_statistiche.xlsx');%GRAND_ID,
MAIN_BASIN_ID,ID_STATE,ADMIN_UNIT,AREA_STATI,AREA_BACINI
lista_id_bacini=unique(dati_codici(:,2));
n_bacini=size(dati_bacini,1);

%rimuovo id_bacini per avere 155*22
dati_bacini(:,1)=[];

%aree bacini
aree_bacini=zeros(n_bacini,1);
for id_bacini=1:n_bacini
    row=find(dati_codici(:,2)==lista_id_bacini(id_bacini),1,'first');
    aree_bacini(id_bacini)=dati_codici(row,6);
end

buffer_list=10:5:100;
n_buffer=length(buffer_list);

%STEP 2: CREARE VETTORE ANNI E RIMUOVERE 1960
anni_vec=[1790:10:2010];
anni_vec(18)=[]; %per eliminare il 1960; 18 sta per la posizione
dell'elemento
n_anni=length(anni_vec);

%STEP 3: CALCOLARE IL NUMERO DI DIGHE, BACINI, STATI
n_dighe=size(dati_dighe,1); %mettiamo ,1 per avere solo il numero di
righe che sono appunto il numero di dighe

%STEP 4: ARROTONDARE ANNO DI COSTRUZIONE DIGHE
for id_diga=1:n_dighe
    anno_costruzione_diga(id_diga)=dati_dighe(id_diga,2);
    anno_arrotondato(id_diga)=round(anno_costruzione_diga(id_diga),-
1); %-1 per arrotondare al decimale precedente o successivo
end

%STEP 5: ELIMINARE 1960 DA ANNO ARROTONDATO E SOSTITUIRE CON 1970
for i=1:size(anno_arrotondato,2);
    anno_diga(i)=anno_arrotondato(i);
    if anno_diga(i)==1960;
        anno_diga(i)=1970;
    else
        anno_diga(i)=anno_diga(i);
    end
end

%creazione matrice 3d dati buffer
dati_buffer_all=zeros(n_dighe,n_anni,n_buffer);
```

```

for id_buffer=1:n_buffer
    dati_buffer_all(:,:,id_buffer)=xlsread(['STATISTICHE ZONALI
BUFFER/Statistiche_zonali_Buffer_',num2str(buffer_list(id_buffer)),'km.
xlsx'],'B2:W1860');
end

%aree buffer
aree_buffer=xlsread('Aree_buffer.xlsx','A2:S2');

%densita di popolazione buffer
densita_buffer_all=zeros(size(dati_buffer_all));
for id_buffer=1:n_buffer

densita_buffer_all(:,:,id_buffer)=dati_buffer_all(:,:,id_buffer)./aree_
buffer(id_buffer);
    %densita_buffer_all(:,1,id_buffer)=dati_buffer_all(:,1,id_buffer);
end

%densita di popolazione bacino
densita_bacini=dati_bacini./aree_bacini;
%densita_bacini(:,1)=dati_bacini(:,1);

posizione=zeros(n_dighe,1);
tau=NaN*ones(n_dighe,n_anni,n_buffer);
%calcolo tau statistic
for id_dighe=1:n_dighe
    diga=lista_dighe(id_dighe)
    bacino=dati_codici(id_dighe,2)
    row_bacino=find(lista_id_bacini(:,1)==bacino);
    posizione(id_dighe)=find(anno_diga(id_dighe)==anni_vec); %trova la
posizione dell'anno in cui È stata costruita la diga all'interno del
vettore dei nostri anni di dati e somma 1 per tenere conto di id_diga
    for id_buffer=1:n_buffer
        for id_t=posizione(id_dighe)+1:n_anni

tau(id_dighe,id_t,id_buffer)=(densita_buffer_all(id_dighe,id_t,id_buffe
r)-
densita_buffer_all(id_dighe,posizione(id_dighe),id_buffer))/(densita_ba
cini(row_bacino,id_t)-densita_bacini(row_bacino,posizione(id_dighe)));
            end
        end
    end
end

save('Tau_normalizzata_buffer_bacino/tau_normalizzata_buffer_bacino.mat
','tau')

```

CODICE PER LA CREAZIONE DEI GRAFICI

