

NOTA TECNICA.

INDICATORI RELATIVI ALL'ALTIMETRIA DEI COMUNI CALCOLATI MEDIANTE UTILIZZO DI UN DEM

Aprile 2026

Direzione Centrale per le statistiche ambientali e territoriali

A cura di Alberto Sabbi e Stefano Mugnoli

SOMMARIO

Premessa	3
Le basi dati utilizzate	3
II NASADEM_HGTv001	4
Le Basi territoriali (BT) 2021 prodotte dall'Istat.....	6
SITUAS	6
Il Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni	7
La metodologia utilizzata	8

PREMESSA

Di seguito si illustrano gli aspetti metodologici con riferimento all'aggiornamento delle elaborazioni statistiche per la misurazione di indicatori di altitudine (minima, massima, media, ecc.) relativamente ai Comuni presenti alla data del Censimento 2021.

La presente nota è utile a chiarire alcuni aspetti tecnici relativi alle basi dati utilizzate per pervenire alla quantificazione delle altimetrie e quindi per un corretto uso delle informazioni prodotte.

L'altitudine comunale viene calcolata utilizzando il centroide¹ della sezione di censimento 2021 nella quale è collocata la casa comunale (Municipio)².

Queste elaborazioni fanno anche riferimento esplicito a quanto già fatto dall'Istat in materia di statistiche sperimentali ed in particolare per ciò che riguarda gli indici per la descrizione morfometrica del territorio italiano³.

LE BASI DATI UTILIZZATE

Le basi dati utilizzate sono:

1. La base dati di riferimento per il calcolo delle altitudini è il DTM (*Digital Terrain Model*, Modello Digitale del Terreno) prodotto dalla NASA e denominato **NASADEM_HGTv001**⁴.
2. Le **Basi Territoriali** che rappresentano la mappatura completa del territorio di tutti i Comuni italiani al 2021 in sezioni di censimento e località abitate⁵. Si tratta di un'articolazione molto fine del territorio comunale che, successivamente ad una proposta dell'Istat, viene confermata da ogni singolo Comune. Da questi strati

¹ Il centroide è il punto geografico che rappresenta il baricentro geometrico di un'unità territoriale (come una sezione censuaria, un comune o un sistema locale).

² Si fa presente che l'ubicazione del Municipio è stata acquisita in occasione del processo di aggiornamento delle Basi territoriali 2021 (svolto nel periodo 2021-24), sia sulla base di quanto pubblicato da Agid (IPA - Indice dei domicili digitali della Pubblica Amministrazione; <https://www.indicepa.gov.it/ipa-portale/consultazione>), sia sulla base di comunicazioni esplicite dei Comuni, quando pervenute. È inoltre possibile che qualche Comune possa aver modificato la sede del proprio Municipio in data successiva al 2021 rispetto a quanto diffuso da Agid.

³ Si veda: <https://www.istat.it/statistica-sperimentale/indici-per-la-descrizione-morfometrica-del-territorio-italiano/>

⁴ L'Istat ha utilizzato in maniera intensiva questa base dati, anche al fine di produrre indici per la descrizione morfometrica del territorio italiano. A tal fine si veda: <https://www.istat.it/statistica-sperimentale/indici-per-la-descrizione-morfometrica-del-territorio-italiano/>

⁵ Si veda: <https://www.istat.it/comunicato-stampa/localita-abitate-e-produttive-nelle-basi-territoriali-anno-2021/> e <https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie/>. A quest'ultimo link è possibile consultare tutti i dati geografici micro-territoriali (sezioni di censimento, località abitate, limiti amministrativi, limiti amministrativi sub-comunali, ecc.) in formato *shapefile* e, solo per i Comuni più importanti, anche in formato KMZ (Google Earth).

geografici viene desunta la superficie territoriale totale, comprensiva anche delle Isole Amministrative (ISAM)⁶ e dei limiti amministrativi comunali.

3. Il Sistema Informativo Territoriale delle Unità Amministrative e Statistiche (SITUAS, <https://situas.istat.it/web/#/home>).
4. I dati statistici relativi alla **superficie territoriale** e alla **popolazione residente totale** ai Censimenti permanenti della popolazione del 2021, per tutti i Comuni italiani (<https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/censpop/categories>).

