



# INDICE

<b>0</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
0.1	Struttura del rapporto	1
0.2	Struttura del lavoro di ricerca	2
0.2.1	Scenario	2
0.2.2	Obiettivi	3
0.2.3	Definizioni	3
0.2.4	Fasi	3
0.2.5	Prodotti della ricerca	4
<b>1</b>	<b>PRIMA PARTE – STRUMENTI E TECNOLOGIE</b>	<b>5</b>
1.1	Tecnologie	5
1.1.1	Sistemi di Posizionamento Globale	5
1.1.2	Wireless Sensor Network (WSN)	12
1.1.3	Microsensori	15
1.2	Dati (formati e standard)	20
1.3	Risorse Hardware (I micro-dispositivi)	24
1.3.1	Datalogger GPS	24
1.3.2	Smart-phone, PDA	24
1.3.3	Macchine fotografiche e telecamere con GPS integrato	25
1.3.4	Strumenti di rilievo multifunzione	27
1.3.5	Micro-UAV	27
1.3.6	Minisensore ambientale "SensPod"	29
1.3.7	Altri dispositivi di posizionamento e geotagging	31
1.4	Risorse Software	32
1.4.1	Geotagging desktop	32
1.4.2	Piattaforma Mobile	35
1.4.3	Software per il controllo micro-UAV	37
1.5	Integrazione Hardware-Software-Tecnologia	38
1.5.1	Internet delle Cose	38
1.5.2	OPENSPIME	39
1.5.3	COPENAGHEN WHEEL	40
1.5.4	LA MONTRE VERTE	41
<b>2</b>	<b>SECONDA PARTE – APPLICAZIONI</b>	<b>43</b>
2.1	Rischi Ambientali	43
2.2	Energia	44
2.2.1	Progetto Poseidon UAV	44
2.2.2	Social Energy Meter	45
2.2.3	Google Power Meter	45
2.3	Rischio Incendi Boschivi, Rischio Idrogeologico	46
2.3.1	Minteos FireLess/NaturAlert	46
2.3.2	Rete di monitoraggio - Protezione civile FVG	47
2.4	Infomobility	48
2.4.1	Movendo	48
2.4.2	TOM TOM HD traffic	49
<b>3</b>	<b>TERZA PARTE – LABS</b>	<b>50</b>
3.1	Wireless Sensor Network e Micro-Sensori per la gestione dell'illuminazione stradale	50
3.2	Senspod - microdispositivo per il monitoraggio ambientale	53
3.2.1	Rilievo parametri ambientali Feltre	53
3.2.2	Test in laboratorio	55
3.3	Datalogger gps	57
3.4	Piattaforma di rilievo aereo Micro-UAV	60
3.4.1	Test 1: Verifica del volo	60
3.4.2	Test 2: Registrazione della traccia di volo	64
3.4.3	Test 3: Volo automatico	67
3.4.4	Test 4: Scatti e impostazioni della fotocamera	70
3.4.5	Test 5: Test di rilievo di area estesa	73
3.4.6	Test 6: Stereo coppia	76
3.4.7	Sensoristica dedicata	77

3.4.8	Rapid Mapping – georeferenziazione automatica.....	84
3.4.9	Micro-UAV per le applicazioni di Protezione Civile – l’attività al Terex 2010. ..	86
<b>4</b>	<b>RICERCA APPLICATA .....</b>	<b>95</b>
4.1	Piattaforma aerea leggera per il monitoraggio territorio/ambiente a bassa quota e a basso costo. ....	95
4.2	Reti di monitoraggio diffuso - Smartbox .....	95
<b>5</b>	<b>RICADUTE SULLA DIDATTICA .....</b>	<b>98</b>
5.1	Seminari.....	98
5.2	Lezioni.....	99
5.3	AREA 51 – Feltre “Attività didattica all’interno del Laboratorio Tecnologico Laurea Magistrale” .....	99
<b>6</b>	<b>PARTECIPAZIONE A CONVEGNI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>103</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA E MONITORAGGIO DELL’INNOVAZIONE .....</b>	<b>107</b>
	Bibliografia .....	107
	Sitografia .....	109

### **Niccolò Iandelli**

Laureato in Scienze Geologiche presso l'Università degli Studi di Firenze nel 2005, esperto in Sistemi informativi territoriali e Telerilevamento (Master Universitario di Secondo Livello IAUV). Professionalmente opera nel campo dei SIT, della Geomatica e in generale nell'ICT applicate all'ambiente, al territorio e alla geologia, collaborando con diversi studi professionali. Dal 2006 al 2008 ha collaborato con l'Università degli Studi di Firenze nel campo del telerilevamento e dell'erosione costiera. Dal 2006 al 2007 ha ottenuto una borsa di studio post-laurea per attività di ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze sul “Monitoraggio della linea di riva del litorale toscano”. L'attività di ricerca, iniziata nel periodo post-laurea, è sfociata in pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali e ha portato alla partecipazione a progetti internazionali quali il progetto europeo Beachmed-e e il progetto europeo Archeomed. La sua attività di ricerca si concentra sull'approfondimento delle procedure di gestione di immagini telerilevate, sulla gestione e interpretazione di dati LiDAR, Multibeam, single beam e dei sensori remoti. In particolare viene approfondita la conoscenza di strumenti GPS. Docente e organizzatore di corsi su Gis Open Source, ha tenuto lezioni e presentazioni in diversi convegni nazionali. Attualmente è iscritto alla Scuola di Dottorato IUAV Nuove Tecnologie e Informazione Territorio Ambiente.

## 0 INTRODUZIONE

Questo documento rappresenta il lavoro di sintesi dell'attività di ricerca svolta durante l'anno e mezzo di attività dell'assegno di ricerca intitolato: "Microdispositivi per l'informazione territorio-ambiente".

### 0.1 Struttura del rapporto

Nel presente rapporto vengono descritti gli obiettivi, le aree di lavoro, le fasi, i risultati attesi e quelli raggiunti, in fine viene anche presentato un capitolo di attività di ricerca applicata dove vengono descritte le esperienze realizzate come frutto dell'attività di ricerca.

Il presente rapporto è strutturato secondo lo schema seguente:

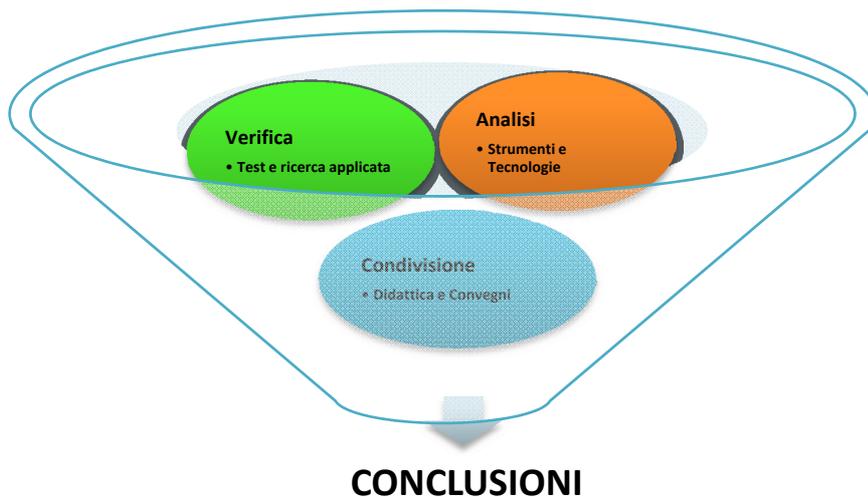
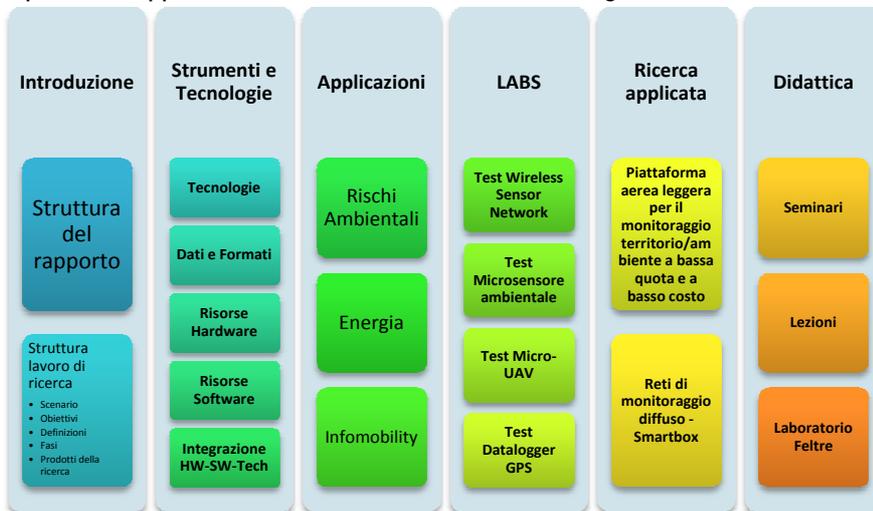


Figura 1- Schema del rapporto

All'interno del rapporto sono presenti alcuni contenuti estesi, tali contenuti sono link a pagine web visualizzabili tramite l'impiego della tecnologia QRcode.

Ogni QR code presente all'interno del documento rimanda ad una pagina o a un contenuto web specifico. I QR code sono letti da appositi software installati su smartphone. Il software per il proprio smartphone si può trovare online digitando su un motore di ricerca le seguenti keywords: QR code reader.



## **0.2 Struttura del lavoro di ricerca**

### **0.2.1 Scenario**

L'Information Communication Technology (ICT) è un settore ormai da anni in costante e forte sviluppo nell'ambito del quale la sensoristica a bordo di varie piattaforme (satelliti, aeromobili, veicoli terrestri e marini, reti di centraline) per il monitoraggio del territorio assume un peso di grande rilievo (Di Prinzio, 2008). Una delle tendenze più innovative nell'ambito dei Sistemi Informativi Territoriali è quella relativa alla geo-localizzazione di contenuti: testi, fotografie, persone di una community, utenti e blog. Questa possibilità di geo-localizzazione è derivata anche dall'ampia diffusione di micro-dispositivi di facile utilizzo che permettono di associare all'informazione stessa una componente "spaziale". I molteplici dispositivi di posizionamento oggi disponibili si basano su diverse tecnologie sviluppate per vari scopi e utilizzi. Il notevole recente aumento di utenti di informazione geo-localizzata è dovuto alla semplificazione della tecnologia e alla sua integrazione in strumenti di utilizzo comune come l'integrazione di ricevitori GPS all'interno di cellulari o la massiccia diffusione di navigatori portatili per auto. Ma i sensori in grado di fornire informazione legata alla loro posizione non si basano solo sulla tecnologia satellitare, esistono infatti sistemi di posizionamento basati sulla triangolazione di celle telefoniche (Progetto Skyhookwireless), posizionamento attraverso IP (Faa-Jeng Lin, 1997), sensori RFID (Philipose et al., 2003).

I grandi passi fatti dalla tecnologia in termini di precisione e affidabilità nella misura di posizionamento e di semplificazione nell'impiego di questi dispositivi aprono nuovi scenari di ricerca legati agli utilizzi e alle applicazioni in cui questi micro-dispositivi possono contribuire. Un territorio e un ambiente che forniscono valori in tempo reale su determinate incognite utili per l'analisi e la prevenzione di processi in atto o in divenire non sembra solo un'ipotesi, ma con l'utilizzo di sensori, centraline, sistemi di posizionamento a distanza potrebbe essere una prossima realtà. La problematica da affrontare è legata a quale possa essere il contributo che questi dispositivi possano dare per migliorare il quadro delle conoscenze sui fenomeni e sui trends territoriali e ambientali, in particolare riferite a temi dell'ambiente, del rischio idrogeologico, della mobilità, dei cambiamenti dell'uso del suolo e della pianificazione territoriale.

### 0.2.2 Obiettivi

La ricerca si pone l'obiettivo di realizzare una base di conoscenza sui dispositivi, i sensori, i software e le piattaforme caratterizzate dalle piccole dimensioni e analizzare le potenzialità di utilizzo in diverse tematiche quali: Rischio naturale, Ambiente, Mobilità, Uso del suolo.

#### Obiettivi

Creare una **base di conoscenza** su:

dispositivi, sensori, software e piattaforme disponibili di piccole "dimensioni" e analizzarne le potenzialità di utilizzo nelle diverse tematiche



### 0.2.3 Definizioni

Prima di sviluppare la ricerca è necessario dare alcune definizioni:

**Microdispositivi:** Il prefisso "micro", dal greco *mikròs*, indica "piccolezza", mentre "dispositivo" è un meccanismo atto a compiere un dato lavoro. L'unione dei due termini identifica quindi degli oggetti di piccole dimensioni fisiche che compiono un lavoro. In questo caso il lavoro è applicato nell'ambito della creazione di dati relativi al territorio e all'ambiente.

**Informazione Territorio Ambiente:** il Codice dell'Amministrazione Digitale all'articolo 59 definisce dato territoriale "qualunque informazione geograficamente localizzata ed all'articolo 60 introduce la nozione di base di dati di interesse nazionale, definendola come "l'insieme delle informazioni raccolte e gestite digitalmente dalle pubbliche amministrazioni, omogenee per tipologia e contenuto e la cui conoscenza è utilizzabile dalle pubbliche amministrazioni per l'esercizio delle proprie funzioni e nel rispetto delle competenza e delle normative vigenti" (Sau, 2007).

#### Definizioni

### 0.2.4 Fasi

La ricerca è essenzialmente strutturata in quattro fasi: la prima incentrata sulla creazione di un quadro di riferimento e quindi sulla mappa delle risorse disponibili sia dal punto di vista bibliografico che sitografico, per poter realizzare un background di conoscenze utili per lo sviluppo successivo del lavoro di



ricerca. Sempre in questa prima fase viene realizzata una catalogazione delle maggiori risorse software e hardware esistenti.

La seconda fase prevede l'analisi delle potenzialità di utilizzo dei dispositivi sia in aree tematiche di applicazione che in aree tecnico-metodologiche.

Contemporaneamente a questa fase viene svolta anche la terza fase caratterizzata da diversi test/casi studio utili per identificare le potenzialità e i limiti di impiego di alcuni dispositivi relativamente agli utilizzi o alle caratteristiche intrinseche dell'oggetto.

La fase conclusiva, la quarta, prevede un'analisi critica dei risultati ottenuti con un'ottica relativa ai campi di utilizzo.

L'attività di ricerca ha visto una suddivisione con cadenza trimestrale tra le diverse fasi, come mostrato in tabella 1:

Fase	Trimestre			
	Primo	Secondo	Terzo	Quarto
Mappa delle risorse	■	■	■	■
Analisi delle potenzialità	■	■	■	■
Test e casi studio	■	■	■	■
Analisi critica dei risultati	■	■	■	■

Tabella 1 - Crono programma della ricerca

Il crono-programma evidenzia sinteticamente la distribuzione in termini temporali delle diverse fasi, la loro contemporaneità e lo stato di avanzamento.

La ricerca, oltre al presente testo, ha prodotto e stimolato ulteriori nuovi canali e filoni di studio. A seguito dei test e delle indagini svolte si sono sviluppati nuovi progetti di ricerca anche di tipo applicato sul tema "microdispositivi".

La base di conoscenza realizzata durante questo assegno di ricerca, infatti, è definibile come un processo di indagine ed aggiornamento senza soluzione di continuità visto il carattere fortemente innovativo delle tematiche trattate.

Per questo motivo dalla durata iniziale di un anno l'attività di ricerca si è prolungata con un semestre di rinnovo durante il quale sono state portate a termine alcune attività di ricerca applicata ed effettuati alcuni importanti test.

### 0.2.5 Prodotti della ricerca

I risultati attesi comprendono un Database dei microsensori, delle piattaforme e dei micro-dispositivi ad oggi disponibili; un'analisi delle risorse software per la gestione dei dati e dei dispositivi; la stesura di un quadro di riferimento teorico sulle procedure di integrazione dei dati rilevati all'interno di quadri di conoscenza condivisi; l'organizzazione e la realizzazione di seminari, presentazioni e workshop per divulgare lo stato della conoscenza; e infine una serie di test sul campo con diversi strumenti e dispositivi per evidenziarne potenzialità e criticità.

### Prodotti della ricerca

## 1 PRIMA PARTE – STRUMENTI E TECNOLOGIE

In questa prima parte viene introdotta la teoria relativa alle tecnologie che vengono utilizzate nei dispositivi che sono stati individuati durante la ricerca.

### 1.1 Tecnologie

I sensori e i micro dispositivi che verranno trattati in seguito si basano su diverse tecnologie, delle quali è importante richiamare e descrivere alcuni concetti e teorie di base. In particolare le tecnologie sono:

- GPS (Global Position System)
- Micro-Sensori
- Wireless Sensor Network
- Strumenti Multifunzione
- Micro-UAV

#### 1.1.1 Sistemi di Posizionamento Globale

GPS è l'acronimo di *Global Positioning System*, i sistemi di posizionamento globali hanno come scopo quello di determinare la posizione di una qualsiasi punto della superficie terrestre fornendo delle coordinate. Per fare questo il sistema si basa sul calcolo della distanza che intercorre tra l'antenna ricevente e un certo numero di satelliti. Per calcolare questa distanza utilizza il tempo di percorrenza di un messaggio radio, che viene emesso da una costellazione di satelliti e captato dal ricevitore.

Tre sono i sistemi di posizionamento globale che attualmente sono attivi:

1. NAVSTAR GPS (USA)
2. GLONASS (Russo)
3. GALILEO (EUROPA)

Il sistema NAVSTAR (acronimo di *Navigation Signal Timing And Rangig*) è il sistema attualmente più diffuso. Di proprietà americana, il sistema è frutto di un progetto del 1973, inizialmente solo militare viene aperto all'uso civile solo dai primi anni '80 se pur con un errore di posizionamento introdotto dal gestore e tolto definitivamente nel 2000.

Il sistema è suddiviso in 3 moduli o segmenti:

- Il segmento spaziale
- Il segmento di controllo
- Il segmento di utilizzo

Il segmento spaziale è composto da una costellazione di 24 satelliti operativi e 4 di riserva divisi su 6 piani orbitali con orbita di 26.560 Km e un periodo pari a 11h e 56 minuti. Ogni satellite è dotato di 4 orologi atomici con precisioni di  $10^{-12}$  secondi. L'orbita è alta per motivi di sicurezza, per la copertura e per garantire una visibilità contemporanea di almeno 4 satelliti con una elevazione superiore a  $15^\circ$  sull'orizzonte, così da fornire una migliore precisione.

Il sistema GPS

Il segmento di controllo (o di terra) è composto da cinque stazioni a terra in posizione pressoché equatoriale. Il sistema è mantenuto efficiente dal ministero della difesa americano e la stazione principale è quella di Colorado Springs.

Le funzioni del segmento di controllo sono di tracciamento e analisi delle traiettorie dei satelliti (effemeridi), verifica degli orologi di bordo, correzione orbitale, ricezione e trasmissione delle informazioni.

L'ultimo segmento è quello di utilizzo che è rappresentato dall'utenza munita di opportuni ricevitori che elaborano il segnale radio.

I diversi sistemi si differenziano oltre che per la configurazione della costellazione anche per il segnale radio trasmesso, di seguito viene riportata la composizione del segnale GPS NAVSTAR.

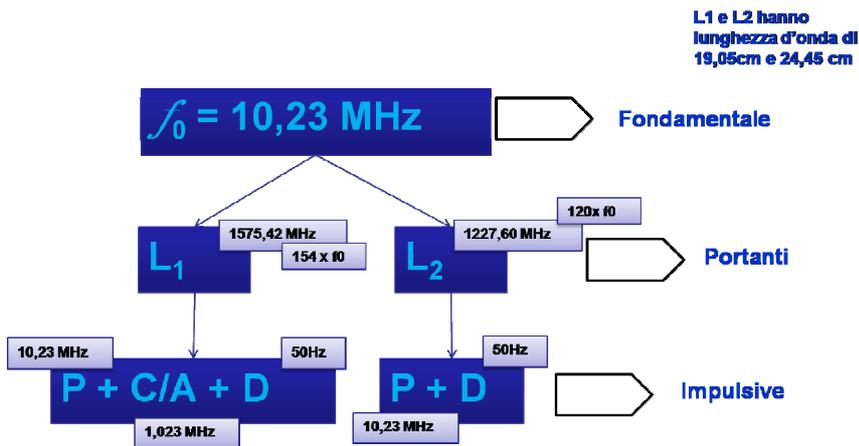


Figura 2 - Dettaglio del segnale radio GPS

Le misure GPS sono di codice e di fase, in entrambe le metodologie si misura la differenza di tempo per derivare la differenza di spazio. La distanza che separa il ricevitore dalla costellazione di satelliti è infatti il prodotto del tempo di percorrenza per la velocità di propagazione della luce ne vuoto, secondo la formula:

Una volta determinata la differenza di tempo quindi è possibile calcolare lo spazio. Le misure si basano sulla seguente procedura:

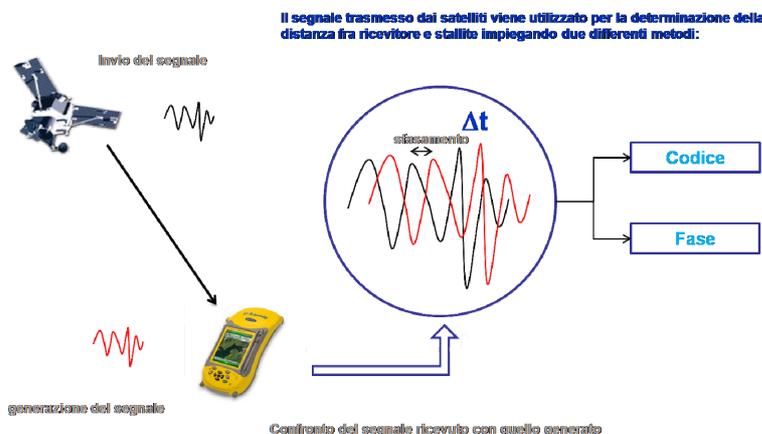


Figura 3 - Misure di codice e di fase

Le coordinate fornite dal GPS sono quelle relative al centro di fase dell'antenna.

Tipo di errore	Cause	Correzione
<i>Decremento della precisione geometrica</i>	Cattiva configurazione della costellazione al momento delle osservazioni	Esecuzione delle osservazioni nel periodo in cui la configurazione dei satelliti è migliore
<i>Errore delle effemeridi</i>	Variazione della posizione teorica dei satelliti lungo la loro orbita	Utilizzazione di procedure differenziali
<i>Sfasamento orologi satelliti</i>	Errore nella misura del tempo da parte dell'orologio a bordo del satellite	Utilizzazione di procedure differenziali
<i>Ritardo ionosferico</i>	Rallentamento della velocità del segnale dovuto all'attraversamento della ionosfera	Utilizzazione di procedure differenziali
<i>Ritardo troposferico</i>	Rallentamento della velocità del segnale dovuto all'attraversamento della troposfera	Utilizzazione di procedure differenziali
<i>Selective Availability</i>	Errori introdotti artificialmente per ragioni di sicurezza	Utilizzazione di procedure differenziali (eliminati nel maggio del 2000)
<i>Multipath</i>	Riflessione di parte del segnale da parte di ostruzioni od altri ostacoli. Il segnale arriva all'antenna in ritardo rispetto alla parte del segnale che arriva diretto provocando disturbi di ricezione	Viene ridotto prolungando il tempo delle osservazioni (errore importante nei cinematici)

Tabella 2 - Errori

## Errori GPS

La precisione complessiva dipende dalla configurazione geometrica dei satelliti la DOP (Dilution Of Precision) rappresenta un indice al contributo della geometria nella diluizione della precisione, la DOP può essere stimata per tutte e tre le componenti.

PDOP	HDOP	VDOP	TDOP
<i>Position Dilution Of Precision</i>	<i>Horizontal Dilution Of Precision</i>	<i>Vertical Dilution Of Precision</i>	<i>Time Dilution Of Precision</i>
Decremento della precisione nella determinazione di posizione (X,Y,Z)	Decremento della precisione nella determinazione planimetrica (X,Y)	Decremento della precisione nella determinazione altimetrica (Z)	Decremento della precisione nella determinazione del tempo (T)
Importante: il valore del PDOP dovrebbe sempre risultare minore di 5, valori maggiori di 7 non sono accettabili.			

Tabella 3 - DOP, Dilution of Precision

Il sistema GPS utilizza il sistema di riferimento WGS84, tutte le posizioni dei satelliti lungo le loro orbite e tutte le posizioni dei punti determinati sulla superficie terrestre, sono individuate dalle tre coordinate cartesiane ortogonali (XYZ), riferite all'origine del sistema.

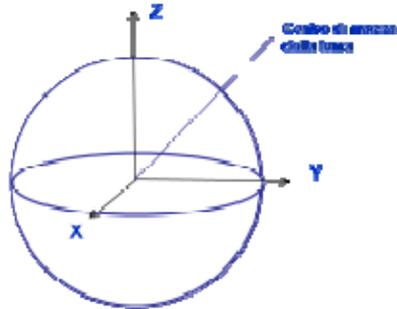


Figura 4 - Sistema di riferimento WGS84

Importante è anche prestare attenzione alle quote misurate dal sistema GPS: Quote GPS e quote ortometriche non sono riferite alla stessa superficie "0", le prime sono riferite alla superficie dell'ellissoide WGS84, le seconde al livello medio mare.



