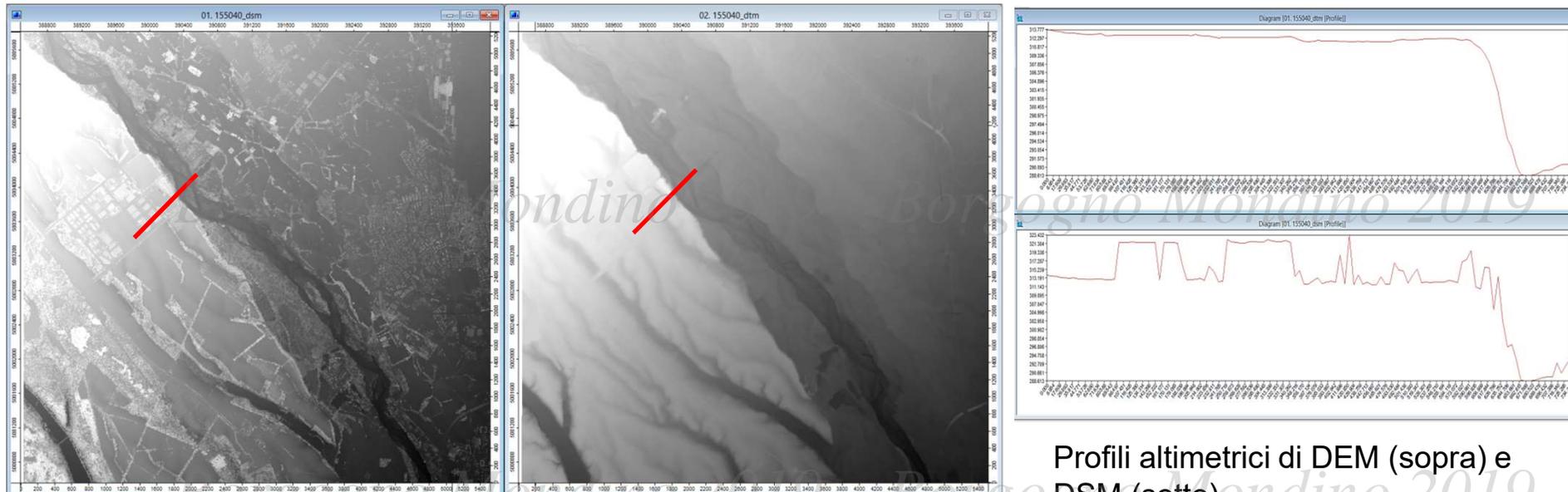


Definizioni

DEM (*Digital Elevation Model*) o DTM (*Digital Terrain Model*): dato geografico digitale finalizzato alla descrizione dell'altimetria di un'area. E' normalmente definito da un insieme di punti quotati noti nelle loro coordinate planimetriche e altimetriche. Normalmente i punti vengono regolarizzati su un grigliato a passo costante ed archiviati in formato RASTER. La quota di cui è dato il valore si riferisce al piano campagna sia in presenza che in assenza di oggetti sovrapposti.

DSM (*Digital Surface Model*): dato geografico digitale finalizzato alla descrizione dell'altimetria di un'area, comprensiva degli oggetti che la popolano. E', al pari di un DEM, definito da un insieme/grigliato di punti quotati noti nelle loro coordinate planimetriche e altimetriche. In questo caso però la quota di cui è dato il valore è quella del piano campagna laddove questi risulti libero, e del piano campagna + l'altezza dell'oggetto che lo sovrasta laddove tale condizione si verifichi (e cioè in presenza di edifici, alberi, ecc..)

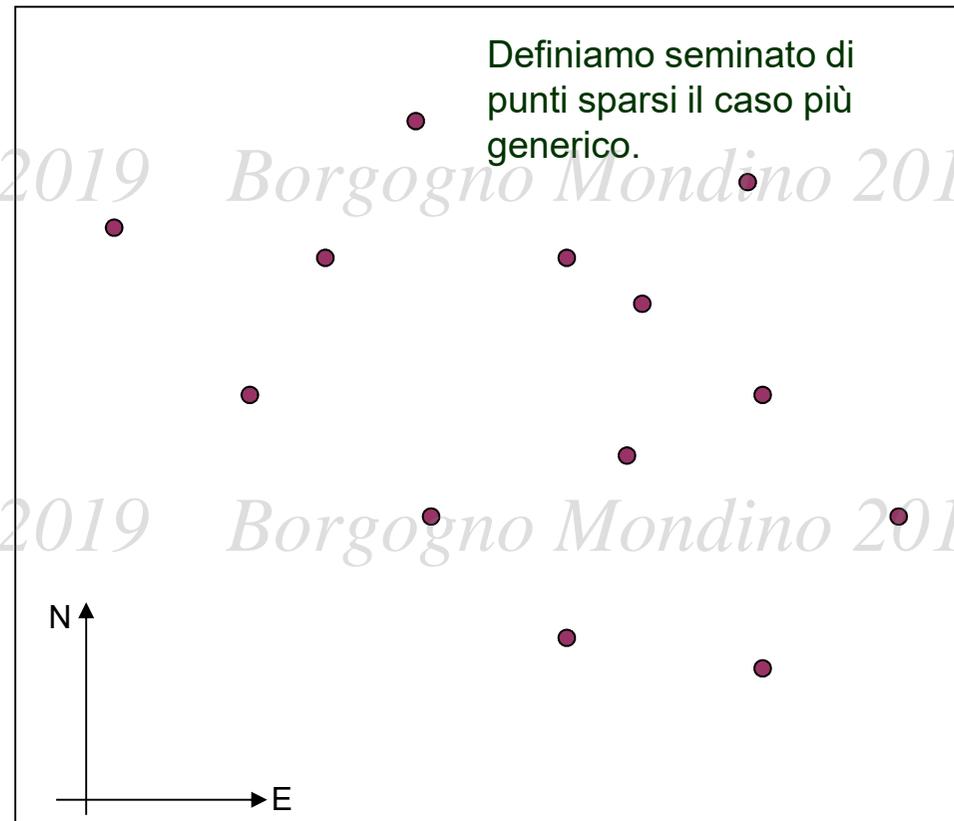


Profili altimetrici di DEM (sopra) e DSM (sotto)

Serie di punti quotati: nuvole di punti

X	Y	Z
1408250	5021950	346
1408250	5022000	349
1408250	5022050	351
1408250	5022100	353
1408250	5022150	359
1408250	5022200	361
1408250	5022250	360
1408250	5022300	359
1408250	5022350	358
1408250	5022400	358
1408250	5022450	362
1408250	5022500	364
1408250	5022550	364
1408250	5022600	368
1408250	5022650	372
1408250	5022700	377
1408250	5022750	380
1408250	5022800	381
1408250	5022850	382
1408250	5022900	379
1408250	5022950	362

