

Università IUAV di Venezia

Facoltà di Pianificazione del Territorio

Scuola di Dottorato in Nuove Tecnologie e Informazione Territorio & Ambiente

ANALISI QUALITATIVA DEL DATO LiDAR NELL'INFORMAZIONE TERRITORIALE AD ALTA RISOLUZIONE

Mario Gasperi



Venezia, 25 Maggio 2010

Rel. Prof. M. Fondelli

Corel. S. Picchio

OBIETTIVI DELLA TESI

- Analisi di qualità del dato LiDAR, tecnica attiva di telerilevamento a scansione laser da piattaforma aviotrasportata per il rilevamento digitale 3D ad alta risoluzione delle superfici territoriali.

1) Messa a punto di una metodologia di verifica del grado di affidabilità metrica dei geodati avionici LiDAR.

2) Verifica del grado di surrogabilità della tecnica topografica consolidata in favore della nuova tecnologia LiDAR: vi è ancora una reale necessità di rilevamento diretto al suolo quando si dispone di dati LiDAR considerati di buona qualità? E i relativi modelli numerici piano - altimetrici presentano discrasie, anomalie o incertezze rispetto a quelli generati da tecniche consolidate? Se sì, dove?

APPROCCIO ALLA RICERCA

- In Italia non esiste una norma di riferimento con formale cogenza sul controllo di qualità dei dati LiDAR o una procedura standard condivisa per la loro verifica; ne conseguono più linee di pensiero in ordine alle modalità di collaudo degli stessi e, conseguentemente, dei prodotti cartografici che ne derivano.
- Il problema non è tanto quello di accertare se il dato LiDAR sia o meno una misura efficace fine a se stessa, l'obiettivo che ci si pone è la ricerca dell'effettivo grado di accuratezza metrica complessiva ed un sistema efficace per verificarla.

Prescindendo da
asserti produttori

LiDAR (Light Detection and Ranging)

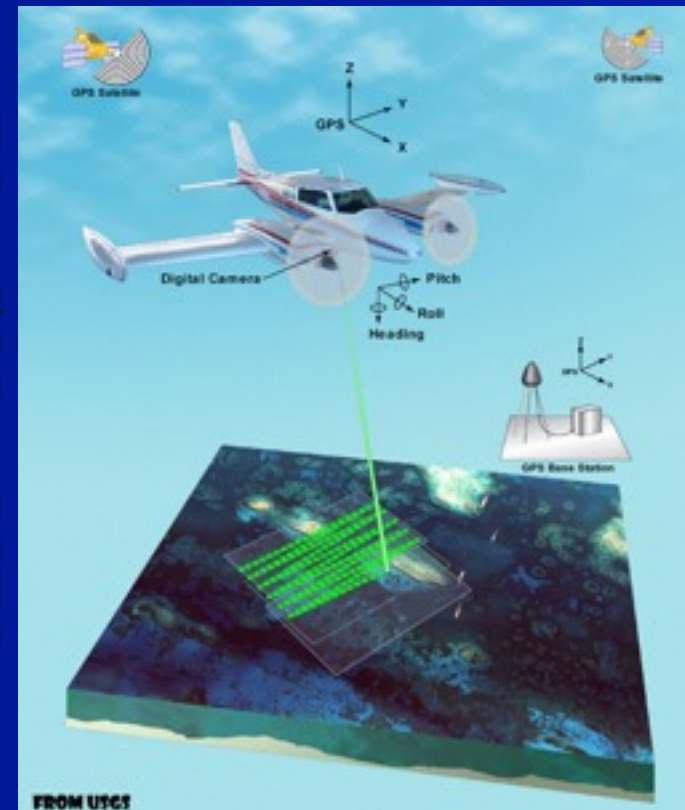
Principi funzionamento:

- Tempo di volo impulso laser;
- Sfasamento tra l'onda emessa e quella rientrante.

Sistema a scansione aviotrasportato - da aereo o da elicottero - che consente di rilevare le coordinate X, Y, Z, la forma e le caratteristiche della superficie indagata, acquisendone per punti il relativo modello digitale.

Componenti fondamentali:

- Telemetro laser => misura la distanza tra il punto di emissione dell'impulso sull'aeromobile e la superficie illuminata.
 - Dispositivo inerziale INS (Inertial Navigation System) o IMU (Inerzial Measurement Unit) => determina l'assetto del velivolo in ogni istante rilevandone i tre gradi di libertà dovuti a rollio, beccheggio e deriva.
 - Sistema di posizionamento differenziale GNSS => fissa posizione ed orientamento assoluto del mezzo, con misure satellitari differenziali, tramite stazioni - o reti di stazioni - a terra e il ricevitore rover multicostellazione posto a bordo dell'aeromobile.
- Fotocamera digitale (info ancillare sincrona).



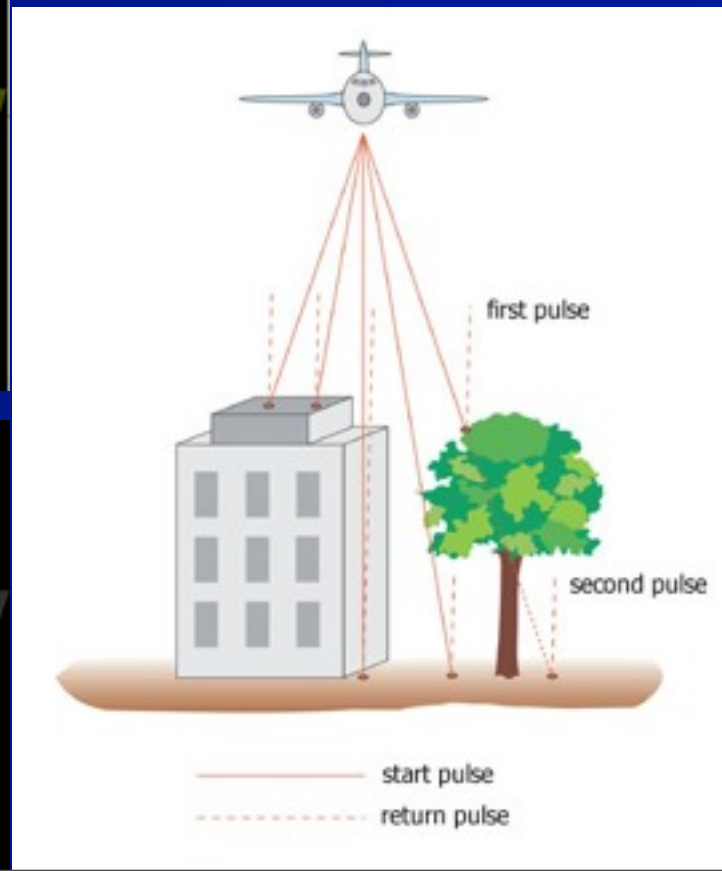
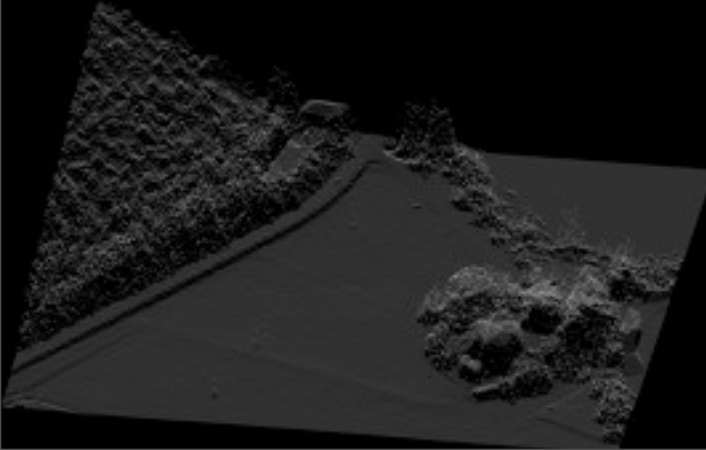
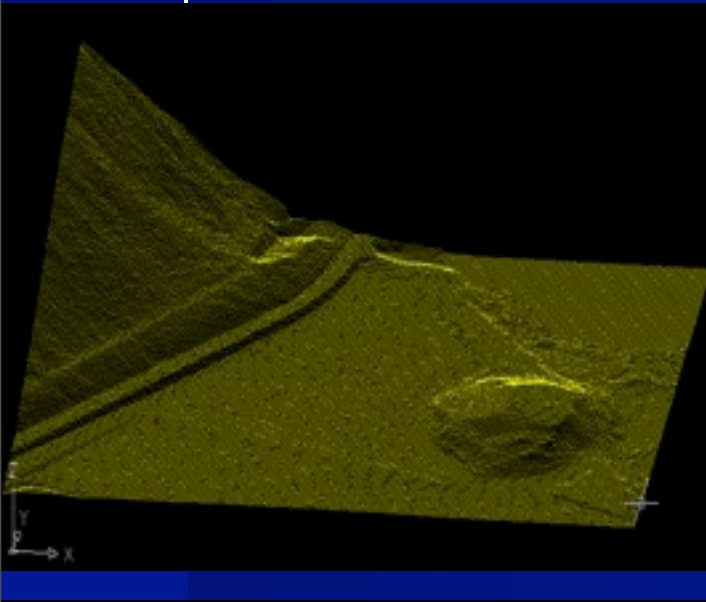
DTM e DSM



Struttura random complessa
=> operazioni di filtraggio
particolarmente raffinate.

