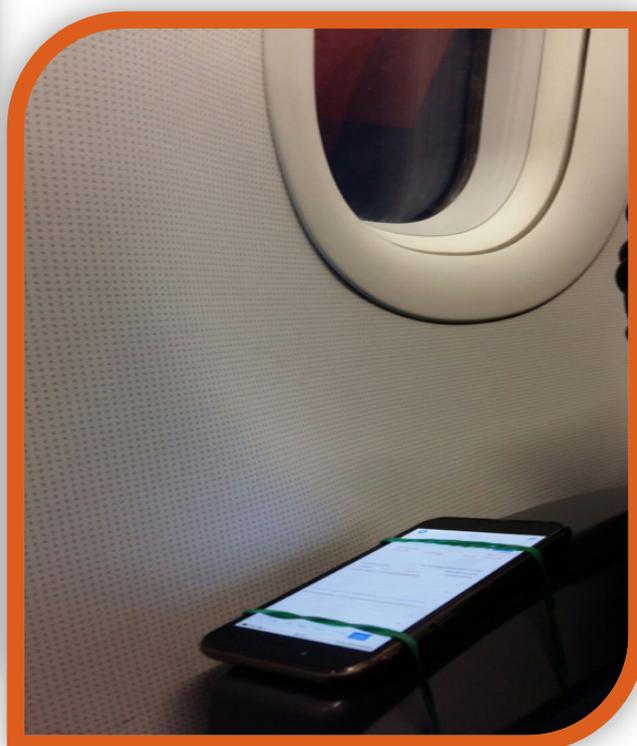


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
AEROSPAZIALE

ACQUISIZIONE SPERIMENTALE IN VOLO



GIUSEPPE ALFERI M53000548

INTRODUZIONE

Il presente elaborato è stato incentrato sull'acquisizione di parametri di volo quali: accelerazioni lungo i tre assi, velocità di volo, fattore di carico, latitudine e longitudine; ovviamente tali misure sono state eseguite tenendo in considerazione l'orientazione del sistema di riferimento velivolo con il sistema di riferimento sensore.

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione dati è stato un moderno smartphone che con un'apposita applicazione *SensorLog* ci ha reso possibile l'acquisizione di questi parametri.

Il volo indagato per le misure è stato Amsterdam-Napoli effettuato il 20 Novembre 2016. Il velivolo che ci ha condotto è stato un moderno Airbus A321 in versione economy equipaggiato per trasportare 180 passeggeri più equipaggio.

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	1
SOMMARIO.....	2
ACQUISIZIONE DEI PARAMETRI DI VOLO.....	3
TIME HISTORY DI TAXING E RULLAGGIO.....	4
TIME HISTORY DEL DECOLLO.....	5
TIME HISTORY DELLA CROCIERA.....	6
TIME HISTORY DELL'ATTERRAGGIO.....	8
FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) DEL DECOLLO.....	9
FAST FOURIER TRANSFORM DELLA CROCIERA.....	10
FAST FOURER TRANSFORM DELL'ATTERRAGGIO.....	11



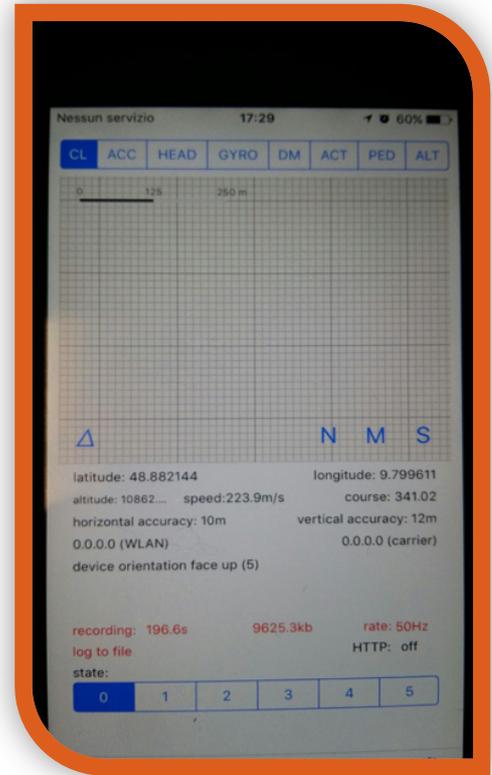
ACQUISIZIONE DEI PARAMETRI DI VOLO

Al fine di fare acquisizioni più veritiere possibile si è cercato di individuare, per quanto fosse possibile, una parte del velivolo opportuna per poter posizionare il dispositivo.

Inizialmente si era pensato di utilizzare il pavimento del velivolo, ma vista l'impossibilità per fissare il dispositivo e la sua scarsa controllabilità, si è deciso di collocarlo su una parte della poltrona passeggeri che risultasse abbastanza rigida.

Sono state effettuate le registrazioni delle fasi salienti del volo: Taxi, Decollo, Crociera e Atterraggio.

Sono stati generati file di formato csv delimitato da virgola, al fine di poterli elaborare in maniera agevole mediante il software *Matlab*.