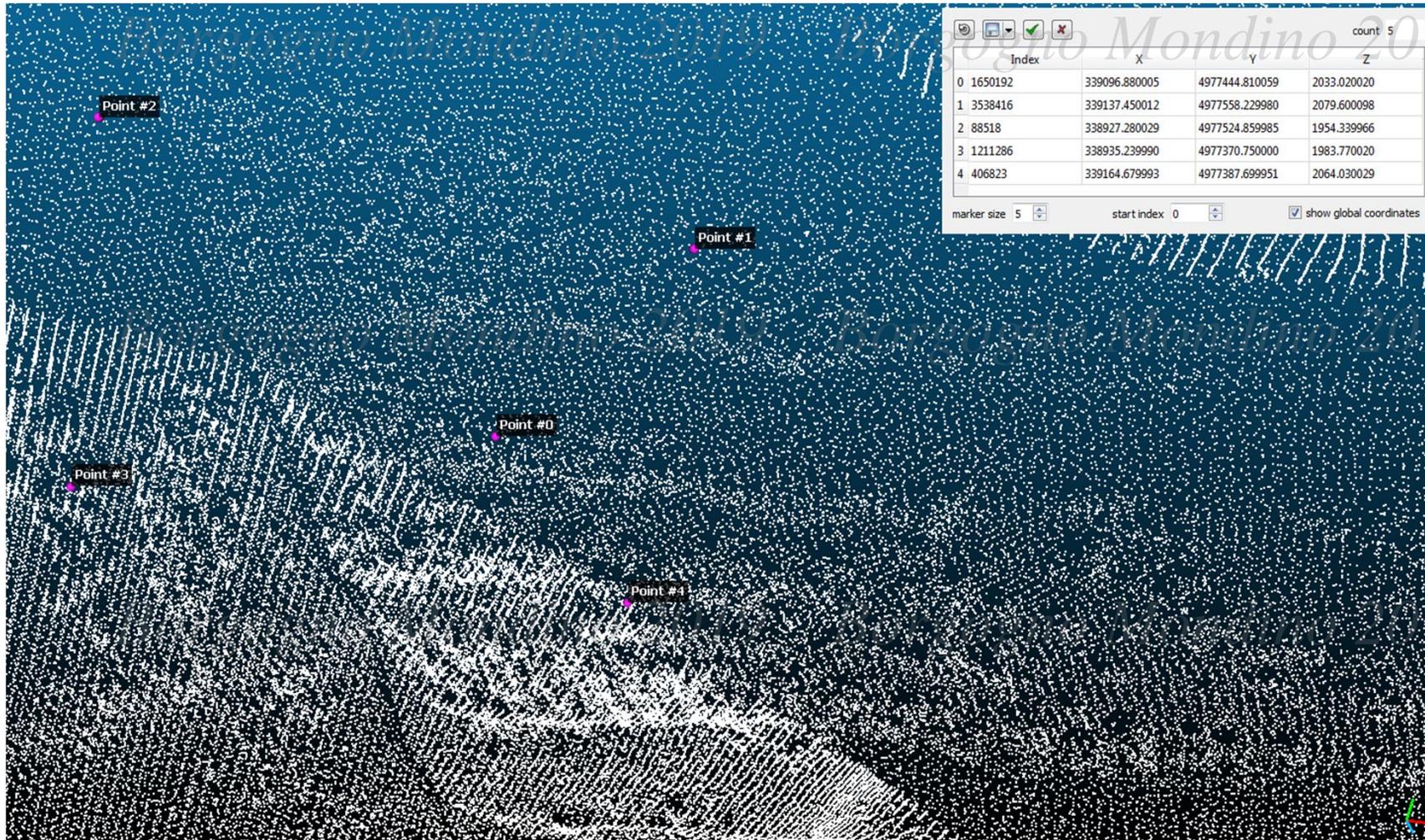
E' il formato nativo dei DEM/DSM.