Figura 5 - Schema della variazione tra quota del geoide e dell'ellissoide

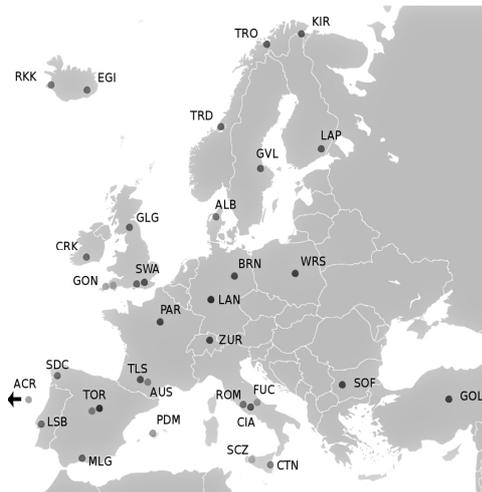
Caratteristiche	GPS	GLONASS	GALILEO
Frequenze portanti	L1 - 1575,42 MHz L2 - 1227 MHz	L1 - 1602 + k x 0,5625 L2 - 1246 + k x 0,4375	E1 1575,42 MHz E6 1278,75 MHz
Errori strategici (S/A)	Si (eliminati)	No	No
N° Satelliti	24	24	30
N° piani orbitali	6	3	3
N° sat per orbita	4	8	10
Inclinazione dell'orbita	55°	64,8°	56°

<i>Raggio orbitale</i>	26.560 Km	25.510 Km	23.616 Km
<i>Periodo orbitale</i>	11h 58m	11h 15m	14h 22 m
<i>Riferimento geodetico</i>	WGS84	PZ90	WGS84

*Tabella 4 - Confronto tra i diversi sistemi di posizionamento globale*

Le sigle WAAS, EGNOS, MSAS e A-GPS indicano dei sistemi di correzione che permettono di aumentare la precisione nel posizionamento. In particolare le prime tre si riferiscono ad un sistema satellitare, l'ultima invece si riferisce ad un sistema terrestre che utilizza altre fonti per migliorare il posizionamento. Acronimi rispettivamente di Wide Area Augmentation System, European Geostationary Navigation Overlay Service e Multi-functional Satellite Augmentation System, rappresentano un sistema di correzione differenziale composto da satelliti geostazionari e da una rete di stazioni GPS a terra. Le stazioni a terra ricevono i normali segnali dalla costellazione GPS, elaborano l'errore e trasmettono i parametri di correzione ai satelliti geostazionari, questi li inviano ai ricevitori sulla frequenza di trasmissione L1.

**EGNOS**



*Figura 6 - Stazioni di Terra EGNOS*

In questo modo è possibile ottenere precisioni di posizionamento che si avvicinano ai 2 metri, a seconda della qualità della configurazione dei satelliti nel momento della misura. I tre sistemi si differenziano solo per le aree di copertura, il sistema WAAS è attivo nel continente americano, il sistema EGNOS in Europa e il sistema MSAS in estremo oriente.

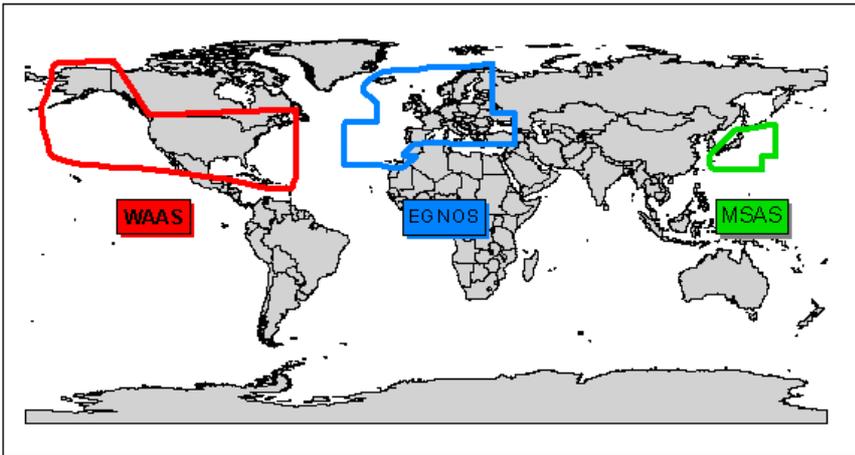


Figura 7 - Copertura dei sistemi di correzione WAAS, EGNOS, MSAS

Gli ID dei satelliti WAAS/EGNOS sono quelli da 33 a 51, il sistema EGNOS in particolare trasmette il satellite AOR-E con ID 33 ed il satellite IOR con ID 44. A-GPS è acronimo di Assisted GPS è una tecnologia che serve per abbattere i tempi di fix (posizionamento), il sistema si basa sull'integrazione tra le informazioni gps e quelle derivate dalle celle della telefonia mobile. Ogni cella del sistema di telefonia mobile ha una posizione fissa ed è quindi possibile conoscere gli ID dei satelliti visibili in corrispondenza della cella a cui lo smartphone è connesso, in questo modo il terminale dotato di A-GPS tramite la rete di telefonia fa una richiesta ad un server (*Assisted Server*) il quale conoscendo la cella di telefonia a cui è connesso l'utente, fornisce i parametri di posizione. Questa tecnologia è particolarmente utile nei casi di "*canyon urbano*" dove l'orizzonte è molto ristretto a causa della presenza di palazzi molto alti o in strade molto strette (Venezia).

A-GPS

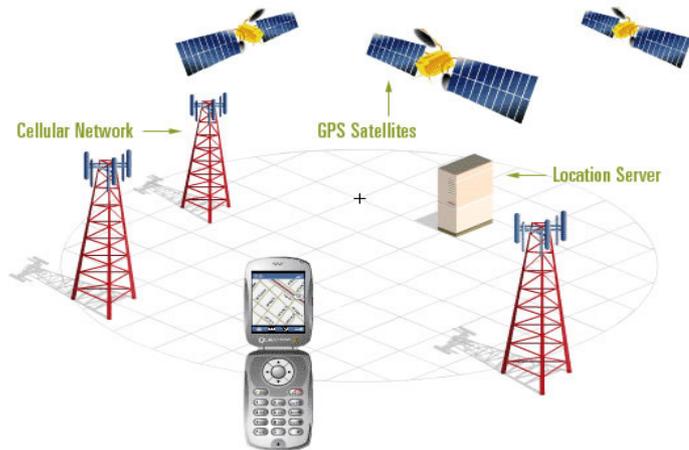


Figura8 - Schema A-GPS

Il numero di canali relativo alle antenne GPS identifica il numero di "porte" che un ricevitore ha a disposizione e può assegnare ai diversi satelliti, attraverso queste porte il segnale radio proveniente da uno dei satelliti della costellazione GPS arriva al processore che lo può decodificare.

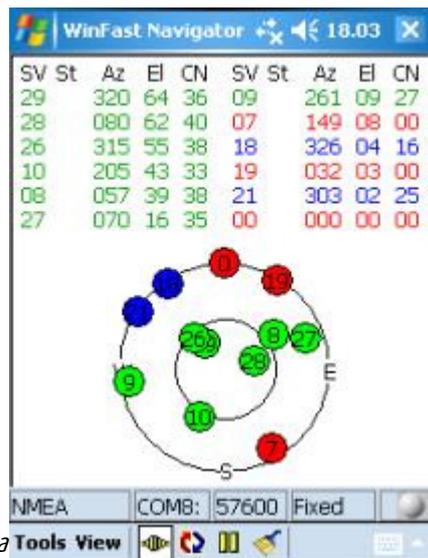


Figura 1.1: Vista dell'antenna GPS in oggetto e a 12 canali come si vede dal numero di satelliti "visti" dall'antenna, il numero interno al cerchio si riferisce all'ID del satellite

Ogni canale quindi è dedicato alla connessione tra l'antenna GPS e il satellite che in quel momento è visibile sull'orizzonte, il canale quindi risulterà occupato da quel determinato satellite fino a che non uscirà dalla visibilità dell'antenna e lascerà il canale libero ad un altro satellite visibile. La costellazione GPS è composta da 24 satelliti orbitanti su 6 piani orbitali, quindi in un ricevitore sarebbero necessari "solo" 24 canali, ma una maggior quantità permette la ricezione dai satelliti geostazionari (WAAS, EGNOS, MSAS) per migliorare il posizionamento e una maggiore velocità di fix (in particolare di cold start come vedremo più avanti). Nelle schede tecniche dei dispositivi è presente un valore, spesso definito di "sensibilità", del tipo: -157dBm. Questo numero si riferisce al valore di attenuazione ovvero alla "perdita di segnale" causata dall'assorbimento interno. I valori sono negativi e sono espressi in decibel milliwatt dBm (abbreviata dBm). La scala è logaritmica, quindi per confrontare due valori è necessario convertirli in Watt, l'operazione può essere effettuata online all'indirizzo <http://www.radiomar.net/convDBW.htm>.

### Tempo di acquisizione

Un dato importante è rappresentato dal tempo di fix che si identifica con tempo che il ricevitore impiega a fornire il primo posizionamento; i valori forniti sono 3 (C/H/R) espressi in secondi e sono relativi a:

- Acquisizione a freddo (Cold) - dopo 7 ore di inattività dell'antenna
- Acquisizione a caldo (Hot) - breve periodo (1h)
- Ri-acquisizione (R) - tempo che intercorre in caso di temporanea perdita di segnale.

Questi tempi dipendono anche dal numero di canali di cui è dotato il ricevitore.

### 1.1.2 Wireless Sensor Network (WSN)

Un insieme di sensori distribuiti nello spazio e nell'ambiente costituiscono una rete con lo scopo di rilevare delle grandezze, una *Wireless Sensor Network* (WSN) consiste di una "stazione base" connessa ad altre reti (gateway) e da un numero definito di nodi sensori.

WSN

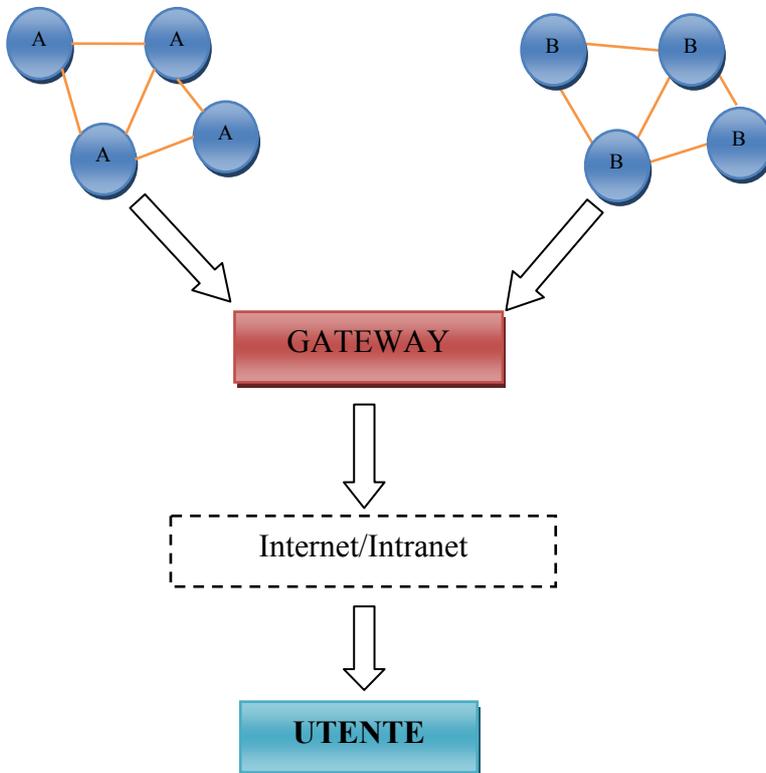
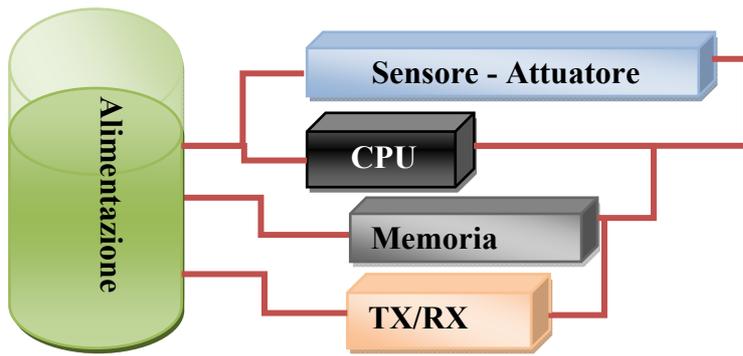


Figura 10 - Le reti

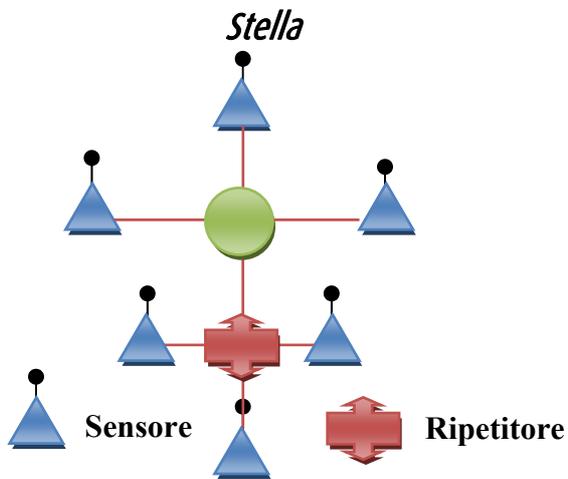
Le WSN hanno diversi campi di applicazione, industriale, militare, monitoraggio ambientale, salute. Ogni nodo sensore è autonomo ed è alimentato a batteria, inoltre deve poter effettuare operazioni di routing ( inoltrare traffico dati che ricevono da altri nodi) o generare un flusso dati di provenienza dal sensore installato. La topologia della rete è continuamente in evoluzione, se un nodo non trasmette un dato o si rende non attivo, la rete è mantenuta attiva dal cambiamento della topologia.

Le WSN sono scalabili, la rete deve essere in grado di lavorare con un numero di nodi elevato e l'inserimento di nuovi nodi è facile e dinamico.

Ogni nodo sensore è strutturato come segue:

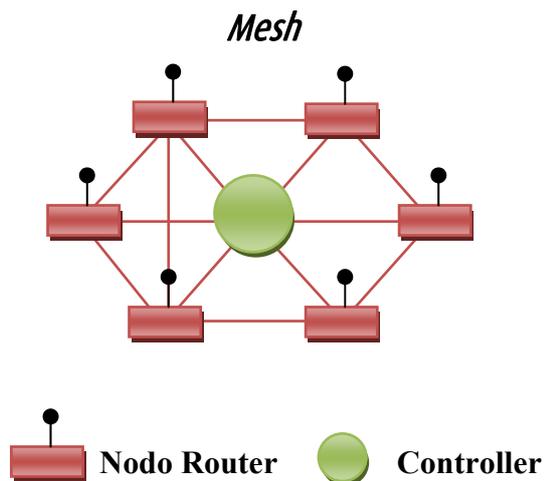


Le strutture topologiche realizzabili nelle WSN sono di tre tipi:

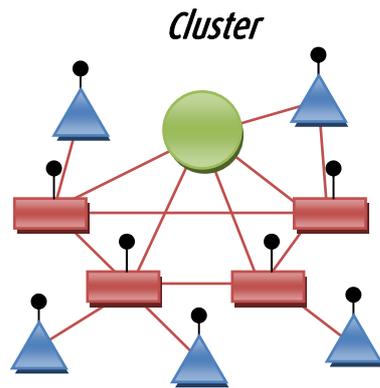


Topologia di rete

Struttura semplice con bassi consumi, in caso di rottura di un nodo le rete continua funzionare.



Struttura con copertura elevata e consumi altrettanto elevati, molto complessa.



Sistema misto, mesh/stella è la soluzione migliore per l'ottimizzazione della rete.

La trasmissione avviene con diversi standard supportati da soluzioni wireless commerciali, attualmente i più diffusi sono:

- WiFi - IEEE 802.11
- ZigBee - IEEE 802.15.4



### 1.1.3 Microsensori

Strettamente legata alle WSN è la sottocategoria dei Micro-sensori, sensori di piccole dimensioni in grado di misurare diverse grandezze basati sulla tecnologia MEMS (Micro- Electro-Mechanical Systems). I MEMS sono composti da diversi strumenti integrati (meccanici, elettrici ed elettronici), strumenti evoluti di dimensioni ridottissime. L'impiego dei MEMS permette di creare una struttura complessa con sensori dedicati che interagiscono con chip di silicio, i fenomeni misurabili sono meccanici, termici, ottici e magnetici. Il sistema quindi è in grado di subire variazioni dall'ambiente traducendo di fatto le grandezze fisiche misurate in impulsi elettrici.

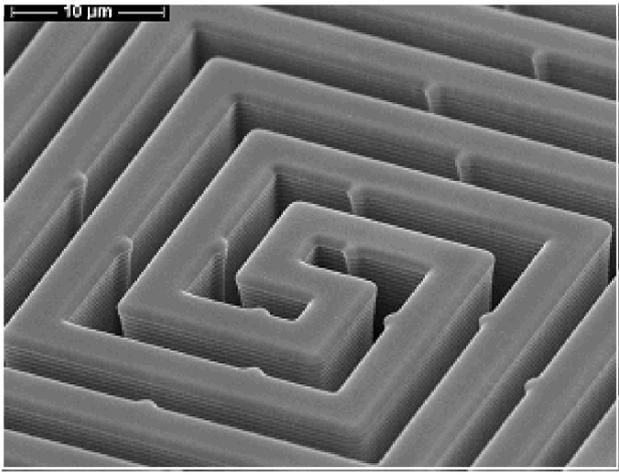


Figura 11 - Inclinometro MEMS, da notare la scala (da memx.com)

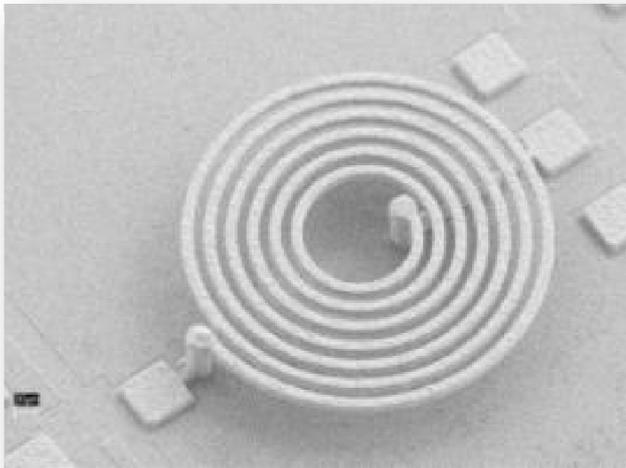


Figura 12 - Sensori di vibrazione

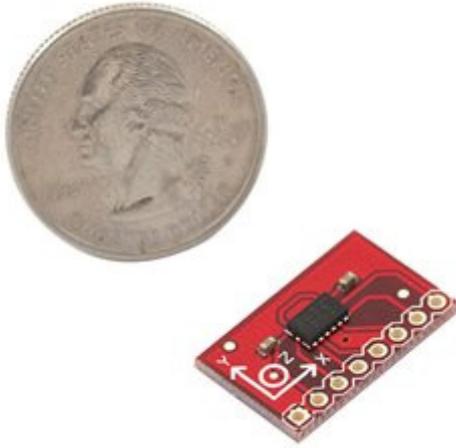
Attualmente le grandezze fisiche misurabili sono: Suono, Accelerazione, Pressione, Temperatura, Ph, Umidità, CO<sub>2</sub>, Intensità di flusso magnetico. Queste grandezze possono essere misurate attraverso:

Microsensori MEMS

### *Accelerometro triassiale*

Il principio di funzionamento si basa sulla misura dell'inerzia di una massa sottoposta ad una accelerazione. La massa è sospesa ad un elemento elastico e un sensore rileva lo spostamento rispetto alla struttura fissa del dispositivo.

**Accelerometro**



*Figura 13 - Accelerometro triassiale*

In presenza di un'accelerazione, la massa (che è dotata di una propria inerzia) si sposta dalla propria posizione di riposo in modo proporzionale all'accelerazione rilevata. Il sensore trasforma questo spostamento in un segnale elettrico.

### *Sensore ad ultrasuoni*

Il sensore ad ultrasuoni si basa sul principio di funzionamento dell'ecoscandaglio ultra-acustico. Il sensore emette un fascio impulsivo di ultrasuoni che si espandono a partire dalla membrana di emissione.

**Sonar**



*Figura 14 - Sensore ad ultrasuoni*

Il fascio si espande in forma conica con un angolo che dipende dalla geometria del sensore. La eco riflessa dal bersaglio ritorna al trasduttore. La distanza tra il bersaglio ed il sensore viene ricavata dall'intervallo di tempo tra la trasmissione del fascio e la ricezione dell'eco. Il sensore converte l'intervallo di tempo in un segnale digitale che è utilizzato internamente per calcolare la distanza dell'oggetto da rilevare. I principali parametri che influenzano la riflessione sono:

- tipo di superficie del bersaglio (fonoassorbenza)

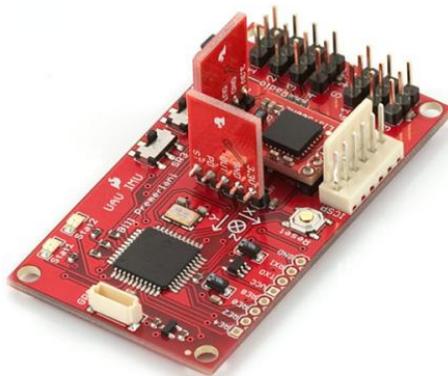
- distanza del bersaglio (attenuazione del segnale)
- angolo di incidenza del fascio ultrasonico sul bersaglio
- dimensioni del bersaglio (energia riflessa)



*Figura 15 -Sonar*

#### *Stazione inerziale* (IMU- Inertial Measurement Unit)

Un sistema di riferimento inerziale è un sistema basato su un accelerometro a tre assi e tre giroscopi .



*Figura 16 - Stazione inerziale IMU*

**IMU - Stazioni inerziali**

La matrice che si viene a creare permette di ricostruire l'orientamento assoluto dell'oggetto a cui è collegata.

### *Sensore di gas*

Esistono in commercio da pochi anni molti sensori di concentrazione di diversi gas disciolti in aria basati su diverse tecnologie: MOS Metal-Oxide Semiconductors, sensori catalitici a conducibilità termica, sensori a infrarossi, sensori semiconduttori di ossido di metallo ed elettrochimici.



*Figura 17 - Sensori di GAS*

Tra i gas rilevati si segnalano gli ossidi di Carbonio (COx), gli ossidi di Azoto (NOx), l'ozono (O<sub>3</sub>).

I sensori modificano il loro valore di voltaggio base relativamente alle contrazioni di gas rilevate. I sensori possono essere impiegati per il rilevamento chimico in diversi settori ed applicazioni, dal rilevamento dell'ozono nell'ambiente ai filtri per l'aria in ambito domestico, rilevamento incendi, strumentazioni portatili per il rilevamento dell'inquinamento e sensori per il rilevamento della qualità dell'aria per l'industria automobilistica.

### *Microbilance al quarzo*

Le microbilance al quarzo sfruttano la proprietà naturale dei cristalli del minerale del quarzo. Le bilance sfruttano l'effetto piezoelettrico del minerale, ovvero la caratteristica fisica per cui il cristallo, soggetto ad un campo elettrico, si deforma secondo leggi ben precise. I cristalli di quarzo piezoelettrici sono indotti a vibrare ad una frequenza propria caratteristica, detta frequenza di risonanza. La deposizione di piccole quantità di massa sull'area sensibile del cristallo induce una variazione della sua frequenza di risonanza. Dalla misura di tale variazione è possibile determinare, con grande accuratezza, la quantità di massa depositata. La sensibilità che si ottiene con tali sensori è tale che con essi sono possibili misure di massa inferiori al nanogrammo.



*Figura 18 - Cristalli di Quarzo per microbilance*

**Sensori di gas**

**Micro bilance**

AE-PMQCM è il prototipo avanzato di sistema basato sulle microbilance AE-QCM, sviluppato da Novaetech, per le attività di monitoraggio ambientale. Il prototipo è uno strumento innovativo di misura della concentrazione di polveri sottili PM in atmosfera.



Figura 19 - Microbilancia Novaetech

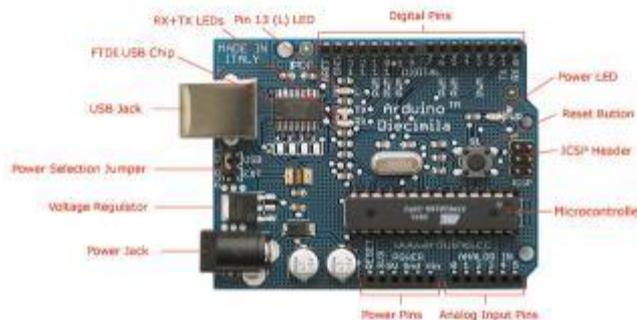
Specifiche	
Dimensione delle particelle	PM10 (PM2.5 usando una testa di selezione)
Efficienza nominale	50% @ 1 micron
Limite minimo	45 nanogrammi (0.16 ug/m3 per campionamenti di 1 ora)
Sorgente del flusso	Pompa interna
Flusso	4.68 l/min
Alimentazione	PC USB2.0
Dimensioni	9 x 12 x 3 cm
Peso	0,5 Kg
Manutenzione	Periodica pulizia della superficie sensibile Sostituzione della superficie sensibile

### Piattaforme Single Board Computer

I sensori precedentemente introdotti possono essere integrati e controllati da unità di controllo logico che sono dei veri e propri mini computer dotati di processore, connessioni in/out digitali e analogiche, varie schede di estensione. Di seguito vengono riportate due soluzioni più conosciute e utilizzate: Arduino e Phidgets.

#### Arduino ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Arduino è una piattaforma di prototipazione elettronica open-source basata su hardware e software flessibili e facili da usare. La scheda Arduino è in grado di interagire con l'ambiente in cui si trova ricevendo informazioni da una grande varietà di sensori, motori e altri attuatori. La scheda può essere costruita o acquistata già assemblata; il software può essere scaricato gratuitamente.