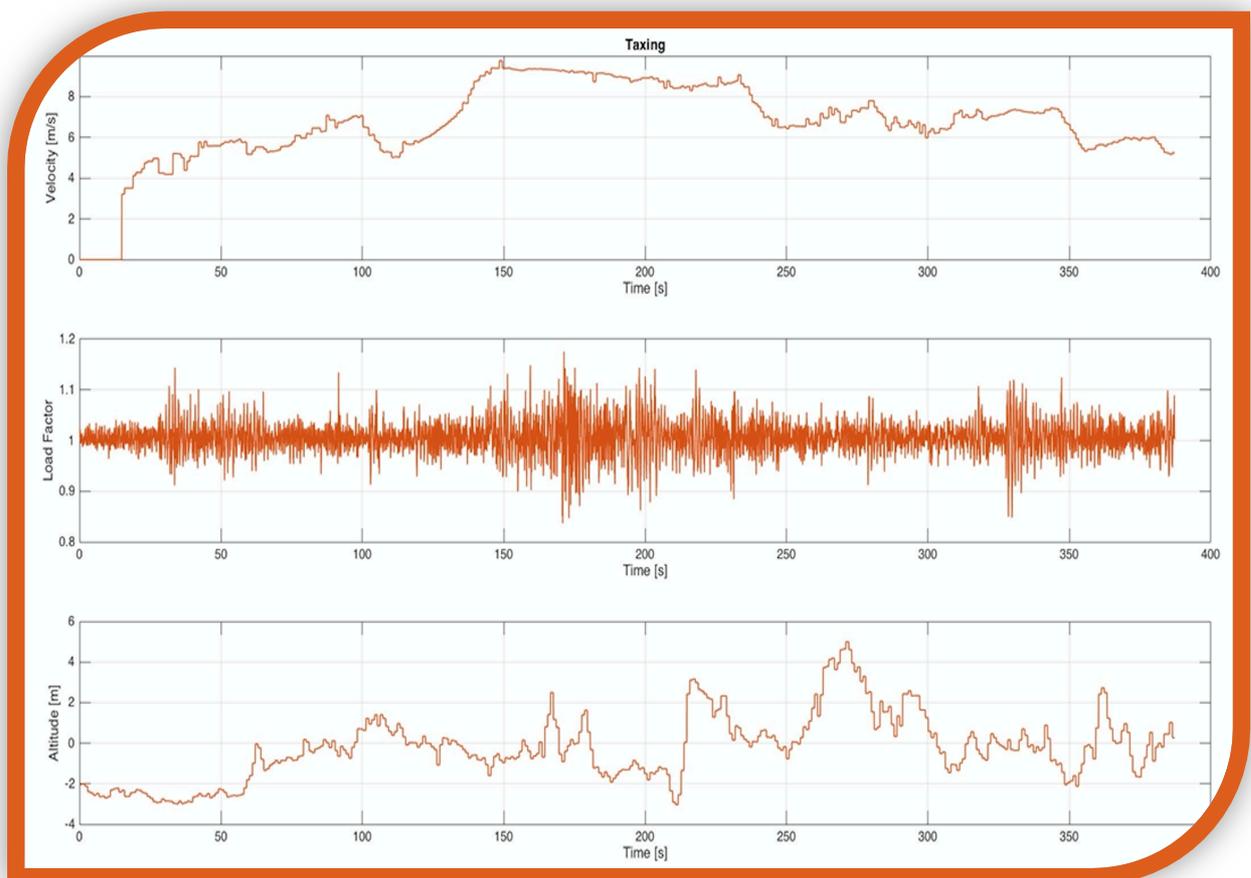
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
LoggingTime	loggingSampleIdentifier	Vendor	deviceId	locationTimestamp	since1970	locationLatitude	locationLongitude	locationAltitude	locationSpeed	locationCourse	locationVerticalAccuracy	locationHorizontalAccuracy	locationHeading	Timestamp				
2016-11-18 17:04:26.282,1	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.27543	10.28404998779297	19.241943559375	35.553466796875	334.63					
2016-11-18 17:04:26.321,2	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	3					
2016-11-18 17:04:26.324,3	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	4					
2016-11-18 17:04:26.326,4	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	5					
2016-11-18 17:04:26.327,5	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	6					
2016-11-18 17:04:26.328,6	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	7					
2016-11-18 17:04:26.332,7	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	8					
2016-11-18 17:04:26.333,8	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.303248	10.07661437988281	19.44797515869141	35.28814697265625	9					
2016-11-18 17:04:26.344,9	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.334465	10.145751953125	19.24195098876953	35.28814697265625	33					
2016-11-18 17:04:26.384,13	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.363175	10.28404998779297	19.31063079833984	35.553466796875	3					
2016-11-18 17:04:26.382,11	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.363175	10.28404998779297	19.31063079833984	35.553466796875	3					
2016-11-18 17:04:26.383,12	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.363175	10.28404998779297	19.31063079833984	35.553466796875	3					
2016-11-18 17:04:26.401,14	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.363175	10.28404998779297	19.31063079833984	35.553466796875	3					
2016-11-18 17:04:26.406,15	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.403479	10.18033599855316	19.344970703125	35.7193603515625	33					
2016-11-18 17:04:26.412,16	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.403479	10.18033599855316	19.344970703125	35.7193603515625	33					
2016-11-18 17:04:26.421,17	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.403479	10.18033599855316	19.344970703125	35.7193603515625	33					
2016-11-18 17:04:26.461,18	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.463,19	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.464,20	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.465,21	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.482,22	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.483,23	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.452429	10.35320281982422	19.31063079833984	36.08416748046875	3					
2016-11-18 17:04:26.493,24	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.482293	10.1457672119106	19.24195098876953	36.216796875	334.8					
2016-11-18 17:04:26.539,25	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.5122	9.972900390625	19.344970703125	35.9183349609375	335.2872					
2016-11-18 17:04:26.541,26	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.5122	9.972900390625	19.344970703125	35.9183349609375	335.2872					
2016-11-18 17:04:26.542,27	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.540488	10.24947375177734	19.4823269287109	35.984619140625	3					
2016-11-18 17:04:26.544,28	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.540488	10.24947375177734	19.4823269287109	35.984619140625	3					
2016-11-18 17:04:26.553,29	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.540488	10.24947375177734	19.4823269287109	35.984619140625	3					
2016-11-18 17:04:26.554,30	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.540488	10.24947375177734	19.4823269287109	35.984619140625	3					
2016-11-18 17:04:26.561,31	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.540488	10.24947375177734	19.4823269287109	35.984619140625	3					
2016-11-18 17:04:26.572,32	4021AS8F-AC2F-4D63-B8E5-C16F491C90EB	I-Peppe6	1479485037	038263	42.69203583713872	17.8723182343113	3068.008	-1,1,64,100	1479485066.568896	10.423203830661	19.24195098876953	36.9514	3					

TIME HISTORY DI TAXING E RULLAGGIO

Durante la fase di Taxing e rullaggio, quella che dalla posizione di ricovero conduce il velivolo a bordo pista pronto per la partenza c'è da percorrere un po' di strada, si nota da questo grafico come l'accelerometro del nostro strumento legga gli effetti delle asperità del suolo sulla nostra struttura.