- "First pulse": risposta del
primo ostacolo incontrato dal
raggio laser => DSM.

- "Last pulse": risposta ultimo
ostacolo incontrato dal impulso
laser => DTM.



Molti punti per unità di
superficie costituiscono la
descrizione digitale della
superficie indagata.

La densità/m² dei punti
misurati fornisce già una
prima indicazione sulla
qualità del rilevamento.

MATERIALI: Descrizione del poligono sperimentale

Trentino meridionale, 25 ettari l'estensione dell'area test,
6,25 ettari il poligono sperimentale posto a quota ca.245 m.s.l.m.

Fattori che ne hanno determinato la scelta:

- * Disponibilità di dati recenti,
- * Conformazione piano – altimetrica dei luoghi,
- * Vigenza dell'Istituto Tavolare.

- LiDAR (DSM e DTM);
- Ancillari: Ortofoto, CTRN e Catastale.

U.T.M.



STRUMENTI: Specifiche tecniche della strumentazione LiDAR

Est. ripresa PAT: 6.231km²;
Survey: 19/02/2007;
Densità media: 0,78 punti/m²;
Quota volo: 1.600-1.700 mt.;

PARTENAVIA P68 della BLOM CGR S.p.A.



Sistema composto da:

- Piattaforma OPTEC ALTM 3100;
- Sensore inerziale Applanix 510;
- Ricevitore GNSS multicostellazione.

Prodotti principali:
DSM matrix 1x1 mt;
DTM matrix 1x1 mt.;



Specifiche tecniche della strumentazione topografica per le verifiche a terra

Stazione totale ottica servoassistita dotata di controllo remoto:

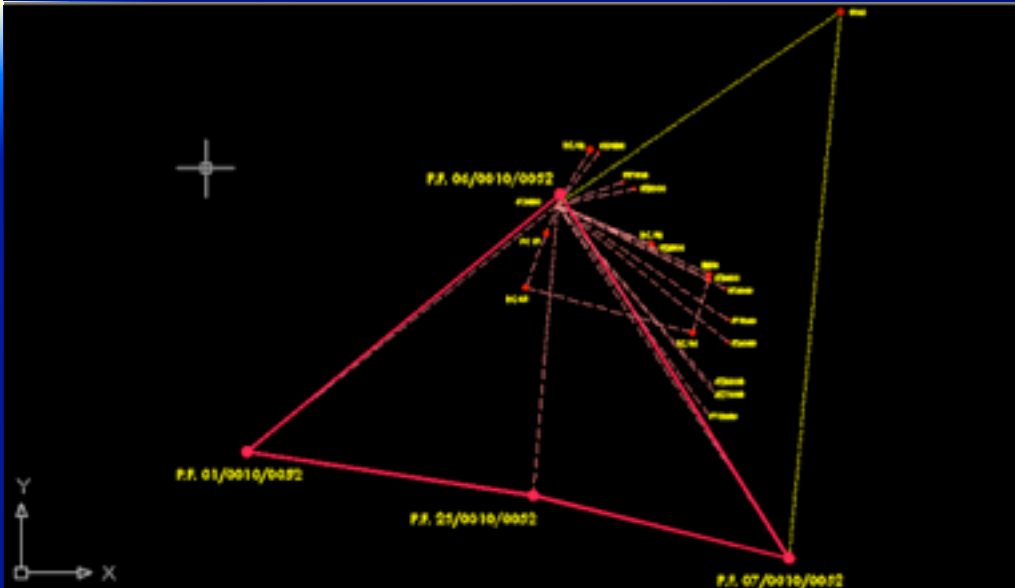
- Distanziometro coassiale all'infrarosso a misura di fase;
- Distanziometro laser reflectorless;

3+1 tipi di informazione.



**Meno punti in media ma concentrati dove ci servono.
No GPS per le problematiche correlate alla zona.**


Operazioni topografiche per la verifica dei dati LiDAR osservati



- Levata “appoggiata” ad un’esistente rete di controllo locale georiferita nel sistema cartografico coerente U.T.M. WGS84, n°4 vertici sono punti fiduciali della rete e sottorete regionale.
- Rilevamento in relativo con centro di emanazione su stazione 1000 con successiva rototraslazione plano-altimetrica sui P.F.
- **No ricorso ad interpolazioni.**

Workflow di georeferenziazione del dato di “verità a terra”

Non banale la georeferenziazione altimetrica, perché?



N° rif.	Nome identificativo	UTM – ETRF89 C. Nord (X)	UTM – ETRF89 C. Est (Y)	Quota ellissoidica	Quota ortometrica	Attendibilità planimetrica e altimetrica
1	PF.101/0052	5100907,910	650654,130	341,32	291,67	4
2	PF.106/0052	5101561,820	651445,670	0,000	250,00	5
3	PF.107/0052	5100637,200	652024,150	315,72	266,09	5
4	PF.125/0052	5100796,650	651377,410	0,000	249,10	5

Inattuabile una concettualmente più ortodossa livellazione trigonometrica da punti I.G.M.

- Scartato il P.F.06, (offset negativo sistematico in quota di 21 cm).
- Totale n°984 punti acquisiti su 15 stazioni distribuite con passo atto ad operare all'interno del campo topografico di Weingartner.

Test di comparazione dataset

1) Test accuratezza altimetrica per profili di sezione su 2 direttrici critiche, con analisi specifica su:

- breaklines;
- zone vegetate;
- viabilità;
- antropizzato.