Single Board  
Computer

Figura 20 - Scheda "base" Arduino.

Phidgets ([www.phidgets.com](http://www.phidgets.com))



La soluzione SBC Phidgets rappresenta una soluzione commerciale a basso costo per la realizzazione di centraline multi sensore.

Il *Single Board Computer* ha una interfaccia facile da usare per la creazione e l'esecuzione di applicazioni personalizzate.

Figura 21 - SBC Phidgets

Questo consente al sistema Phidget di operare autonomamente, senza la necessità di una interfaccia grafica, è dotato di un sistema operativo basato su una distribuzione linux personalizzata e le applicazioni possono essere realizzate con API di C/C++, Java.

## 1.2 Dati (formati e standard)

### Formato GPX

Il formato GPX, acronimo di "GPS eXchange Format", è uno schema XML realizzato per il trasferimento di dati tra dispositivi GPS e applicazioni software. Attraverso il GPX si possono definire punti, tracce, rotte (Waypoint, Trackpoint, Route) oltre a questi tag è possibile inserire anche info estese o accessorie. Come il file XML anche il GPX è un composto da un insieme standard di regole sintattiche, il GPX contiene una serie di tag, attributi e testo secondo le seguenti regole sintattiche:

- tutti i tag e i loro attributi sono espressi in minuscolo
- è obbligatorio inserire il tag di chiusura (ad esempio, se usiamo <p> dobbiamo chiudere con </p>)
- i valori degli attributi devono essere specificati tra doppi apici o singoli apici (ad esempio, <table width="30%">)
- i tag vuoti seguono la cosiddetta sintassi minimizzata (per esempio, il tag <br> diventa <br/>)
- utilizzare l'attributo id al posto di name per identificare gli elementi di un documento.

Gli elementi all'interno del file sono organizzati in ordine gerarchico con un elemento principale e vari elementi "figli".

Esempio di file GPX è:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gpx
  version="1.0"
  creator="GPSBabel - http://www.gpsbabel.org"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
```

Formato GPX

```

xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/0"
xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/0
http://www.topografix.com/GPX/1/0/gpx.xsd">
<time>2010-01-16T17:33:34Z</time>
<bounds      minlat="44.117578333"      minlon="10.623636667"
maxlat="44.133656667" maxlon="10.643706667"/>
<wpt lat="44.133656667" lon="10.630023333">
  <time>2010-01-16T07:56:42Z</time>
  <name>WPT001</name>
  <cmt>WPT001</cmt>
  <desc>WPT001</desc>
</wpt>
<wpt lat="44.133656667" lon="10.630023333">
  <ele>1520.146362</ele>
  <time>2010-01-16T07:56:44Z</time>
  <name>WPT002</name>
  <cmt>WPT002</cmt>
  <desc>WPT002</desc>
  <fix>3d</fix>
</wpt>
</gpx>

```

#### Legenda:

**ROSSO:** La prima riga dichiara il tipo di documento e ne specifica versione e codifica.

**BLU:** Definizione dello schema che viene usato all'interno del documento di testo; in particolare dichiarazione della tipologia di file (GPX), del software di creazione (GPS BABEL) e dello standard che utilizza (W3.org e Topographix.com). Da notare l'apertura del tag (<gpx) e la chiusura (/gpx>).

**VERDE:** L'argomento interno, suddiviso in diversi tag tutti aperti e chiusi:

<time>...</time> - Data e ora di inizio scrittura del file

<bounds minlat="..." minlon="..." maxlat="..."

maxlon="...">/bounds> - Bounding box, area minima di inquadramento

<wpt - Apertura del tag che identifica un WAYPOINT

<time>.....</time> - Data e ora di scrittura del WAYPOINT

<name>.....</name> - Nome assegnato al WAYPOINT

<cmt>.....</cmt> - Commento esteso assegnato al punto

<desc>.....</desc> - Descrizione relativa al punto

<fix>...</fix> - Tipologia di fix (3d o 2d) fornisce informazioni sulla qualità del segnale

</wpt> - Chiusura del tag

Quindi un waypoint risulta essere definitivo:

```

<wpt lat="44.133656667" lon="10.630023333">
  <time>2010-01-16T07:56:42Z</time>
  <name>WPT001</name>
  <cmt>WPT001</cmt>
  <desc>WPT001</desc>
</wpt>

```

Oltre ai Waypoint ci possono essere i trackpoint (<trk....>/trk>), le route (<route...>/route>) o altri tag di "estensione" tipo:

<link href="link immagine"/> - link all'immagine - posizione sul disco fisso - formato JPG  
 O info estese implementate da software diversi.

<extensions> - Inizio blocco dati estesi  
 </extensions> - Chiusura dati estesi.

### Il formato NMEA

Il formato NMEA 0183 (prende il nome dall'ente che lo ha creato National Marine Electronics Association), è uno standard di comunicazione tra apparecchiature digitali di posizionamento, è un formato di comunicazione "non compresso di tipologia RAW" in quanto le frasi scambiate sono complete di diverse informazioni rendendo comunque il formato NMEA facilmente decodificabile da un software. Lo standard NMEA 0183 intero, in forma stampata, comprensivo degli addendum, può essere acquistato (per \$325) presso NMEA, non è uno standard libero. Un file NMEA 0183 è un file ASCII le cui frasi iniziano con il simbolo del dollaro (\$) e terminano con una sequenza (<CR><LF>).

### Formato NMEA

Tutti i messaggi iniziano con "GP" e sono completati da:

- AAM - Waypoint Arrival Alarm
- ALM - Almanac data
- APA - Auto Pilot A sentence
- APB - Auto Pilot B sentence
- BOD - Bearing Origin to Destination
- BWC - Bearing using Great Circle route
- DTM - Datum being used.
- GGA - Fix information
- GLL - Lat/Lon data
- GRS - GPS Range Residuals
- GSA - Overall Satellite data
- GST - GPS Pseudorange Noise Statistics
- GSV - Detailed Satellite data
- MSK - send control for a beacon receiver
- MSS - Beacon receiver status information.
- RMA - recommended Loran data
- RMB - recommended navigation data for gps
- RMC - recommended minimum data for gps
- RTE - route message
- TRF - Transit Fix Data
- STN - Multiple Data ID
- VBW - dual Ground / Water Speed
- VTG - Vector track an Speed over the Ground
- WCV - Waypoint closure velocity (Velocity Made Good)
- WPL - Waypoint Location information
- XTC - cross track error
- XTE - measured cross track error
- ZTG - Zulu (UTC) time and time to go (to destination)
- ZDA - Date and Time

Alcuni ricevitori GPS hanno caratteristiche speciali e comprendono anche questi messaggi:

- HCHDG - Compass output
- PSLIB - Remote Control for a DGPS receiver

Esempi delle sentenze più utili:

### Stringa GGA – informazioni sul fix

```
$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
```

Significato:

```
GGA      Global Positioning System Fix Data
123519   Fix taken at 12:35:19 UTC
4807.038,N  Latitudine 48 deg 07.038' N
01131.000,E Longitudine 11 deg 31.000' E
1        Qualità del Fix: 0 = non valido
          1 = GPS fix (SPS)
          2 = DGPS fix
          3 = PPS fix
          4 = Real Time Kinematic
          5 = Float RTK
          6 = estimated (dead reckoning) (2.3 feature)
          7 = Manual input mode
          8 = Simulation mode
08       Numero dei satelliti tracciati
0.9      Dilution of Precision(DOP)orizontale
545.4,M   Altitude, Meters, above mean sea level
46.9,M    Altezza del Geoide (livello medio      mare) above WGS84
          ellipsoid
(empty field) time in seconds since last DGPS update
(empty field) DGPS station ID number
*47      the checksum data, always begins with *
```

### Stringa GSA – informazioni sui satelliti

```
$GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39
```

Significato:

```
GSA      Stato dei satelliti
A        Auto selection of 2D or 3D fix (M = manual)
3        3D fix - values include: 1 = no fix
          2 = 2D fix
          3 = 3D fix
04,05... PRNs of satellites used for fix (space for 12)
2.5     PDOP (dilution of precision)
1.3     Horizontal dilution of precision (HDOP)
2.1     Vertical dilution of precision (VDOP)
*39     the checksum data, always begins with *
```

### Stringa GSV – informazioni sui satelliti in vista

```
$GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75
```

Significato:

```
GSV      Satellites in view
2        Number of sentences for full data
1        sentence 1 of 2
```

```

08      Number of satellites in view

01      Satellite PRN number
40      Elevation, degrees
083     Azimuth, degrees
46      SNR - higher is better
        for up to 4 satellites per sentence
*75     the checksum data, always begins with *

```

**Stringa RMC** – informazioni minime necessarie per il posizionamento

```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A
```

Significato:

```

RMC      Recommended Minimum sentence C
123519   Fix taken at 12:35:19 UTC
A        Status A=active or V=Void.
4807.038,N Latitude 48 deg 07.038' N
01131.000,E Longitude 11 deg 31.000' E
022.4    Speed over the ground in knots
084.4    Track angle in degrees True
230394   Date - 23rd of March 1994
003.1,W  Magnetic Variation
*6A      The checksum data, always begins with *

```

### KML/KMZ

I formati di file KML e KMZ nascono con l'avvento di Google Earth e sono utilizzati per "editare e realizzare" contenuti per il programma Google Earth e non solo. Il KML, acronimo di Keyhole Markup Language, è un formato derivato dallo standard XML definito da diversi tag (cfr. paragrafo GPX). Anch'esso si basa su delle regole di sintassi formale sintetizzabili in:

```
<tag1 opzione1="valore1" opzione2="valore2" .....> [...] </tag>
```

Esempio di file KML:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.1">
<Document>
  <Placemark>
    <name>Cari monti</name>
    <description><![CDATA[Buccheri è un piccolo paese di montagna e questa
è una sua foto]]></description>
    <Point>
      <coordinates>14.8463833,37.1254722,0 </coordinates>
    </Point>
    <LookAt>
      <longitude>-122.363</longitude>
      <latitude>37.81</latitude>
      <altitude>2000</altitude>

```

```
<range>500</range>  
<tilt>45</tilt>  
<heading>0</heading>  
<altitudeMode>relativeToGround</altitudeMode>  
</LookAt>  
</Placemark>  
</Document>  
</kml>
```

Il file KMZ, Keyhole Markup Zipped, è un file binario di difficile lettura se aperto con un programma di editor testuale. Il KMZ non è nient'altro che uno o più KML zippati: rinominando infatti il file .KMZ come .ZIP si possono estrarre i file contenuti e viceversa.

### 1.3 Risorse Hardware (I micro-dispositivi)

Un primo step fondamentale ai fini della ricerca è rappresentato da una catalogazione delle risorse hardware disponibili, sia sul mercato che rappresentate da prototipi funzionanti e utilizzabili. Il filtro con cui sono stati scelti e categorizzati i prodotti è sempre legato alle "dimensioni" e alle possibilità di impiego per l'estrazione di Informazione Territorio Ambiente.

Le categorie hardware, suscettibili di cambiamenti, sono sei:

- 1) Datalogger GPS
- 2) Smart-phone/PDA
- 3) Macchine fotografiche/videocamere con GPS integrato
- 4) Strumenti di rilievo multifunzione
- 5) Micro-UAV
- 6) Micro-Sensori



#### 1.3.1 Datalogger GPS

Con l'eliminazione della SA (Selective Availability) sul segnale GPS, avvenuta il 2 maggio del 2000, e l'abbassamento dei prezzi per l'acquisto di antenne e strumenti GPS, sono proliferate antenne che attraverso una connessione bluetooth possono essere collegate ad un cellulare che con un software può fornire informazioni di localizzazione all'utente permettendogli, come vedremo più avanti, di registrare la propria traccia, segnalare un qualche luogo di interesse o scattare una fotografia collocandola geograficamente nel luogo in cui è stata scattata. Ultimamente si sono diffusi anche strumenti di piccole dimensioni (mediamente di 6x8x2 cm, fig. 22) con all'interno un datalogger con la possibilità di memorizzare in formati di interscambio (\*.gpx o \*.nmea0183) oltre 150.000 punti o tracce o entrambe. Questi datalogger GPS dai costi bassi (intorno ai 50€, ma il mercato è in continua evoluzione) permettono una serie di operazioni di geolocalizzazione e rilievo, alcuni possono essere integrati con altri sensori permettendo di fatto la registrazione di altri parametri, grandezze fisiche o misure e una localizzazione geografica della misura effettuata.

Datalogger GPS



Figura 22 - Datalogger/Antenna Bluetooth GPS

#### 1.3.2 Smart-phone, PDA

Da tempo si è avviato un processo di convergenza tra telefonia mobile e computer palmari. Ormai le risorse hardware combinate con i sistemi operativi che gestiscono sia i telefoni di ultima generazione che i palmari (Android,

Smart phone, PDA

Windows Mobile, Iphone OS, Simbyan, fig.23) consentono l'utilizzo di software dedicati al mapping o al geocaching.

In particolare architetture complesse, come quella dell'Iphone®, integrano un antenna GPS, una bussola digitale e una fotocamera, si dimostrano con l'adeguato software dei veri e propri strumenti di rilevamento.

Nel corso della ricerca non sono stato acquisiti questi strumenti ma c'è stata l'opportunità di provarne tre tipologie diverse: alcuni palmari PDA equipaggiati con Windows Mobile, Smart-phone (HTC) sempre con Windows Mobile e antenna GPS integrata/bluetooth e Iphone.



Figura 23 - Alcuni degli Smartphone/PDA utilizzati

### 1.3.3 Macchine fotografiche e telecamere con GPS integrato

Il "geotagging" è definito come il processo di inserimento di coordinate geografiche all'interno dei metadati di un "media" file, come immagini e video. Ad ogni immagine scattata o video girato, quindi, viene associata una posizione geografica globale. Le coordinate (del punto di scatto e non relative all'oggetto inquadrato) vengono scritte all'interno dei metadati in formato EXIF (Exchangable image file format), o XMP (Extensible Metadata Platform format): in questo modo è possibile visualizzare attraverso alcuni portali web come Flickr o Panoramio o il globo virtuale Google Earth, l'immagine o il video scattato nella posizione geografica corretta.

L'applicazione di queste tecnologie è solo all'inizio, per ora esistono poche macchine fotografiche con GPS integrato e ancora meno fotocamere, fig.24.

Macchine fotografiche e telecamere con GPS integrato



Figura 24 - a) fotocamera con GPS integrato Nikon Coolpix P6000; b) telecamera Sony hdr-xr520v, con GPS integrato.

In particolare il geotagging delle fotografie può avvenire anche senza avere un antenna GPS integrata nella fotocamera, ma può avvenire attraverso la sincronizzazione successiva con appositi software, delle immagini con un traccia

GPS in formato GPX registrata con un Datalogger GPS di cui abbiamo parlato prima.

### Scheda Tecnica NIKON COOLPIX P6000

Pixel effettivi: 13,5 milioni
Sensore di immagine: CCD da 1/1,7 pollici; pixel totali: circa 13,93 milioni
Obiettivo: Zoom-NIKKOR 4x; 6,0-24,0 mm (angolo d'immagine in formato 35 mm [135]: 28-112 mm); f/2.7-5.9; 9 elementi in 7 gruppi; zoom digitale: fino a 4x (angolo d'immagine in formato 35 mm [135]: 448 mm)
Campo di messa a fuoco (dall'obiettivo): da 50 cm a infinito ( $\infty$ ); modo Macro/primo piano: da 2 cm a infinito ( $\infty$ )
Supporti di memorizzazione: memoria interna (circa 48 MB), card di memoria SD*1
Dimensione foto (pixel): 4224 x 3168 (13M), 3264 x 2448 (8M), 2592 x 1944 (5M), 2048 x 1536 (3M), 1600 x 1200 (2M), 1280 x 960 (1M), 1024x768 (PC), 640 x 480 (TV), 4224 x 2816 (3:2), 4224 x 2376 (16:9), 3168 x 3168 (1:1)
Riduzione Vibrazioni (VR): decentramento di stabilizzazione VR
Sensibilità ISO: ISO 64, 100, 200, 400, 800, 1600, 2000, 3200*2, 6400*2, Auto (guadagno automatico ISO 64-800), alta sensibilità ISO automatica (ISO 64-1600), intervallo predefinito auto (ISO 64-100, 200, 400)
Interfaccia: USB Hi-Speed
Alimentazione: batteria ricaricabile Li-ion EN-EL5 (in dotazione), adattatore CA EH-66 (in dotazione)
Durata della batteria: circa 260 scatti con la batteria EN-EL5
Dimensioni (LxAxP): circa 107 x 65,5 x 42 mm escluse le sporgenze
Peso: circa 240 g senza batteria né card di memoria SD



### 1.3.4 Strumenti di rilievo multifunzione

Lo sviluppo delle tecnologie di rilievo e la miniaturizzazione di molti strumenti hanno portato di fatto all'integrazione di diverse tecnologie, realizzando degli strumenti dotati di diverse funzionalità. Un esempio di questa integrazione di sensori e tecnologie è rappresentato da strumenti di rilievo multifunzione come IKE-GPS, uno strumento che incorpora:

- GPS
- PDA
- Bussola digitale
- Distanziometro
- Fotocamera

La particolarità di questo strumento è rappresentata dalla capacità di fornire le coordinate del punto inquadrato dalla fotocamera (del target) con distanze fino a 1000m, fig.25.



Figura 25 -IKEGPS

**Strumenti di rilievo multifunzione**

### 1.3.5 Micro-UAV

Gli UAV sono velivoli, senza presenza umana a bordo, pilotati da remoto da una stazione a terra. La loro possibilità di montare diversi sensori li rendono utilizzabili in ambito urbano, per analisi di rischio ambiente e per la stima dei cambiamenti uso del suolo. Inoltre presentano una soluzione a basso costo per la creazione di quadri conoscitivi condivisi. Al gruppo degli UAV appartengono diverse tipologie di velivoli (aeroplani, elicotteri, dirigibili) e anche velivoli innovativi rappresentati dagli elicotteri multi-rotori (quadrirotori e otto-rotori). I primi progetti di UAV risalgono agli anni '20 ma solo a partire dagli anni '90 con i primi sviluppi di micro e nano tecnologie, si è avuta la possibilità di sperimentare questi velivoli per l'impiego in missioni militari. Il loro utilizzo, infatti, rappresenta la possibilità di non esporre a rischio un essere umano. In

**Micro-UAV**

particolare i mini-UAV (peso inferiore ai 2 kg, fig.26) hanno avuto uno sviluppo conseguente alla crescita dell'affidabilità e della riduzione dei costi, in questo gruppo definibile come "DRONI automatici" si inquadrano i multi-rotori radio controllati.



*Figura 26 - Quadrirotori impiegati nei rilievi a Cencenighe Agordino durante la Summer School tenutasi a Feltre.*

I quadrirotori scelti per essere sviluppati come piattaforma di rilievo aereo sono quelli della mikrokopter ([www.mikrokopter.de](http://www.mikrokopter.de)) disponibili in kit:



*Figura 27 - Kit di montaggio*

La struttura di base è composta da un telaio in alluminio con i quattro bracci disposto l'uno a 90° dall'altro.



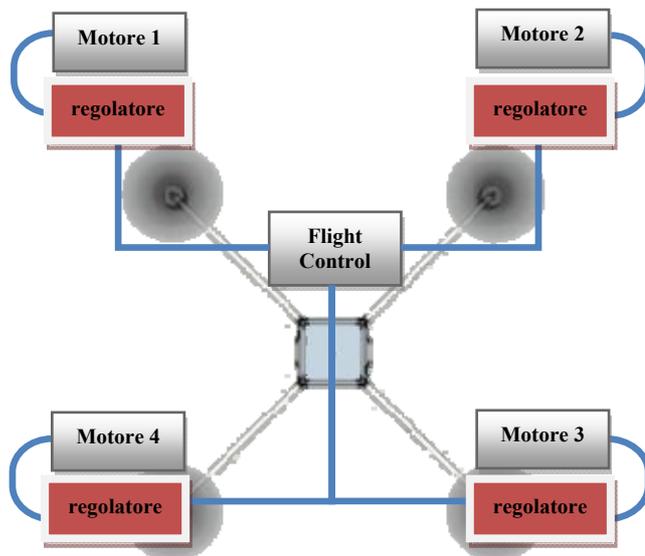
Figura 28 - Telaio

Il cuore del velivolo è rappresentato dalla *flight control*, la scheda raccoglie accelerometri, processore, sensore di pressione sistema di accensione.



Figura 29 - Il "Cuore del quadritore", la flight control

A questa sono collegati i motori e la batteria secondo il seguente schema:



### 1.3.6 Minisensore ambientale "SensPod"

Senspod, sviluppato dai francesi di Sensaris con i quali si è instaurata una collaborazione diretta, rappresenta un primo prototipo funzionante e ingegnerizzato di multisensore indossabile. Senspod è alla base di molti dei progetti illustrati nella parte introduttiva di questo rapporto (Copenaghen wheel, La Montre Verte – cfr. paragrafo 1.5.3). Senspod ha le dimensioni di un orologio

da polso e monta, su una base dotata di microprocessore e sistema di trasmissione bluetooth, diversi sensori ambientali e non.

### Sensori:

Gas	CO <sub>2</sub> - NO <sub>x</sub>	Metal Oxide Semi-conductor	Produttore e2V.com
Ambientali	Temperatura - Umidità	Metal Oxide Semi-conductor	Sensirion
	Rumore	Microfono 30 – 140 db	Sensaris
Movimento	Accelerometro 3 axis	MEMS	Sensaris
	GPS	Patch antenna 32 ch	Mediatek

Senspod

### Caratteristiche tecniche:

Comunicazione	Bluetooth Class 2 radio range up to 30 m in free air
Processore	Texas Instruments MSP430
Alimentazione	3.7 V Lithium ion battery rechargeable
Memorizzazione	2G Bit micro SD Card
Dimensioni	50 x 80 x 20 mm (W x L x H) Weight: 66 g



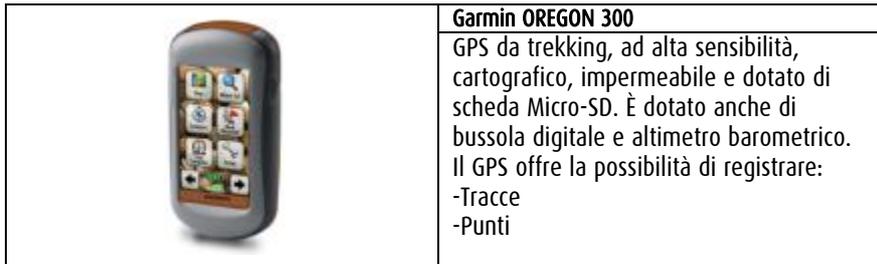
*Figura 30 - Senspod realizzato dalla francese Sensaris*

### 1.3.7 Altri dispositivi di posizionamento e geotagging

Per iniziare i test e valutare le potenzialità di utilizzo dei micro dispositivi nell'estrazione di informazione territorio ambiente, sono stati acquisiti alcuni dispositivi, oggetti che rimarranno poi a disposizione del Laboratorio. Inoltre è stato avviato un progetto con diversi partner per la ricerca sull'impiego specifico dei multi-rotori UAV. I dispositivi acquisiti e testati sono:

	<p><b>SPOT Personal Tracker</b></p> <p>Ricevitore e trasmettitore GPS. La particolarità di SPOT è legata alla possibilità di inviare la sua posizione alla costellazione di satelliti SPOT e comunicare quindi ad un elenco di destinatari predefiniti la sua posizione. Il tutto indipendentemente dalla copertura GSM. I dati comunicati sono scaricabili e visualizzabili sul portale <a href="http://www.findmespot.eu">www.findmespot.eu</a>. Il ricevitore fornisce:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Traccia (1 punto ogni 15 minuti)</li> <li>-Messaggio precompilato "OK" (a pressione del pulsante)</li> <li>-Messaggio precompilato Help (a pressione del pulsante)</li> <li>-Richiesta di soccorso/aiuto (non personalizzabile)</li> </ul> <p>Il sistema funziona con un abbonamento annuale.</p>
	<p><b>GEOPOINT Personal Tracker</b></p> <p>Ricevitore GPS e trasmettitore GSM. Geopoint è un tracklogger GPS dalle funzionalità avanzate; inserendo infatti una SIM GSM al suo interno è possibile inviare la propria posizione tramite SMS ad un server remoto oppure ad un telefono cellulare che controlla il GEOPOINT attraverso un apposito software Java. Il dispositivo fornisce:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Posizione e dati GPS ( sul display interno e in remoto tramite SMS)</li> <li>-Allarmi di spostamento al di fuori di un predeterminato areale (sul display interno e in remoto tramite SMS)</li> <li>-Possibilità di registrazione della traccia.</li> </ul> <p>Il sistema funziona con una SIM telefonica attiva, può ricevere e fare telefonate, è presenta anche un tasto SOS con messaggio precompilato.</p>
	<p><b>I-BLUE 821</b></p> <p>Antenna GPS bluetooth e Datalogger. Antenna GPS 51 canali e sensibilità di -158dBm (durante il tracking) con possibilità di correzione WAAS/EGNOS. Il datalogger, con memoria interna di 32Mb permette di registrare oltre 150000 waypoints. Con il software fornito è possibile esportare i dati in diversi formati e effettuare il geotagging delle fotografie. Utilizzo molto semplice e lunga durata delle batterie.</p>





## 1.4 Risorse Software

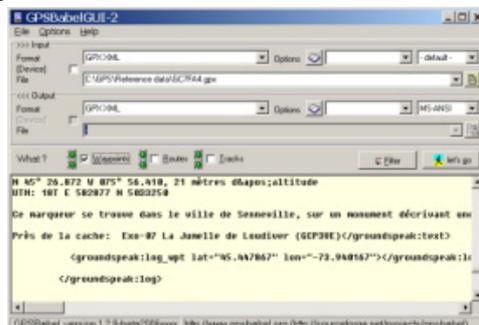
Nell'ambito della ricerca sono stati analizzati anche diverse tipologie di software per gestire, analizzare o elaborare i dati prodotti dai diversi dispositivi. I software sono stati suddivisi in due macro categorie:

Desktop e Mobile. La prima categoria si riferisce a tutte quelle applicazioni che sono progettate per essere eseguite su un Personal computer, notebook o desktop; la seconda invece si riferisce a quelle applicazioni installabili e utilizzabili su dispositivi quali PDA, Palmari, Smartphone con diversi sistemi operativi.