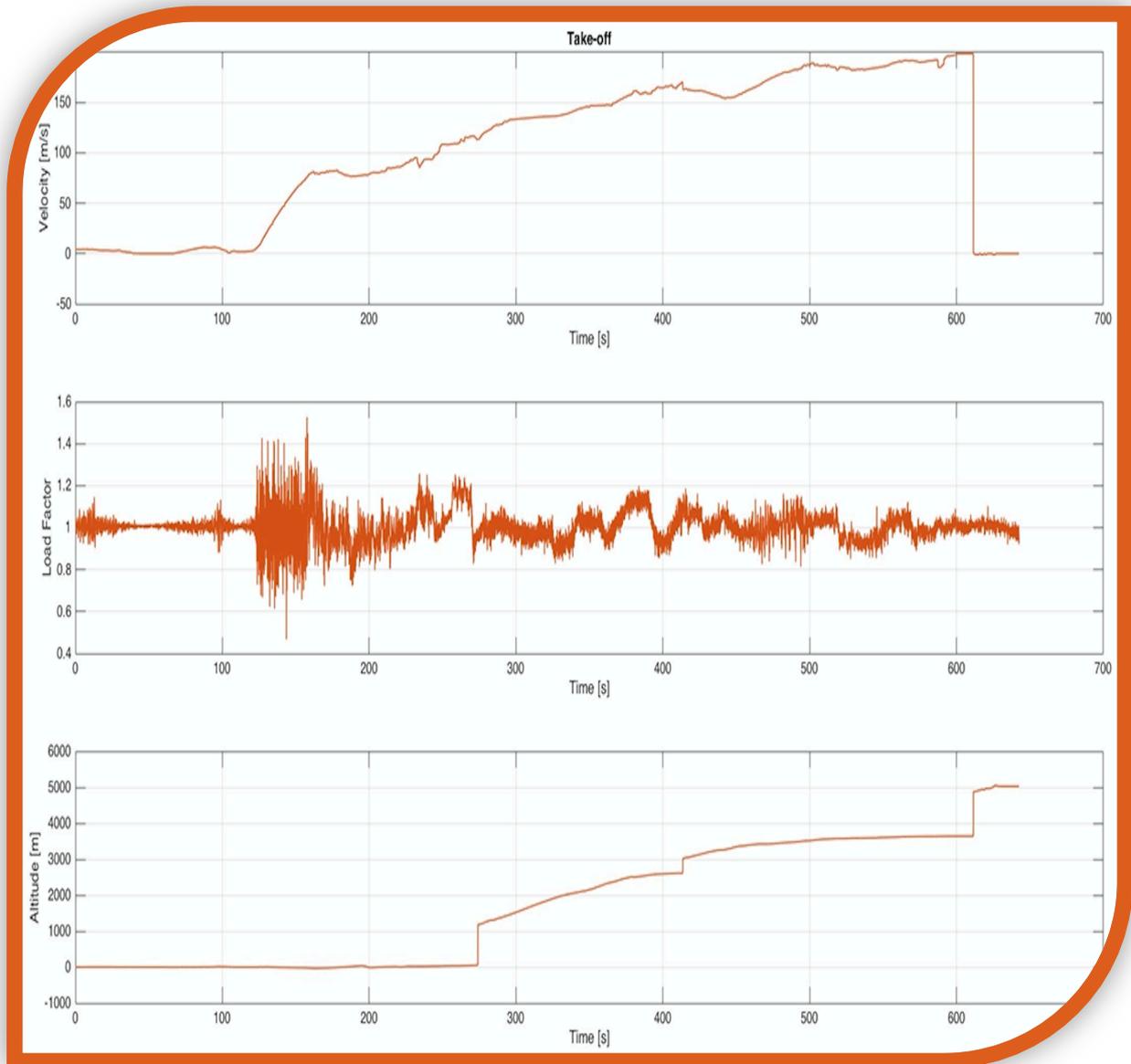
D'interesse può risultare la posizione legata all'altitudine dell'aeroporto di Amsterdam *Schipol*, che si è attestato in un valore di partenza di -3 metri dal livello del mare, effettivamente l'aeroporto si trova sottoposto al livello del mare.

L'acquisizione dati è stata interrotta prima che il velivolo si fermasse per dare affondo sulla manetta dei motori, tuttavia è possibile riscontrare l'andamento della velocità che dopo aver registrato un picco intorno ai 9 m/s è andata calando in accordo con quanto registrato dal valore del fattore di carico n .



TIME HISTORY DEL DECOLLO

Si nota come a partire dall'accelerazione da fermo del velivolo si registra un forte incremento delle vibrazioni su tutto il velivolo seguite ad una presa di velocità. ...