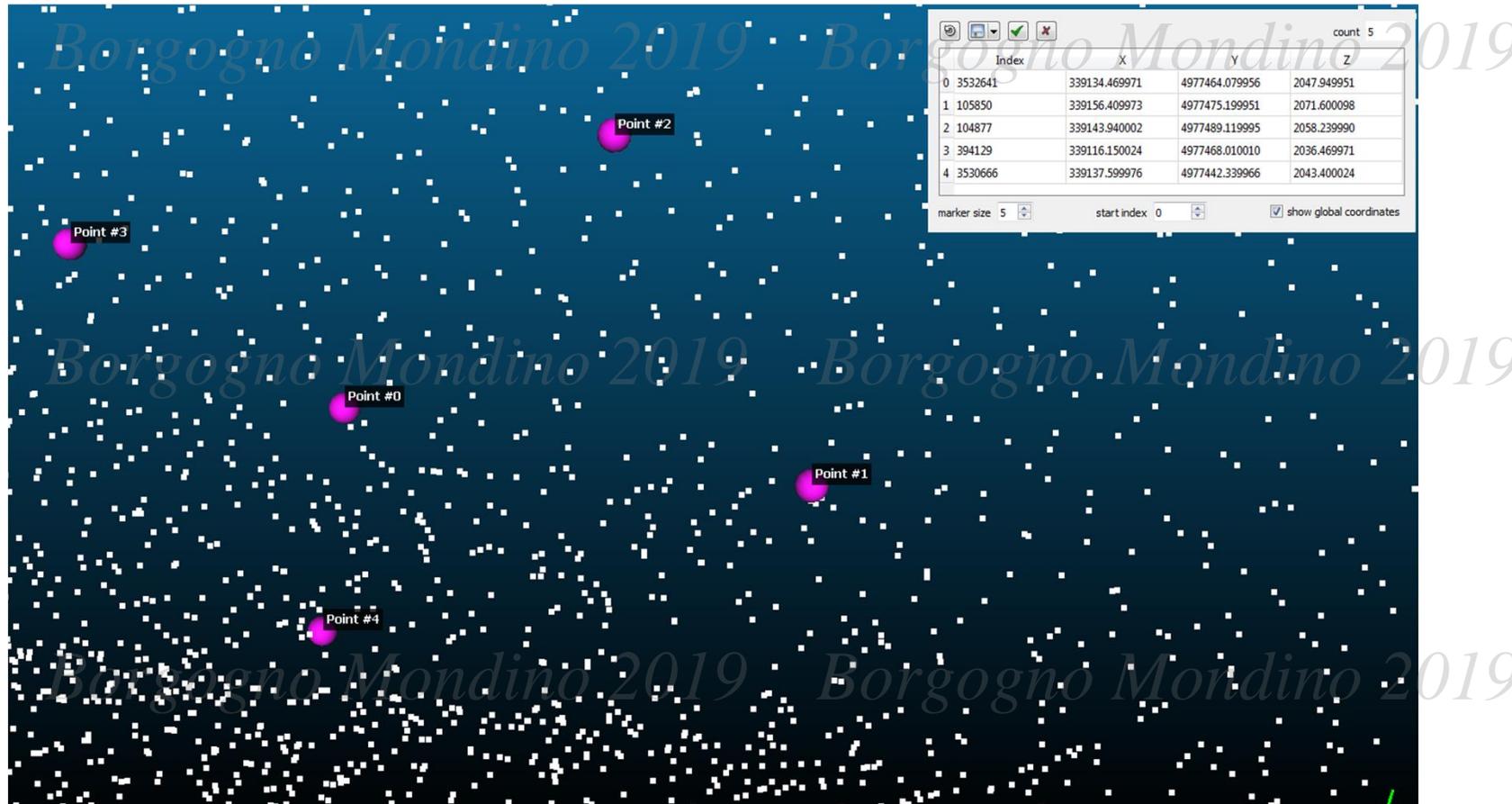


NUVOLE DI PUNTI (QUOTATI)

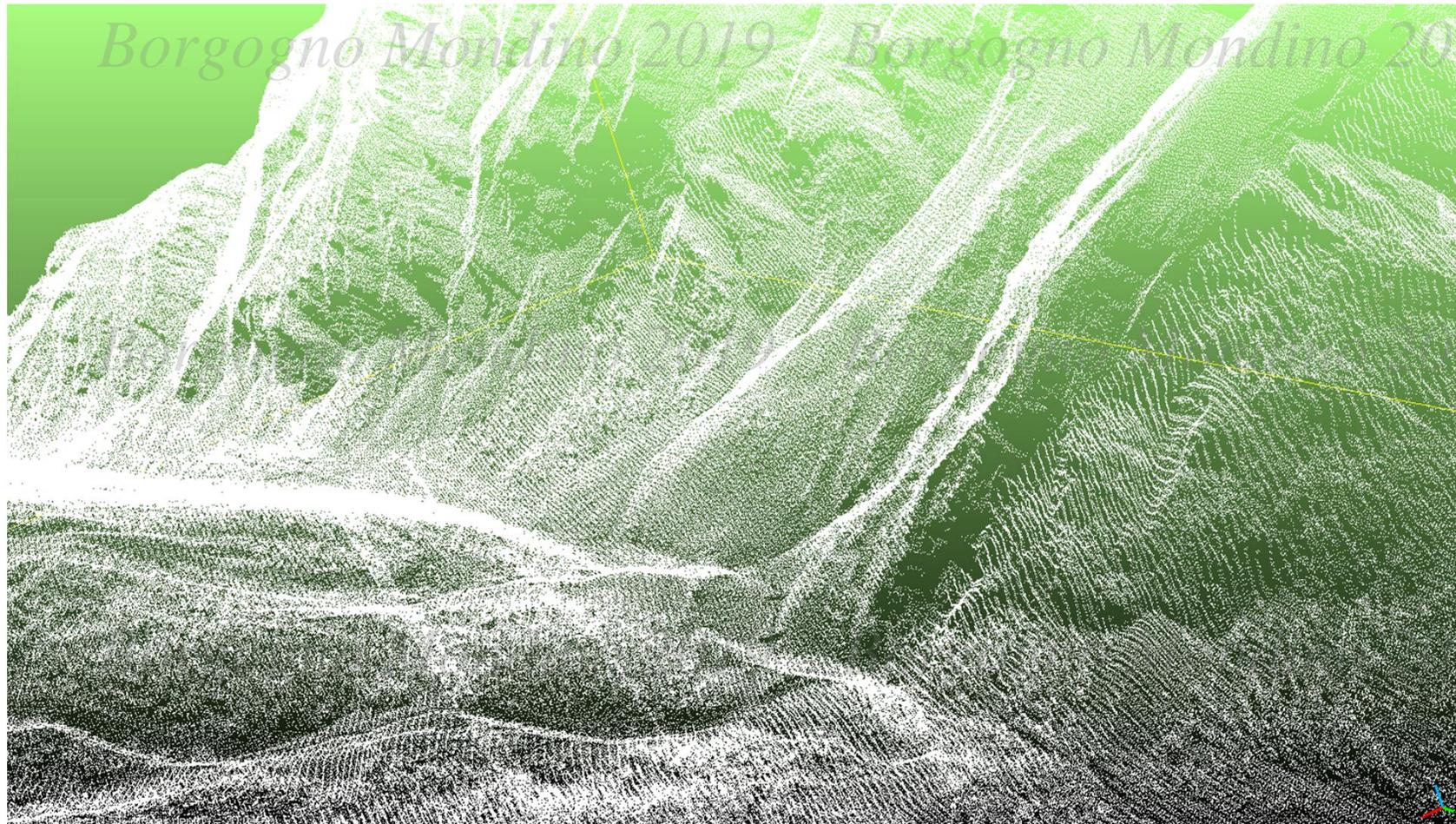


UN DEM (o DSM) nasce dalla misura delle coordinate 3D di punti appartenenti alle superfici da rappresentare in numero sufficiente a descriverne la forma.