```
clear all
close all
clc

%STEP 1: CARICARE I DATI
dati=load('Tau_normalizzata_buffer_stato/tau_normalizzata_buffer_stato.
mat');
tau=dati.tau;           %matrice 3D tau
anni_vec=[1790:10:2010];
anni_vec(18)=[];       %elimino il 1960

n_anni=length(anni_vec);
n_dighe=length(tau);

dati_dighe=xlsread('Caratteristiche_dighe.xlsx');
lista_dighe=dati_dighe(:,1);

dati_pos=load('Tau_normalizzata_buffer_stato/posizione.mat');
posizione=dati_pos.posizione; %posizione dell'anno di fondazione
della diga in anni_vec

dati_stati=xlsread('Statistiche_zonali_Stati.xlsx');
[dati_codici,dati_codici_txt,dati_codici_raw]=xlsread('Bacini_dighe_sta
ti.xlsx');%GRAND_ID,
MAIN_BASIN_ID,ID_STATE,ADMIN_UNIT,AREA_STATI,AREA_BACINI
lista_id_stati=unique(dati_codici(:,3));%id 7 e 8 non ci sono --li
elimino da dati_stati
dati_stati(7,:)=[];%elimino id 7
dati_stati(8,:)=[];%elimino id 8
n_stati=size(dati_stati,1);

col_usi=4:6;
n_usi=length(col_usi);
label_usi={'irriguo';'idroelettrico';'acquedottistico'};

%STEP 2: GRAFICI EVOLUZIONE NEL TEMPO

num_dighe_stato_utilizzo=zeros(n_stati,n_usi+1);
num_dighe_stato_utilizzo(:,1)=lista_id_stati;

scrsz=get(0,'ScreenSize');

for id_usi=1:n_usi
    uso=col_usi(id_usi)
    for id_stato=1:n_stati
        stato=lista_id_stati(id_stato)
        for id_buffer=1:length(buffer_list)
            num_dighe=0;
            figure('OuterPosition',scrsz)
            for i=1:n_dighe
                if dati_dighe(i,uso)==1 %la colonna cambia in
automatico in base agli utilizzi
                    if dati_codici(i,3)==stato
                        num_dighe=num_dighe+1;
                        ID_diga=dati_dighe(i,1);
                        plot(anni_vec,tau(i,:,id_buffer),'-
o','DisplayName',['ID diga=',num2str(ID_diga)]);
                        hold on
```



```

print(['Figure/Evoluzione_nello_spazio/tau_',label_usi{id_usi},'_',num2
str(stato)],'-dpng')
close
    %num_dighe_stato_utilizzo(id_stato,id_usi+1)=num_dighe;
end
end

%STEP 4: GRAFICO DENSITA'
scrsz=get(0,'ScreenSize');
figure('OuterPosition',scrsz)

numero_diga=889;
code_diga=find(numero_diga==lista_dighe);
numero_stato=40;
code_stato=find(numero_stato==lista_id_stati);
plot(anni_vec,densita_stati(code_stato,:),'-o','DisplayName','Densit+
stato')
hold on
plot(anni_vec(posizione(code_diga)),densita_stati(code_stato,posizione(
code_diga)),'x','DisplayName','Anno costruzione diga')
hold on
plot(anni_vec,densita_buffer_all(code_diga,:,1),'-
o','DisplayName','Densit+ buffer 10km')
hold on
plot(anni_vec(posizione(code_diga)),densita_buffer_all(code_diga,posizi
one(code_diga),1),'x','DisplayName','Anno costruzione diga')
xlim([1790 2050])
legend show;
legend('Location','East')
title(['Evoluzione nel tempo della densit+ nello stato di
',dati_codici_raw(code_diga+1,4), ' per la diga
',num2str(numero_diga)]);
xlabel('Anno');
ylabel('Densit+ (persone/km^2)');
print(['Figure/Densita/diga_',num2str(numero_diga),'_stato_',num2str(nu
mero_stato)],'-dpng')

```

CODICE PER ANALISI DEI DATI CON IL MODELLO LINEARE