### 1.4.1 Geotagging desktop

In questa categoria ricadono i seguenti software analizzati:

- **GPSBabel**  
Software di riferimento per la conversione di diversi formati derivati da strumenti GPS



GPS-Babel

Figura 31 - Schermata di GPS babel

Disponibile sia per piattaforma windows che per piattaforma macOS. All'inizio il software era controllabile solo tramite riga di comando rendendosi di fatto di difficile utilizzo, le nuove versioni hanno una interfaccia grafica accattivante che permette di settare le diverse opzioni di conversione.



Figura 32 - Filtri possibili su GPS Babel

#### - Prune

Prune è una applicazione realizzata su piattaforma Java per visualizzare, editare e convertire dati derivanti da strumenti GPS. I dati importabili possono provenire da diversi formati testuali (txt, csv etc..) o xml (gpx) o direttamente da hardware GPS (Garmin, Magellan). I dati possono essere visualizzati su diverse tipologie di mappe (Open Street map, Google Maps etc) oppure possono essere editati (cancellare o selezionare alcuni punti, aggiungerne di nuovi), esportare/salvare i dati in diversi formati.

I dati possono essere esportati in GPX e in Kml. Prune permette anche di visualizzare i dati in formato 3D e si possono creare grafici con il profilo altimetrico o relativi alla velocità.

L'altra funzione fondamentale di Prune è quella di poter "geotaggare" delle immagini. Con Prune è possibile correlare un'immagine jpeg con la posizione in cui è stata scattata. La connessione tra l'immagine e la posizione di scatto avviene attraverso la scrittura sull'EXIF dell'immagine delle coordinate del punto di scatto prelevate da una traccia GPS. Prune è rilasciato con Licenza GNU GPL.

Prune

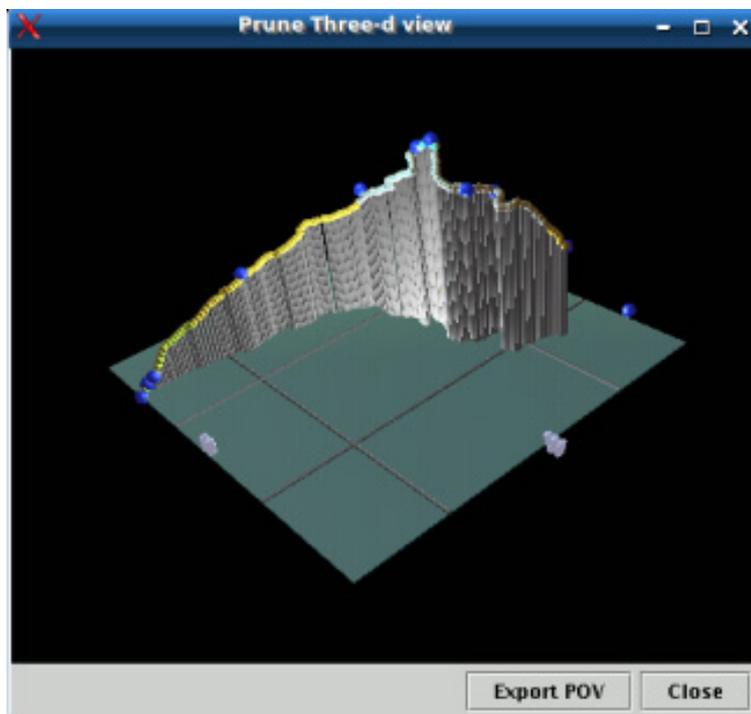
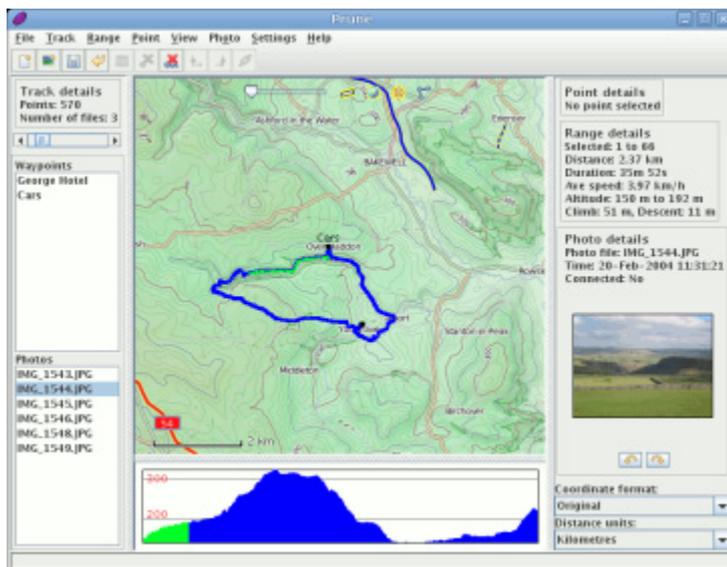


Figura 33 – Esempi di rappresentazione 3d di traccia GPS con Prune

#### - **Geosetter**

Software per il geotagging di immagini fotografiche, freeware, su piattaforma Windows. Il software permette di posizionare geograficamente le immagini scattate sia attraverso la correlazione automatica con una traccia GPS che manualmente, utilizzando un'interfaccia web che mostra le immagini/mappe di Google Maps. Supporta in ingresso molti formati (JPEG e TIFF DNG (Adobe), CRW, CR2 and THM (Canon), NEF and NRW (Nikon), MRW (Konica Minolta), PEF (Pentax), ORF (Olympus), ARW, SR2, SRF (Sony) and RAF (Fujifilm), RW2 and RAW (Panasonic), RWL (Leica)) e ha funzionalità evolute di editing sull'EXIF, grazie all'impiego di uno strumento dedicato (exif tool di Phil Harvey) che permette di inserire molte informazioni estese.

Geosetter



Figura 34- Schermata di Geosetter, con il software è possibile geolocalizzare contenuti e immagini anche senza traccia GPS.

#### 1.4.2 Piattaforma Mobile

In questa categoria ricadono i seguenti software analizzati:

- **NoniGPS Plot**

Questo strumento consente di localizzare la posizione e registrare il percorso GPS in diversi formati (GPX, NMEA, KML). Permette di utilizzare diverse mappe in background, anche personalizzabili, visualizzare un grafico di altitudine, la velocità o il livello del segnale.

Noni GPS Plot

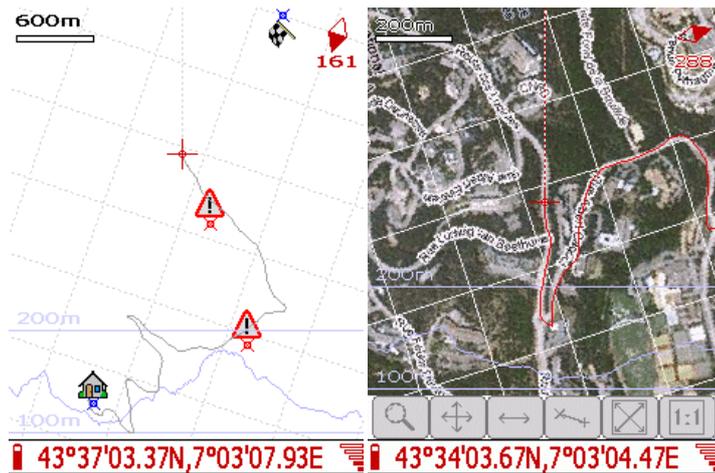


Figura 35 - Screenshot del software: a sinistra la traccia con i punti rilevati e tematizzati tramite icone personalizzabili; a destra la traccia con sfondo Google Maps.

- ***GVSig Mobile***

Dallo stesso gruppo di sviluppo del software Gis desktop Open source GVSig, nasce GV sig Mobile. L'applicativo disponibile su piattaforma windows e mac. Si presenta come una vera e proprio soluzione GIS mobile dotata anche di strumenti avanzati.



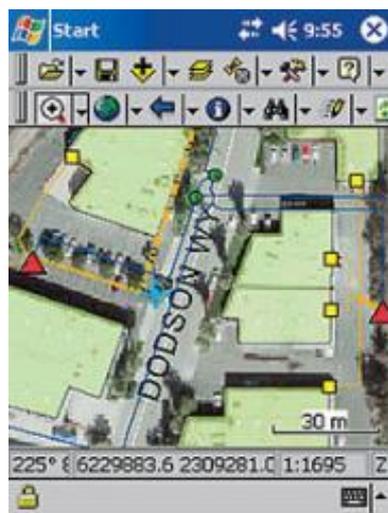
GV-sig mobile

*Figura 36 - GVSig Mobile, possiede tutti gli strumenti di editing, visualizzazione e interrogazione proprie dei Gis Mobile.*

L'interfaccia grafica è molto buona e le funzionalità molteplici. I test effettuati però hanno evidenziato problemi di compatibilità con le diverse piattaforme hardware. Moti problemi sono sorti con smartphone con sistema operativo Windows mobile (6.1 e 6.5), mentre il software si è rivelato utilizzabile e stabile (se pur con qualche piccolo problema) con un palmare HP e sistema operativo Windows mobile 2003.

- ***ArcPad***

Software gis mobile di casa ESRI è giunto alla sua ottava versione. Il sistema è completo, funzionale e stabile. Rappresenta sicuramente il miglior software GIS mobile.



*Figura 37 - ArcPad*

### 1.4.3 Software per il controllo micro-UAV

La piattaforma Micro-UAV, basata su un progetto open source di mikrokoetter.de comprende un software di gestione del velivolo che visualizza la telemetria mentre il quadrotore è in volo, permette di impostare tutta una serie di parametri del velivolo e fornire i waypoint che il quadrotore deve percorrere. Il software permette anche di analizzare attraverso una interfaccia grafica tutti i parametri provenienti dai sensori di bordo, quali giroscopi, accelerometri, numero di giri dei motori. Tutti i dati vengono visualizzati in modo grafico oltre alla possibilità di registrarli su un file di log.

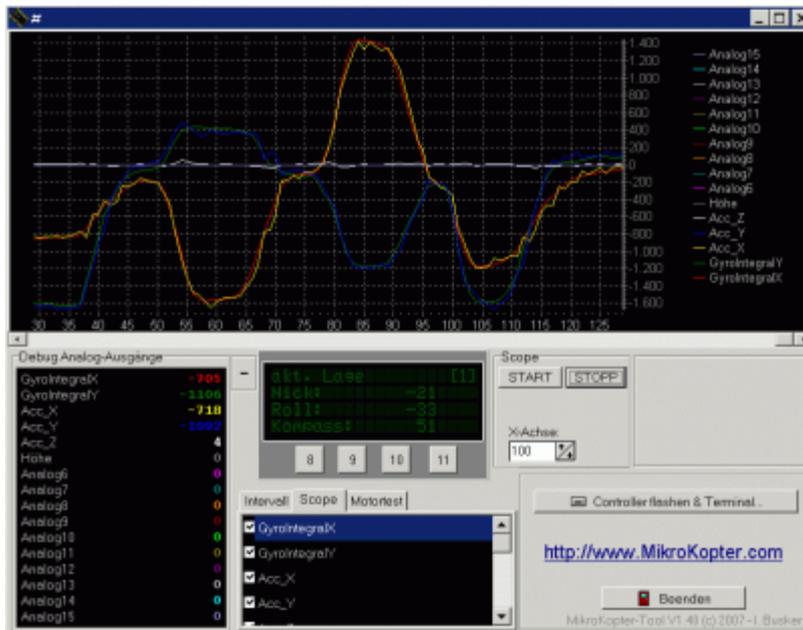


Figura 38 – Interfaccia grafica del software MikroKopter Tools – In alto i grafici che riportano i valori di diversi sensori indicati nella colonna in basso a sinistra (giroscopi, accelerometri etc).

Attraverso l'interfaccia grafica è possibile visualizzare una immagine di sfondo, georiferita, che permette di seguire il velivolo nello sviluppo del volo.

Tra i parametri che vengono comunicati dal quadrotore a terra ci sono la quota di volo, la direzione rispetto al nord, il livello della batteria e il numero dei satelliti.



Figura 39 - Il software presenta anche un utile "cruscotto" completo di parte cartografica che fa vedere il velivolo in movimento durante il volo, i waypoint e una immagine di riferimento.

## 1.5 Integrazione Hardware-Software-Tecnologia

### 1.5.1 Internet delle Cose

L' "Internet delle cose" rappresenta un nuovo paradigma tecnologico basato sull'estensione dell'accesso internet al mondo degli oggetti. Oggetti connessi alla rete dotati di sensori in grado di rilevare e comunicare informazioni.

Gli oggetti sono apparati elettronici di qualsiasi tipo, luoghi come case, scuole e piazze, contenitori, vestiti etc dotati di un "tag" attraverso il quale è possibile tracciare una mappa virtuale del mondo reale e mettere "realmente" in comunicazione tutti i suoi elementi.

I migliori esempi in questa direzione sono rappresentati da:

- Openspime
- Copenhagen Wheel
- La Montre Verte

Tutti questi esempi di fatto rappresentano come l'impiego di sensori e il concetto di web 2.0 contribuiscano alla realizzazione di quadri di conoscenza condivisi sulla qualità e sul monitoraggio dell'ambiente.

Un esempio di infrastruttura dedicata all'Internet of Things è rappresentato da "Pachube": una piattaforma aperta che consente di taggare e condividere dati rilevati in tempo reale da una serie di sensori integrati a oggetti, dispositivi, edifici e ambienti, sia fisici che virtuali.

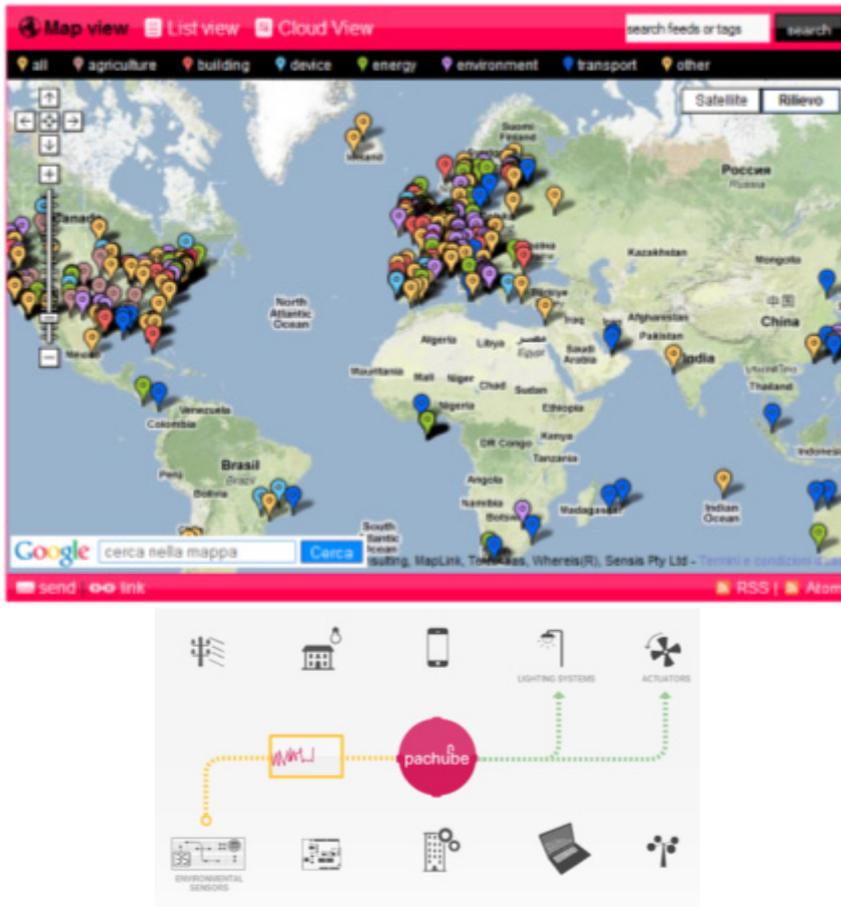


Figura 40 - Pachube lo strumento di integrazione degli "Spime" - il colore diverso identifica diverse tipologie: edifici, dispositivi, sensori ambientali, trasporti.

### 1.5.2 OPENSPIME

# OpenSpime

Spime è la contrazione delle parole *Space and time*, secondo la definizione fornita da Bruce Sterling gli Spime sono Oggetti che sanno:

- 1 - Dove sono
- 2 - In che momento del tempo sono in quel punto
- 3 - Hanno sensori e memoria
- 4 - Sono connessi alla rete

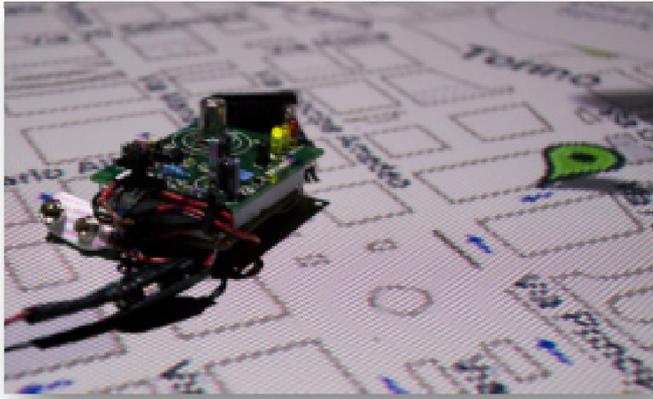


Figura 41 - "Spime" con sensore di CO<sub>2</sub>

Gli Spime comunicano tra di loro e con la rete e cedono alla comunità le informazioni e i dati raccolti dai sensori. Tra i fondatori e gli sviluppatori si annovera la società italiana WideTag.

### 1.5.3 COPENAGHEN WHEEL



Figura 42 - The Copenhagen wheel project

Copenhagen green wheel è una ruota messa a punto dal MIT (Massachusetts Institute of Technology) di Boston in collaborazione con Ducati Energia e con il supporto del Ministero dell'Ambiente italiano, di Progical Solutions LLC e del Comune di Copenhagen, che può essere considerata il primo esempio di bicicletta ibrida a zero emissioni con possibilità di monitoraggio ambientale e diffusione dei dati. Il disco rosso contiene una batteria in grado di accumulare l'energia passiva prodotta dalla pedalata per poi rilasciarla quando necessario, come ad esempio in salita, al chip bluetooth per lo scambio delle comunicazioni; ai sensori ambientali che interagiscono con lo smartphone, all'elettronica di controllo. Diversi sensori collegati via bluetooth all'iPhone collocato sul manubrio, il ciclista riceve informazioni dalla bicicletta, ma anche dal web, sulla velocità, sulla distanza percorsa, sullo stato del traffico e sui percorsi da preferire (sfruttando il GPS dell'iPhone). E addirittura sulla prossimità o meno di

amici in zona o sul livello di inquinamento urbano in quel preciso punto. Tutti dati che il ciclista può decidere di trasmettere esso stesso al web server del Comune per aggiornamenti in tempo reale.

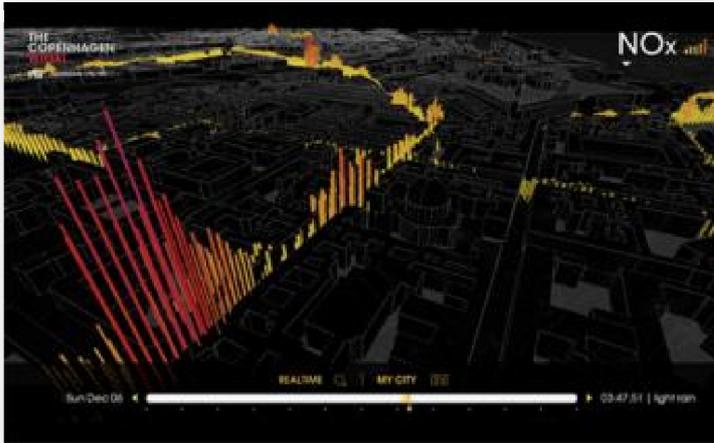


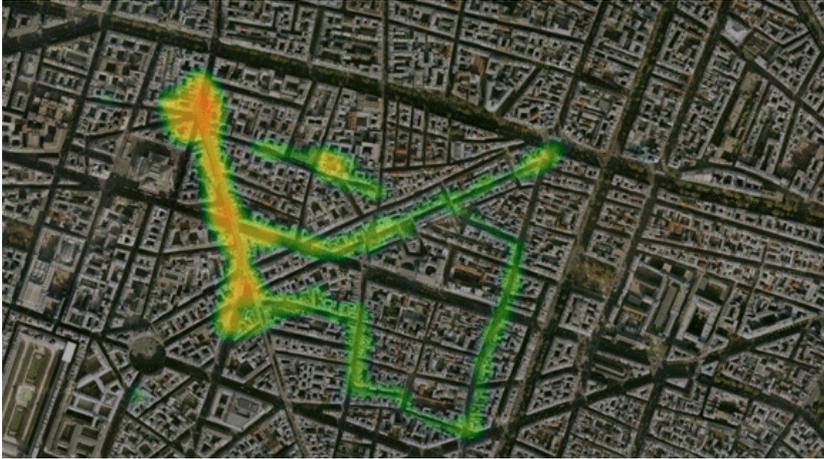
Figura 43 - Esempio di tracciato con la "distribuzione geografica" degli ossidi di Azoto (NOx).

#### 1.5.4 LA MONTRE VERTE



Figura 44 - La montre verte - project

Si materializza con un orologio con 2 sensori ambientali (ozono e rumore). I dati registrati dai due sensori sono inviati attraverso un cellulare a "Citypulse", una piattaforma open source che riceve, memorizza e pubblica in modo anonimo i dati che possono essere mostrati su una mappa o scaricati per successive analisi.



*Figura 45 – Esempio di interpolazione dei dati misurati durante il test effettuato da La Montre Verte.*

Attraverso questo progetto i cittadini sono coinvolti nel monitoraggio ambientale diffuso. I dati danno una valutazione qualitativa dell'aria che possono essere visualizzati o sul display del cellulare associato in bluetooth o tramite i colori del quadrante dell'orologio. Gli stessi dati vengono inviati tramite GPRS ad una piattaforma web che in *near real time* li pubblica.

## 2 SECONDA PARTE – APPLICAZIONI

In questa sezione viene effettuata una rassegna dei progetti già realizzati o in fase di realizzazione che evidenziano l'impiego dei micro-dispositivi in diverse tematiche applicative in particolare riguardo il Rischio, la Mobilità, l'Uso del Suolo e l'Ambiente e Energia. I progetti e le attività riportate fanno capo a progetti Universitari, a progetti di singole aziende, o di enti e sono relative alle diverse aree tematiche.

### 2.1 Rischi Ambientali



Il progetto REMOAM affronta la problematica del monitoraggio dei rischi ambientali mediante l'ausilio di metodologie e di tecniche innovative. L'obiettivo principale è la definizione di un sistema hardware e software per il monitoraggio, tramite reti di sensori senza filo (Wireless Sensor Networks – WSN), dei rischi ambientali. I servizi offerti dal sistema, di monitoraggio e di allarme, saranno fruibili anche da terminali mobili di nuova generazione al fine di garantire la consegna tempestiva degli allarmi e l'ubiquità dell'accesso alle misure rilevate. Il caso di studio proposto è relativo al contesto dei rischi ambientali derivanti dai fenomeni franosi, ampiamente diffusi sul territorio regionale e nazionale. Il sistema di monitoraggio sarà realizzato applicando i recenti progressi di ricerca e di sviluppo del settore, come l'utilizzo di tecnologie MEMS (Micro-Electro-Mechanical-Systems) e di tecnologie di comunicazione radio a medio e corto raggio in frequenze libere. Lo scopo è quello di analizzare e sperimentare WSN costituite da piccoli ed economici dispositivi in grado di misurare le grandezze fisiche di interesse e di raccogliere i dati sul campo. Oltre al sistema di monitoraggio sarà sviluppata una piattaforma middleware per il supporto all'analisi dei dati, per lo sviluppo di appositi applicativi di allarme e per garantire l'interoperabilità tra la rete di sensori e i terminali utente.

**Progetto Remoam**

Info di dettaglio:

<http://remoam.conorzio-cini.it/>

## 2.2 Energia

### 2.2.1 Progetto Poseidon UAV



*Figura 46 - Elicottero radiocomandato impiegato nel progetto Poseidon UAV.*

Il piccolo elicottero, lungo meno di due metri e largo circa ottanta centimetri, ha il compito di individuare i giacimenti di acqua geotermica presenti nel sottosuolo e fa parte del sistema Poseidon, uno strumento di prospezione geofisica messo a punto e brevettato da una società toscana, la Tecnosystem-Infogeo di Rosignano Marittimo (Li). Il Poseidon è in grado di scandagliare il terreno, fino a duemila metri di profondità, alla ricerca di giacimenti geotermici a media entalpia, ovvero le cosiddette miniere di "acqua energetica", ottime per realizzare centrali per la produzione di energia elettrica a impatto zero.