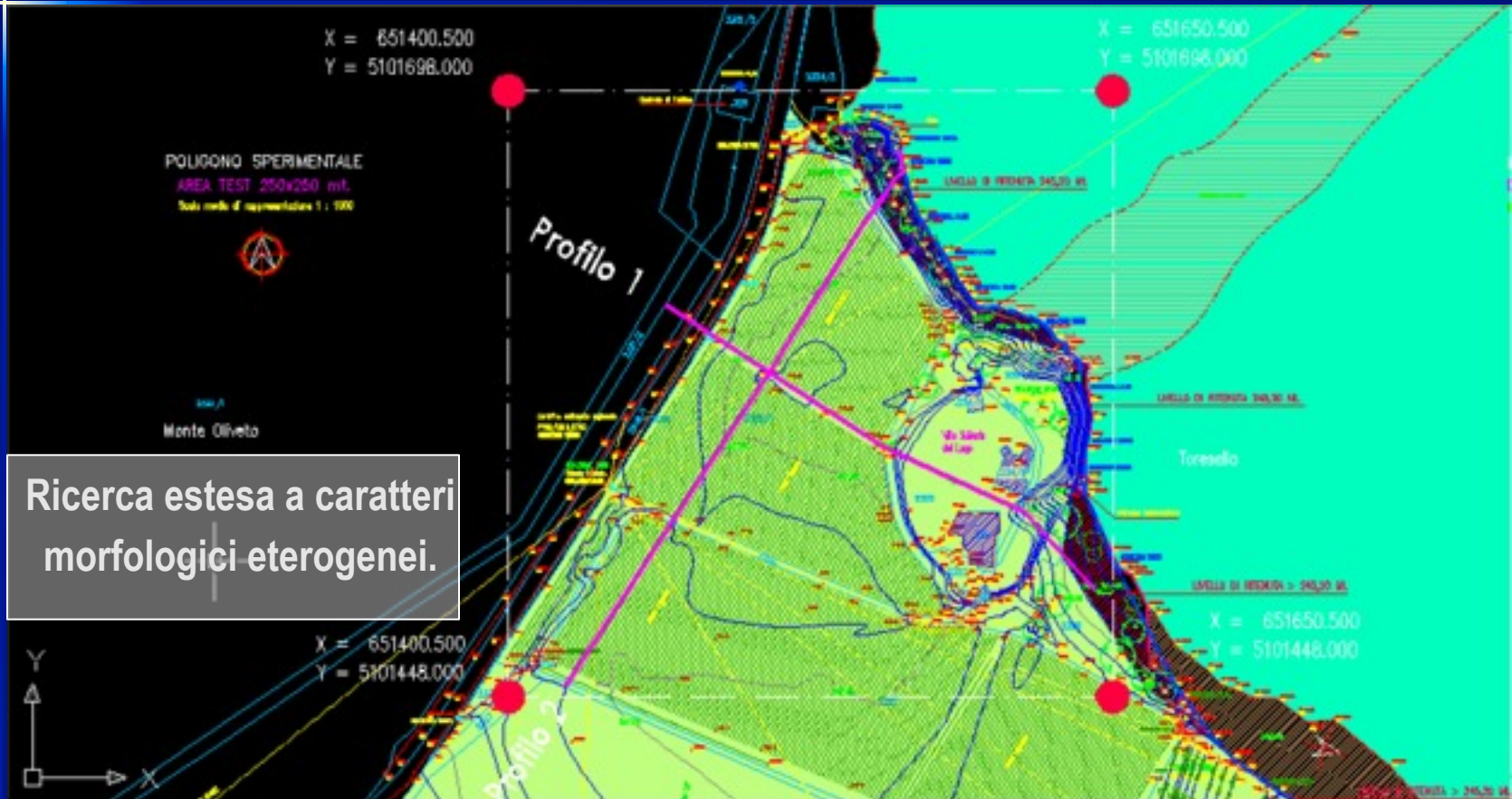
Dati in output dai modelli ottenuti da scansioni LiDAR e quelli corrispondenti ottenuti dalle levate topografiche tradizionali dirette a terra.

2) Analisi altimetrica per comparazione distribuita.

3) Integra lo studio un'analisi planimetrica per overlay dei supporti ancillari.

- Scostamento dei dati LiDAR da quelli topografici = errore.
- L'analisi delle accuratezze altimetriche e planimetriche parte dall'assunto che lo scarto massimo in quota non debba eccedere i $\pm 0,20$ mt. e quello in planimetria sia $\leq 1,00$ mt.

Controllo qualitativo sull'accuratezza altimetrica per profili di sezione – Eidotipo direttrici critiche



Eidotipo direttrici dei profili di sezione 1 e 2 (piano isoipse ridotto per ragioni di visibilità grafica).

Controllo qualitativo sull'accuratezza altimetrica per profili di sezione

Struttura Matrix di passo 1m

24521	24522	24523	24524	24525	24526	24527	24528	24529	24530	24531	24532	24533	24534	24535	24536	24537	24538	24539	24540	24541	24542	24543	24544	24545	24546	24547	24548	24549	24550	24551	24552	24553	24554	24555	24556	24557	24558	24559	24560	24561	24562	24563	24564	24565	24566	24567	24568	24569	24570	24571	24572	24573	24574	24575	24576	24577	24578	24579	24580	24581	24582	24583	24584	24585	24586	24587	24588	24589	24590	24591	24592	24593	24594	24595	24596	24597	24598	24599	24600	24601	24602	24603	24604	24605	24606	24607	24608	24609	24610	24611	24612	24613	24614	24615	24616	24617	24618	24619	24620	24621	24622	24623	24624	24625	24626	24627	24628	24629	24630	24631	24632	24633	24634	24635	24636	24637	24638	24639	24640	24641	24642	24643	24644	24645	24646	24647	24648	24649	24650	24651	24652	24653	24654	24655	24656	24657	24658	24659	24660	24661	24662	24663	24664	24665	24666	24667	24668	24669	24670	24671	24672	24673	24674	24675	24676	24677	24678	24679	24680	24681	24682	24683	24684	24685	24686	24687	24688	24689	24690	24691	24692	24693	24694	24695	24696	24697	24698	24699	24700	24701	24702	24703	24704	24705	24706	24707	24708	24709	24710	24711	24712	24713	24714	24715	24716	24717	24718	24719	24720	24721	24722	24723	24724	24725	24726	24727	24728	24729	24730	24731	24732	24733	24734	24735	24736	24737	24738	24739	24740	24741	24742	24743	24744	24745	24746	24747	24748	24749	24750	24751	24752	24753	24754	24755	24756	24757	24758	24759	24760	24761	24762	24763	24764	24765	24766	24767	24768	24769	24770	24771	24772	24773	24774	24775	24776	24777	24778	24779	24780	24781	24782	24783	24784	24785	24786	24787	24788	24789	24790	24791	24792	24793	24794	24795	24796	24797	24798	24799	24800	24801	24802	24803	24804	24805	24806	24807	24808	24809	24810	24811	24812	24813	24814	24815	24816	24817	24818	24819	24820	24821	24822	24823	24824	24825	24826	24827	24828	24829	24830	24831	24832	24833	24834	24835	24836	24837	24838	24839	24840	24841	24842	24843	24844	24845	24846	24847	24848	24849	24850	24851	24852	24853	24854	24855	24856	24857	24858	24859	24860	24861	24862	24863	24864	24865	24866	24867	24868	24869	24870	24871	24872	24873	24874	24875	24876	24877	24878	24879	24880	24881	24882	24883	24884	24885	24886	24887	24888	24889	24890	24891	24892	24893	24894	24895	24896	24897	24898	24899	24900	24901	24902	24903	24904	24905	24906	24907	24908	24909	24910	24911	24912	24913	24914	24915	24916	24917	24918	24919	24920	24921	24922	24923	24924	24925	24926	24927	24928	24929	24930	24931	24932	24933	24934	24935	24936	24937	24938	24939	24940	24941	24942	24943	24944	24945	24946	24947	24948	24949	24950	24951	24952	24953	24954	24955	24956	24957	24958	24959	24960	24961	24962	24963	24964	24965	24966	24967	24968	24969	24970	24971	24972	24973	24974	24975	24976	24977	24978	24979	24980	24981	24982	24983	24984	24985	24986	24987	24988	24989	24990	24991	24992	24993	24994	24995	24996	24997	24998	24999	25000
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Traccia profilo n°1 (ovest - est).

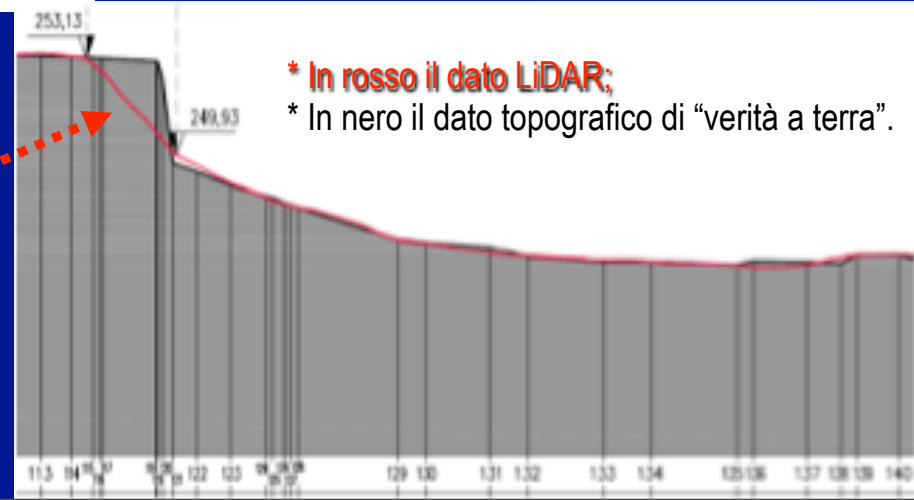
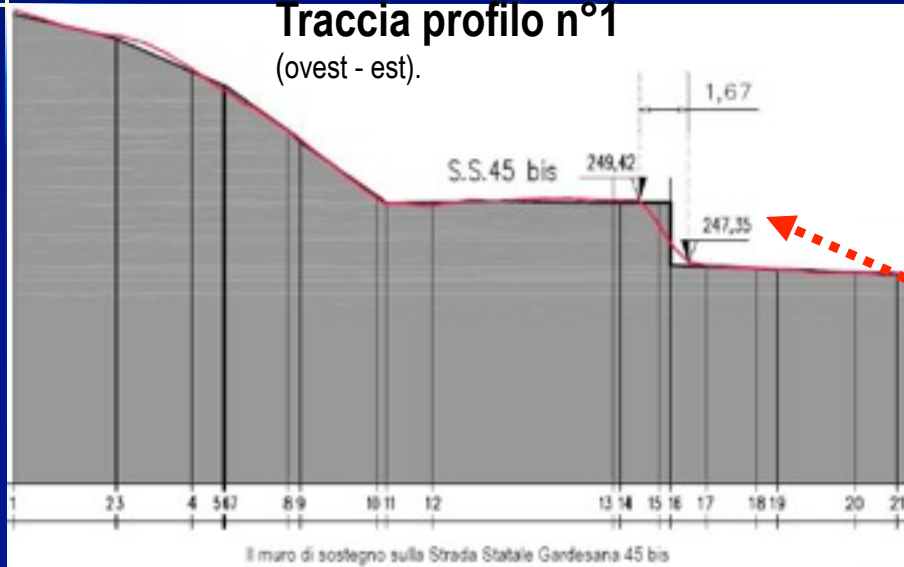