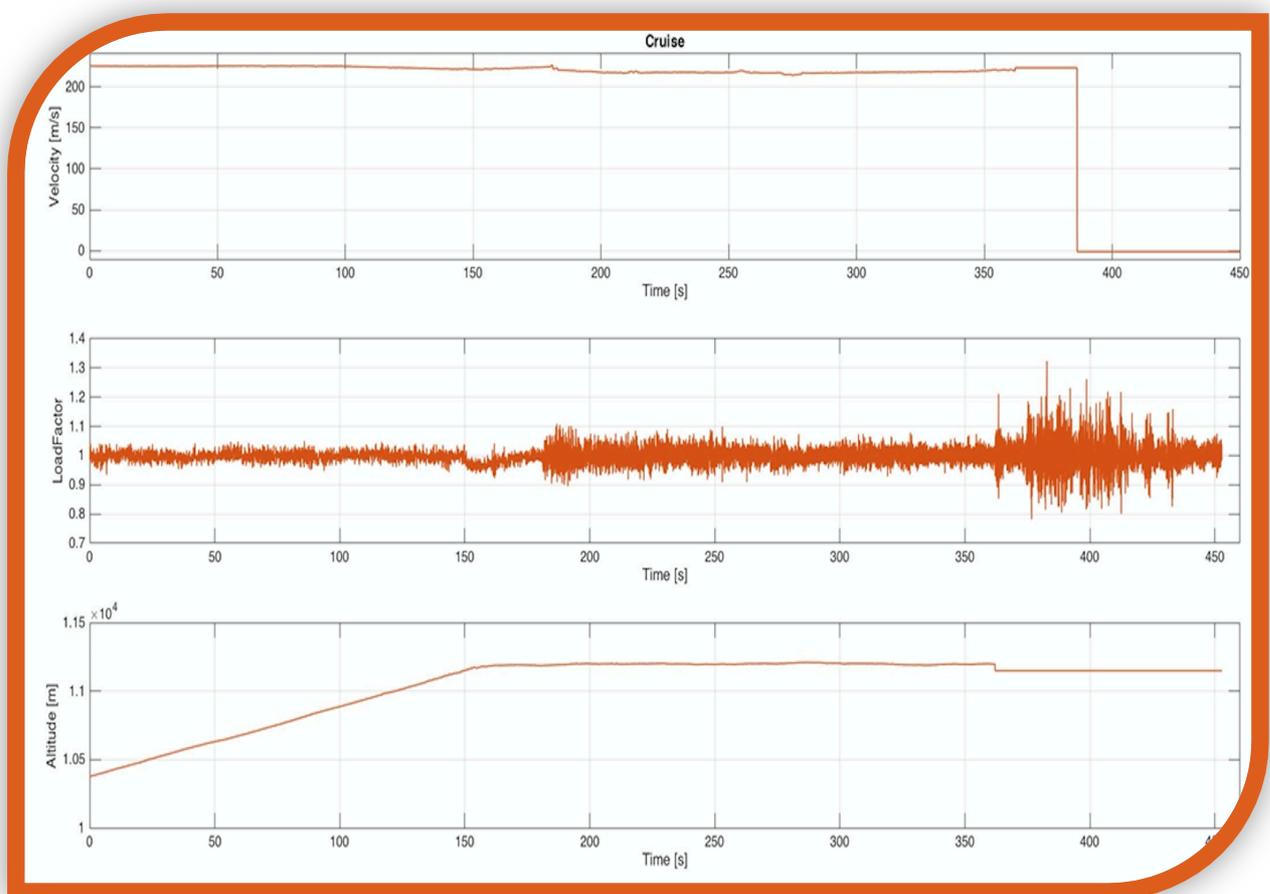


TIME HISTORY DELLA CROCIERA

Nell'immagine è rappresentato l'andamento della velocità, del fattore di carico e dell'altitudine al variare del tempo espresso in secondi. In una time history è contenuto tutto ciò che lo strumento ha registrato durante la fase di volo e con una frequenza di campionamento del segnale stabilita a monte della registrazione.

Si vede palesemente dal grafico riportato come sia stata ripresa la parte finale della fase di salita.

Si può notare altresì che lo strumento di misura ha registrato drammaticamente, per un certo periodo di tempo, una caduta della velocità a zero. Si potrebbe pensare a un evento fatale in quanto il fattore di