II NASADEM_HGTv001⁷

Per il calcolo di altitudini è necessario utilizzare modelli digitali di elevazione del terreno (DEM, dall'inglese *Digital Elevation Model*) che consistono in una misurazione delle quote di un territorio o di un'altra superficie. I DEM si dividono generalmente in due gruppi:

- Il **DTM (*Digital Terrain Model*)** che consiste in una rappresentazione dell'andamento della superficie del suolo ad esclusione degli elementi antropici e vegetazionali presenti sul suolo stesso. Tali elementi possono infatti influenzare il corretto calcolo delle altimetrie. Generalmente un DTM viene utilizzato per analisi idrologiche e di geomorfologia fluviale, definizione delle carte di rischio (idraulico, geomorfologico, valanghivo, ecc.), per la VAS (Valutazione Ambientale Strategica), per analisi vegetazionali e di uso del suolo, per l'elaborazione di carte di pendenza, curvatura ed esposizione dei versanti, ecc.
- Il **DSM (*Digital Surface Model*)** modello che descrive l'andamento della superficie terrestre considerando anche gli oggetti che incidono su di essa, quindi, ad esempio, gli elementi antropici e vegetazionali. Generalmente un DSM viene utilizzato per la modellazione 3D, le telecomunicazioni, la pianificazione urbana, ecc.

Dopo aver sperimentato l'utilizzo dell'EU-DEM (*European Digital Elevation Model*) v1.1 come esempio di DSM (prodotto dal progetto COPERNICUS dell'*European Environment Agency*) e tre differenti DTM (NASADEM_HGTv001, ASTER V3 e Tinitaly), il NASADEM_HGTv001 è stato scelto per il calcolo finale degli indici di altimetria.

Il NASADEM_HGTv001, anche se aggiornato all'anno 2000, è tuttora considerato un prodotto estremamente affidabile, essendo stato prodotto per mezzo di una metodologia estremamente rigorosa. Infatti, questo DTM è stato costruito a partire dai dati telemetrici acquisiti nell'ambito della missione *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) in collaborazione con la *National Geospatial Intelligence Agency* e con la partecipazione della Agenzia Spaziale italiana e tedesca.

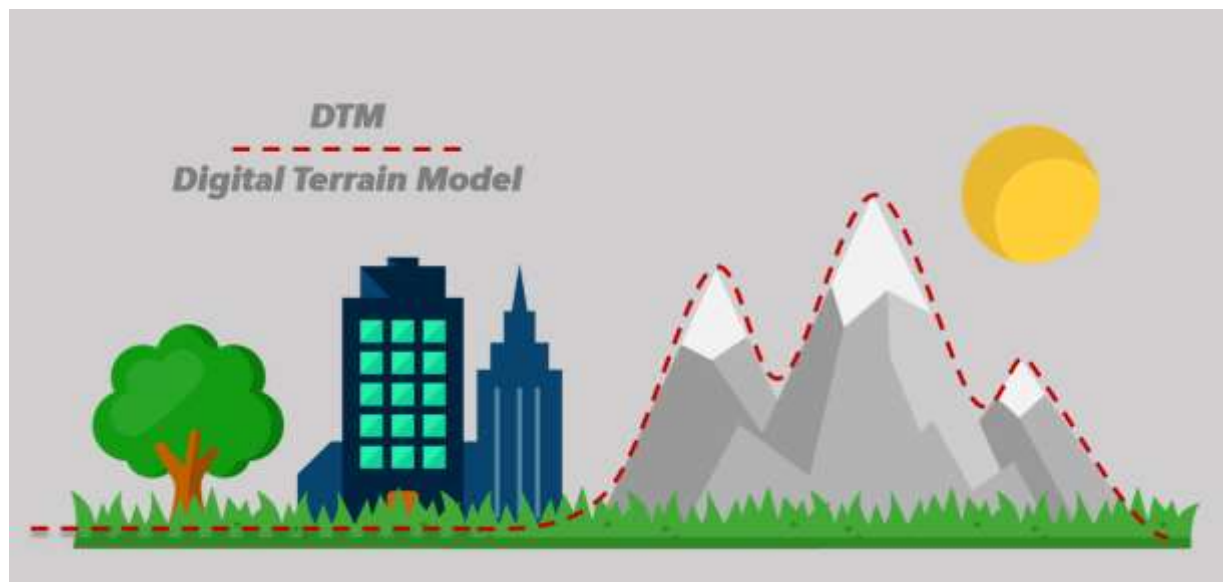
Oltre ai dati del satellite ASTER, questo prodotto utilizza anche altri dati satellitari per implementare l'accuratezza delle misurazioni.

In figura 1 e 2, una rappresentazione della differenza tra DTM e DSM.