Scorcio di una delle due tr

Output Meridiana GeoPro + foglio di calcolo.

Controllo qualitativo sull'accuratezza altimetrica per profilo di sezione n°1

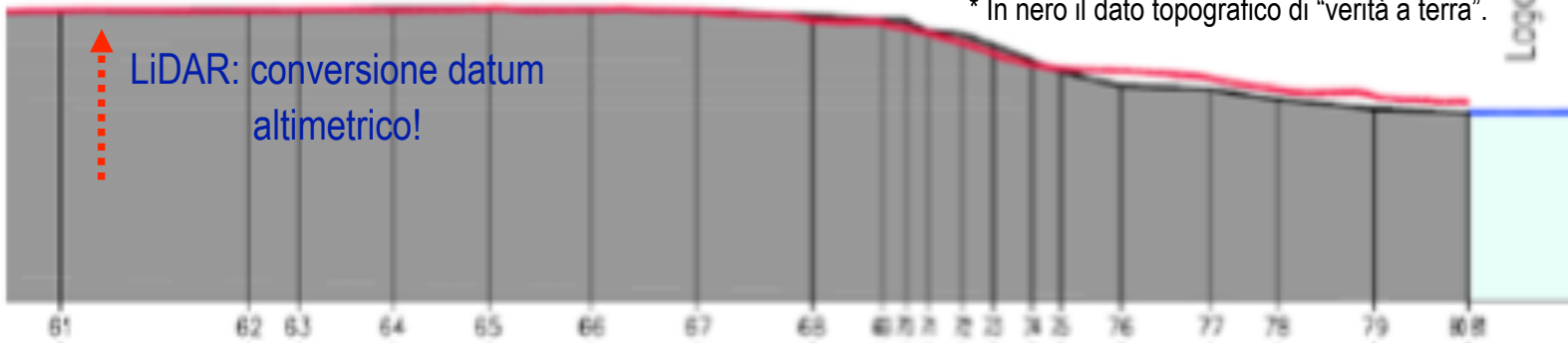
Traccia profilo n°1
(ovest - est).



- * In rosso il dato LiDAR;
- * In nero il dato topografico di "verità a terra".

Controllo qualitativo sull'accuratezza altimetrica per profilo di sezione n°2

Traccia Profilo 2 (direzione sud - nord):



RMSE (Root Mean Square Error)

Output da Meridiana.

PROFILO: P1				Tolleranza ±0,20 m						
Distanza		Quota		Δz						
parziale	progressiva	Celerimetrico	LIDAR	Positivi	Negativi	Fuori tolleranza	Ocel - QLI ^2	Numero	Ocel - QLI ^2	Numero
0,000	0,000	255,604	255,746		-0,142		0,020	1	0,020	1
0,457	0,457	255,494	255,601		-0,107		0,011	2	0,011	1
0,670	1,127	255,334	255,377		-0,043		0,002	3	0,002	1
0,523	1,650	255,208	255,202	0,006			0,000	4	0,000	1
0,972	2,622	254,975	254,983		-0,008		0,000	5	0,000	1
0,221	2,843	254,922	254,934		-0,012		0,000	6	0,000	1
0,118	2,961	254,894	254,915		-0,021		0,000	7	0,000	1
0,409	3,370	254,796	254,876		-0,080		0,006	8	0,006	1
0,062	3,432	254,779	254,870		-0,091		0,008	9	0,008	1
0,180	3,612	254,700	254,853		-0,153		0,023	10	0,023	1
0,424	4,036	254,514	254,725			-0,211	0,044	11		0
0,299	4,335	254,383	254,659			-0,276	0,076	12		0
0,480	4,795	254,182	254,431			-0,249	0,062	13		0
0,263	5,058	254,057	254,306			-0,239	0,057	14		0
0,170	5,228	253,992	254,191		-0,199		0,039	15	0,039	1
0,553	5,781	253,750	253,870		-0,120		0,014	16	0,014	1
0,144	5,925	253,687	253,772		-0,085		0,007	17	0,007	1
0,496	6,421	253,472	253,436	0,036			0,001	18	0,001	1
0,082	6,503	253,437	253,370	0,067			0,004	19	0,004	1
0,126	6,629	253,382	253,281	0,101			0,010	20	0,010	1
0,326	6,955	253,241	253,093	0,148			0,022	21	0,022	1
0,029	6,984	253,227	253,076	0,151			0,023	22	0,023	1
0,037	7,021	253,209	253,055	0,154			0,024	23	0,024	1
0,205	7,226	253,065	252,937	0,128			0,016	24	0,016	1
0,388	7,614	252,793	252,649	0,144			0,021	25	0,021	1
0,335	7,949	252,558	252,524	0,034			0,001	26	0,001	1
0,514	8,463	252,197	252,147	0,050			0,003	27	0,003	1
0,209	8,672	252,051	252,020	0,031			0,001	28	0,001	1
0,135	8,807	251,956	251,916	0,040			0,002	29	0,002	1

In blu i valori interpolati linearmente.

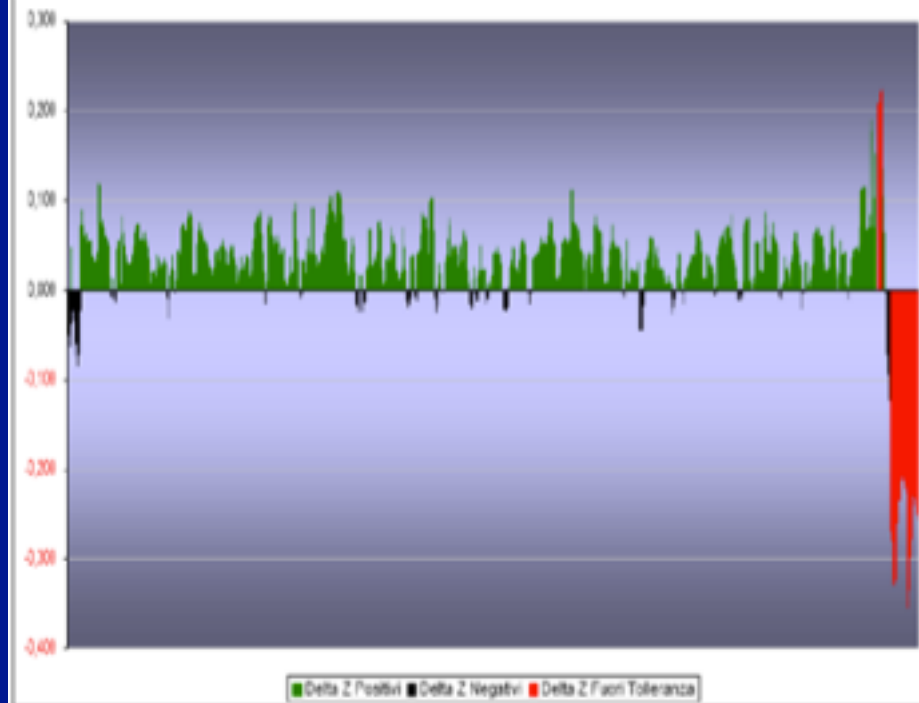
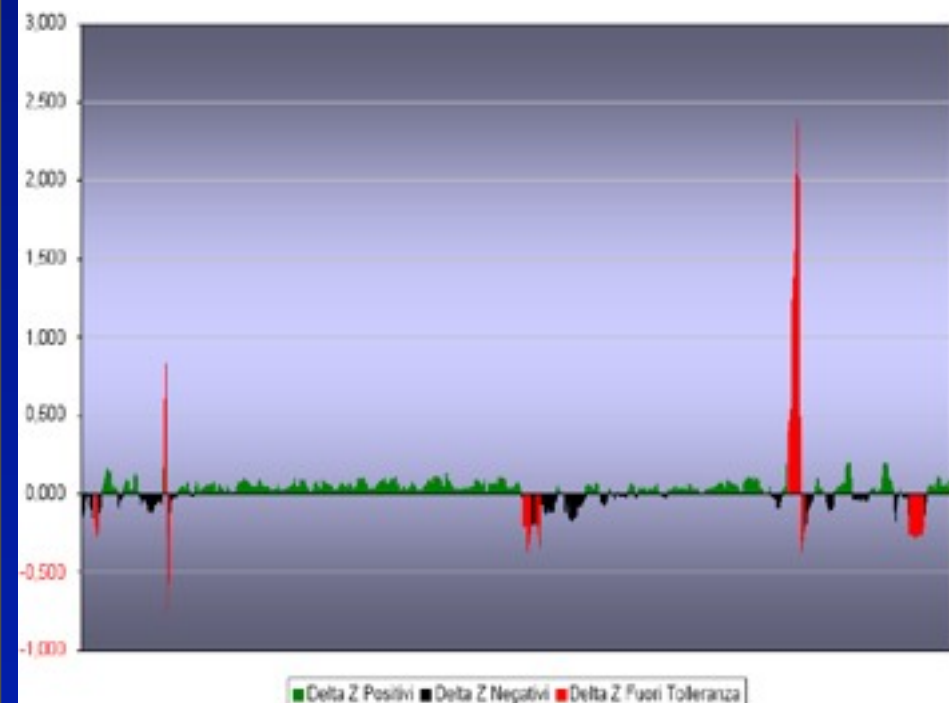
Il concetto di accuratezza va sempre messo in relazione con il dato che si considera "giusto" per convenzione comune o per scelta soggettiva.