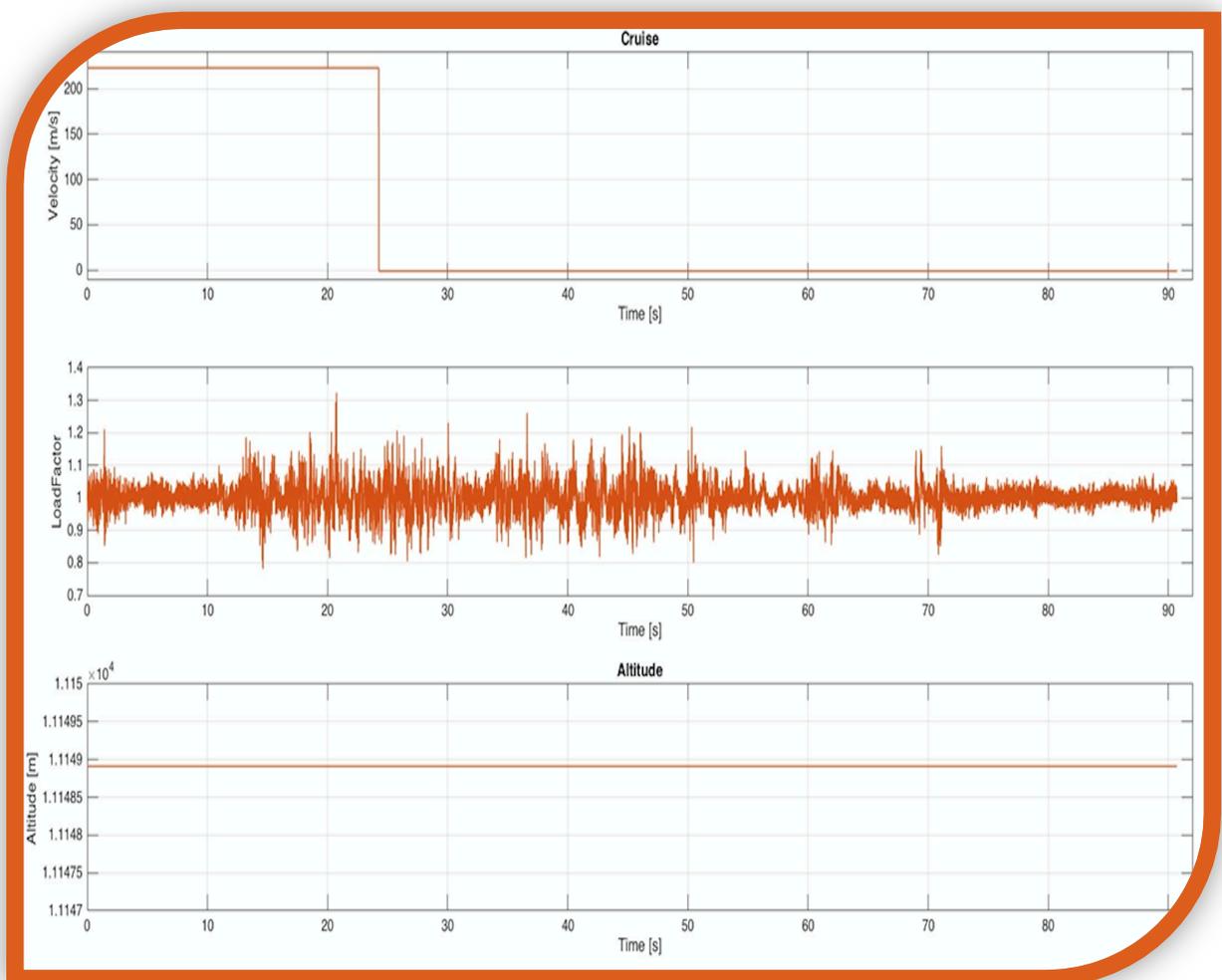


carico segna un picco proprio in quella circostanza; tuttavia la quota riportata dallo strumento resta circa costante.

Un'analisi più critica dell'evento ci conduce a ritenere che il velivolo abbia incontrato una raffica che gli ha fatto perdere quota seguita da un incremento del fattore di carico. Per la velocità c'è da ritenere una

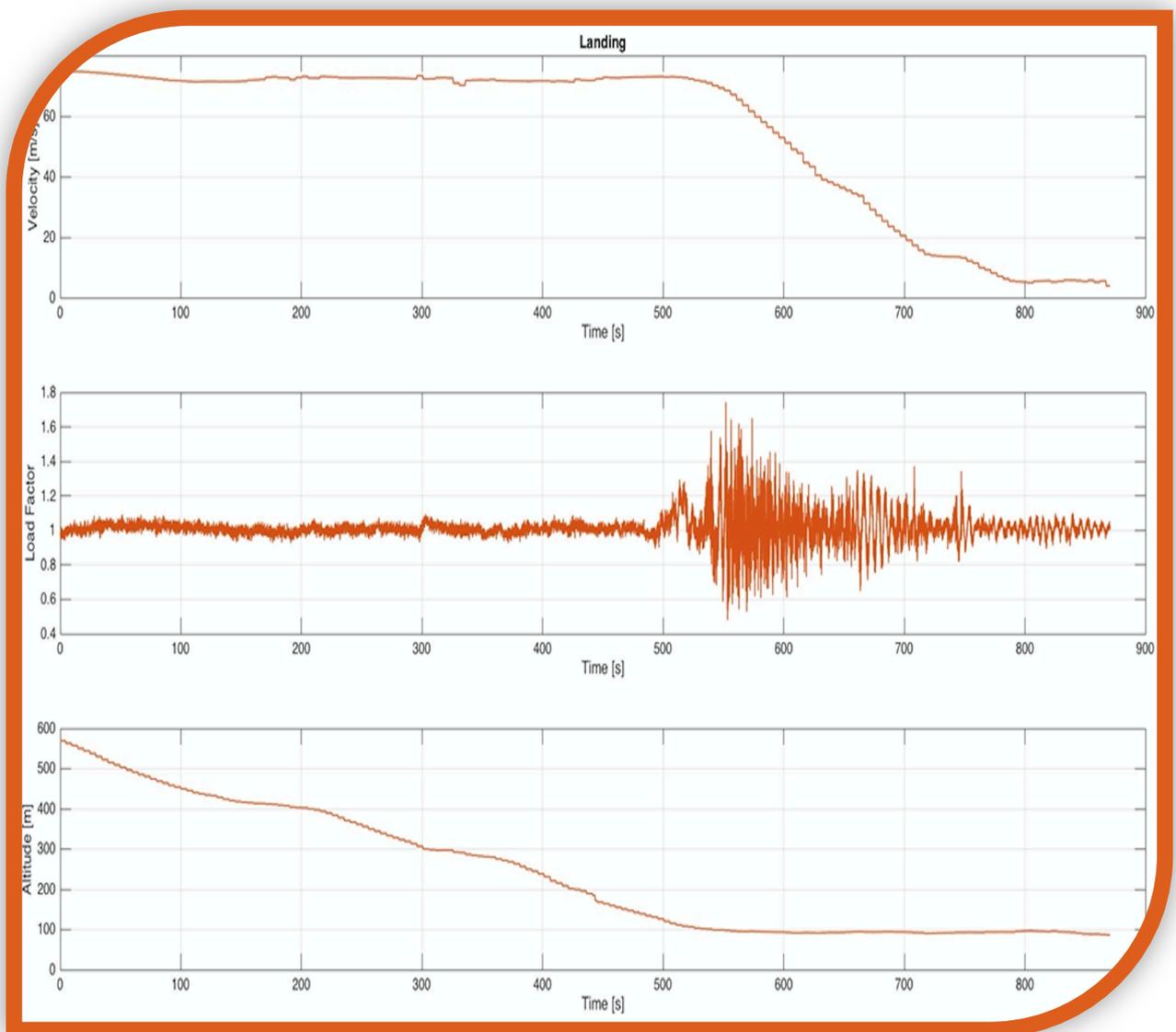
temporanea perdita del segnale a seguito di questa perturbazione, il problema della perdita del segnale è dovuto alla scarsa potenza del segnale gps che a seguito della perturbazione è stato perso dal dispositivo.