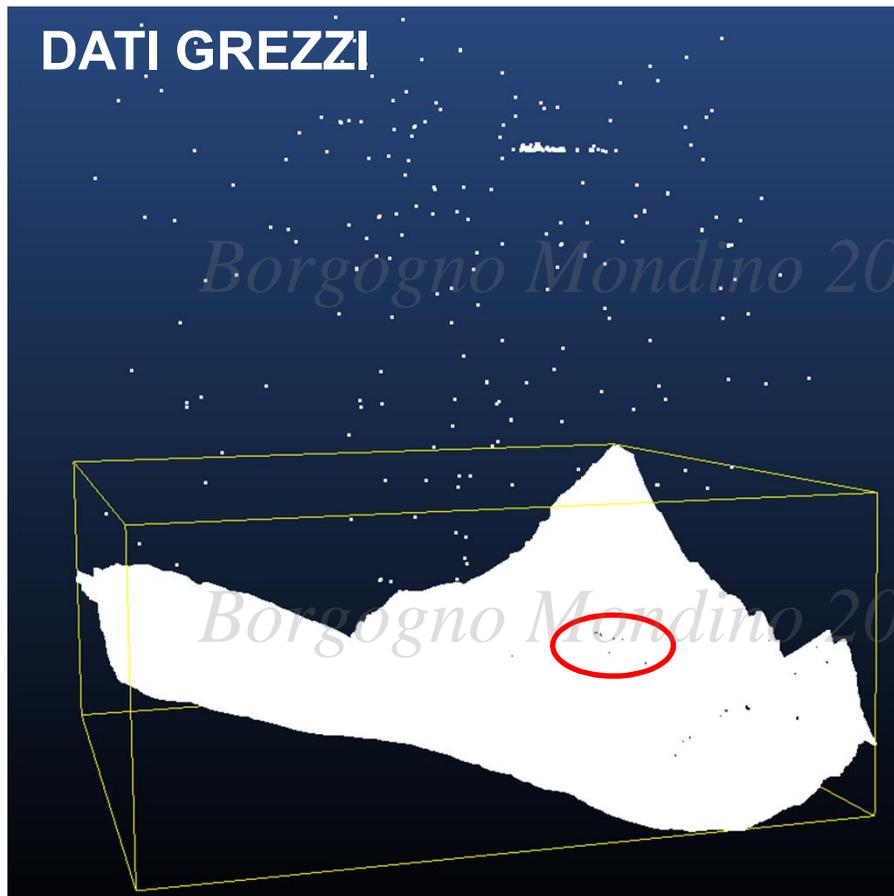


Ogni punto della nuvola rappresenta una terna di coordinate spaziali 3D X,Y, Z.
E' l'insieme di più punti che definisce gli oggetti, compresa la superficie terrestre.



Il processo di formazione di un DTM/DSM passa attraverso una prima fase di filtraggio. Nelle nuvole di punti esistono sempre degli OUTLIERS da rimuovere

Borgogno Mondino 2019 *Borgogno Mondino 2019*

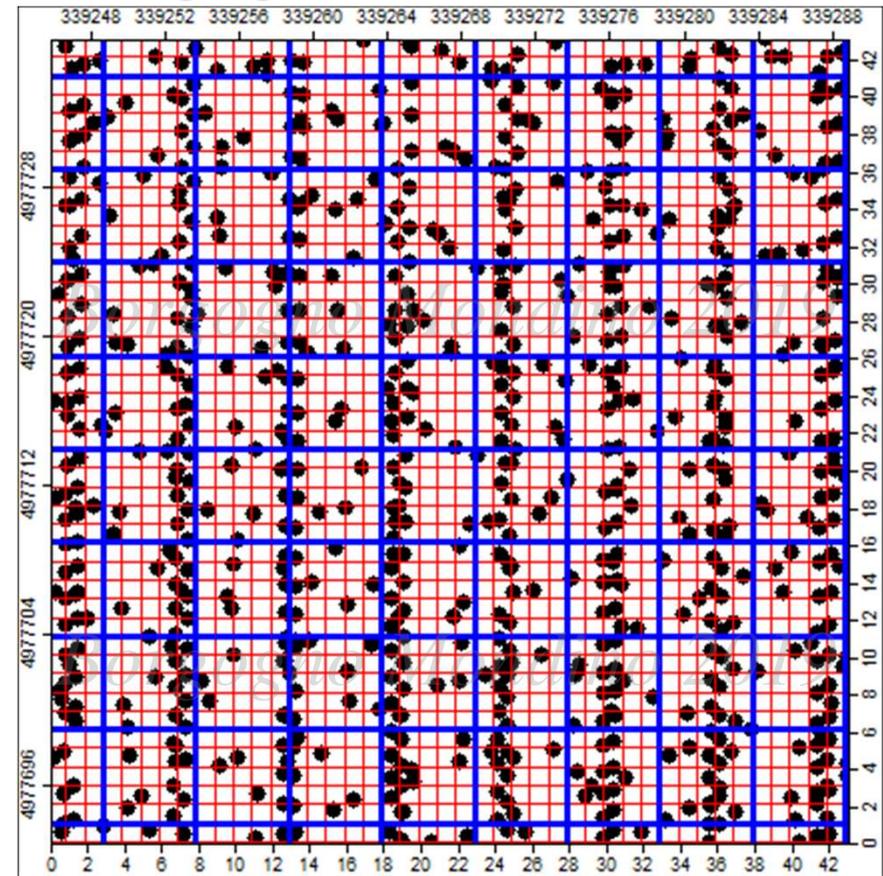


Borgogno Mondino 2019 *Borgogno Mondino 2019*

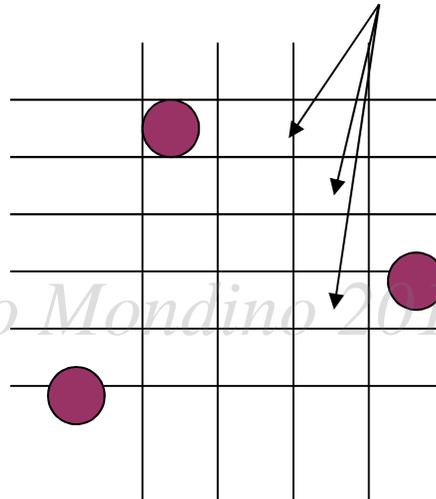
Infittimento-regularizzazione delle misure

I processi di interpolazione spaziale consentono di trasformare nuvole di punti in superfici (o comunque rappresentazioni continue).

DEM MATRICIALE - RASTER



Valore incognito da stimare
(Geostatistica)