L'elicottero sfrutta la tecnologia "Vlf Poseidon", da cui prende il nome, un sistema geofisico hi-tech che, grazie all'impiego di onde radio a bassa frequenza elettromagnetica (15-30 kHz), riesce a penetrare in profondità nel sottosuolo. I segnali radio di ritorno sono ricevuti ed elaborati da un software, che consente di ricostruire sezioni anche tridimensionali del sottosuolo in funzione della densità delle rocce presenti. Quando si rilevano anomalie elettromagnetiche significa che si è in presenza di giacimenti.

Info di dettaglio:

[www.tecnosystem.cc](http://www.tecnosystem.cc)

**Progetto Poseidon**

## 2.2.2 Social Energy Meter

### Social Energy Meter

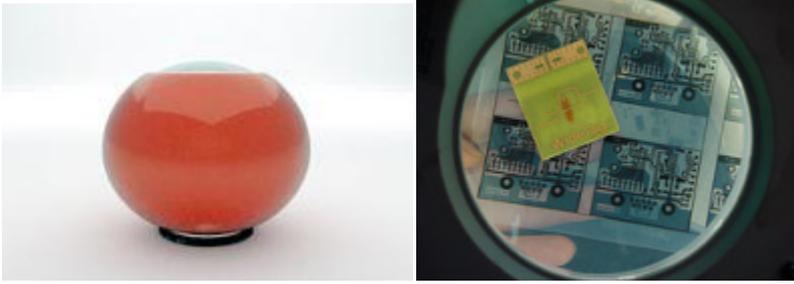


Figura 47 – SEM - realizzato all'interno di Open Spime.

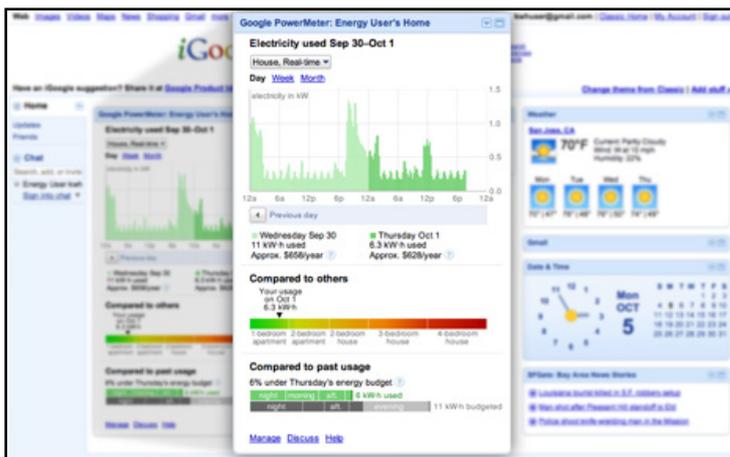
Il Social Energy Meter di WideTag consente il monitoraggio in tempo reale, e la gestione collaborativa, dei consumi energetici nelle abitazioni e aziende, attraverso una innovativa suite di piattaforme hardware e software. Ottimizzare l'uso di energia e massimizzare l'efficacia, sia a livello locale che a livello globale, è essenziale nel contesto di oggi.

## 2.2.3 Google Power Meter

### Google Power Meter

Google Power Meter è il nuovo progetto di Google per misurare l'energia elettrica consumata in ogni abitazione in qualunque momento. Il progetto prevede di **monitorare i consumi energetici domestici** attraverso l'uso del software Google PowerMeter e un contatore *"intelligente"* diverso da quelli tradizionali forniti dalle società erogatrici.

Negli Stati Uniti è in corso una sperimentazione tra l'azienda privata **Energy** e il motore di ricerca **Google**, concerne alla tematica del **risparmio energetico**.



Per ora è in fase di test, non è legato solo all'impiego di un software ma anche al coinvolgimento di aziende produttrici di energia elettrica e di sistemi di contatori.

## 2.3 Rischio Incendi Boschivi, Rischio Idrogeologico

### 2.3.1 Minteos FireLess/NaturAlert

FireLess è la soluzione per proteggere aree ad alto rischio di incendi boschivi. Le sue sentinelle possono raggiungere qualsiasi luogo e possono controllare e rilevare velocemente e in modo efficace i focolai. Le sentinelle FireLess vengono posizionate all'interno della foresta. In caso di incendio inviano un allarme a NaturAlert che in pochi secondi lo inoltra via sms, cellulare, mail e internet a tutti gli operatori abilitati. Affidabilità, assenza di falsi allarmi, scalabilità, basso costo e limitato impatto ambientale sono le principali caratteristiche di questo sistema. L'installazione segue un'accurata classificazione dell'area da proteggere in zone con diversi livelli di rischio. La rischiosità della zona determina la densità delle sentinelle che varia da 0 (rischio limitato o nullo) a 25 per ettaro (rischio elevato).



Figura 48 - Sensore FireLess

La WSN così realizzabile ha bassi costi in termini di consumo energetico, non deve essere infrastrutturata (la

connessione tra le componenti interne ed esterne al sistema avviene tramite connessioni wireless) e può essere facilmente installata e rimossa. Il sistema è in grado di fornire in tempo reale, informazioni e informare le Istituzioni o le squadre di intervento per interventi preventivamente.

Figura 49 - Sensore di livello idraulico installato in torrente.



Info di dettaglio:  
[www.minteos.com](http://www.minteos.com)

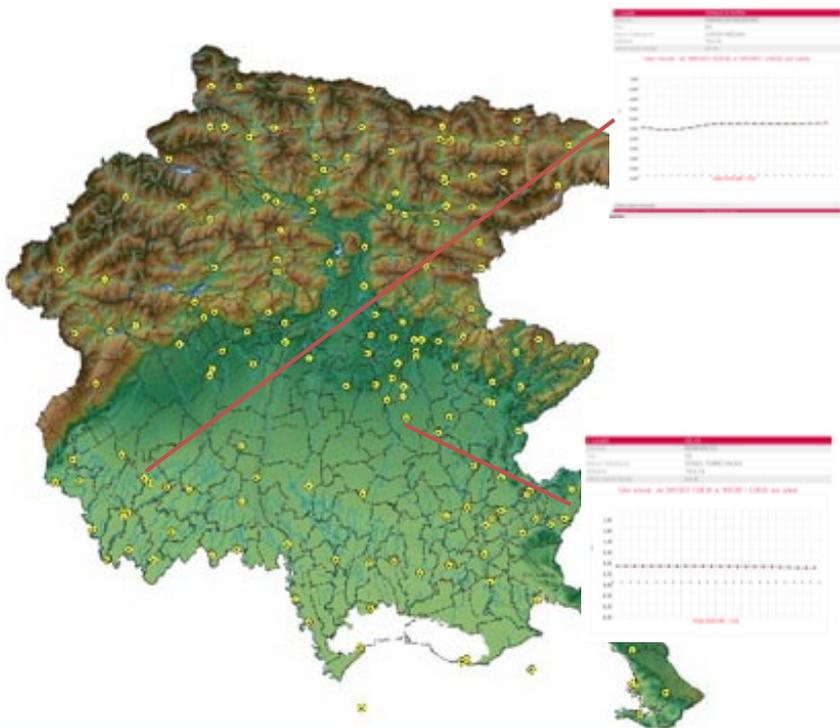
Progetti  
 FireLess/NaturAlert

### 2.3.2 Rete di monitoraggio – Protezione civile FVG.

La Protezione Civile della Regione effettua un accurato monitoraggio fisico, in tempo reale, del territorio regionale mediante:

- 220 centraline idrometeorologiche
- 20 Datalogger 16 CH A/D 24bit
- 6 boe meteomarine-moto ondoso direzionale
- 2 correntometri fluviali ADCP
- 30 telecamere (visibile + luce stellare)
- 2 reti di sorveglianza sismica
- 2 reti di sorveglianza accelerometrica
- 1 rete BroadBand
- Reti di monitoraggio dei dissesti
- Rete Wi-Max 802.16 sperimentale

La rete di monitoraggio è online e i dati sono forniti in tempo reale ([www.protezionecivile.fvg.it](http://www.protezionecivile.fvg.it))



*Figura 50 – Il sistema di centraline e sensori integrato impiegato dalla Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.*

I dati sono accessibili attraverso il portale e sono tutti online in tempo reale. Si possono anche scaricare gli storici settimanali di ogni sensore. I sensori disponibili sono:

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| - Pluviometro     | - Direzione/velocità vento |
| - Idrometro       | - Barometro                |
| - Nivometro       | - Radiometro               |
| - Termometro Aria | - Boe ondametrichi         |
| - Igrometro       |                            |

## 2.4 Infomobility

### 2.4.1 Movendo



Info Mobility

*Figura 51 - Esempio di schermata dell'interfaccia web Movendo*

Una antenna GPS registra localmente le coordinate con frequenza di campionamento prestabilita (normalmente ogni 10 secondi) e attraverso una connessione GPRS vengono spediti i dati al server ad intervalli configurabili in funzione delle esigenze (ad esempio ogni 10 minuti).

Sull'apparato è presente una SIM abilitata al traffico GPRS. In questo modo si ottiene un monitoraggio continuo dei veicoli le cui tracce sono visualizzabili su una mappa dettagliata accessibile via browser (Internet Explorer 6 o superiore) per mezzo di un PC connesso ad internet.

L'apparato di base può essere, inoltre, collegato a vari dispositivi di bordo per la raccolta e la trasmissione di dati e parametri relativi all'uso del veicolo e delle attrezzature. Tra questi ricordiamo:

- sensori di movimento di gru o bracci mobili;
- sensori collegati a pompe o valvole;
- sensori di pressione e temperatura;
- interruttori;
- impianti di pesatura;
- sistemi di identificazione;
- sistemi di raccolta dati automotive;
- display e tastiere semplificate.

Gli output dei segnali generati dai sensori sono trasferiti all'apparato di bordo, memorizzati su una memoria permanente e trasmessi via GPRS ai server dedicati al servizio Movendo.

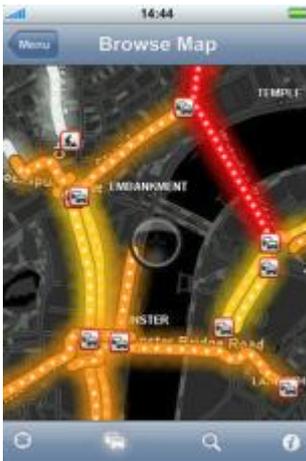
Info di dettaglio: [www.movendo.biz](http://www.movendo.biz)

## 2.4.2 TOM TOM HD traffic



Figura 52 - Schematizzazione del funzionamento di HD traffic

I nuovi navigatori della TomTom sono degli esempi di “Internet delle Cose”, la nuova serie infatti integra una SIM e si connette alla rete per ricevere aggiornamenti in tempo reale su traffico. Inoltre la connettività trasforma ogni navigatore in una apparecchiatura di raccolta dati itinerante, in grado di segnalare ingorghi in tempo reale, grazie ai dati di percorrenza.



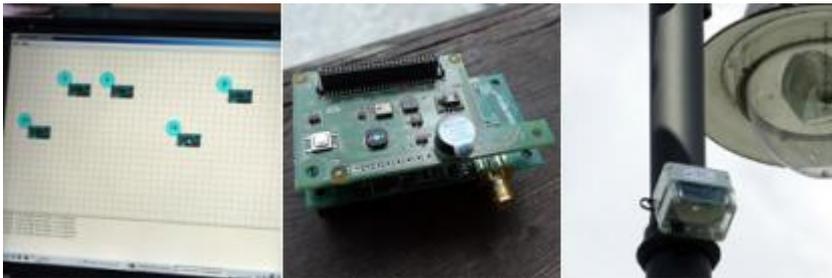
Per l'Italia il gestore telefonico che ha stipulato l'accordo con TOM TOM è Vodafone, i parametri quali posizione e tempi di percorrenza vengono raccolti tramite la rete GSM ogni 3 minuti e aggregati in maniera anonima con i dati provenienti dai cellulari degli utenti. In questo modo i tempi di percorrenza sono reali. Tale sistema, basato sulla comunicazione machine to machine è la realizzazione del concetto che sta alla base della teoria dell'Internet of Things: oggetti che si connettono alla rete e comunicano

informazioni e dati indipendentemente dall'interazione di un essere umano.

### 3 TERZA PARTE – LABS

In questa parte sono riportate le sperimentazioni effettuate in questo anno con alcune delle tecnologie precedentemente descritte. I test sono stati effettuati con lo scopo di valutare le caratteristiche intrinseche dei dispositivi che via via si andava utilizzando, cercando sempre di evidenziare le tematiche applicative a cui poter applicare i dispositivi.

#### 3.1 Wireless Sensor Network e Micro-Sensori per la gestione dell'illuminazione stradale



Test WSN

*Figura 53- WSN creata a Cencenighe Agordino il sensore impiegato è stato quello di luminosità.*

Data del rilievo: 02/03/04 Luglio 2009 (in occasione dello svolgimento della Summer School a Feltre).

L'obiettivo era realizzare una rete WSN con misura per un giorno intero della luminosità, temperatura e umidità nella piazza del Municipio di Cencenighe.



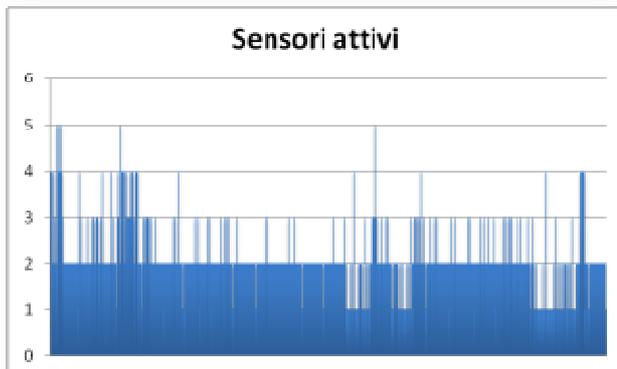
*Figura 54 : Piazza del Municipio, Cencenighe Agordino*

DISPOSITIVO (ID)	Posizionamento
2	Rivolto verso la pavimentazione
3	Rivolto verso l'alto
7	Posizionato sotto la tettoia davanti alla Pro-Loce
9	Senza sensore di luminosità
10	Rivolto verso la pavimentazione
11	Rivolto verso l'alto
15	Rivolto verso l'alto
22	Rivolto verso la pavimentazione

Tabella 5 - Descrizione dell'installazione

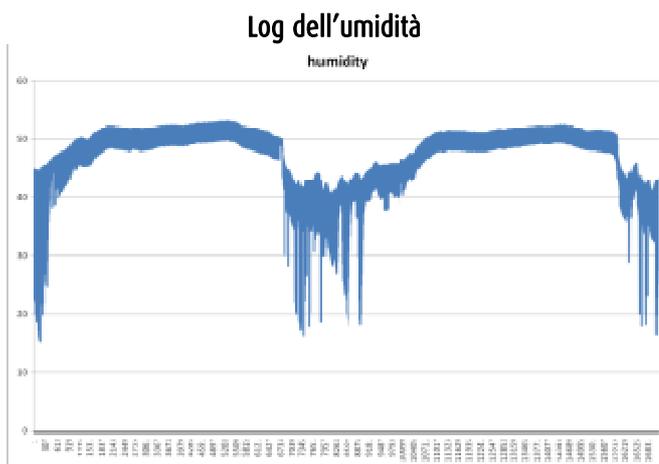
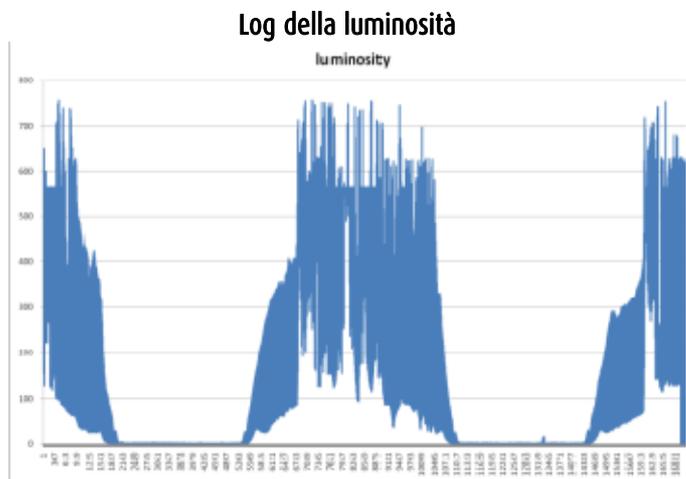
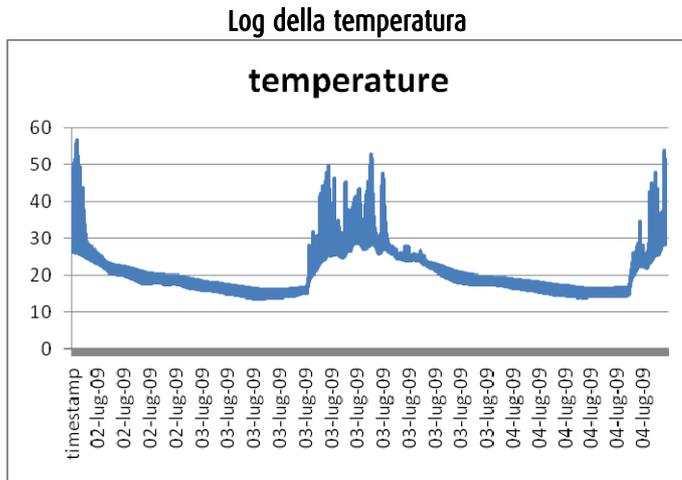
Tipologia di dato restituito: Tabella in formato cvs con coordinate acquisite tramite posizionamento gps con microdispositivi, id, time stamp, grandezze misurate (temperatura, umidità, luminosità).

	A	B	C	D	E	F
1	id	timestamp	temperature	humidity	luminosity	existTempSensor
2	11	02-lug-09	41,29	26,36	566,507	VERO
3	7	02-lug-09	26,19	44,88	301,906	VERO
5	11	02-lug-09	42,64	24,87	566,507	VERO
6	7	02-lug-09	26,2	44,85	296,522	VERO
8	11	02-lug-09	43,6	23,78	566,507	VERO
9	7	02-lug-09	26,22	44,85	299,599	VERO
10	2	02-lug-09	31,33	37,71	566,507	VERO
12	10	02-lug-09	31,47	39,55	470,743	VERO
13	11	02-lug-09	44,58	22,87	566,507	VERO
14	7	02-lug-09	26,22	44,85	291,907	VERO
15	2	02-lug-09	31,45	37,51	566,507	VERO
17	3	02-lug-09	34,19	31,88	566,507	VERO
18	11	02-lug-09	45,1	22,43	566,507	VERO
19	7	02-lug-09	26,22	44,85	264,216	VERO
21	10	02-lug-09	31,73	39,31	279,215	VERO
22	11	02-lug-09	44,91	22,76	566,507	VERO
23	7	02-lug-09	26,2	44,85	237,679	VERO
25	11	02-lug-09	44,47	23,42	566,507	VERO
26	7	02-lug-09	26,2	44,88	230,372	VERO
28	3	02-lug-09	34,11	32,02	566,507	VERO
29	10	02-lug-09	31,76	39,48	163,838	VERO
31	11	02-lug-09	44,17	23,85	566,507	VERO
32	7	02-lug-09	26,18	44,91	224,218	VERO
33	2	02-lug-09	31,35	37,85	648,425	VERO
34	11	02-lug-09	43,84	24,36	566,507	VERO
35	7	02-lug-09	26,18	44,91	215,373	VERO
37	3	02-lug-09	34,12	32,12	566,507	VERO



La rete è stata attiva dal 2 Luglio 2009 alle ore 16:00 circa fino al 4 Luglio 2009 alle ore 12:00. Nella grafico precedente si nota che l'oscillazione nel numero di

sensori attivi è molto ampia. In particolare in alcuni casi si è arrivati ad un solo sensore attivo, mediamente i sensori attivi sono stati due.

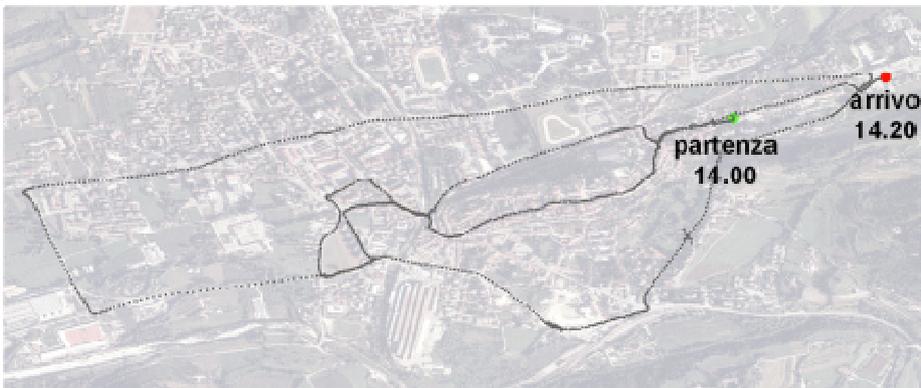


### 3.2 *Senspod – microdispositivo per il monitoraggio ambientale*

Il micro dispositivo messo a disposizione da Sensaris è stato testato in condizioni di rilievo in “campagna”, impiegandolo in un rilievo a Feltre svolto durante il Laboratorio Tecnologico del 1° anno della Laurea Magistrale in NT. Successivamente a questo test ne è stato realizzato uno in laboratorio, dove è stato analizzato il comportamento del sensore.

#### 3.2.1 *Rilievo parametri ambientali Feltre*

Il rilievo è stato effettuato montando il sensore su un autoveicolo e percorrendo un circuito all’interno della città di Feltre.



*Figura 56 - Tracciato percorso durante il test.*

I parametri rilevati sono stati:

*Umidità:*



*Temperatura:**Rumore:*

La distribuzione della pressione sonora risulta molto omogenea, ma il dato è falsato dall'installazione del sensore su un autoveicolo.

*NOx:*

Nel cerchio è evidenziato come in un tratto di strada con la presenza di coda il parametro si sia alzato immediatamente (la direzione di percorrenza va da sinistra verso destra e quindi dal giallo al rosso acceso).

*COx:*

Anche per gli ossi di Carbonio si ha un distribuzione simile al NOx se pur con concentrazioni più basse.



Informazioni di questo tipo hanno un elevato valore qualitativo che permette di visualizzare su una piattaforma geografica, in tempo reale, la distribuzione della concentrazione di un determinato gas o la misura di un parametro fisico quale temperatura o umidità.

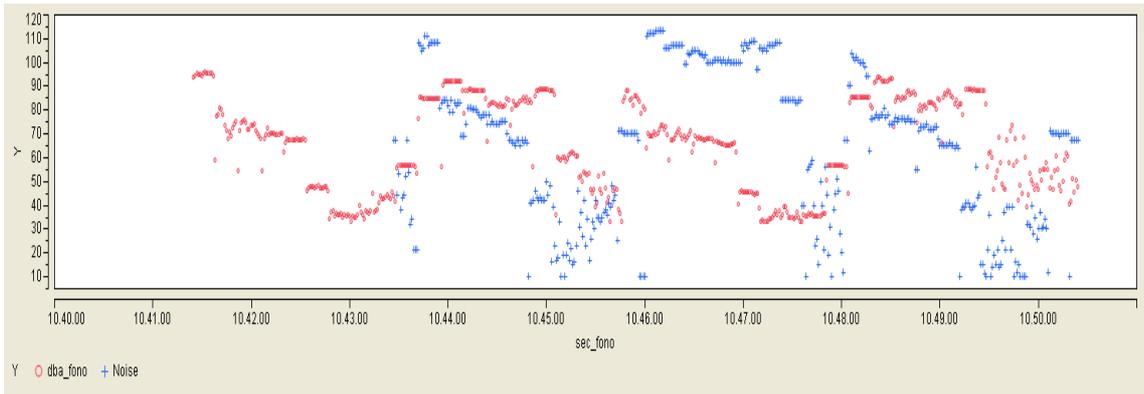
### 3.2.2 Test in laboratorio

La correlazione tra le misure di COx e NOx contrariamente alle specifiche dichiarate dal produttore, il quale dichiara *"..please note that Senspod output Voltage for NOx (which is sent to database) goes down as NOx concentration in the air increases .Regarding gas calibration, in cities the following typical values are reported: NOx High: 300 ppb Mid range: 100 ppb Low: below 30 ppb CO: High 4 ppm Mid range:2.5 ppm Low: below 1 ppm. As a first approximation, we assume a linear relationship from the MICS 4514 datasheet (curves for 40 % RH and at 25°C) and take that 3.3 Volts measured by the City Senspod correspond to 30 ppb of NOx and 0.3 V output to 300 ppb. For CO, it is the opposite as the output voltage increases as CO concentration increases."* ci hanno indotto a effettuare delle analisi in laboratorio. Le analisi sono state realizzate all'interno del Laboratori dell'Istituto ITIS Zuccante di Mestre, con la partecipazione dell'Ing. Luca De Biasi, la Dott.ssa Rina Camporese e l'Ing. Ernesto della Sala.

#### *Fonometro*

Il Senspod è stato sottoposto ad una sorgente di rumore nota in parallelo ad un fonometro. A meno dei parametri di coefficiente angolare (m) e intercetta (b) la retta di taratura e'  $y = mx + b$ .

Le prove sono state ripetute 2 volte. Si sono usati segnali di diversa frequenza per vedere anche la sensibilita'. Al fonometro e' stata applicata la "curva A" e quindi i decibel sono dBA.

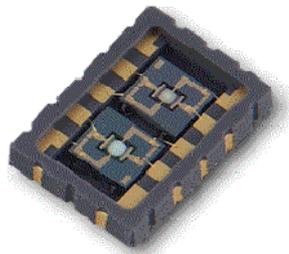


*Figura 57 - Grafico del rumore (In rosso la misura effettuata dal fonometro, in blu la misura realizzata dal Senspod).*

Dall'analisi del grafico (in rosso la misura del fonometro, in blu il valore misurato dal Senspod) l'informazione sembra essere coerente per entrambe gli strumenti, indicando, in prima istanza qualitativamente, la corretta misurazione del Senspod.