```
clear all
close all
clc

%STEP 1: CARICARE I DATI
dati=load('Tau_normalizzata_buffer_stato/tau_normalizzata_buffer_stato.
mat');
tau=dati.tau;           %matrice 3D tau
anni_vec=[1790:10:2010];
anni_vec(18)=[];       %elimino il 1960

n_anni=length(anni_vec);
n_dighe=length(tau);

dati_dighe=xlsread('Caratteristiche_dighe.xlsx');
lista_dighe=dati_dighe(:,1);

dati_pos=load('Tau_normalizzata_buffer_stato/posizione.mat');
posizione=dati_pos.posizione; %posizione dell'anno di fondazione
della diga in anni_vec

dati_stati=xlsread('Statistiche_zonali_Stati.xlsx');
[dati_codici,dati_codici_txt,dati_codici_raw]=xlsread('Bacini_dighe_sta
ti.xlsx');%GRAND_ID,
MAIN_BASIN_ID,ID_STATE,ADMIN_UNIT,AREA_STATI,AREA_BACINI
lista_id_stati=unique(dati_codici(:,3));%id 7 e 8 non ci sono --li
elimino da dati_stati
dati_stati(7,:)=[];%elimino id 7
dati_stati(8,:)=[];%elimino id 8
n_stati=size(dati_stati,1);

col_usi=4:6;
n_usi=length(col_usi);
label_usi={'irriguo';'idroelettrico';'acquedottistico'};

%STEP 2: CALCOLO PENDENZA RETTA DI REGRESSIONE LINEARE PER OGNI DIGA
%fatta rispetto al buffer 10 km
tabella_1=zeros(n_dighe,7);

for i=1:n_dighe
    i
    app=tau(i,:,1);
    app(isnan(app))=[];
    anni_app=anni_vec(posizione(i)+1 : end);
    anni_app(isnan(anni_app))=[];
    tabella_1(i,1)=lista_dighe(i,1); %id diga
    tabella_1(i,2)=min(app(:)); %tau minimo
    tabella_1(i,3)=max(app(:)); %tau massimo
    tabella_1(i,4)=mean(app(:)); %tau medio
    lin=LinearModel.fit(anni_app,app(:),'linear'); %Modello lineare
    tabella_1(i,5)=lin.Coefficients.Estimate(2); %pendenza retta
    regressione lineare
    tabella_1(i,6)=lin.Rsquared.Ordinary; %R quadro
    tabella_1(i,7)=lin.Coefficients.pValue(2); %p_value
end
%save(['Tabelle/statistiche_tau_stati_tabella_1','.txt'],'tabella_1','-
ascii')

%STEP 3: CALCOLO MEDIA/MEDIANA/IQR PER STATO E UTILIZZO
```

```

%uso irriguo
tabella_2=zeros(n_stati,7);

for id_usi=1:n_usi
    uso=col_usi(id_usi)
    uso_string=label_usi{id_usi}
    for id_stato=1:n_stati
        stato=lista_id_stati(id_stato)