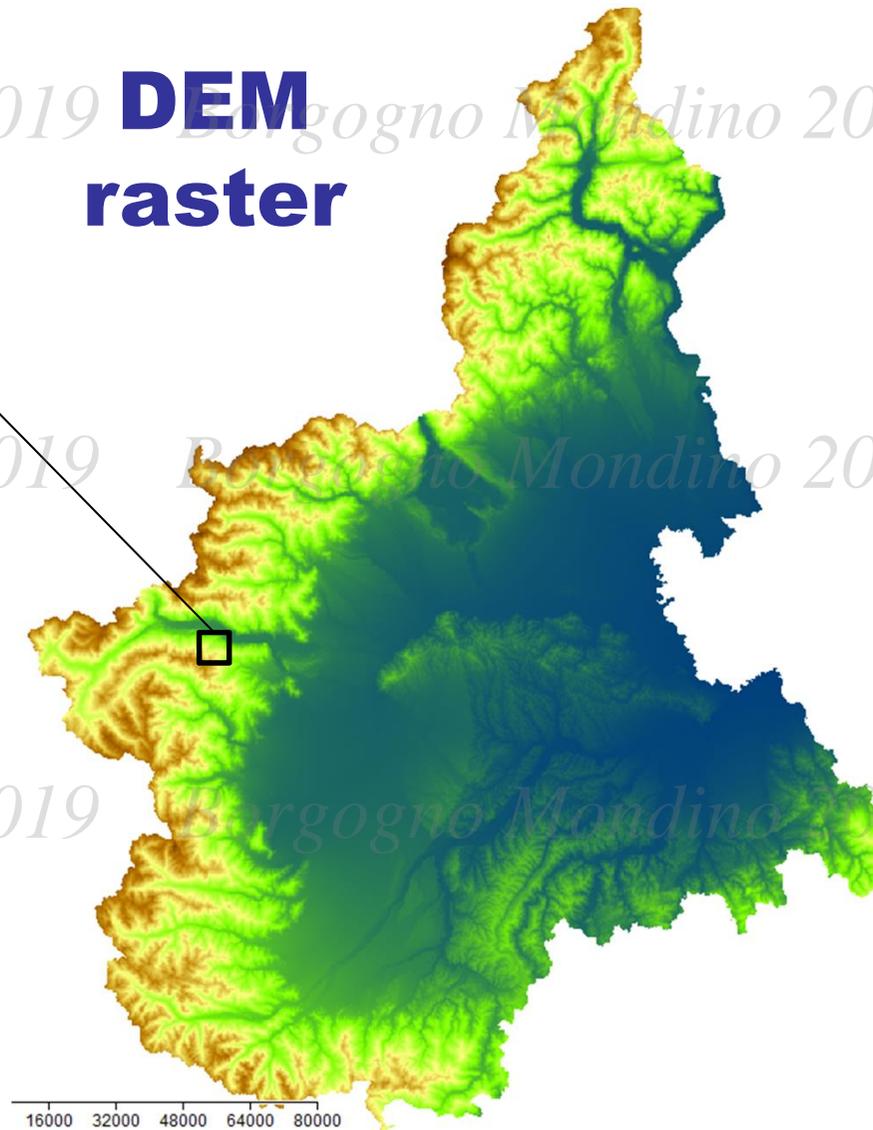
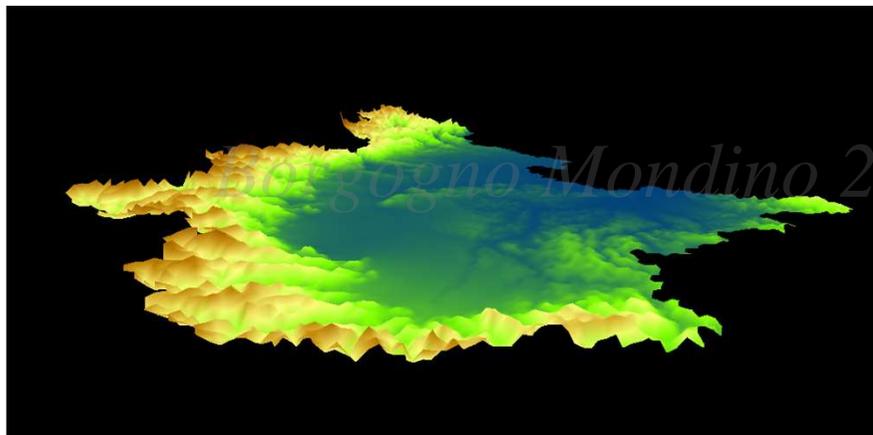
Se la dimensione della cella del raster include più punti del seminato si parla di **REGOLARIZZAZIONE**

In caso contrario di **INTERPOLAZIONE VERA E PROPRIA**

FORMATO RASTER : risulta da processo geostatistico di interpolazione spaziale

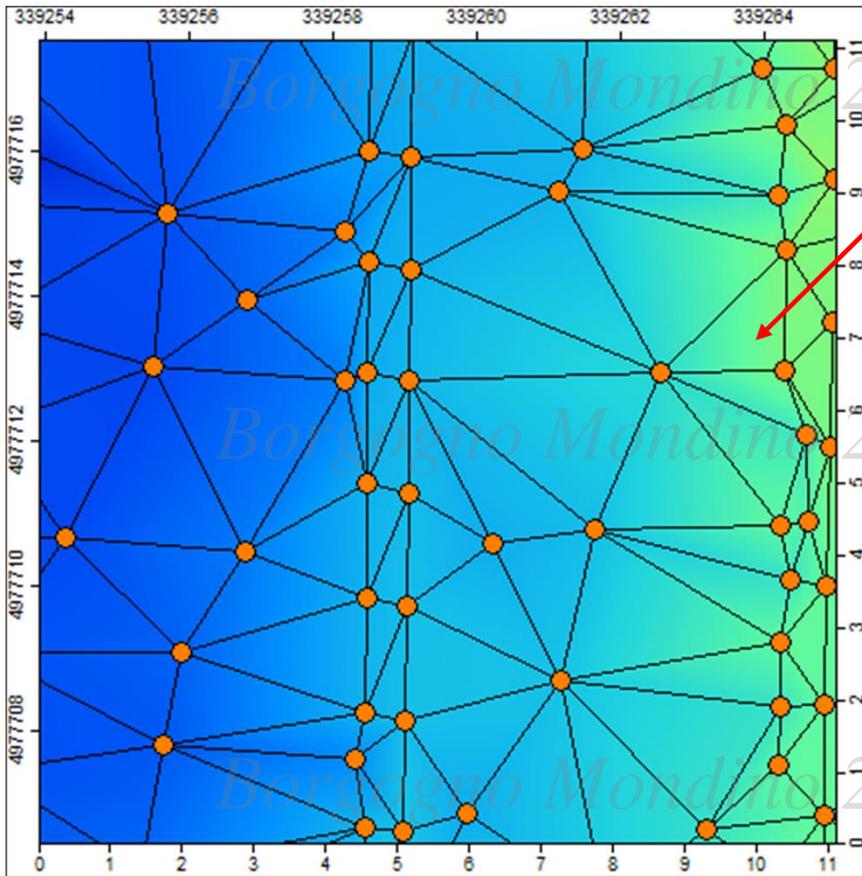
1752.00	1668.00	1561.00	1489.00	1424.00	1342
1770.00	1682.00	1634.00	1592.00	1452.00	1383
1815.00	1818.00	1734.00	1599.00	1467.00	1481
1892.00	1818.00	1686.00	1593.00	1631.00	1634
1853.00	1753.00	1708.00	1718.00	1776.00	1778
1863.00	1824.00	1797.00	1846.00	1894.00	1910
1916.00	1950.00	1923.00	1927.00	1896.00	1834

**DEM
raster**



Borgogno Mondino 2019 *Borgogno Mondino 2019*

FORMATO TIN (Triangulated Irregular Network)