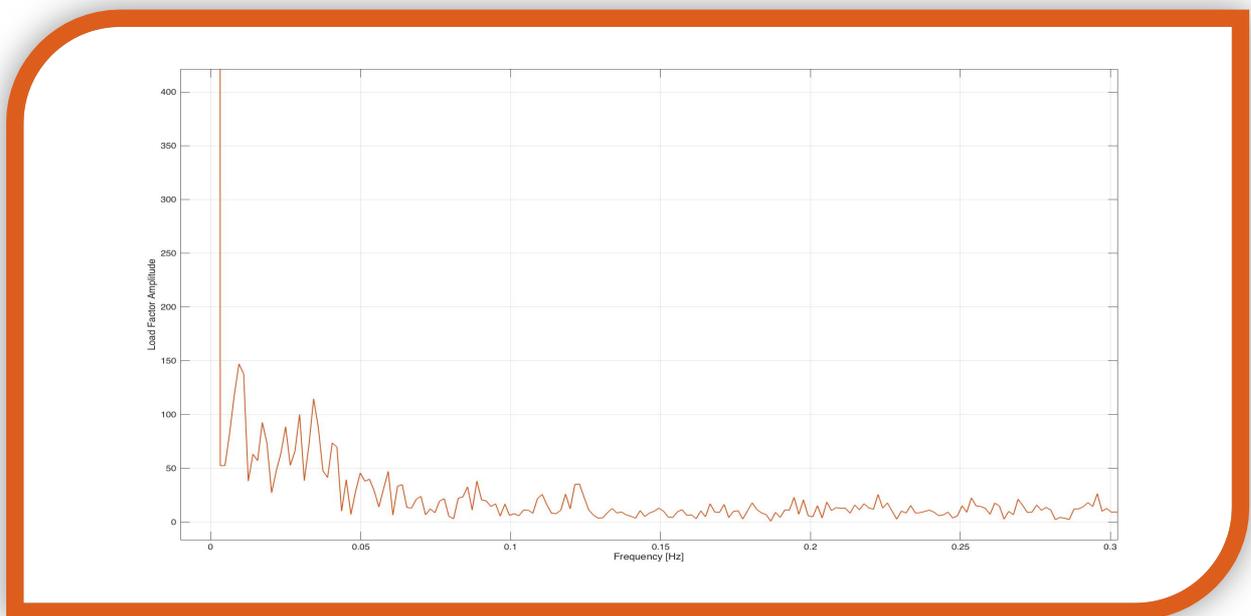
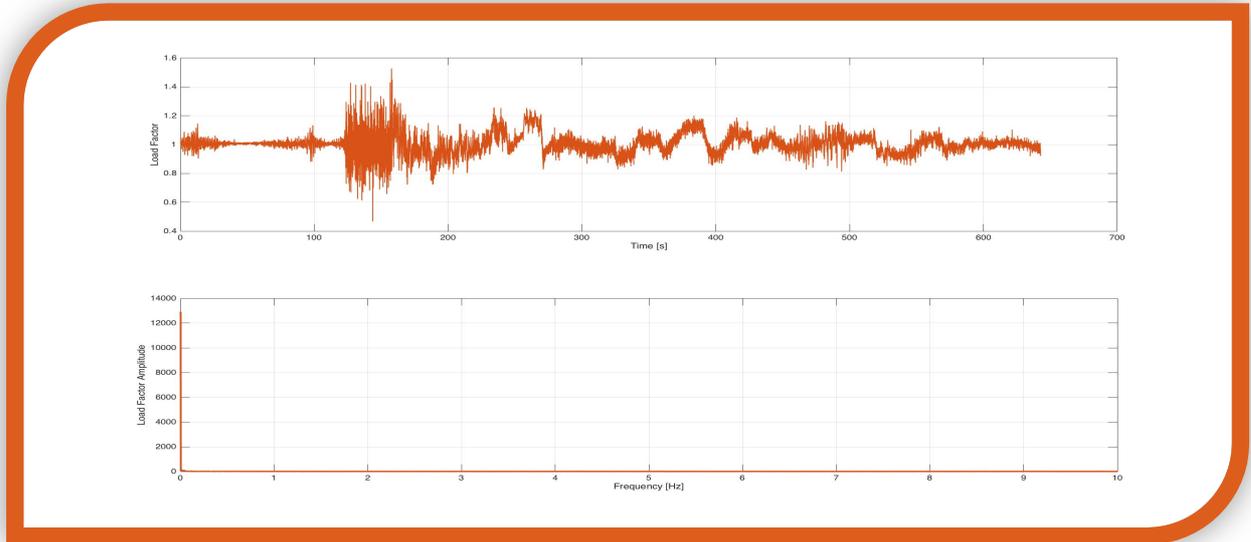
Al fine di mostrare in maniera più dettagliata l'avvenimento è stato riportato un esploso dell'immagine rappresentata.