⁶ Si tratta di parti del territorio comunale circondate interamente dal territorio di altro o altri Comuni.

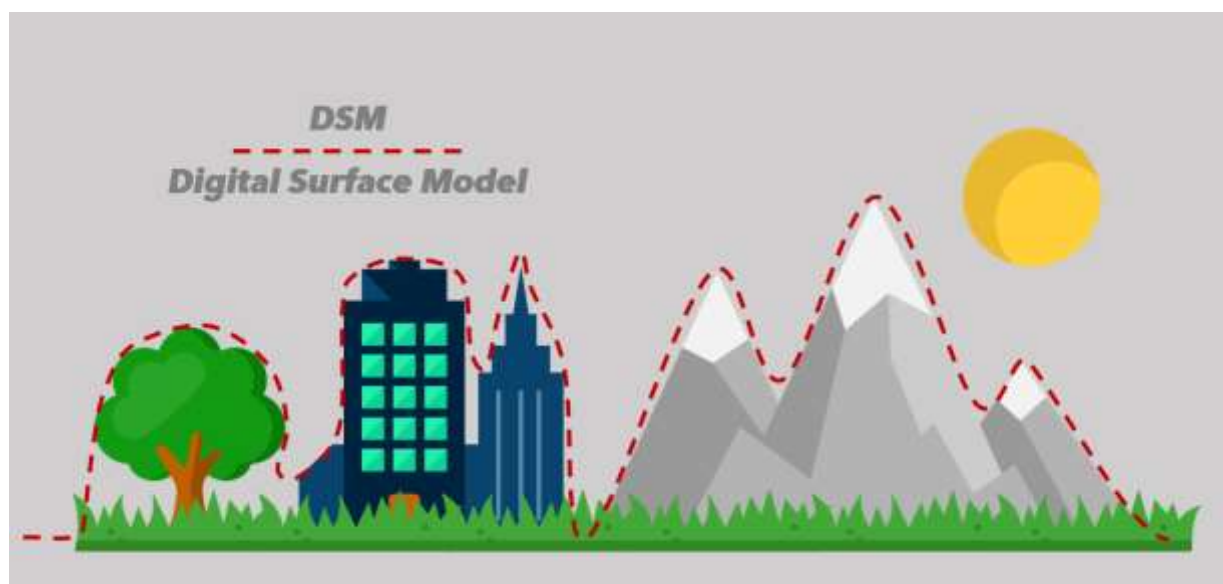
⁷ Per maggiori informazioni è possibile consultare: https://ltpdaac.usgs.gov/documents/2237/NASADEM_User_Guide_V13.pdf

Figura 1 - Digital Terrain Model - DTM



Fonte: <https://resource.esriuk.com/blog/2018-3-16-elevate-your-knowledge/>

Figura 2 - Digital Surface Model - DSM



Fonte: <https://resource.esriuk.com/blog/2018-3-16-elevate-your-knowledge/>

Nello specifico, tale prodotto restituisce un file geografico di tipo *raster* continuo (*float*) costituito da pixel di estensione mediamente di circa 30x30 metri (risoluzione spaziale) per ognuno dei quali è restituita l'altitudine sul livello del mare⁸. Quindi la base dati utilizzata

⁸ La maggior parte degli utenti di DEM richiede che le elevazioni siano riferite al geode piuttosto che all'ellissoide (cioè, con gli oceani a quota zero). Fino a quel momento, il riprocessamento SRTM si riferiva all'ellissoide WGS84. La conversione in un riferimento geode è stata effettuata generando prima un array di conversione in virgola mobile su punteggi di 15x15 secondi d'arco per le tessere di latitudine-longitudine 50x50 gradi da un database standard EGM96. Questi array venivano poi ricampionati in postazioni di 1x1 secondo d'arco tramite interpolazione bilineare per produrre un array di conversione ellissoide-geode per ogni

dispone di oltre 430 milioni di valori di altimetria per tutto il territorio nazionale. Ne deriva che un Comune è rappresentato mediamente da oltre 54 mila misurazioni, anche se questo numero è ovviamente influenzato dalla diversa estensione territoriale dei Comuni⁹.

Le Basi territoriali (BT) 2021 prodotte dall'Istat

L'analisi geografica delle località abitate e produttive nel 2021, delimitate nelle Basi Territoriali dell'Istat (articolazione del territorio di ogni Comune in sezioni di censimento, in totale 756 mila sezioni che coprono tutto il territorio nazionale), consente una puntuale rappresentazione della distribuzione spaziale del territorio e della popolazione che vi insiste, con particolare riguardo ai processi di urbanizzazione in atto nel nostro Paese.