Errore Quadratico Medio di accuratezza

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{i_Topog.} - Z_{i_LIDAR})^2}{n}}$$

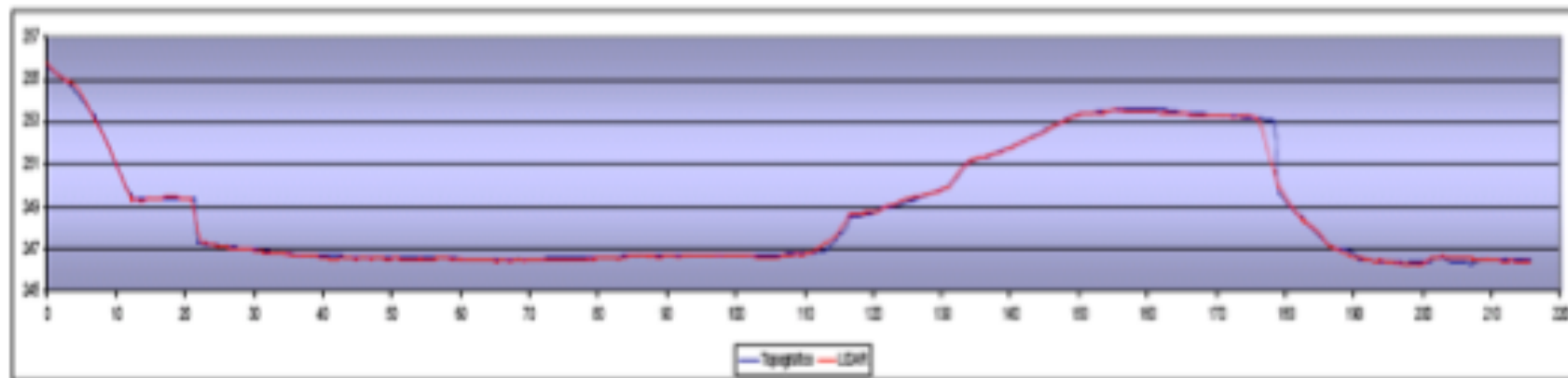
PROFILO 1 COMPLEX. Tolleranza $\pm 0,20$ mt.		Δz		
		Positivi	Negativi	Fuori Tolleranza
Dati complessivi	Minimo	-0,200		-0,758
	Massimo	0,200		2,395
	Media rel.	0,051	-0,062	0,166
	Mediana	0,046	-0,051	-0,249
	Media complex.	0,033		
	DEV. STD.	0,222		
	RMSE	0,225		

PROFILO 2 COMPLEX. Tolleranza $\pm 0,20$ mt.		Δz		
		Positivi	Negativi	Fuori Tolleranza
Dati complessivi	Minimo	-0,123		-0,353
	Massimo	0,196		0,222
	Media rel.	0,043	-0,019	-0,202
	Mediana	0,041	-0,012	-0,243
	Media complex.	0,026		
	DEV. STD.	0,065		
	RMSE	0,070		

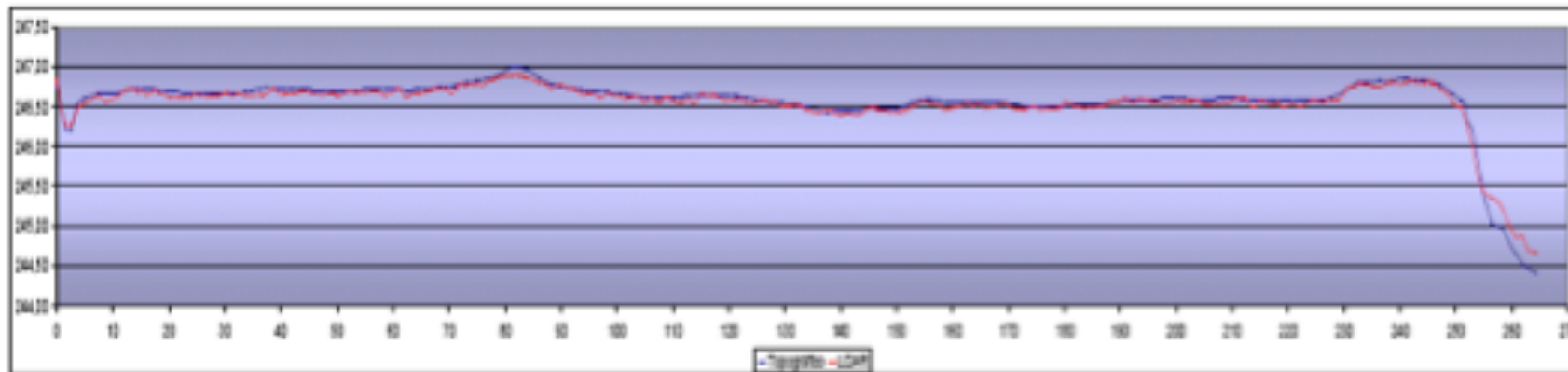


Controllo qualitativo sull'accuratezza altimetrica output profili di sezione n°1 e 2

PROFILO DI SEZIONE n° 1



PROFILO DI SEZIONE n° 2



Risultanti RMSE Lineari

Quella che il LiDAR fornisce è una risposta fisica oltre che geometrica, funzione delle caratteristiche morfologiche e materiche della superficie indagata.

Confermato l'intimo legame tra l'accuratezza ottenibile e la natura fisica degli oggetti terrestri esplorati (dimensione, forma, composizione chimica), area sezione d'urto.