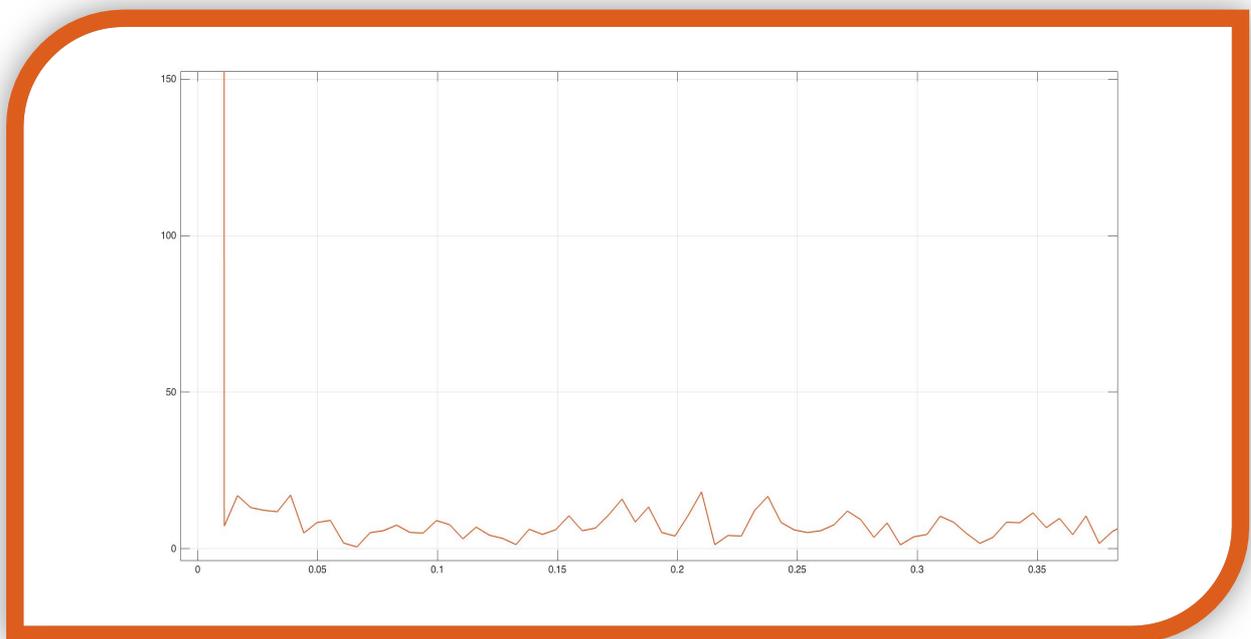
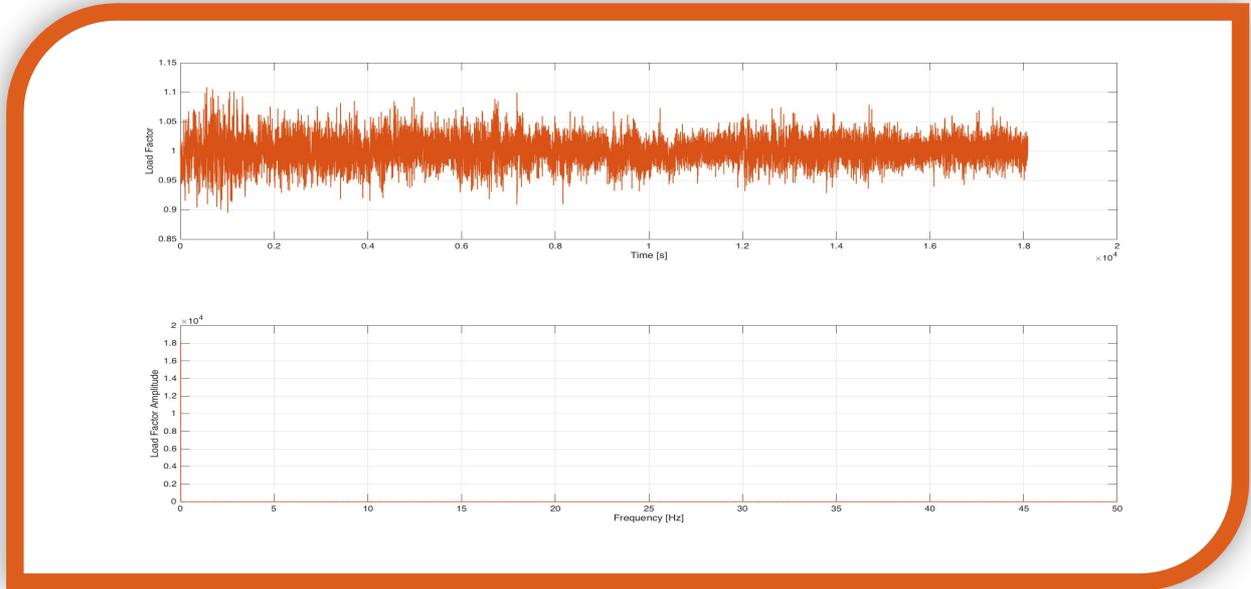