Equazione del piano
 $Ax+By+Cz+1=0$ per i 3 punti



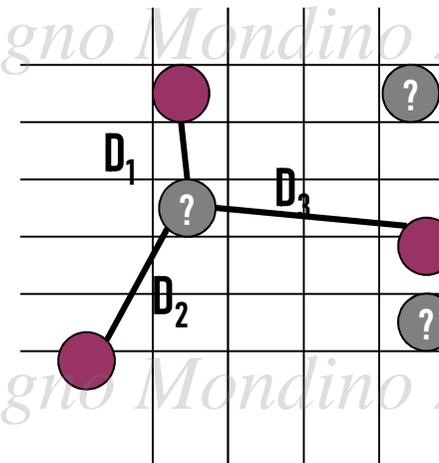
Non necessita di una regolarizzazione della nuvola di punti

- Inverse Distance Weighted (IDW) - geometrico
- Kriging - geometrico/statistico

$$Z_{?} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot Z_i \quad \text{con } \alpha_i = \frac{k}{D_i}$$

α_i sono i pesi con cui pesare il valore **Z** delle osservazioni vicine note coinvolte nella stima del valore **Z** incognito alla posizione generica (x,y) del grigliato. Normalmente sono inversamente proporzionali alla distanza che separa il punto a **Z** incognita dal vicino considerato.

Valore incognito da stimare
(Geostatistica)



... e altri

TPS - Thin Plate Spline

Triangolazione di Delaunay

....

Attenzione alla precisione del dato di quota, che spesso dipende dalla provenienza!!!

- **Rilievo topografico** (ordine di grandezza precisione $Z = 1$ mm)

- **Restituzione fotogrammetrica di modelli stereoscopici orientati**

- **Aerei** (ordine di grandezza precisione $Z = 1$ m)

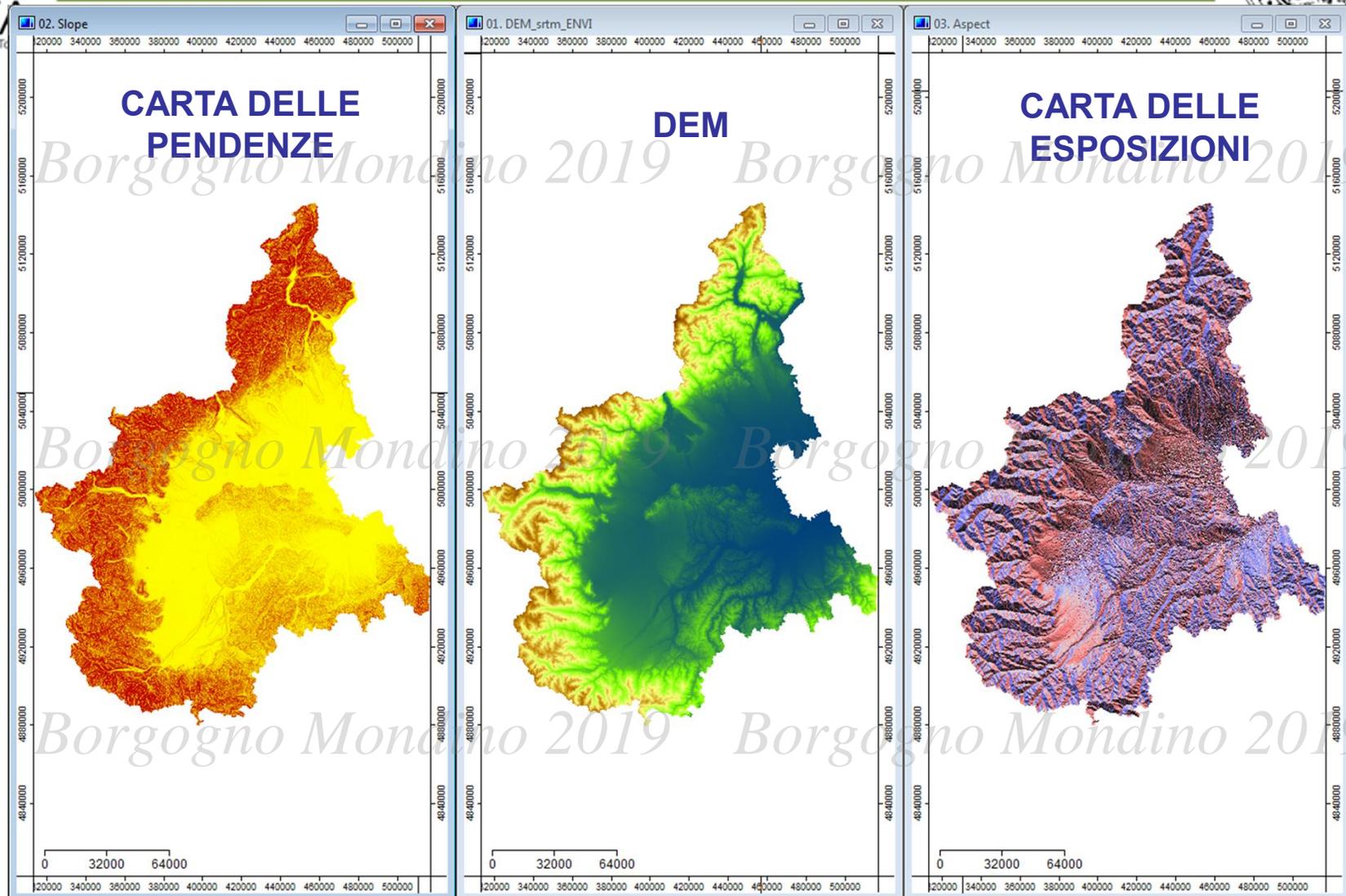
- **Satellitari** (ordine di grandezza precisione $Z = 5-10$ m)

- **DRONI-UAV** (*Unmanned Aerial Vehicle*)-SAPR (*Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto*)-RPAS (*Remotely Piloted Aerial Vehicle*)