#### *NOx e COx*

Il sensore installato a bordo del Senspod è prodotto da E2v, modello MiCS-4514



*Figura 63*

La risposta del sensore è stata testata in laboratorio, i risultati sono ancora in parziale analisi anche perché questo sensore verrà impiegato anche in altri progetti del gruppo di ricerca (progetto Smartbox).

Verranno presentati qui solo alcuni risultati parziali che hanno evidenziato alcune caratteristiche del sensore stesso:

25.11.2010

senspod inside a small box full of cigarette smoke

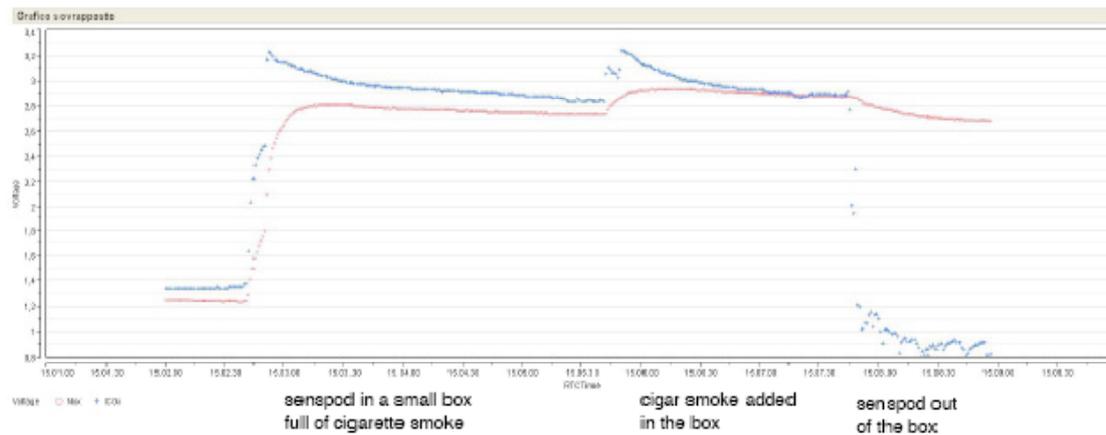


Figura 58 - Curva della concentrazione di  $NO_x$  (in rosso) e  $CO_x$  (in blu).

La misura di  $NO_x$  (in rosso) e  $CO_x$  (in blu) risulta coerente, ma le due curve risultano sempre coregistrate contrariamente a quanto indicato dalle specifiche, l'analisi del software ha stabilito che sul flusso dati del sensore è stata realizzata una correzione software che provoca questo andamento delle curve. Altri problemi si sono verificati "stressando" il sensore che risente molto della variazione di voltaggio fornita dalla batteria verso la fine della durata della carica. Altri test sono ancora in corso.

### 3.3 Datalogger gps

Test effettuato a Malga XOMO con diversi Datalogger GPS, in particolare: Tomtom Go 500 con software di tracking, SPOT, Datalogger I-BLUE 821, Smartphone HTC CRUISE, PDA iPAQ + Antenna HOLUX bluetooth, Iphone con software tracking. Lo scopo era quello di valutarne il comportamento e le potenzialità durante l'impiego di questi dispositivi per attività di rilievo in una zona "naturale", con diverse fonti di errore possibili. Di seguito alcune schede di sintesi dei risultati ottenuti da alcuni dispositivi utilizzati.



Università Iuav  
di Venezia

**Test Malga**

TOMTOM GO 500



Antenna Sirf Star II 20 canali

Software tomtom maps

Waypoint e Tracklog in gpx

PDOP  
Max: 10  
Min: 1,3  
Medio 2,15



Tomtom go 500

**Commento di sintesi:**

Il dispositivo dotato di un'antenna ormai obsoleta ha dimostrato un'alta variabilità del PDOP (position dilution of precision), probabilmente dovuto alla difficoltà di mantenere agganciato il segnale di alcuni satelliti. I problemi maggiori si sono avuti nel tratto di strada all'interno del bosco. Il software utilizzato (tomtom maps, Open source) è indipendente dalla cartografia vettoriale presente all'interno del dispositivo.

Università Iuav  
di Venezia

**Test Malga**

HTC CRUISE PPC



Antenna chip Qualcomm 32 canali

Software visual GPS ce

Waypoint e Tracklog in gpx

PDOP  
Max: 5,2  
Min: 2,0  
Medio 3,09



HTC + Visual GPS ce

**Commento di sintesi:**

Lo smartphone dotato di un'antenna a 32 canali ha avuto un comportamento decisamente non sufficiente a causa del software utilizzato per il logging. Con altri software infatti si è comportato in modo molto diverso.


 Università Iuav di Venezia  
**Datalogger i-BLU estremo**

**Test Malga**

  
 Antenna SifStar III 51 canali  
 Correzione WAAS/EGNOS

Software n.d.

Waypoint e Tracklog in gpx

PDOP  
 Max: 5,2  
 Min: 2,0  
 Medio 3,09



**Commento di sintesi:**  
 Il dispositivo si è comportato molto bene, nel percorrere il limite del bosco la densità dei punti è molto alta e anche il PDOP è sempre rimasto basso. Sul tratto più lungo, percorso in auto, ad un certo punto il segnale è stato perduto per un lungo periodo.

I-BLU DATALOGGER


 Università Iuav di Venezia  
**iPAQ & HOLUX M-1200**

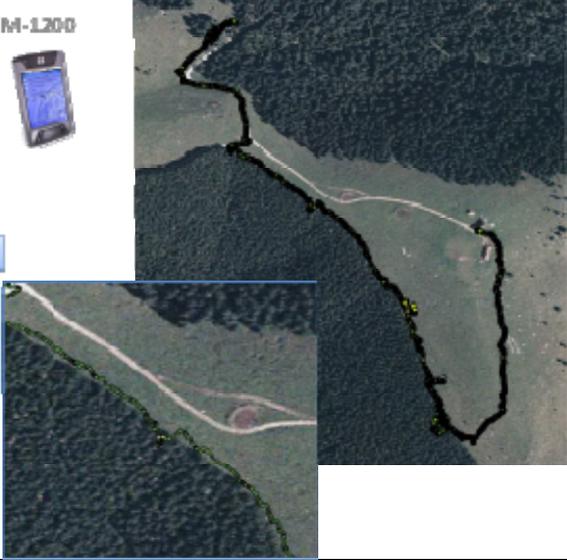
**Test Malga**

  
 Antenna Holux 32 canali

Software Arcpad 5.0

Waypoint e Tracklog in \*.shp

PDOP  
 Max: 3,7  
 Min: 1,1  
 Medio 1,5



**Commento di sintesi:**  
 Il dispositivo dotato di antenna bluetooth a 32 canali si è comportato molto bene. L'antenna ha garantito un PDOP estremamente basso con minimi di 1,1.

iPAQ &amp; HOLUX m-1200

### 3.4 Piattaforma di rilievo aereo Micro-UAV

La piattaforma Micro-UAV rappresenta, tra tutti i dispositivi analizzati nell'ambito di questa ricerca, la soluzione più innovativa presa in considerazione. Le potenzialità dell'oggetto preso in esame sono elevate e per questo motivo su questo "micro dispositivo" sono stati realizzati molti test approfonditi per poter caratterizzare al meglio le peculiarità e i punti critici.

Sulla piattaforma micro UAV sono stati realizzati diversi test che hanno portato alla realizzazione di software dedicati e alla definizione di nuove procedure operative.

#### *Strumentazione impiegata in tutti i test:*

- GPS TRIMBLE Geoexplorer XM + software Arcpad per posizionamento dei target
- Palmare HTC connessione HDSPA
- GPS Datalogger
- Macchina fotografica Nikon Coolpix p6000 con GPS integrato
- Quadrirotore con GPS e sistema di volo automatico

**Test MINI-UAV**



I test realizzati hanno riguardato soprattutto:

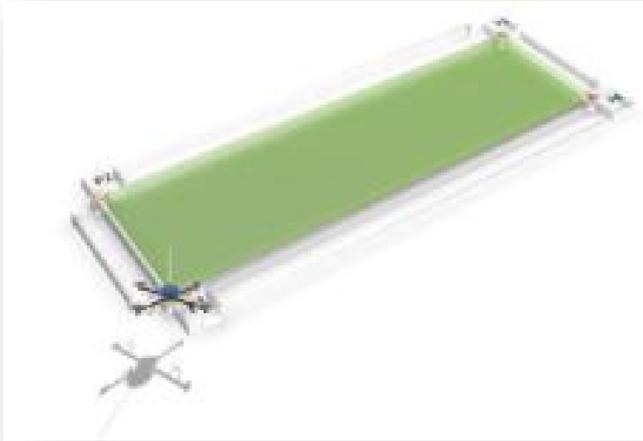
- Verifica del volo (test 1)
- Registrazione della traccia (test 2)
- Il volo autonomo (test 3)
- Scatti e impostazioni della camera (test 4)
- Test di rilievo di area estesa (test 5)
- Test su sensori specifici
- Rapid Mapping

#### **3.4.1 Test 1: Verifica del volo**

Lo scopo del test era quello di verificare le condizioni di base da cui iniziare per la predisposizione di un quadrirotore, dei tre di proprietà del gruppo di ricerca NT&ITA, per la ripresa fotografica utilizzando la macchina fotografica NIKON Coolpix P6000 con GPS integrato già in possesso del gruppo di ricerca. Inoltre si voleva testare e verificare il volo automatico inizialmente su un percorso semplice (rettangolare di dimensioni 20 x 40 mt) confrontando poi la traccia pre-impostata con la traccia effettuata dal quadrirotore e registrata da un datalogger GPS installato sul quadrirotore. Per la verifica dell'impronta a terra della macchina fotografica è stato realizzato un volo verticale a quote diverse con scatto. Il test è stato effettuato nelle campagne di Istrana, pilota Mario Pizzolon.

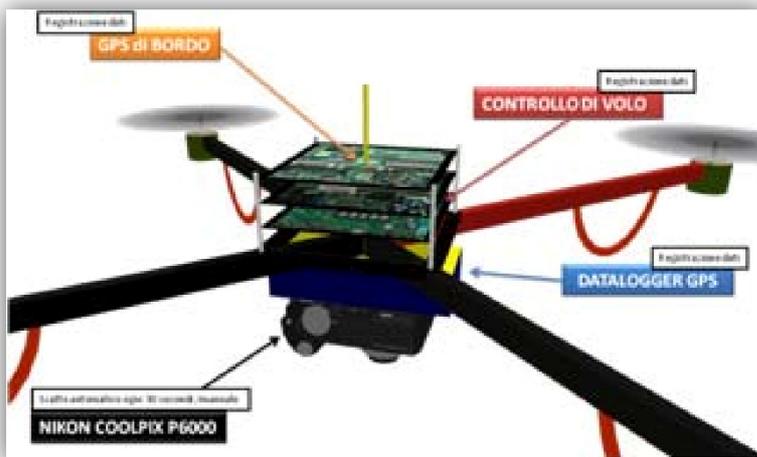
**Test 1**  
**Verifica del volo**

Area Rettangolare: Posizionamento di 4 target di dimensioni A3 sui vertici di un rettangolo di dimensioni 20 x 40 m e un target centrale sulla diagonale e successivo rilievo GPS con TRIMBLE (DOP costante 2,6 con correzione WAAS/EGNOS, numero dei satelliti sempre maggiore di 8 per tutta la durata del test). (fig.59)



*Figura 59 - Esempificazione del tracciato del volo automatico.*

I punti rilevati con il GPS TRIMBLE in formato Gradi, decimi di grado sono stati inseriti con 5 decimali nel sistema di volo automatico del quadrirotore. La macchina fotografica impostata sul programma di scatto automatico ogni 30 secondi, con GPS acceso, sistema antivibrazioni attivato e il GPS datalogger sono stati assicurati al quadrirotore in asse con l'antenna GPS del quadrirotore. Il rettangolo è stato eseguito con lo scatto automatico attivo durante il volo (fig.60).



*Figura 60 - Dotazione di bordo del quadrirotore impiegato nel test.*

L'inquadramento geografico dei target attraverso il rilievo GPS (TRIMBLE GEO XM) è risultato molto soddisfacente, il DOP sempre costante (2,6 con tratti a 2,2

e alcuni punti a 1) e l'orizzonte nella zona prescelta molto aperto. Si è comportato bene anche lo Smartphone HTC con GPS integrato con il software NONI GPS PLOT, come mostrato in figura 5 i punti cadono a distanza inferiore a 3 metri da quelli presi con il TRIMBLE e considerati come riferimento. I buoni risultati errano anche "prevedibili" dall'almanacco (figura 61).

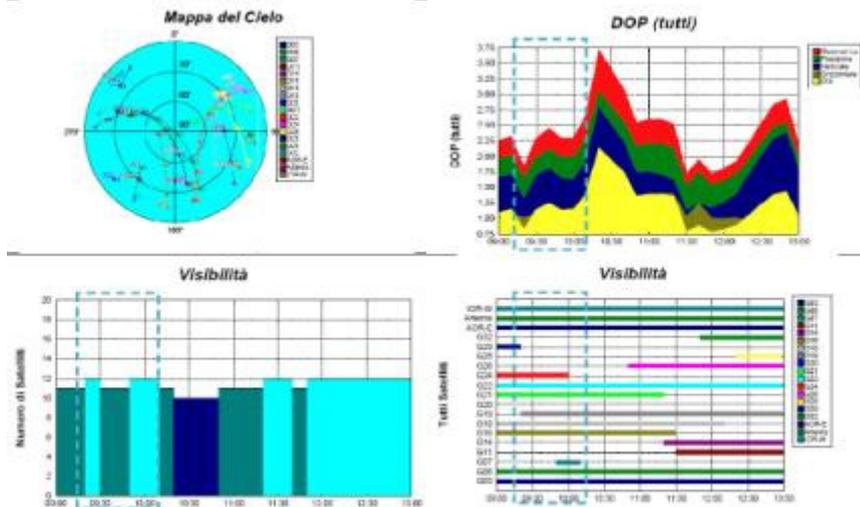


Figura 61- Almanacco della Stazione di Istrana (TV): Nord  $45^{\circ}44'$ ; Est  $12^{\circ}8'$ ; Altezza 0m - Validità: 9::00 - 13:00 (UTCC +2h) del 02/002/2010. Soglia di elevazione  $10^{\circ}$ ; Satelliti: 39 (30 GPS, 9 WAAS/EEGNOS); Ostacoli: 0%

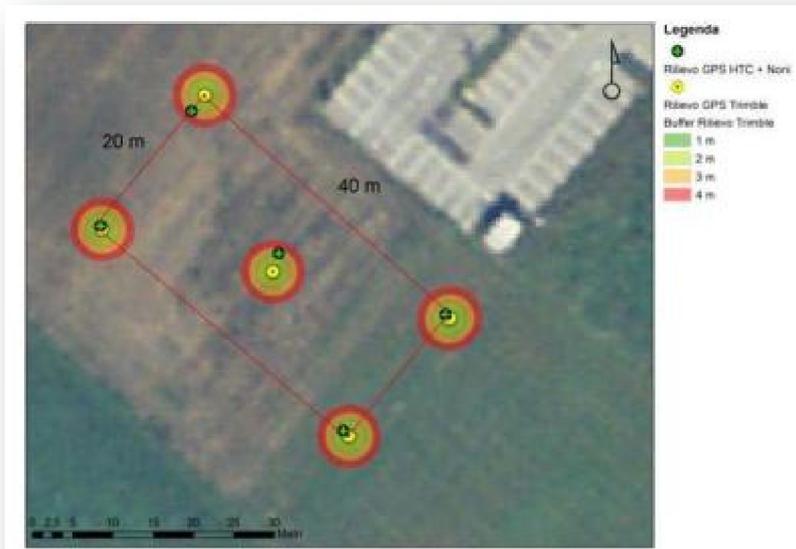


Figura 62 - Posizionamento delle mire

La traccia di volo del quadrirotore purtroppo non è stata registrata a causa di un problema legato alla micro-SD. Quest'ultima infatti è uscita dall'alloggiamento e non ha permesso la registrazione dei dati. L'unica traccia di volo disponibile è quella del datalogger installato sotto il quadrirotore. La traccia è molto complessa e con molti punti che "escono" fuori zona a causa forse di

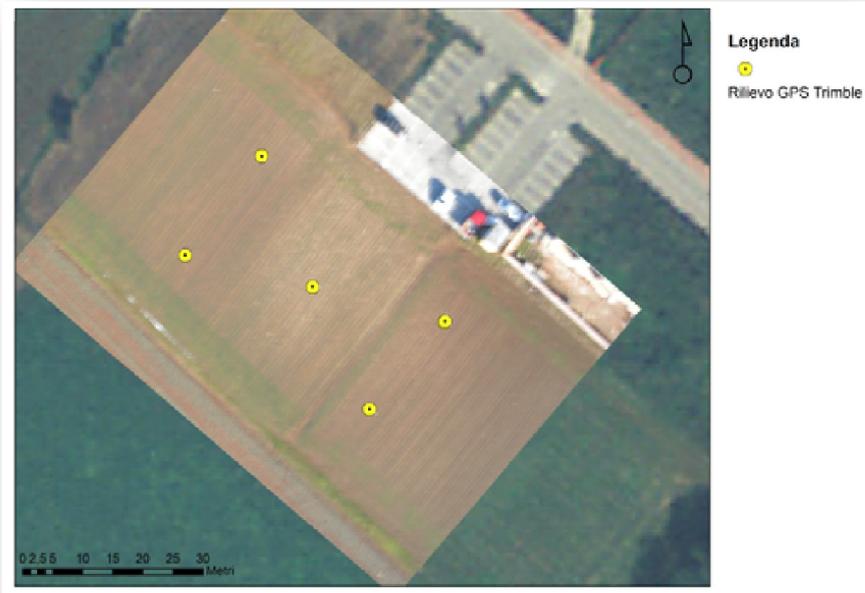
interferenze. In post produzione è stata isolata la traccia di percorso all'interno del rettangolo pre-impostato. La traccia risulta traslata verso NE di circa 12 metri dai punti GPS (fig.63).



*Figura 63 - In blu la traccia di volo*

Durante l'ascesa verticale il datalogger installato a bordo non ha funzionato e non ha fornito quindi la traccia. Le cause sono sconosciute; forse la temperatura (da  $-4^{\circ}$  a  $0^{\circ}$  durante tutta la durata del test) ha creato problemi alle batterie. Le immagini riprese durante la salita verticale sono state prese a quattro step di quota (10,30,50,85) però non riconducibili in quanto non è presente la traccia GPS. I target di dimensioni A3 (42 x 29,7 cm) sono ben visibili. Su due immagini è stato possibile fare una georeferenziazione basandosi sui target a terra.





*Figura 64 - a e b - Immagini di esempio di georeferenziazione*

Le problematiche da risolvere per i prossimi test sono molte e riguardano soprattutto l'installazione e le impostazioni della macchina fotografica con la riduzione delle vibrazioni e una migliore impostazione dello scatto. Da verificare i problemi al Datalogger GPS e al sistema di registrazione della traccia di volo.

### **3.4.2 Test 2: Registrazione della traccia di volo**

I voli e le immagini realizzabili con il quadrotore sono stati analizzati anche grazie a l'attività svolta in questo campo dal Dott. Geol. Mario Pizzolon. I risultati più interessanti sono rappresentati dalle riprese con tecnologia FPV (First Person View) realizzati a Cencenighe Agordino e diversi scatti fotografici anche a quote alte (300mt) il tutto visibile sul sito del laboratorio: [www.ricercasit.it/laboratori/microdispositivi](http://www.ricercasit.it/laboratori/microdispositivi).

E' stata analizzata anche una traccia registrata dal quadrotore per descrivere i parametri che il quadrotore registra sul file di log relativo alla traccia di volo.

La traccia viene memorizzata su una micro-sd in formato GPX (cfr. paragrafo 1.2, pag.20) con alcuni attributi estesi che risultano molto interessanti per applicazioni di tipo fotogrammetrico.

La traccia di volo viene registrata sulla microSD installata a bordo del quadrotore in due formati:

-gpx:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<gpx creator="NC" version="1.0" >
<metadata>
<link href="http://www.mikrokopter.de">
<text>MikroKopter</text>
```

**Test 2**  
**Registrazione della**  
**traccia di volo**