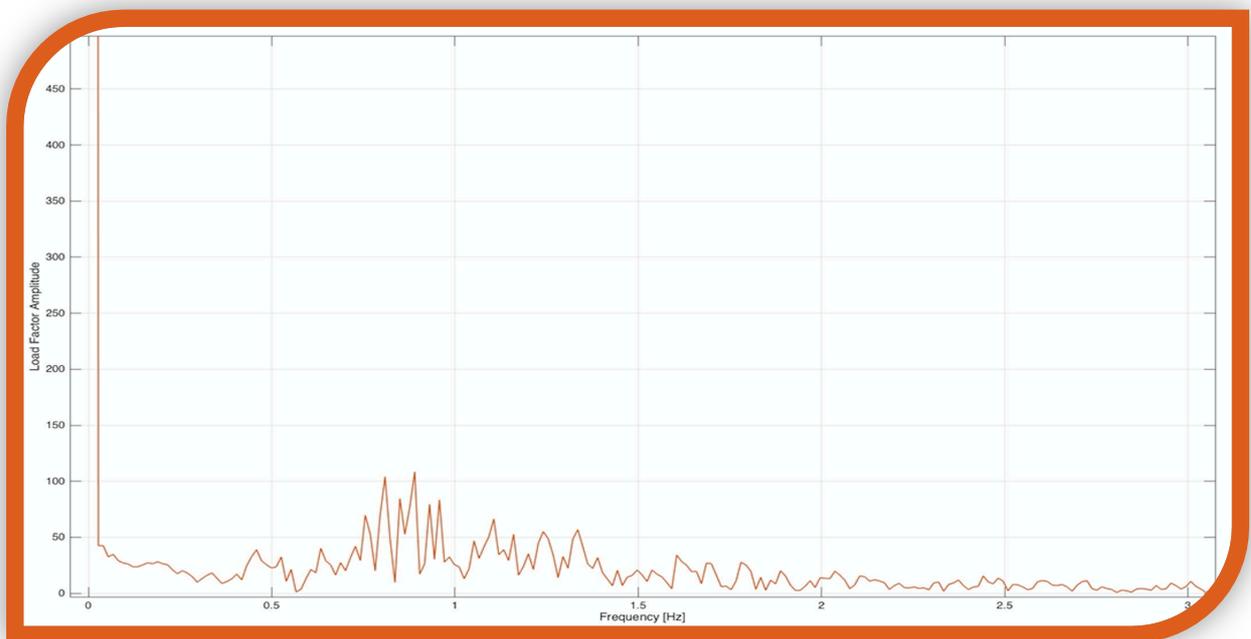
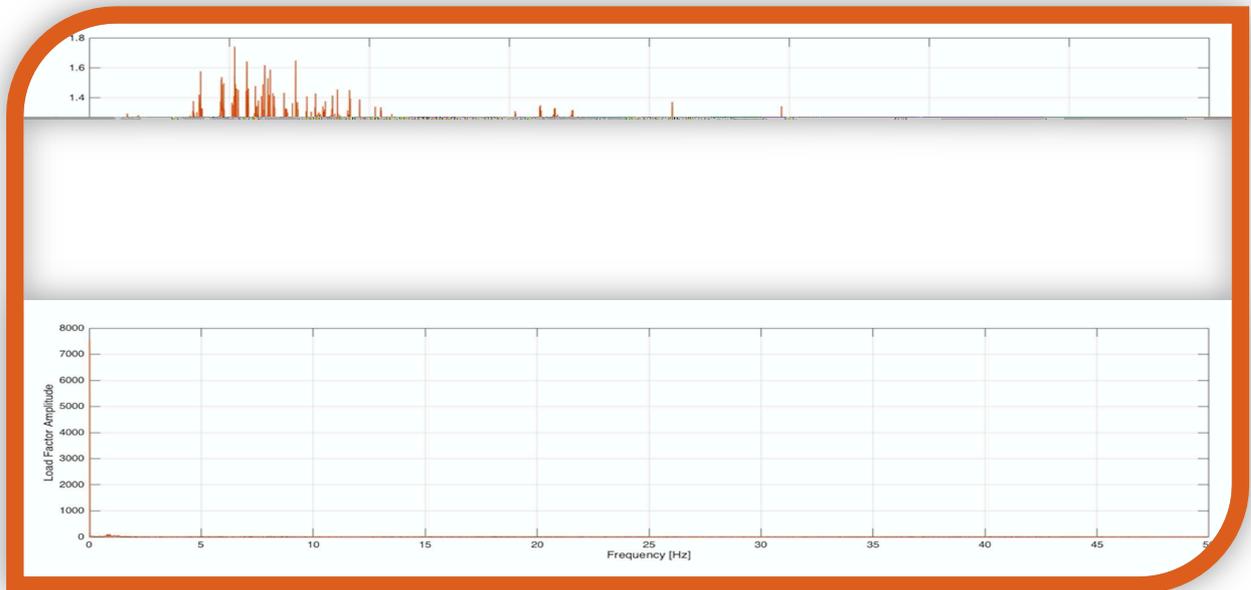
TIME HISTORY DELL'ATTERRAGGIO

Dall'immagine riportata di seguito si evince l'andamento del fattore di carico lungo l'asse z durante la fase di atterraggio. Si nota come il fattore di carico abbia raggiunto un picco massimo di circa 1,8 proprio nel momento in cui il velivolo ha toccato il suolo. Si nota altresì come lo strumento abbia registrato una velocità di landing del tutto veritiera pari a circa 68 m/s.



FFT DEL DECOLLO

FFT DELLA CROCIERA

FFT DELL'ATTERRAGGIO

CONCLUSIONI

È possibile trarre delle valutazioni interessanti nel dominio delle frequenze per la trasformata del fattore di carico. Si evince da tutti e tre i grafici della FFT che compare un picco in corrispondenza della frequenza nulla. Tale picco si ha in corrispondenza del periodo di campionamento, infatti nelle nostre FFT tale periodo è stato scelto tra 0.01 s (caso della crociera e dell'atterraggio) e 0.05s (caso del decollo).

Valutando la FFT nel caso della crociera è possibile vedere come il contenuto in frequenza sia piuttosto costante, mentre per il decollo e per l'atterraggio si nota come siano più rilevanti le componenti del segnale a bassa frequenza.

È bene precisare che le misure delle accelerazioni sono state fatte considerando la componente dell'accelerazione diretta lungo l'asse z del dispositivo di acquisizione. Si sarebbero potute analizzare anche le componenti dell'accelerazione dirette lungo gli assi y e x del dispositivo, ma sono state ritenute trascurabili rispetto alla componente con maggior peso diretta lungo z.

Il dispositivo è stato collocato nella parte terminale della fusoliera (piano di coda), pertanto l'acquisizione del segnale potrebbe essere stata influenzata dalla sua posizione relativa rispetto al velivolo.

È bene notare che pensare di trarre delle serie considerazioni con lo strumento di acquisizione utilizzato sembrerebbe quasi una follia. Tuttavia il fine del test sperimentale è da intendersi per scopo accademico, con l'obiettivo di fornire una prima esperienza sul trattamento del segnale digitale.