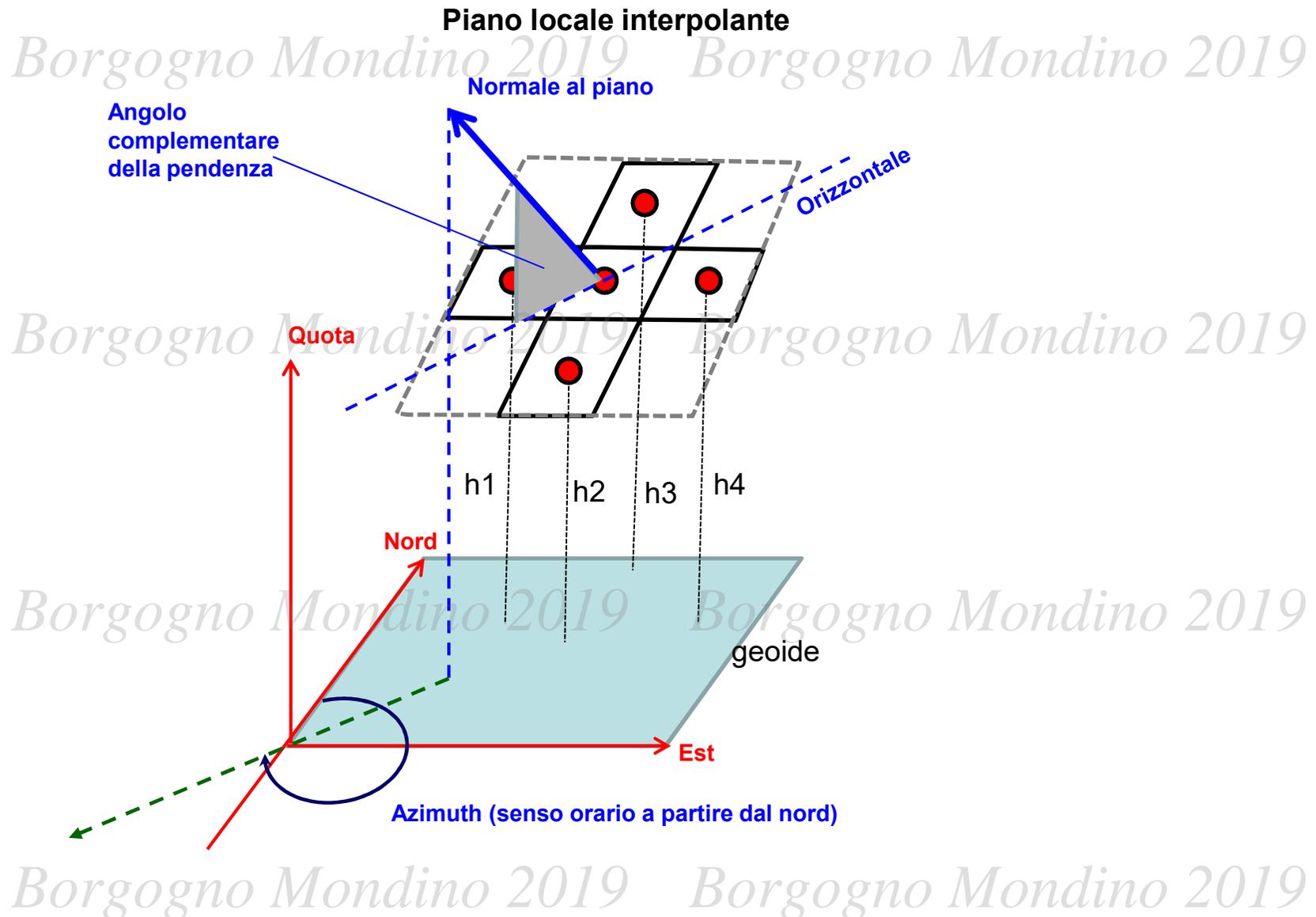
→ ordine di grandezza precisione $Z = 10^{-3}$ Quota di volo (variabile tra 40 e 100 m)

- **Scansione LASER da aereo** (ALS – *Aerial Laser Scanner*, LiDAR) (ordine di grandezza precisione $Z = 20$ cm)

- **Interferometria RADAR da satellite** (missioni ERS, ENVISAT, STRM) (ordine di grandezza precisione $Z = 10-15$ m)

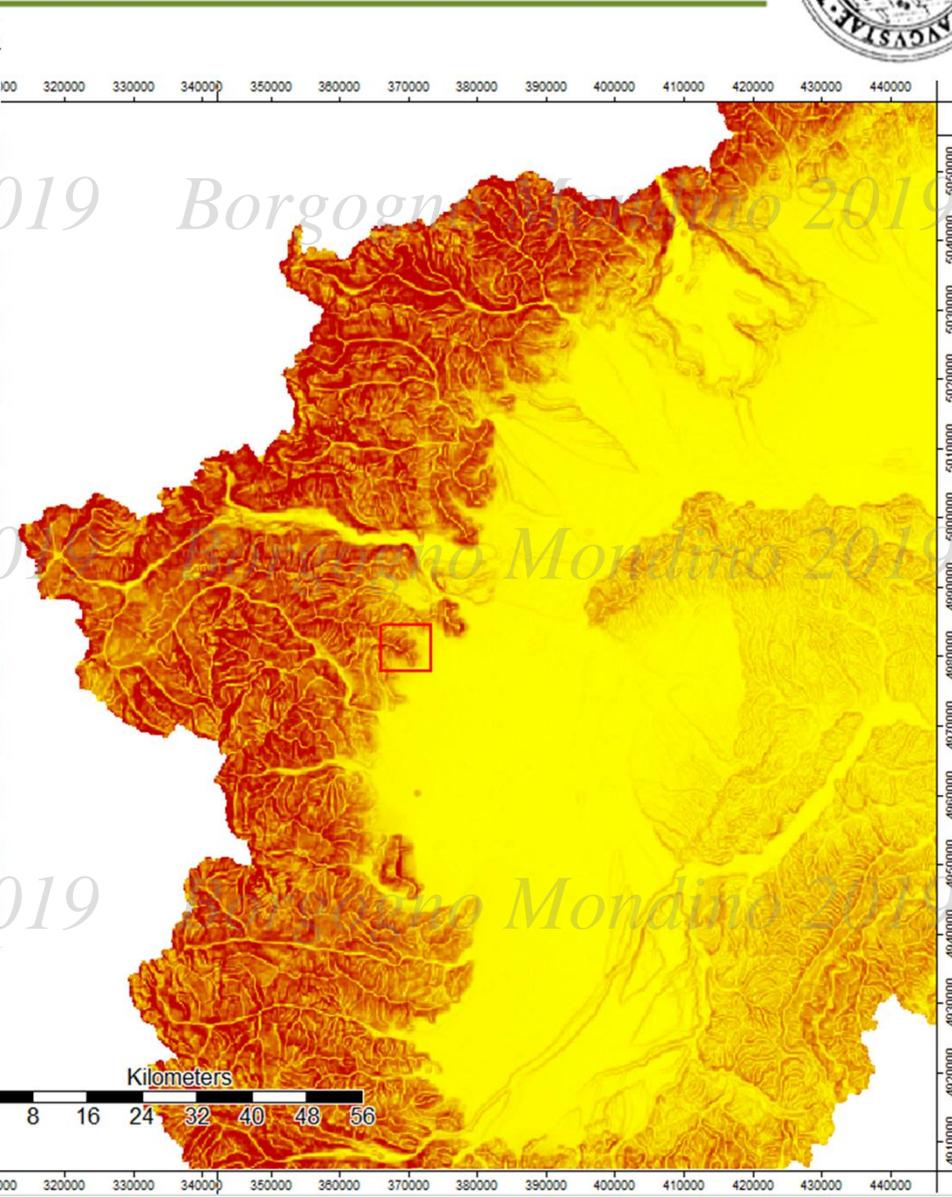
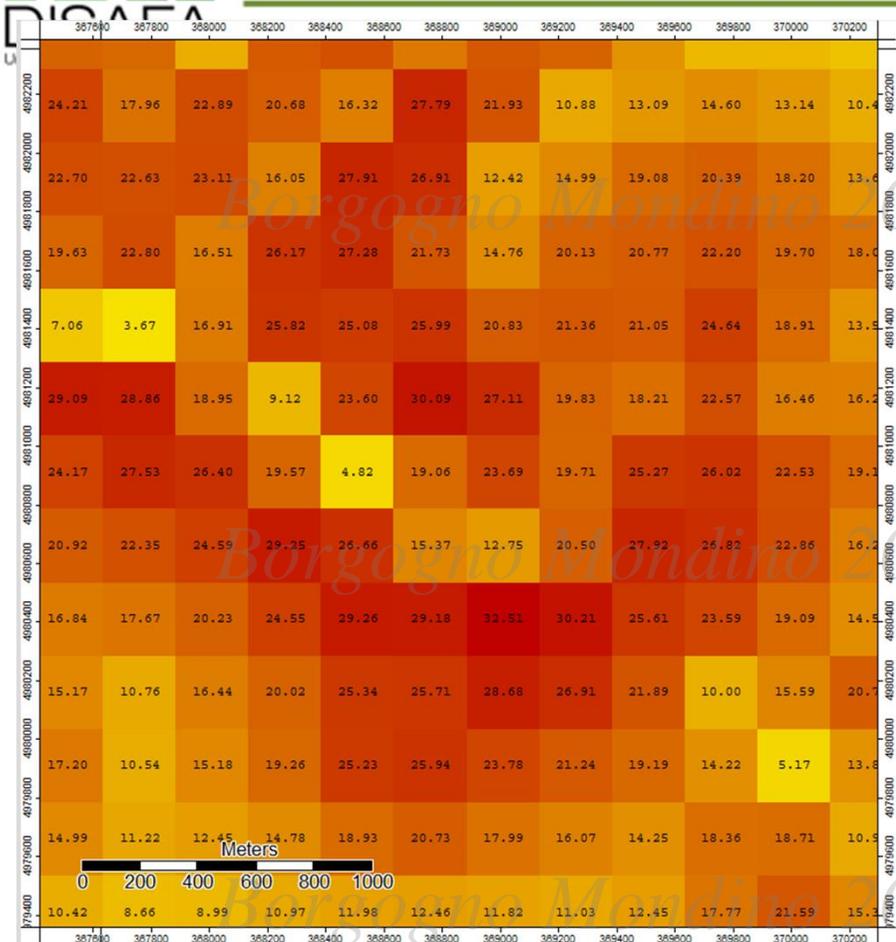