        %numero di dighe per tipologia di uso e stato di appartenenza
        num_dighe=0;
        ID_diga=[];
        for i=1:n_dighe
            if dati_dighe(i,uso)==1
                if dati_codici(i,3)==stato
                    num_dighe=num_dighe+1;
                    ID_diga=[ID_diga;dati_dighe(i,1)];%lista id-dighe
per stato e uso
                end
            end
        end

        matrice=zeros(num_dighe,n_anni);
        app_slope=zeros(num_dighe,1);

        for i=1:num_dighe
            pos=find(lista_dighe(:,1)==ID_diga(i))
            matrice(i,:)=tau(pos,:,1);%matrice con i valori delle tau
di tutte le dighe con utilizzo X nello stato Y
            app_slope(i,1)=tabella_1(pos,5);%vettore con i valori delle
pendenze delle tau di tutte le dighe con utilizzo X nello stato
        end

        matrice=matrice(:);%trasformazione matrice-vettore
        matrice(isnan(matrice))=[];%eliminazione NaN
        tabella_2(id_stato,1)=lista_id_stati(id_stato,1); %id_stato
        tabella_2(id_stato,2)=mean(matrice); %tau media in tutto lo
stato
        tabella_2(id_stato,3)=median(matrice); %tau mediana in tutto lo
stato
        tabella_2(id_stato,4)=prctile(matrice,25); %25 percentile
        tabella_2(id_stato,5)=prctile(matrice,75); %75 percentile
        tabella_2(id_stato,6)=mean(app_slope(:)); %pendenza media in
tutto lo stato
        tabella_2(id_stato,7)=std(app_slope(:)); %deviazione standard
pendenza

    end

%save(['Tabelle/statistiche_tau_stati_',uso_string,'.txt'],'tabella_2',
'-ascii')
end

%
save(['Tabelle/statistiche_tau_stati_',uso_string,'.txt'],'tabella_2',
'-ascii')

```

SITOGRAFIA

<https://www.nasa.gov/vision/earth/everydaylife/jamestown-water-fs.html>

<https://www.riusa.eu/it/notizie/2018-nasa-acqua-terra.html>

http://www.treccani.it/enciclopedia/l-oro-blu-la-battaglia-per-l-acqua_%28XXI-Secolo%29/

http://www.treccani.it/enciclopedia/dighe_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/

<https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/grand-v1>

https://docs.qgis.org/3.4/it/docs/gentle_gis_introduction/vector_spatial_analysis_buffers.html

<http://www.hydrosheds.org>

<https://www.census.gov/cgi-bin/geo/shapefiles/index.php?year=2019&layergroup=States+%28and+equivalent%29>

https://docs.qgis.org/2.8/it/docs/user_manual/working_with_vector/field_calculator.html

https://docs.qgis.org/2.8/it/docs/user_manual/working_with_vector/field_calculator.html

http://wwwdata.unibg.it/dati/corsi/64023/44086-regressione_lineare.pdf

<https://it.wikipedia.org/wiki/Clustering>

https://it.mathworks.com/help/matlab/data_analysis/linear-regression.html

<https://it.mathworks.com/help/stats/f-statistic-and-t-statistic.html>

https://it.wikipedia.org/wiki/Valore_p

BIBLIOGRAFIA

Azman, A.S., Luquero, F.J., Salje, H., Mbaïbardoum, N.N., Adalbert, N., Ali, M., Bertuzzo, E., Finger, F., Toure, B., Massing, L.A., Ramazani, R., Saga, B., Allan, M., Olson, D., Leglise, J., Porten, K., Lessler, J., (2018). Micro-Hotspots of Risk in Urban Cholera Epidemics, *The Journal of Infectious Diseases*.

Di Baldassarre, G., Mazzoleni, M., (2019). Who follows whom: Reservoirs and population dynamics in the USA, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 21, EGU2019-9229, EGU General Assembly 2019.

Fang, Y., Jawitz, J.W., (2018). High-resolution reconstruction of the United States human population distribution 1790 to 2010, *Scientific Data* 5, 180067, <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.67>

Lehner, B., (2014). *HydroBASINS, Technical Documentation Version 1.c.*

Lessler, J., Salje, H., Grabowski, M.K., Cummings, D.A.T., (2016). Measuring Spatial Dependence for Infectious Disease Epidemiology, *PlosOne*.

The Report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, November 2000. Dams and Development - A new framework for decision making