QUADRO DELLE RISULTANZE		
Tipologia di superficie illuminata	Ostruzioni	Valore RMSE
1) Muro di sostegno a paramento verticale;	Nessuna	0,414
2) Muro di sostegno a paramento inclinato;	Sottochioma	0,858
3) Bosco di pino a medio fusto	Vegetato	0,113
4) Bosco di latifoglie ad alto fusto	Brullo ⁸²	0,112 – 0,117 – 0,163 (media 0,130)
5) Vigneto con filari a "guyot"	Nessuna	0,045
6) Manto bituminoso 0/30	Parziale	0,082
7) Manto in ghiaino lavato	Nessuna	0,054

AWAA – Accuratezza generale del test

ACCURATEZZA MEDIA QUADRATICA					
Tipologia	RMSE lineare	RMSE ²	Superficie relativa	%	RMSE ² x m ² .
1) Muro di sostegno a paramento verticale	0,414	0,1714	543,00 m ²	1,03	93,0702
2) Muro di sostegno a paramento scarpato	0,858	0,7362	145,00 m ²	0,28	106,7490
3) Bosco di pino a medio fusto	0,113	0,0128	12.697,00 m ²	24,17	162,5216
4) Bosco di latifoglie ad alto fusto	0,130 (medio)	0,0169	9.084,00 m ²	17,29	153,5196
5) Vigneto con filari a "guyot"	0,045	0,0020	24.431,00 m ²	46,50	48,8620
6) Manto bituminoso 0/30	0,082	0,0067	1.785,00 m ²	3,40	11,9595
7) Manto in ghiaio lavato	0,054	0,0029	3.850,00 m ²	7,33	11,1650
TOTALE			⁸³ 52.535,00 m ²	100	587,8469

$$RMSE^2 \text{ media} = \frac{\sum RMSE^2 \times m^2}{\text{Totale Sup.}} = 587,8469 / 52.535,00 = 0,011$$

$$\text{Accuratezza media quadratica dell'unità di peso}^{84} = \sqrt{RMSE^2 \text{ media}} = \sqrt{0,0112} = 0,106 \text{ mt.}$$

o AWAA (Average Weight Area Accuracy).

Esclusa ex ante la superficie dell'invaso idroelettrico – 9.965,00 m² stante l'instabilità nel tempo delle relative quote.

Valore medio quadratico ponderato dell'unità di peso in ragione dell'estensione areale dei diversi elementi;

(valevole per l'areale del poligono sperimentale e per lo specifico dataset LiDAR).

INTERPRETAZIONE RISULTATI

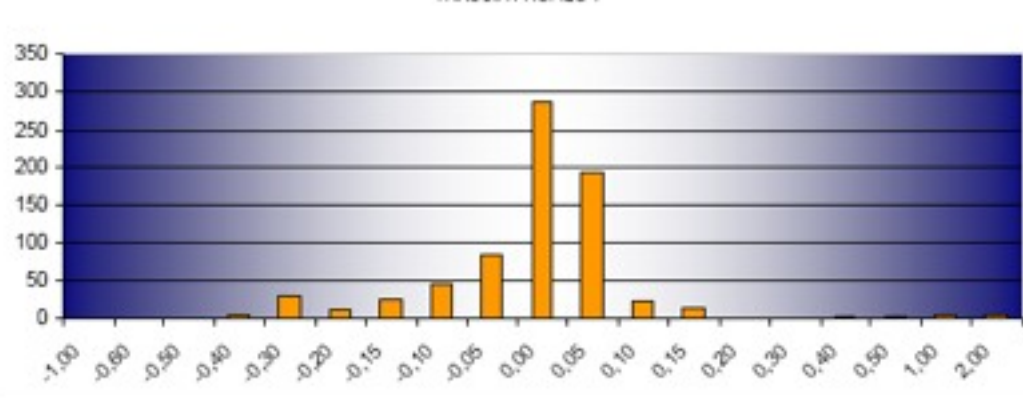
Profilo di sezione 1:

- RMSE = 0,225 mt.
- DEV.STD.= 0,222 mt.
- Δz fuori tolleranza 6,67%
(da - 0,758 a +2,395 mt.).
- 93,32% errori \leq 0,20 mt.

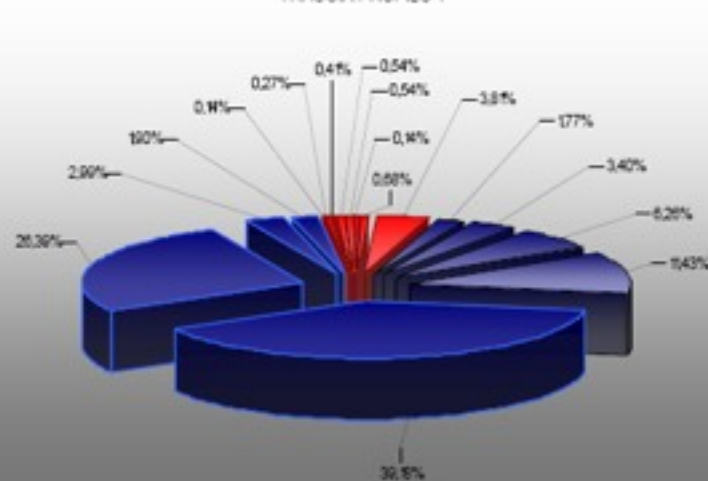
PROFILO DI SEZIONE N°1 (complex.)

Range																			
-0,60	-0,50	-0,40	-0,30	-0,20	-0,15	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	2,00	3,00	
-1,00	-0,60	-0,50	-0,40	-0,30	-0,20	-0,15	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	2,00	
1	1	0	5	28	13	25	46	84	288	194	22	14	0	1	2	3	4	4	735
0,14%	0,14%	0,00%	0,68%	3,81%	1,77%	3,40%	6,26%	11,43%	38,18%	26,39%	2,99%	1,90%	0,00%	0,14%	0,27%	0,41%	0,54%	0,54%	100%

TRACCIA PROFILO 1



TRACCIA PROFILO 1



La percentuale sul totale di punti con errori \leq 0,20 mt. è del 93,32%.

INTERPRETAZIONE RISULTATI

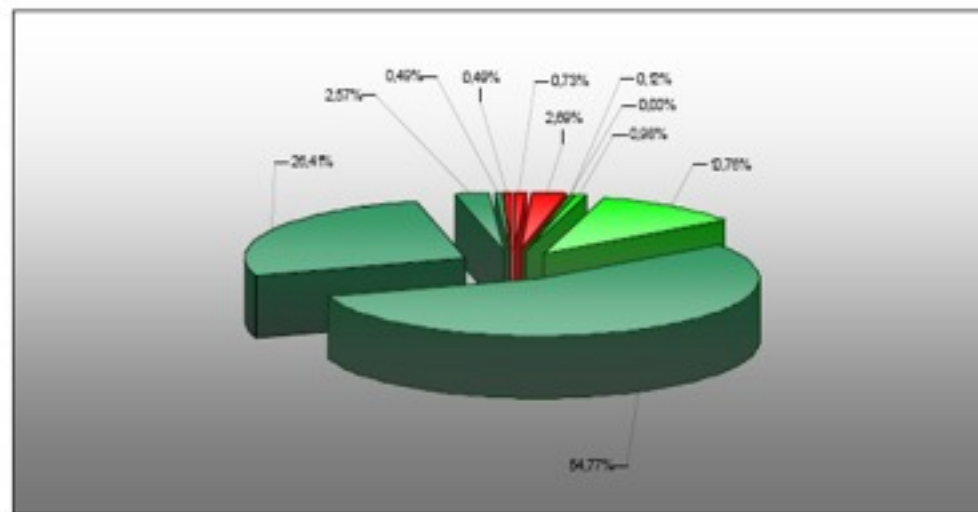
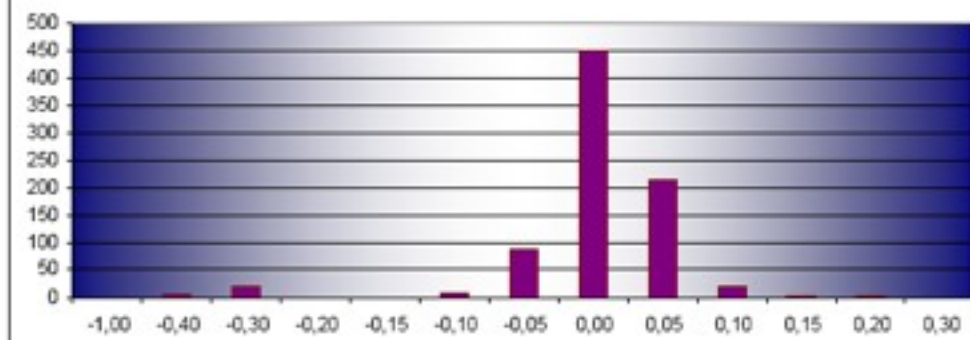
Profilo di sezione 2:

- RMSE = 0,070 mt.
- DEV.STD.= 0,065 mt.
- Δz fuori tolleranza 3,91%
(da - 0,353 a +0,222 mt.).
- 96,10% errori \leq 0,20 mt.