Conoscendo il valore di quota di punti adiacenti è possibile scrivere l'equazione del piano interpolante per quel punto e dedurre gli orientamenti rispetto ad un piano orizzontale (pendenza) e rispetto ad una direzione di riferimento, il NORD per es. (esposizione). Vedere angoli in figura.

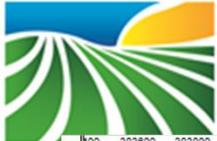




CARTA DELLE PENDENZE

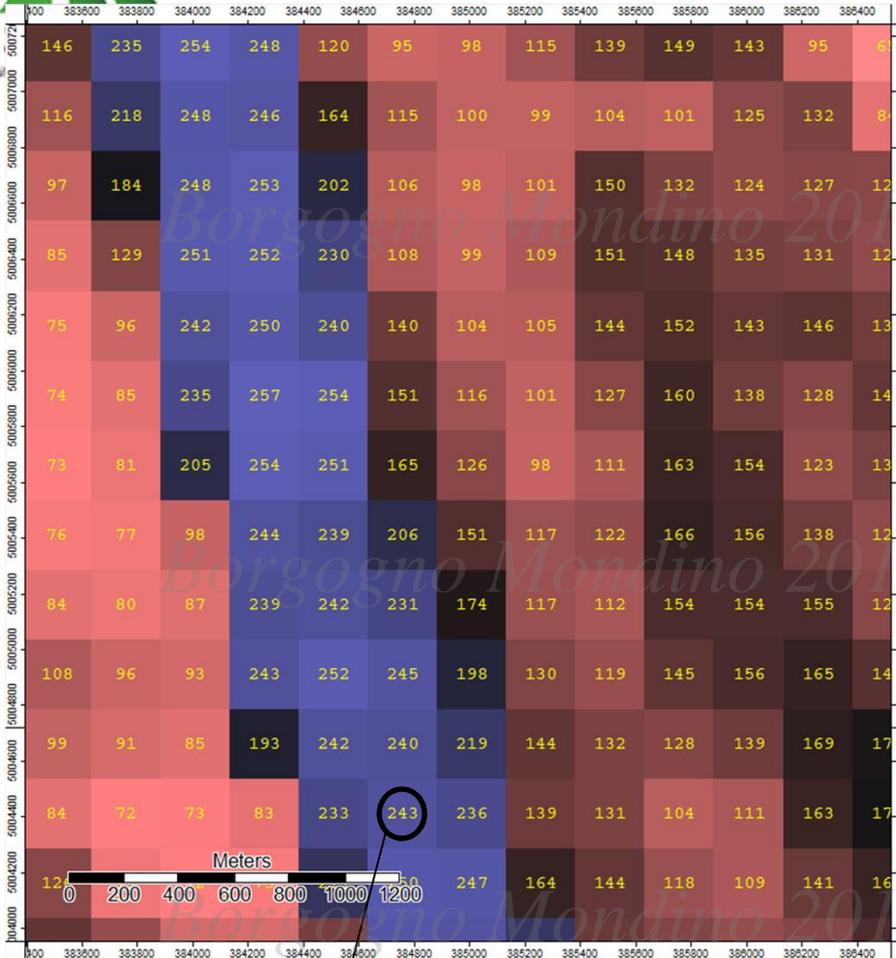


Il numero che viene assegnato alla cella del raster rappresenta il valore angolare della pendenza locale del versante rispetto ad un piano orizzontale (potrebbe anche essere espresso in percentuale).

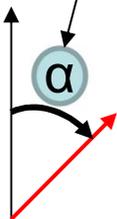


DI
Università

CARTA DELLE ESPOSIZIONI



Nord



(α = azimuth) Direzione verso la quale punta la normale al versante