A partire dall'articolazione del territorio comunale in sezioni di censimento vengono delimitate le località abitate e le località produttive, ambedue definite come aggregazioni di sezioni di censimento che rispondono a regole ben definite. Dall'aggregazione delle sezioni di censimento si ottiene anche l'estensione territoriale totale del Comune in chilometri quadrati e, attraverso analisi geografiche specifiche, il perimetro dell'estensione del Comune stesso (limite amministrativo).

Tutte le perimetrazioni di cui sopra sono validate dai singoli Comuni, attraverso una procedura di approvazione delle delimitazioni proposte dall'Istat. Successivamente a ripetute interlocuzioni con i Comuni, l'Istat valida le Basi Territoriali e pubblica i risultati con cadenza decennale.

I limiti amministrativi in formato geografico vengono periodicamente aggiornati, in funzione degli eventi che coinvolgono i Comuni (cessione/acquisizione di territorio tra Comuni limitrofi, eventi di fusione tra Comuni, costituzione di nuovi Comuni per scorporo, ecc.). Nella fornitura dei dati sono stati utilizzati i **limiti amministrativi riferiti al 31 dicembre 2021**. A questa geografia sono anche riferiti di dati relativi all'estensione territoriale dei Comuni.

SITUAS

Il portale del Sistema Informativo Territoriale delle Unità Amministrative e Statistiche (SITUAS, <https://situas.istat.it/web/#/home>) raccoglie in maniera organica e coerente il patrimonio dell'Istat su codici, denominazioni, classificazioni e variazioni degli enti territoriali amministrativi e delle unità statistiche e costituisce un imprescindibile strumento di consultazione, interrogazione e analisi per la conoscenza territoriale.

quadruplo SRTM di 1x1 grado. Gli array di conversione venivano poi differenziati da ciascun quad con riferimento all'ellissoide SRTM per produrre ogni quad con riferimento geoide SRTM.

⁹ Si va infatti da un minimo di 166 misurazioni (pixel) per il Comune di Atrani in Campania che, con 0,12 km² è il Comune più piccolo d'Italia; all'estremo opposto troviamo il Comune di Roma con oltre 1,8 milioni di misurazioni essendo anche il Comune più esteso d'Italia.

Il sistema documenta tutti gli enti territoriali riconosciuti dall'ordinamento amministrativo del Regno d'Italia prima, e da quello costituzionale della Repubblica poi, nonché le aree statistiche di interesse per le policy nazionali ed europee.

Il contenuto informativo offerto da SITUAS consente di analizzare l'evoluzione dell'organizzazione amministrativa sul territorio nazionale, nonché ricostruire l'assetto delle partizioni amministrative o statistiche di interesse istituzionale individuate nel tempo e di relazionare il dato numerico al reale territorio di riferimento ovvero, al territorio dell'epoca.

Il Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni

Con la tornata censuaria del 2011 si è chiusa la lunga fase caratterizzata dai censimenti generali decennali.

I censimenti permanenti non coinvolgono tutti i cittadini, le imprese e le istituzioni, ma di volta in volta dei campioni rappresentativi. Tuttavia, la restituzione al Paese dei dati ottenuti è di tipo censuario, quindi riferibile all'intero campo d'osservazione.

Grazie all'integrazione tra fonti amministrative e rilevazioni campionarie i nuovi censimenti garantiscono l'eshaustività, l'aumento della quantità e qualità dell'offerta informativa, il contenimento del fastidio statistico sui rispondenti, la riduzione dei costi complessivi.

La strategia dei censimenti permanenti è estesa a tutte le aree tematiche: popolazione e abitazioni, imprese, istituzioni non profit e istituzioni pubbliche. A partire dal 2021 anche il censimento dell'agricoltura è permanente.

Per saperne di più visita il sito <https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti>

Il Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni raccoglie informazioni sulle principali caratteristiche della popolazione sul territorio italiano.