PROFILO DI SEZIONE N°2 (complex.)

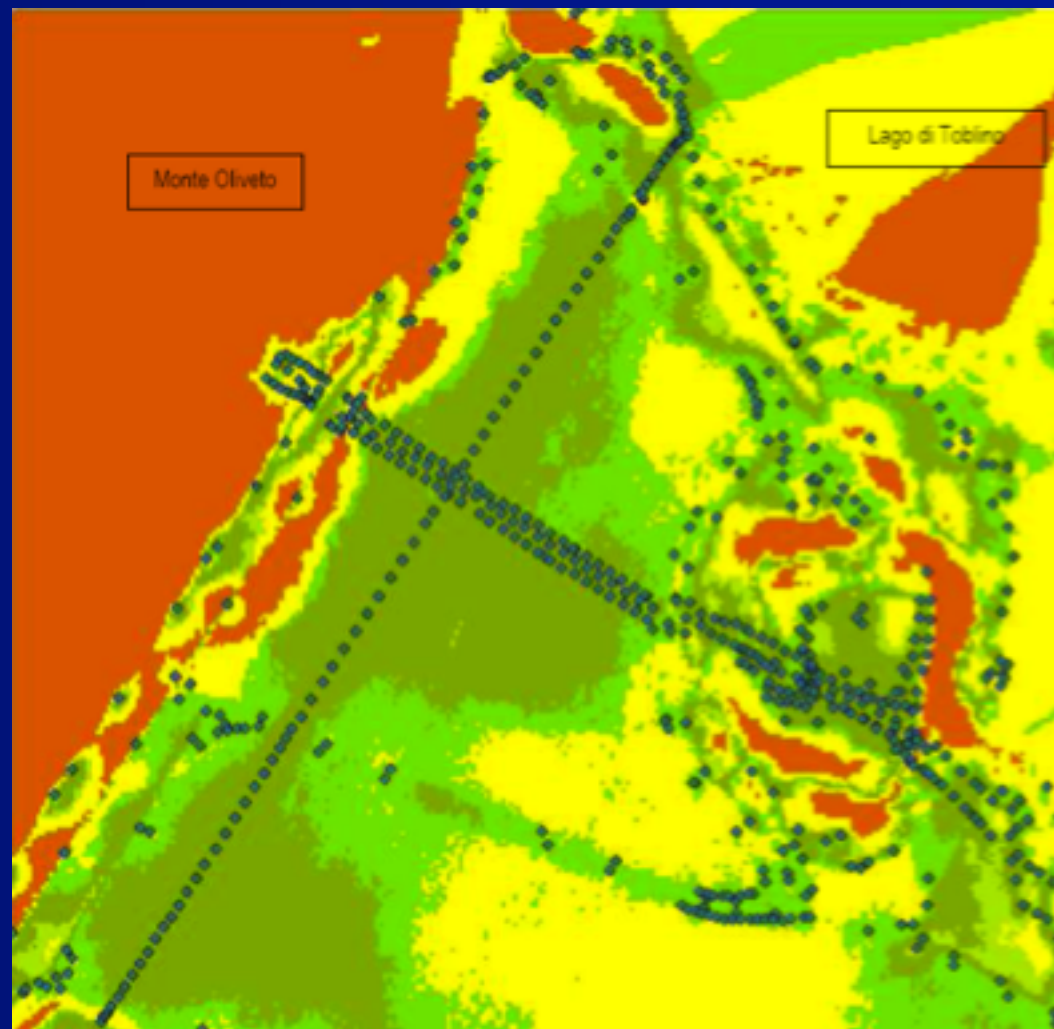
Range																		
-0,60	-0,50	-0,40	-0,30	-0,20	-0,15	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	2,00	3,00
-1,00	-0,60	-0,50	-0,40	-0,30	-0,20	-0,15	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	2,00
0	0	0	6	22	0	1	8	88	448	216	21	4	4	0	0	0	0	81
0,00%	0,00%	0,00%	0,73%	2,88%	0,00%	0,12%	0,98%	10,76%	54,77%	26,41%	2,57%	0,49%	0,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%

TRACCIA PROFILO 2



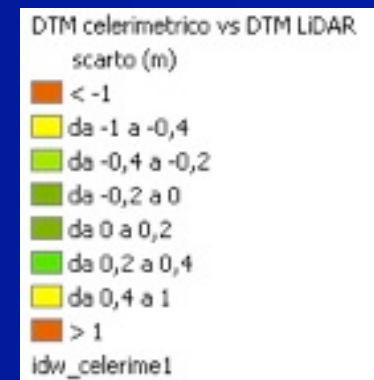
La percentuale sul totale di punti con errori \leq 0,20 mt. è del 96,10%.

Controllo qualitativo per comparazione distribuita



Sottrazione tra DTM attraverso gli algoritmi presenti nel modulo Spatial Analyst di ArcGIS® 9.2.

RMSE = 0,356 mt.
DEV.STD = 0,283 mt.



INTERPRETAZIONE RISULTATI

* Analisi distribuita fondata su RMSE lineari esprime un'accuratezza media dell'unità di peso molto buona:

AWAA = 0,106 mt.

* Analisi distribuita diff. DTM:

- RMSE = 0,356 mt.
- DEV.STD.= 0,283 mt.
- Δz entro 0,20 mt. = 59,2%
- Δz entro 0,40 mt. = 89,5%
- Δz entro 0,10 mt. = 45,6%

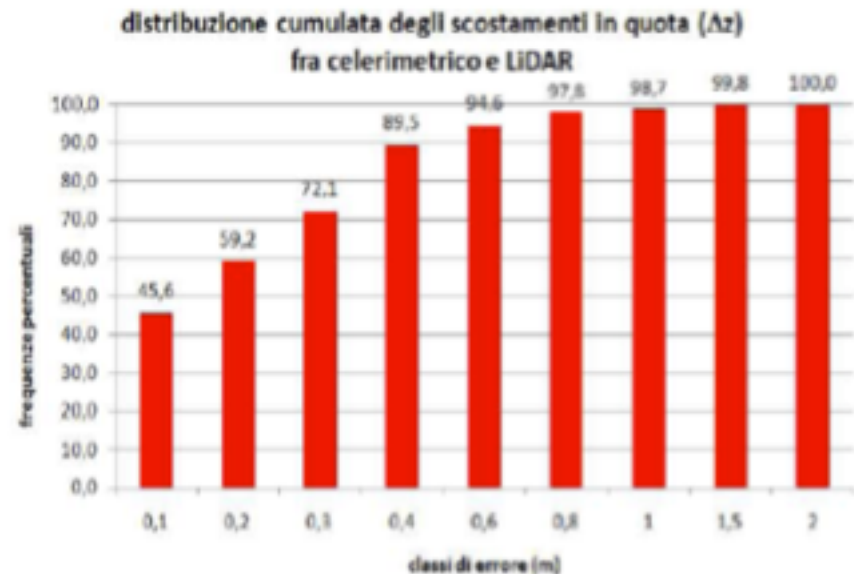


Grafico della distribuzione percentuale cumulata dei Δz nelle rispettive classi di errore.