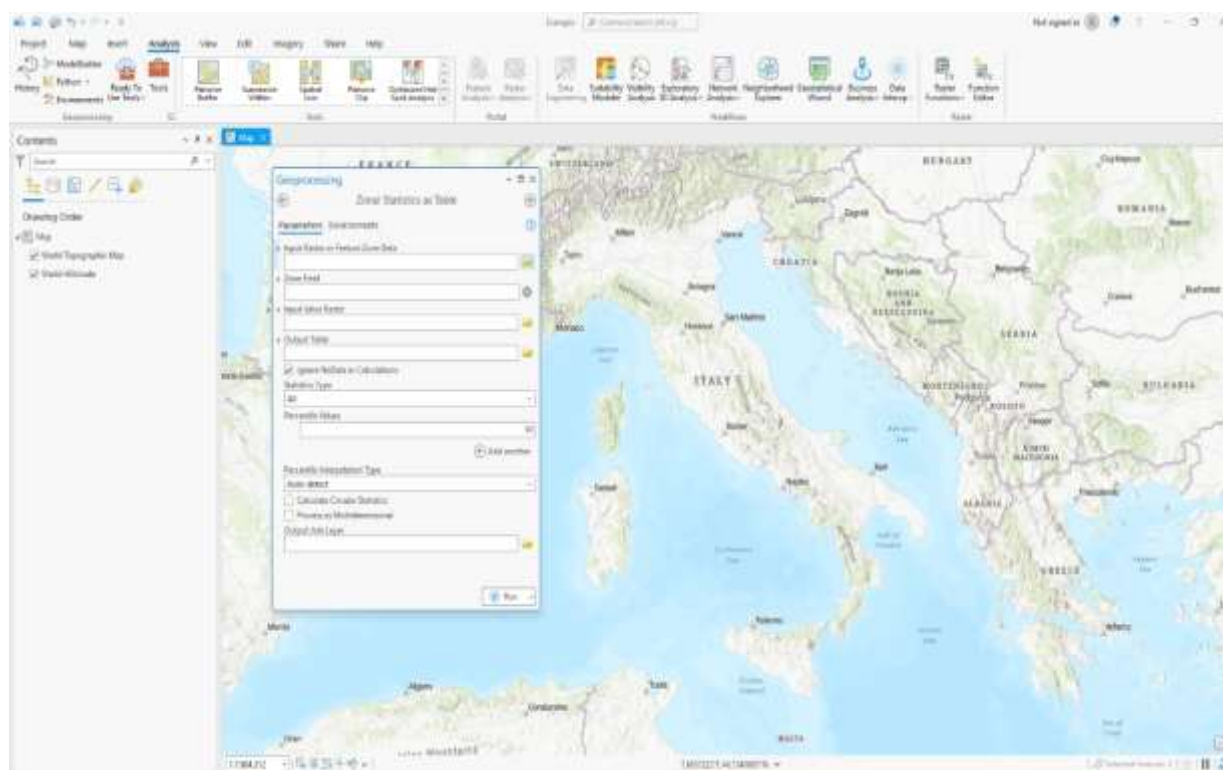
I risultati del Censimento permanente sono diffusi dall'Istat su due piattaforme caratterizzate da diverse funzionalità e contenuti:

- Data Warehouse tematico dei Censimenti permanenti (<http://dati-censimentipermanenti.istat.it/>). Sono disponibili i dati per gli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024. Le tabelle sono personalizzabili ed esportabili in formato excel e csv.
- Banca dati dedicata (<https://esploradati.istat.it/databrowser/#/it/censpop>). Sono disponibili i dati in formato tabellare, sotto forma di grafici e di mappe. I dati, riferiti agli anni 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 e alla serie storica 1951-2011 (riportata ai confini territoriali del 2019) sono navigabili e visualizzabili per territorio e per tema e sono esportabili in formato excel e csv.

LA METODOLOGIA UTILIZZATA

Le statistiche altimetriche comunali, aggiornate al 31 dicembre 2021, sono state elaborate tramite il software ESRI ArcGIS Pro (v. 3.2.0)¹⁰. Nello specifico, è stato impiegato l'algoritmo *Zonal Statistics as Table* presente nel set di strumenti *Spatial Analyst* (Figure 3 e 4).

Figura 3 - ArcGIS Pro -Tool dell'algoritmo 'Zonal Statistics as table'.



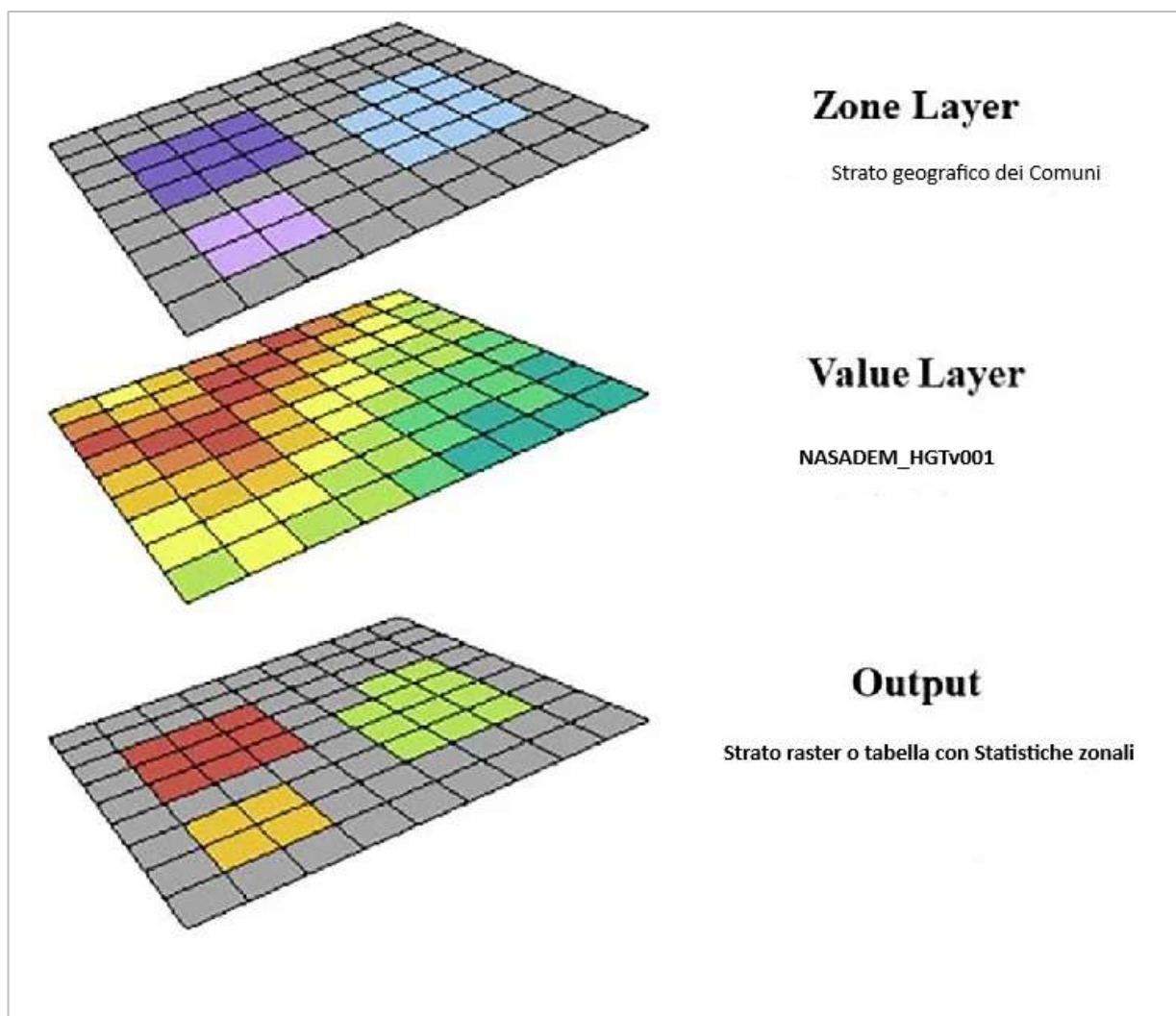
Fonte: ESRI

L'algoritmo prevede:

- il dato zonale di input che determina l'area sulla quale calcolare le statistiche. Ogni area deve avere un parametro univoco e possono essere anche non contigue. In questo caso il valore univoco utilizzato è il codice statistico del Comune (PRO_COM);
- i valori di input caratterizzanti i pixel di un raster, ovvero i valori da elaborare per ogni area per estrarre le statistiche zonali. Il raster che è stato utilizzato è il NASADEM_HGTv001 per il quale ogni singolo pixel identifica il valore di altimetria.

¹⁰ Per ulteriori informazioni a riguardo: <https://www.esri.com/en-us/home>

Figura 4 – Rappresentazione schematica dell’algoritmo ‘Zonal statistics’



Fonte: ESRI.com

Dato che nel caso del NASADEM_HGTv001 il valore del pixel è di tipo 'Integer', le statistiche restituite sono:

- Valore minimo (Minimum)
- Valore massimo (Maximum);
- Media (Mean);
- Mediana (Median);
- Intervallo o campo di variazione (Range);
- Deviazione standard o scarto quadratico medio (STD);
- Centroide del Municipio.

Per dettagli sugli indicatori dell’altimetria si veda il report “Altimetria_Comuni al 31 dicembre 2021