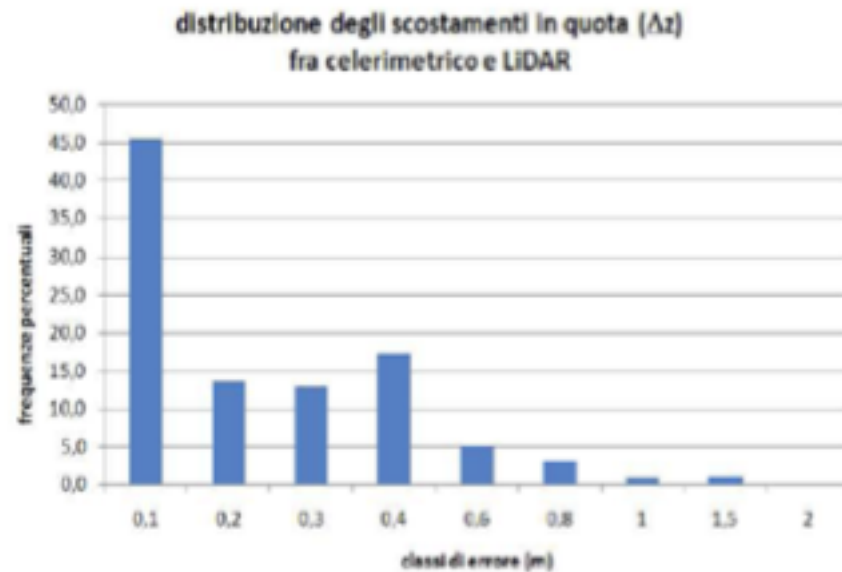


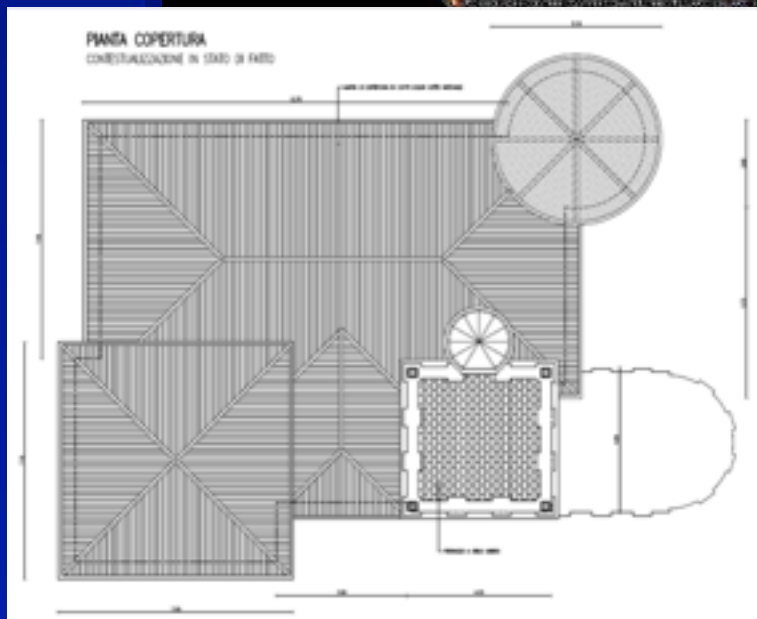
Grafico della distribuzione degli scostamenti in quota fra celerimetrico e LIDAR.

Analisi specifica su antropizzato

In ambito architettonico, ai fini di una oggettiva interpretazione dei parametri costruttivi dell'opera, molto efficaci risultano essere le scansioni laser da terra, valido complemento alla metodologia LiDAR in grado di offrire considerevoli vantaggi sia in termini di accuratezza geometrica che di versatilità e dinamicità nell'integrazione tridimensionale con i dati laser avionici.

DSM per verifica estrazione delle forme.

Limitazioni:
"solo" 1 punto/m².

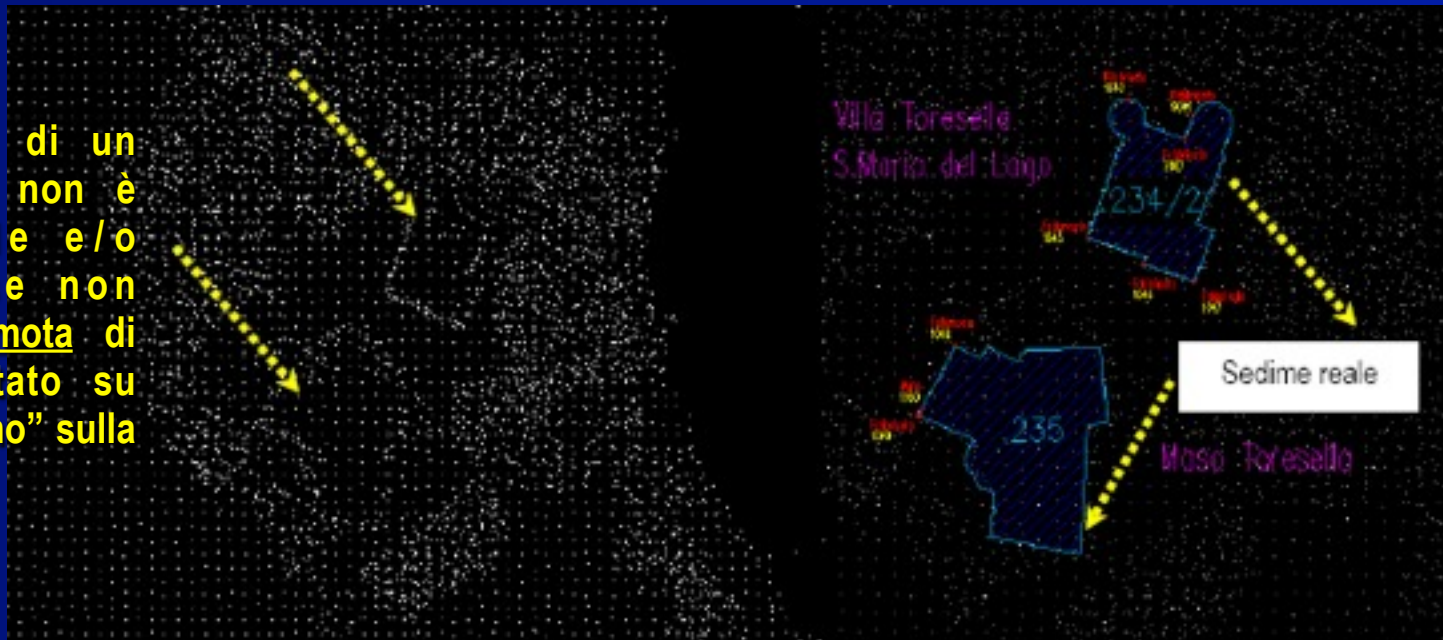


Controllo qualitativo sull'accuratezza planimetrica

Analisi meno indagata in letteratura rispetto alla 3° dimensione.

Acquisizione random dei punti, ortogonalità del rilevamento rispetto alle superfici abbinati ad angoli di incidenza spesso geometricamente sfavorevoli, rappresentano fattori che concorrono a rendere difficoltoso l'univoco discernimento di quelle discontinuità morfologiche che, al contrario, nella pratica topografica convenzionale, rappresentano elementi di certezza.

La posizione di un punto LiDAR non è prevedibile e/o ripetibile se non nell'ipotesi remota di sistema montato su elicottero "fermo" sulla sua verticale.



Errore teorico nelle 2 componenti planimetriche prossimo a H.volo/2000.

CONCLUSIONI

- Studio dimensionale per profili di sezione => RMSE lineare;
- Traduzione quadratica dei valori RMSE lineari sintetizza ottima accuratezza media, ma rilevanti discrasie su breaklines.
- Analisi distribuita sulle differenze tra DTM meno intuitiva e apparentemente meno accurata (rif. Prof. RINAUDO).
- LiDAR supporto attualmente non sostitutivo, bensì integrativo di altri datasets. I rilevamenti a terra possono essere ridotti e ottimizzati ma non emarginati dal processo conoscitivo perché danno info di dettaglio difficilmente surrogabili con il telerilevamento => INTEGRAZIONE.
- Stazioni con passo metrico adatto ad operare sia planimetricamente che altimetricamente all'interno del campo topografico di Weingartner.²⁷

CONCLUSIONI

- Applicazioni LiDAR solo in termini di terza dimensione?

Il miglioramento della risoluzione planimetrica estende l'interesse applicativo dei rilevamenti LiDAR a:

- cartografia (anche suo collaudo);
- pianificazione urbanistica;
- modellazione 3D delle superfici territoriali (antropizzato + naturale);
- monitoraggio di fenomeni idraulici e di dissesto idrogeologico;
- stima della biomassa nel settore forestale.

In generale un efficace strumento di screening per il miglioramento dei processi nel campo della modellistica numerica di simulazione e progettazione, un'analisi in ampiezza tridimensionale con la possibilità dei benefici della quarta dimensione, il tempo.

RIFLESSIONI

LiDAR strumentazione molto sofisticata:

Le problematiche legate al volo, alla sua quota, alla sua velocità, la tipologia dei sensori utilizzati, la dim. spot laser, giocano un ruolo determinante sul prodotto finito.

Ma altrettanto delicate sono le operazioni di georeferenziazione (altimetrica) del dato di “verità a terra”.

- Costi decrescenti sul versante acquisizione del dato LiDAR ma costi ancora significativi sul versante elaborazione (anche da terra).

RIFLESSIONI

■ Informazione territoriale & rapporto con la proprietà:

CRITICITA'

Rilevanti problematiche, anche di carattere giuridico

L'oggi tecnologico ci spinge verso una più alta qualità dell'informazione geografica!

Basi
geometricamente
coerenti?!