```

</link>
</metadata>
<trk>
<name>Flight</name>
<trkseg>
<trkpt lat="+46.5018245" lon="+12.4779325">
<ele>7.320</ele>
<time>2009-10-18T09:38:38Z</time>
<sat>7</sat>
<extensions>
<Course>092</Course>
<GroundSpeed>138</GroundSpeed>
<FlightTime>3</FlightTime>
<Voltage>12.1</Voltage>
<RCQuality>195</RCQuality>
<Compass>078</Compass>
<NickAngle>002</NickAngle>
<RollAngle>000</RollAngle>
<NCFlag>01</NCFlag>
<TargetBearing>000</TargetBearing>
<TargetDistance>0</TargetDistance>
<RCSticks>4, 0, 0</RCSticks>
<GPSSticks>0, 0, 0</GPSSticks>
</extensions>
</trkpt>
<trkpt lat="+46.5018238" lon="+12.4779537">
<ele>7.346</ele>
<time>2009-10-18T09:38:39Z</time>
<sat>7</sat>
<extensions>
<Course>094</Course>
<GroundSpeed>183</GroundSpeed>
<FlightTime>4</FlightTime>
<Voltage>12.0</Voltage>
<RCQuality>199</RCQuality>
<Compass>082</Compass>
<NickAngle>000</NickAngle>
<RollAngle>-02</RollAngle>
<NCFlag>01</NCFlag>
<TargetBearing>000</TargetBearing>
<TargetDistance>0</TargetDistance>
<RCSticks>1, -2, 0</RCSticks>
<GPSSticks>0, 0, 0</GPSSticks>
</extensions>
</trkpt>

```

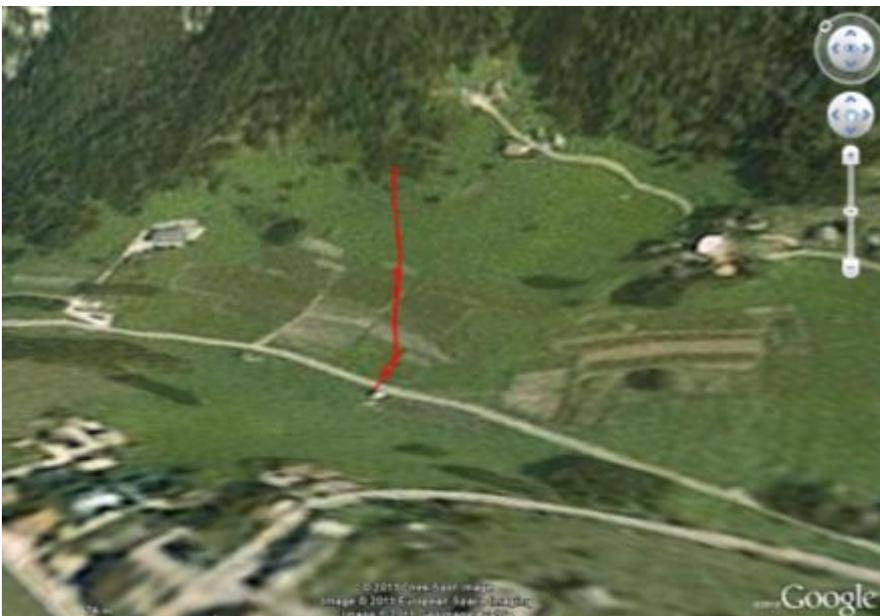
Analizzando il file, oltre ai tag standard che definiscono l'XML è importante elencare la quantità di informazioni presenti nei tag di Extension:

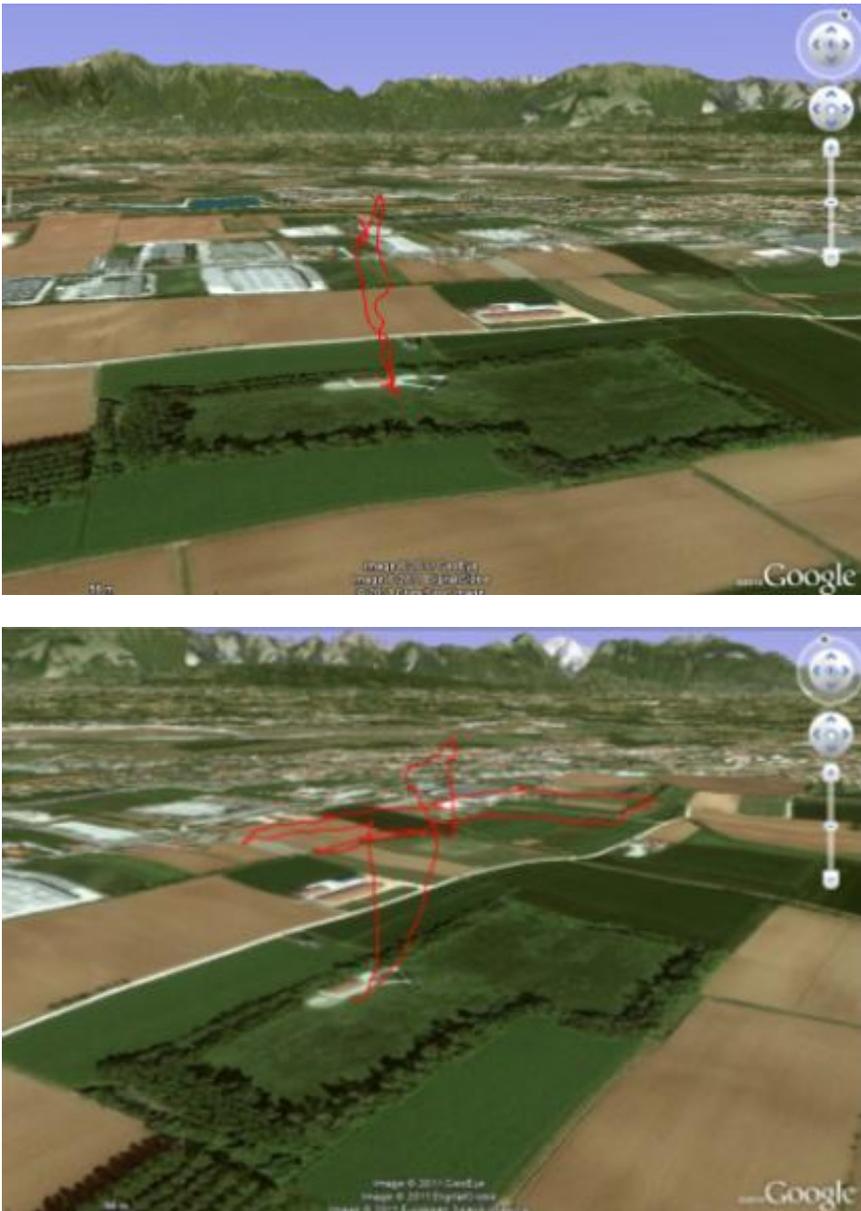
<b>Velocità</b>	GroundSpeed>138 /GroundSpeed>	138 m/s
<b>Tempo di volo</b>	FlightTime>3 /FlightTime>	3 min
<b>Voltaggio batteria</b>	Voltage>12.1 /Voltage>	12,1 V

<b>Qualità di ricezione segnale radio</b>	RCQuality>195	/RCQuality>			195 db
<b>Direzione rispetto al nord</b>	Compass>078	/Compass>			78°N
<b>Angolo di pitch</b>	NickAngle>002	/NickAngle>			2°
<b>Angolo di roll</b>	RollAngle>000	/RollAngle>			0°
	NCFIag>01	/NCFIag>			1
<b>Direzione rispetto al target</b>	TargetBearing>000	/TargetBearing>			0
<b>Distanza dal target</b>	TargetDistance>0	/TargetDistance>			0
	RCSticks>4,	0	0	/RCSticks>	4
	GPSSticks>0,	0	0	/GPSSticks>	0

Che rappresentano di fatto i parametri di volo e di assetto in volo del quadrirotore.

- kml, formato di Google Earth (Cfr. paragrafo 1.2, pag. 26) che possono essere visualizzate con il software Google Earth, come riportato nella immagini seguenti.





*Figura 65 - Esempi di traccia di volo visualizzati su Google Earth ®.*

### **3.4.3 Test 3: Volo automatico**

Lo scopo del test era quello di verificare il comportamento in volo automatico del quadricottero fornendo un piano di volo, controllando a terra la telemetria del velivolo trasmessa a terra e realizzando una prima serie di scatti.

Il test si è svolto nella ex-cava di ghiaia di Istrana (TV), zona che viene impiegata dal gruppo di lavoro come campo volo per i test.

Per questo test è stata predisposta la stazione di Terra del quadricottero, rappresentata da un notebook dotato di:

- Software GIS e per elaborazione delle immagini;
- Trasmissione radio con il velivolo con tecnologia radio xBee.
- Videoserver convertitore analogico-digitale per video streaming
- Software telemetria e gestione del piano di volo (cfr. paragrafo 1.4.3).

**Test 3**  
**Volo automatico**

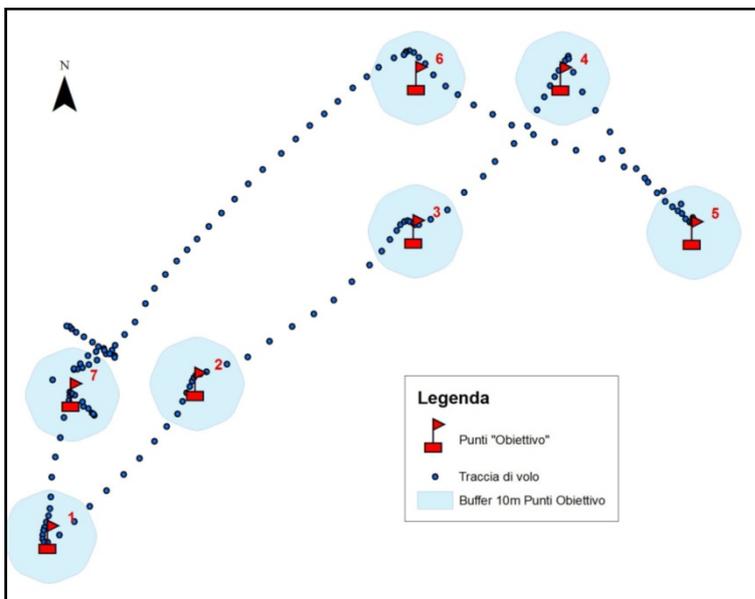
Il velivolo dotato di :

- Antenna GPS
- Sistema di controllo del volo (flight control e navi control)
- Micro SD
- Trasmettitore xBee
- Culla stabilizzata



*Figura 66 - Quadrirotore in assetto di volo.*

Il volo reimpostato si sarebbe dovuto svolgere lungo 8 punti di interesse (waypoint - "Punti Obiettivo") da percorrere in sequenza, con un tempo di stazionamento per ogni punto di 8 secondi e un buffer di raggio 5 m. Una volta rientrato a terra è stata analizzata la traccia registrata sulla microSD presente a bordo del quadrirotore e i waypoint che erano stati forniti come input.



*Figura 67 - Schema del test di volo automatico - In rosso i waypoint, in blu la traccia di volo, in azzurro il buffer di 10 mt.*

<b>punto obiettivo</b>	<b>PiBB</b>	<b>PiBA</b>	<b>Pt</b>	<b>DM (metri)</b>
1	8		8	3,69
2	8	4	12	2,96
3	8	3	11	3,94
4	8	4	12	4,05
5	8	5	13	4,60
6	8	3	11	5,59
7	8	4	12	6,88
<u>media</u>	8	3,8	11,3	4,5

Legenda:

**PiBB** - punti all'interno del buffer prima di cambiare obiettivo (velocità bassa con traiettoria tendenzialmente circolare intorno all'obiettivo).

**PiBA** - punti all'interno del buffer dopo aver cambiato obiettivo (in accelerazione).

**Pt** - punti totali all'interno del buffer

**DM** - distanza media dall'obiettivo dei punti entro il buffer (metri)

Analizzando la traccia di volo e la tabella con i valori calcolati si identifica che:

- l'obiettivo di 8 secondi per punto obiettivo viene perfettamente rispettato;
- inoltre, in questo arco temporale la velocità è ridotta e la traiettoria è tendenzialmente circolare intorno all'obiettivo;
- durante la permanenza nell'area di buffer, non sembra che il quadrotore tenda ad avvicinarsi il più possibile al punto obiettivo, gli è sufficiente tenersi dentro il buffer;
- i 3 o 4 secondi di uscita dall'area di buffer, dopo che è avvenuto il cambio di obiettivo, producono molto probabilmente immagini mosse perché il quadrotore accelera vistosamente in vista del suo prossimo obiettivo;
- in complesso ci sono circa 11 punti all'interno del buffer di 10m di ciascun obiettivo, per un totale di 79 punti (scatti) "buoni" vicino al target;
- la distanza media dall'obiettivo dei punti entro il buffer è di 4,5 metri;
- si osserva un peggioramento di questa distanza man mano che il volo procede dal primo all'ultimo punto: si passa da circa 3 metri per i primi tre punti obiettivo ai 6-7 degli ultimi due punti obiettivo, segno di un "affaticamento" del sistema di sensori che coadiuvano il volo.

### 3.4.4 Test 4: Scatti e impostazioni della fotocamera

La fotografia aerea, nel visibile ma anche nell'infrarosso compatibilmente alla disponibilità di sensori trasportabili dalla piattaforma, è uno dei campi di applicazione a cui si tende più naturalmente anche nel campo della ricerca.

Il motivo per cui è stato realizzato il test è legato alla corretta impostazione di scatto della fotocamera. La fotocamera impiegata a bordo del quadricotore è la Nikon Coolpix P6000, con le caratteristiche tecniche già descritte nel paragrafo 1.3.3, pagina 26.

La fotocamera era già stata impiegata a bordo del quadricotore ma senza un culla appositamente realizzata e con risultati non troppo soddisfacenti.

Sulle dimensioni di questa fotocamera compatta è stata costruita la culla che permette di mantenere la "nadiralità" degli scatti e, sempre su questa fotocamera, sono stati effettuati dei test per ricostruire i parametri di orientamento interno utili per l'impiego "fotogrammetrico" della stessa.

#### Test 4 Scatti e impostazione della camera

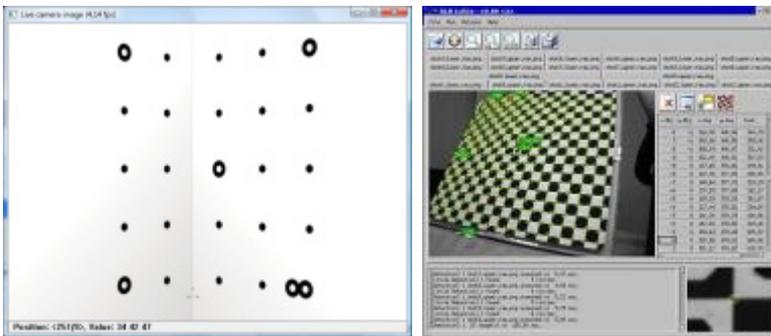


Figura 68 - Schermate del software per la calibrazione della camera.

I parametri di assetto interno della camera sono stati ricostruiti con l'impiego di un software specifico che ha fornito la seguente scheda di sintesi:

```
Status Report Tree

Project Name: *** NIKON p 6000 ***
Information from most recent processing
Last Processing Attempt: Thu Oct 07 10:51:52 2010
Status: successful
Processing Options
Orientation: off
Global Optimization: on
Calibration: on (full calibration)
Constraints: off
Total Error
Number of Processing Iterations: 3
Number of Processing Stages: 2
First Error: 3.843
Last Error: 3.807
Precisions / Standard Deviations
Camera Calibration Standard Deviations
Camera1: COOLPIX P6000 [6.00]
Focal Length
Value: 6.413415 mm
Deviation: Focal: 0.002 mm
Xp - principal point x
```

Value: 3.903279 mm  
 Deviation: Xp: 9.3e-004 mm  
 Yp - principal point y  
 Value: 2.897293 mm  
 Deviation: Yp: 0.001 mm  
 Fw - format width  
 Value: 7.715424 mm  
 Deviation: Fw: 3.8e-004 mm  
 Fh - format height  
 Value: mm  
 K1 - radial distortion 1  
 Value: 5.209e-003  
 Deviation: K1: 2.4e-005  
 K2 - radial distortion 2  
 Value: -1.174e-004  
 Deviation: K2: 1.3e-006  
 K3 - radial distortion 3  
 Value: 0.000e+000  
 P1 - decentering distortion 1  
 Value: 1.313e-004  
 Deviation: P1: 7.0e-006  
 P2 - decentering distortion 2  
 Value: 5.890e-005  
 Deviation: P2: 8.1e-006

#### Quality

##### Photographs

Total Number: 12  
 Bad Photos: 0  
 Weak Photos: 0  
 OK Photos: 12  
 Number Oriented: 12  
 Number with inverse camera flags set: 0

##### Cameras

Camera1: COOLPIX P6000 [6.00]  
 Calibration: yes  
 Number of photos using camera: 12  
 Average Photo Point Coverage: 77%

##### Photo Coverage

Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage: 0

##### Point Marking Residuals

Overall RMS: 0.476 pixels  
 Maximum: 6.145 pixels  
 Point 80 on Photo 6  
 Minimum: 0.216 pixels  
 Point 41 on Photo 7  
 Maximum RMS: 2.128 pixels  
 Point 80  
 Minimum RMS: 0.145 pixels  
 Point 41

##### Point Tightness

Maximum: 0.0034 m  
 Point 80  
 Minimum: 0.00021 m  
 Point 85

##### Point Precisions

Overall RMS Vector Length: 0.000127 m  
 Maximum Vector Length: 0.000137 m  
 Point 88  
 Minimum Vector Length: 0.000124 m  
 Point 1001  
 Maximum X: 6.86e-005 m  
 Maximum Y: 6.9e-005 m  
 Maximum Z: 9.74e-005 m  
 Minimum X: 5.89e-005 m  
 Minimum Y: 5.88e-005 m  
 Minimum Z: 9.12e-005 m

Altre impostazioni da configurare hanno riguardato:

- Lo scatto multiplo, impostato su sequenza con scatto ogni 2 secondi.
- La messa a fuoco a infinito.
- L'alloggiamento della camera sulla culla.

In seguito sono stati realizzati una serie di scatti nell'area del ex-cava usata come campo volo/test.



*Figura 69 - Esempio di scatto con dettaglio.*

Sono stati effettuati anche numerosi voli per testare lo scatto, la rotazione e l'assetto della fotocamera.



*Figura 70 - Raccolta di alcuni scatti realizzati.*

### 3.4.5 Test 5: Test di rilievo di area estesa

Alla luce di tutti i risultati e i parametri ottenuti da tutti i test precedenti è stato effettuato un test conclusivo sull'area di volo della ex-cava con l'obiettivo di realizzare la copertura fotografica aerea completa della cava stessa.

Il test ha riguardato:

- un volo automatico a quota di 90 m con 8 waypoint a copertura completa della cava, con stazionamento di 12 secondi per punto e buffer di 3 mt.
- realizzazione di scatti nadirali automatici ogni 2 secondi a copertura completa dell'area.
- Test della procedura automatica di georeferenziazione "Rapid Mapping" che verrà descritta più avanti nel paragrafo 3.4.8.
- Mosaicatura e georeferenziazione manuale del mosaico di copertura dell'intera area.

#### *Punto uno: Volo automatico*

Il volo si doveva tenere lungo 8 punti di interesse (waypoint - "Punti Obiettivo") con un tempo di stazionamento per ogni punto di 8 secondi e un buffer di 10 m.

**Test 5**  
**Test di rilievo di area estesa**

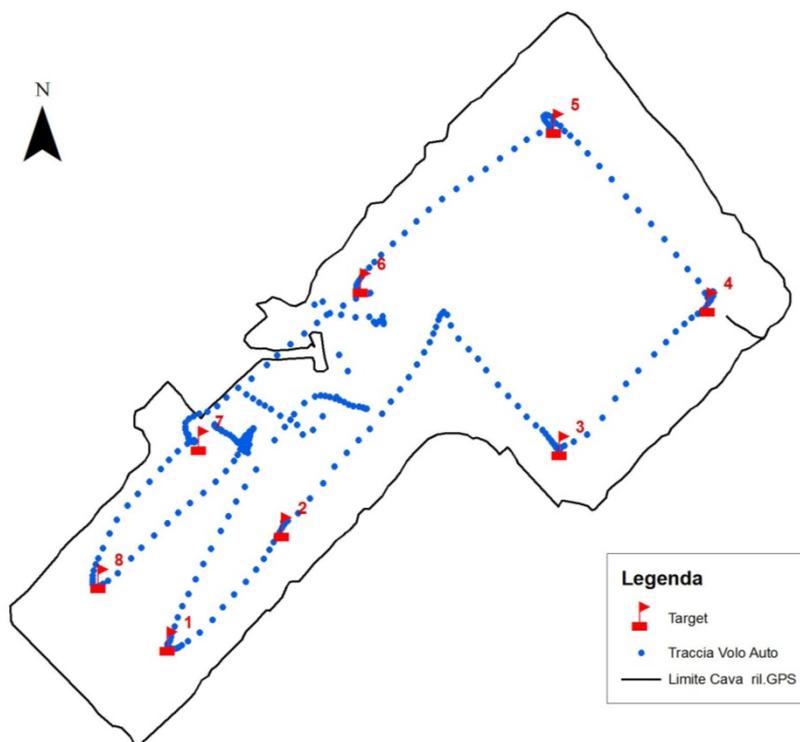


Figura 71 - Schema di volo di "area estesa".

<b>punto obiettivo</b>	<b>PiBB</b>	<b>PiBA</b>	<b>Pt</b>	<b>DMq (metri)</b>	<b>DMS (metri)</b>	<b>Msq</b>
1	10	-	10	1,73	1,51	0,13
2	12	2	14	1,75	1,00	0,51
3	12	2	14	1,40	1,44	0,09
4	9	1	10	2,20	2,20	0,13
5	6	2	8	2,79	1,76	0,16
6	9	0	9	2,42	2,11	0,15
7	9	1	10	1,49	1,91	1,05
8	12	2	14	2,43	2,45	0,09
<u>media</u>	9,9	1,43	11,12	2,04	1,8	0,29

Legenda:

**PiBB** - punti all'interno del buffer prima di cambiare obiettivo (velocità bassa con traiettoria tendenzialmente circolare intorno all'obiettivo).

**PiBA** - punti all'interno del buffer dopo aver cambiato obiettivo (in accelerazione).

**Pt** - punti totali all'interno del buffer

**DMq** - distanza media dall'obiettivo dei punti entro il buffer (metri) - secondo il quadrirotore.

**DMS** - distanza media dall'obiettivo dei punti entro il buffer (metri) - a giudicare dallo shp.

**Msq** - media della distanza tra il punto in cui crede di essere il quadrirotore e il punto che risulta dallo shp.

Analizzando i dati si rileva che:

- solo per tre punti (2-3-8) è stato raggiunto effettivamente l'obiettivo di 12 scatti/secondi/punti entro un raggio di 3 metri;

- per il punto 5 soltanto sei scatti/secondi/punti sono effettivamente dentro il buffer;

- per quattro punti (4,5,6,8) la distanza media dei 12 punti che il quadrirotore considera buoni è superiore ai 2 metri;

- si osserva una discrepanza tra la percezione del quadrirotore di "se stesso" e la sua localizzazione effettiva rispetto ai target;

- per il punto 5 soltanto sei scatti/secondi sono effettivamente dentro il buffer.

*Punto Secondo: Scatti fotografici*

Durante il volo, con la fotocamera installata a bordo, è stata realizzata una copertura fotografica di tutta la cava.

In totale sono stati realizzati 37 scatti, 14 dei quali sono stati mosaicati e georeferiti manualmente ottenendo la copertura completa dell'area di cava.



Figura 72 - a) Mosaicatura manuale; b) Traccia di volo realizzata durante il volo.

I risultati ottenuti da questo test sono molto soddisfacenti, gli scatti, una volta mosaicati e georeferiti hanno permesso di realizzare una immagine ad alta risoluzione della cava in tutta la sua totalità. Il volo automatico è stato preciso e molto stabile anche nella quota.

La piattaforma risulta affidabile e impiegabile per coprire zone con dimensioni simili a quelle dell'area di test (250 x 150 m ) in tempi contenuti (7 minuti di volo totali), lo scarto degli scatti (principalmente dovuti alla difficoltà di messa a fuoco automatica ) è ancora elevato (circa 20 scatti su 34 sono "mossi") ed è legato probabilmente alla forte accelerazione che il quadrotore ha negli spostamenti tra un waypoint e il successivo.

### 3.4.6 Test 6: Stereo coppia

Sfruttando il volo automatico sono stati programmati due punti di stazionamento che hanno permesso la realizzazione di due scatti con una sovrapposizione laterale di almeno il 60%.

In questo modo è possibile realizzare una stereo coppia che di fatto permette di creare un modello 3D a partire da due scatti.

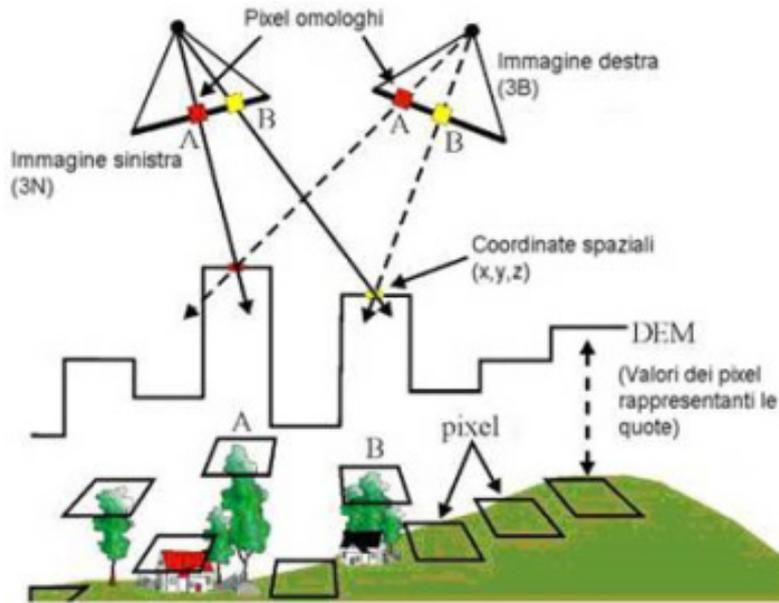
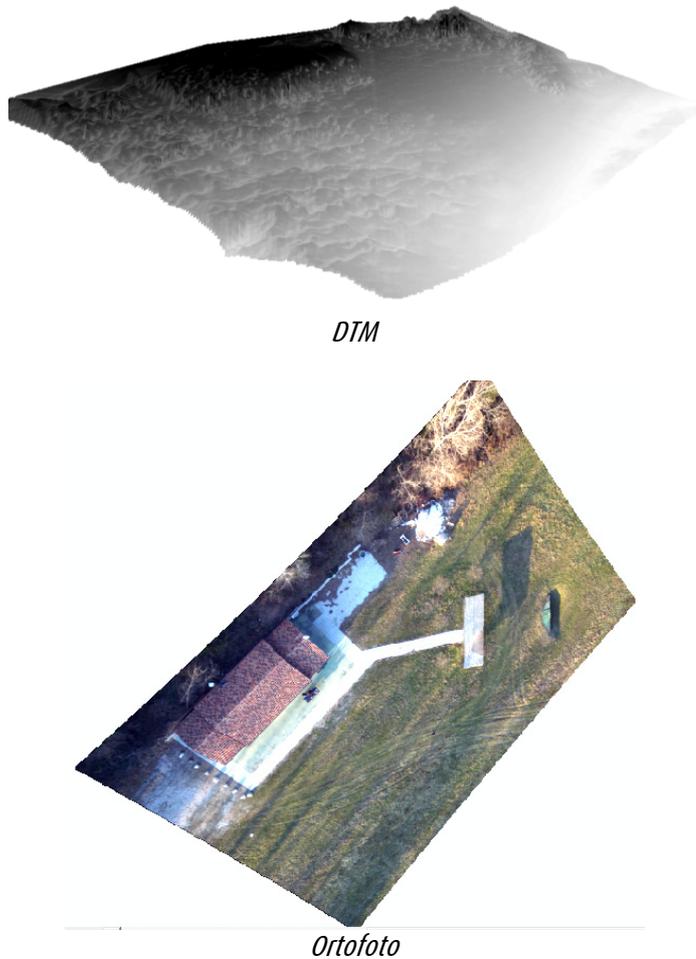


Figura 73 - Schema dell'estrazione del DEM da stereo coppia.

Utilità:

- Visione in 3D
  - Realizzazione di Modelli digitali del terreno a basso costo
  - Scatto automatico o manuale.
  - Gestione delle possibili repentine variazioni di quota.
- Criticità sono legate a:
- Mantenimento della rotta in automatico (?) e sovrapposizione degli scatti.
  - Georeferenziazione: punti a terra o no?
  - Fotorestituzione





*Figura 81 - a) Stereocoppia di partenza; b) Estrazione del DTM; c) Realizzazione dell'Ortofoto.*

### **3.4.7 Sensoristica dedicata**

Il velivolo si presta ad essere impiegato per molteplici attività di rilievo installando a bordo diversi sensori. Il "filtro" che determina la scelta del sensore da installare a bordo del velivolo è basato sul peso dell'oggetto, sul suo sistema di alimentazione e sulla "velocità di campionamento" (sia in caso di macchina fotografica che di sensore chimico). Le tecnologie individuate e impiegabili sul quadricotore sono di tipo multi spettrale, visibile RGB, sensori ambientali MEMS, Laser scanner.

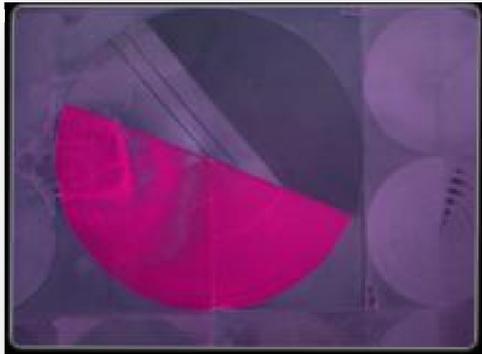
Tra i sensori individuati alcuni sono stati testati sul quadricotore e sono riportate nei paragrafi successivi.

#### **Multispettrale TETRACAM ADC lite**

Per l'impiego sul quadricotore mini-UAV è stata individuata una camera multi spettrale a 3 bande di piccole dimensioni (TETRACAM ADC LITE) e peso contenuto (200gr ca.) da impiegare in analisi ambientali dove è necessaria la componente NIR (Near Infra Red).



Tetracam



*Figura 82- Tetracam ADC Lite ed esempio di composite NDVI*

Camera multispettrale (Green, Red & NIR) con risoluzione di 3.2 megapixel (CMOS sensor, 2048x1536).

Immagini memorizzabili in 3 diversi formati:

10 bit DCM, 8 bit RAW e 10 bit RAW.

Dimensioni: 114mm x 77mm x 22mm

Peso: 200gr.

Alimentazione: 5-12 V DC

Ingresso dedicato RS232 per NMEA GPS

Con la fotocamera è effettuare diverse elaborazioni: NDVI, SAVI, Canopy Segmentation e il rapporto NIR/Green.

La camera in oggetto è stata impiegata su un volo test realizzato su un vigneto in Toscana.

Durante il volo si sono avuti problemi legati alla corretta esposizione della camera, gli scatti ottenuti sono prospettici e parziali rispetto all'iniziale progetto di rilievo.



*Figura 83 - Composite falsi colori*



*Figura 84 - Area del vigneto*

## **Fotografia nel visibile**

La fotografia e la ripresa aerea sono tra le prime aree di ricerca e sviluppo che hanno impegnato appassionati e ricercatori nel campo dei quadricotteri e in generale dei sistemi UAV. Il problema maggiore nell'impiego di macchine fotografiche e video camere a bordo dei velivoli è rappresentato dalle vibrazioni. Altre difficoltà si hanno nello scatto, nella messa a fuoco e nella distorsione di alcune lenti. I problemi relativi alle vibrazioni sono risolvibili con l'impiego di culle dotate di sistemi di smorzamento delle vibrazioni.

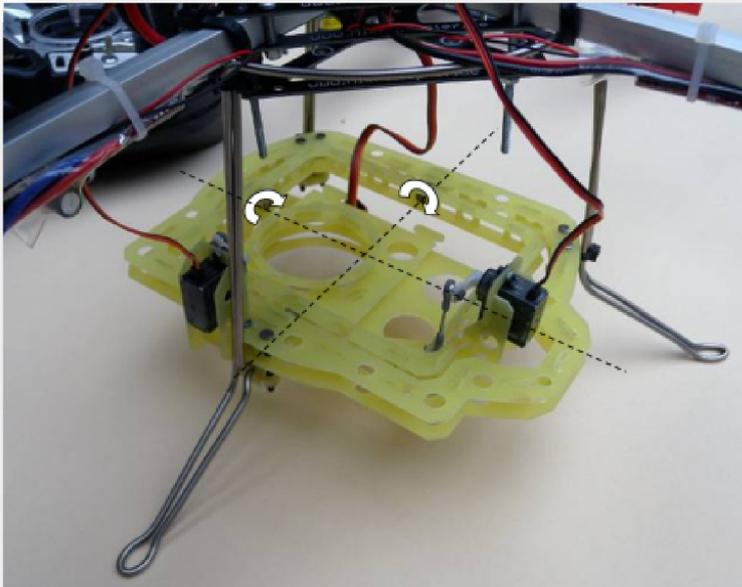
**Fotografia aerea**



*Figura 85 - Culla artigianale per il montaggio di fotocamera*

Tali culle sono dotate di servo comandi dedicati alla pressione del pulsante di scatto qual'ora la macchina fotografica non sia automatizzata con intervalli di scatto temporizzati.

Recentemente sono state realizzate culle servo assistite che rilevano l'assetto del velivolo e correggono la "nadiralità" dello scatto correggendo l'assetto della culla su due assi, come mostrato in figura seguente.



**Culla stabilizzata**

*Figura 86 - culla nadirale stabilizzata.*

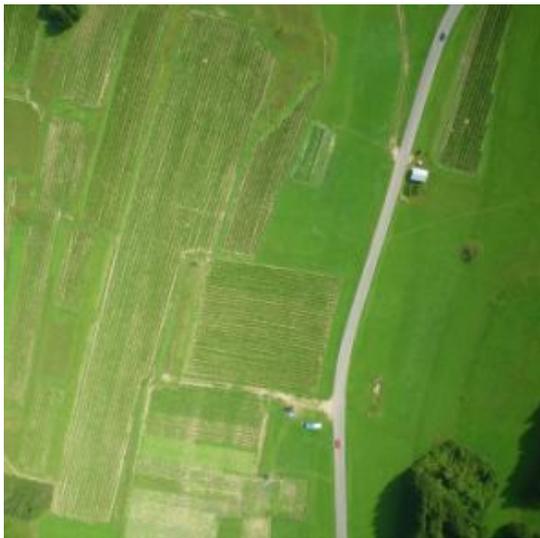
Con l'impiego di queste culle è possibile realizzare scatti prospettici con inclinazioni regolabili e scatti nadirali.



a



b



c

*Figura 87 -a) Scatto prospettico su infrastruttura viaria; b) scatto nadirale del centro storico della città di Feltre; c) scatto nadirale ad alta quota.*

## Laser scanner

Recentemente l'evoluzione e la miniaturizzazione di diverse componenti ha permesso la realizzazione di Laser Scanner di piccole dimensioni, basso peso e bassi consumi. In particolare la società Giapponese Hokuyo sta sviluppando diverse soluzioni. In particolare l'Hokuyo's URG-04LX con range di scansione da 20 centimetri a 4 metri (1mm di risoluzione, 240° apertura e 0,36° di risoluzione angolare), ha bassi consumi (5v 500ma), interfaccia USB serial (RS-232) e peso contenuto.

### Laser Scanner

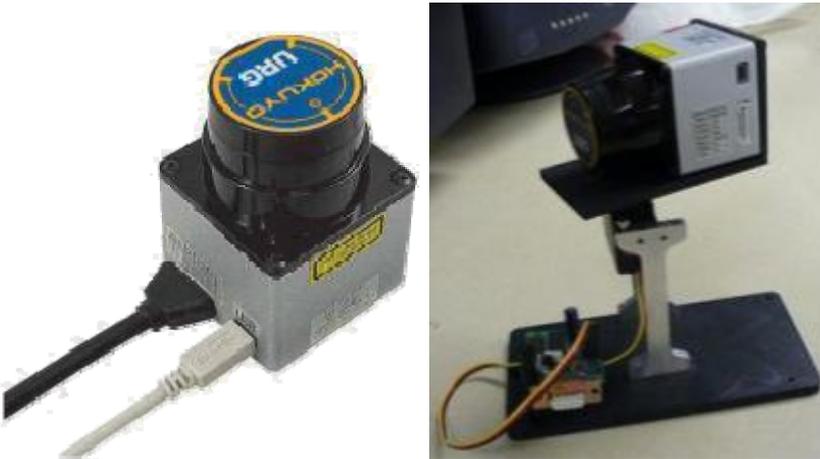
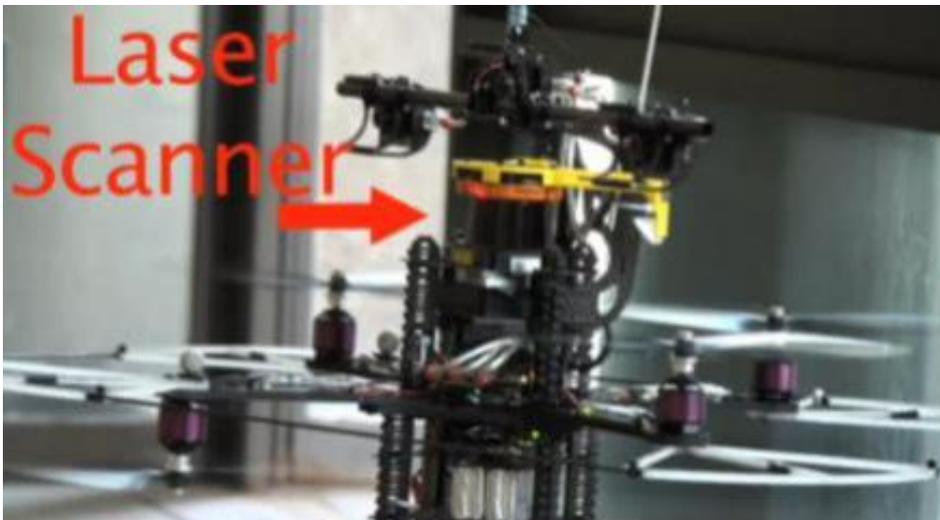
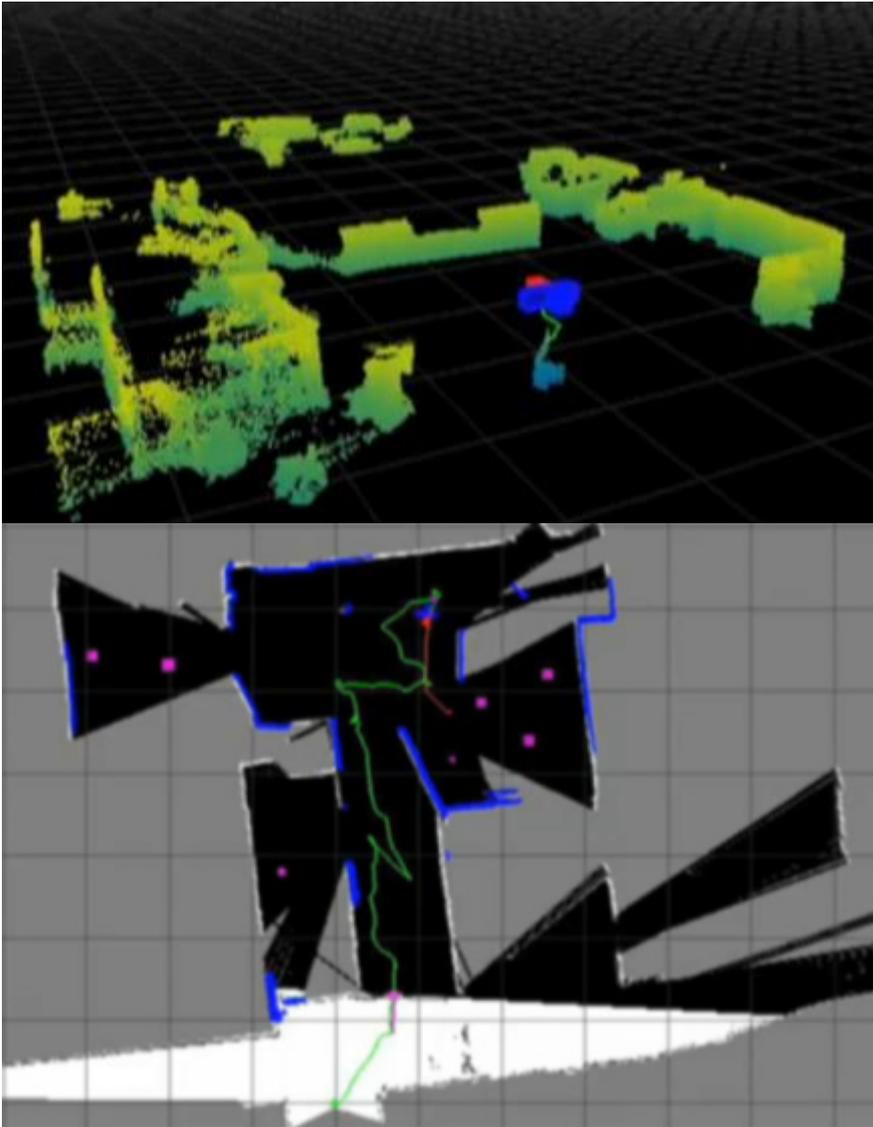


Figura 88 - Laser scanner Hokuyo's





*Figura 89- Esempio di rilievo dell'ambiente tramite laser scanner installato sul quadrotore. Il laser scanner è stato utilizzato dal MIT di Boston.*

Il velivolo con installato il laser scanner ricostruisce l'ambiente circostante e in tempo reale lo elabora ricreandosi lo spazio reale in cui si muove. In questo modo il velivolo può volare in automatico superando ostacoli complessi anche all'interno di edifici o in luoghi senza la copertura GPS o di altre tecniche di posizionamento radio.

Non è stato possibile testare il nostro velivolo con un sistema laser scanner, tuttavia nel panorama degli enti di ricerca su velivoli UAV sono numerosi i video che nostrano l'impiego dei laser scanner su velivoli multi rotori.

(Visualizzare per il dettaglio il video: "Robust Aerial Navigation in GPS-Denied Environments" su Youtube).



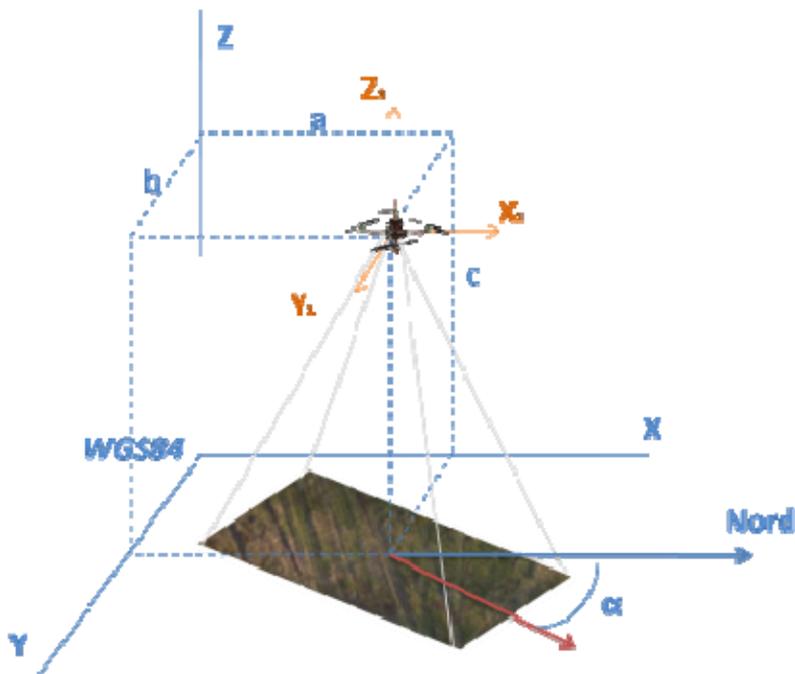
### 3.4.8 Rapid Mapping – georeferenziazione automatica

La procedura che prende il nome di “Rapid Mapping” è stata realizzata dal gruppo di ricerca IUAV sui quadricotteri in collaborazione con lo spin-off Unisky s.r.l. e sfrutta diverse peculiarità del quadricottero.

Un metodo di volo caratteristico del multicottero è rappresentato dall’hovering (possibilità di stazionare in volo a quote prestabilite) attraverso questa peculiarità si possono realizzare degli scatti nadirali mantenendo la verticale su un punto.

Inoltre l’elettronica di bordo dei multi rotori è composta anche da una stazione inerziale (IMU) basata su giroscopi e accelerometri, i parametri e in particolare gli angoli sui diversi assi nelle tre dimensioni sono registrati e vengono impiegati in post processing per ricostruire l’assetto in volo al momento dello scatto. In questo modo la distorsione dello scatto può essere corretta attraverso gli angoli registrati sul file di log del quadricottero.

#### Rapid Mapping



Nella figura è schematizzato come il punto di scatto di ogni immagine possa essere identificato per ogni istante di volo ricostruendo la sua posizione nello spazio ( $X_1, Y_1, Z_1$ ), l’angolo rispetto al nord ( $\alpha$ ).

Altro parametro importante all’interno di questa procedura è rappresentato dalle caratteristiche dell’ottica della macchina fotografica e dal fattore di scala, che nel caso della camera installata è di 1,23 (ad 1 metro di distanza dal target, la lunghezza del lato lungo dello scatto è di 1,23 mt..

La combinazione tra hardware (rappresentato dalla culla stabilizzata) e software (che analizza gli assetti al momento dello scatto e la quota) permette di effettuare una georeferenziazione automatica in tempi rapidi degli scatti nadirali realizzati. Al rientro a terra del multi rotore gli scatti realizzati vengono

processati congiuntamente alla traccia di volo e ai parametri di assetto, ottenendo in uscita dei file immagine in formato \*.jpg con associato il relativo file di georeferenziazione \*.jpw.

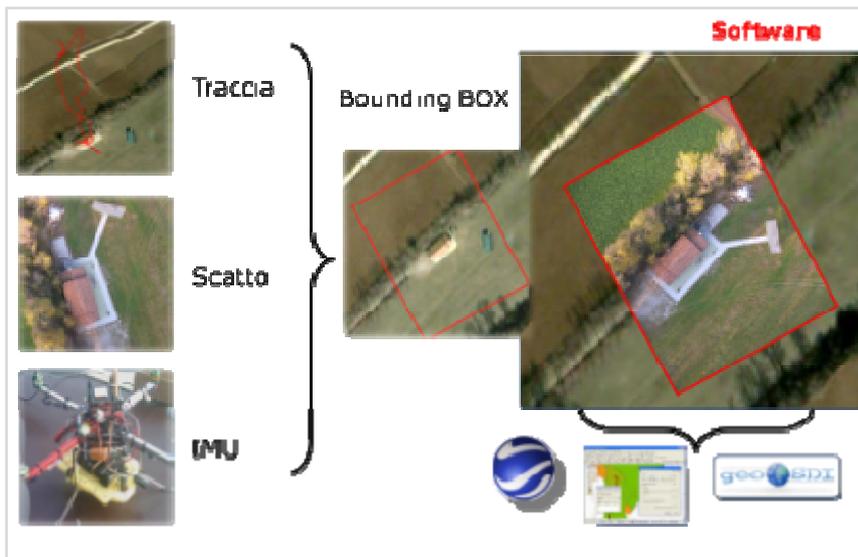
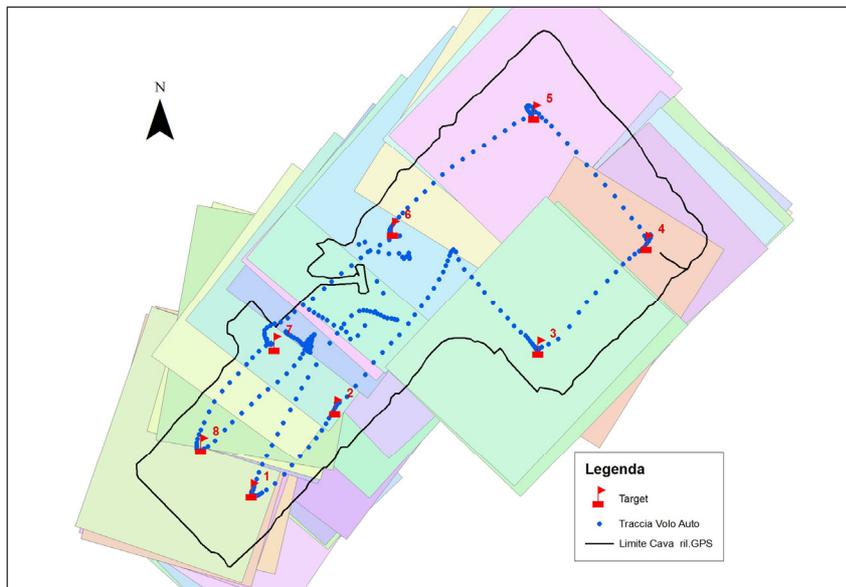


Figura 90

La procedura testata nell'area di cava ha fornito risultati molto soddisfacenti, da prima vengono realizzati i "bounding box" di ogni singola immagine e successivamente creato il file di georeferenziazione di ogni singolo scatto in formato \*.jgw (jpeg world file). Come output sono stati creati anche i file in formato kml/kmz visualizzabili su Google Earth (fig. 91).



a

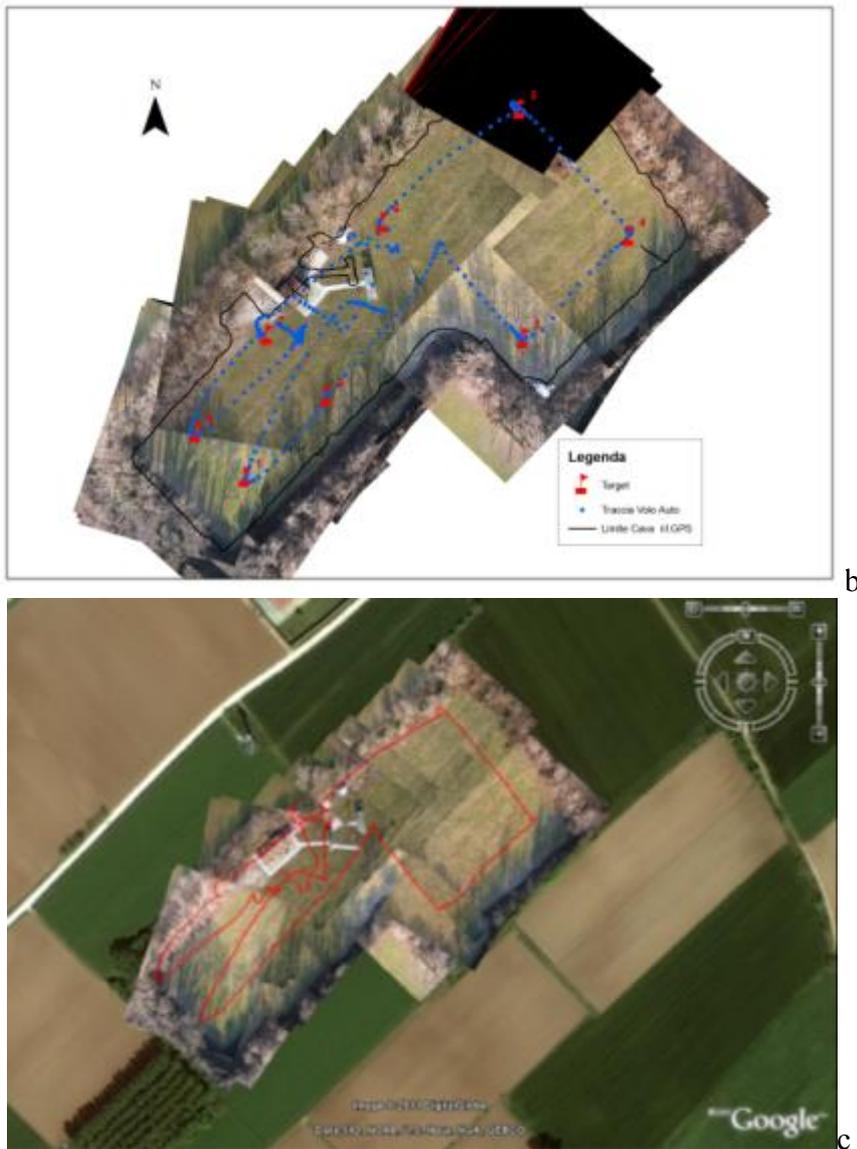


Figura 91 – Procedura di Rapid Mapping: a) copertura dei bounding box di tutta l’area; b) scatti georiferiti riportati su piattaforma GIS – in blu la traccia di volo; c) scatti in formato kml visualizzati su Google Earth.

### 3.4.9 Micro-UAV per le applicazioni di Protezione Civile – l’attività al Terex 2010.

In questo paragrafo viene illustrata l’attività svolta dal microdrone I-UAV 2 e dal gruppo di lavoro Unisky/Iuav nell’attività di Rapid Mapping realizzata all’interno dell’esercitazione nazionale di Protezione Civile “Terex 2010” che si è tenuta in Toscana nei giorni dal 23 al 28 Novembre 2010.

L’attività svolta si inserisce nei test che il gruppo di ricerca IUAV – Unisky sta realizzando con l’impiego di una piattaforma aerea UAV (Unmanned Aerial Vehicle) multirotore, volti ad analizzare le potenzialità e le tecniche di impiego

di questa piattaforma innovativa relative allo streaming video, al rapid mapping e applicazioni di fotogrammetria.

### *Terex 2010*

Terex è l'acronimo di *Tuscany Earthquake Relief Exercise*, la più grande esercitazione di Protezione civile mai effettuata in Italia, che per tre giorni ha interessato le province di Lucca, Massa Carrara, Pistoia e Pisa. Organizzata in Toscana dal 23 al 28 novembre ha visto coinvolti oltre 1.800 volontari con più di 300 mezzi di soccorso e la partecipazione di numerosissime associazioni del volontariato, dei Vigili del fuoco, di militari, forze dell'ordine, Prefetture, Province, Comuni e altre istituzioni, oltre ai gestori dei servizi di prima necessità, i concessionari delle reti viaria e ferroviaria, le squadre di aiuti da Federazione Russa, Francia, Austria, Slovenia e Croazia e numerosi osservatori da ogni parte del mondo.



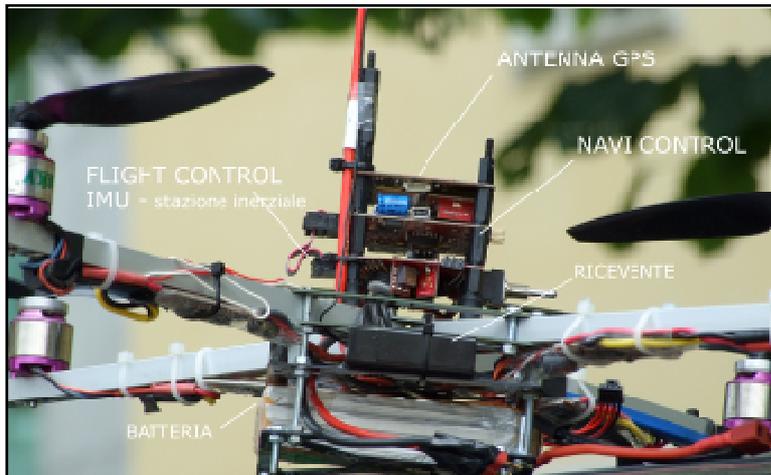
Figura 92 - l'area coinvolta.

Per l'attività svolta al Terex è stato impiegato uno dei tre quadricotteri basati su kit mikrokopter di proprietà IUAV, impiegando software messi a disposizione dalla stessa mikrokopter integrati con software e procedure di trattamento immagini sviluppati *ad hoc* da Unisky s.r.l. (spin off dell'università IUAV di Venezia).

La serie dei processi ha composto una "filiera" che va dall'acquisizione dei dati fino alla condivisione sulla piattaforma geoSDI-era.

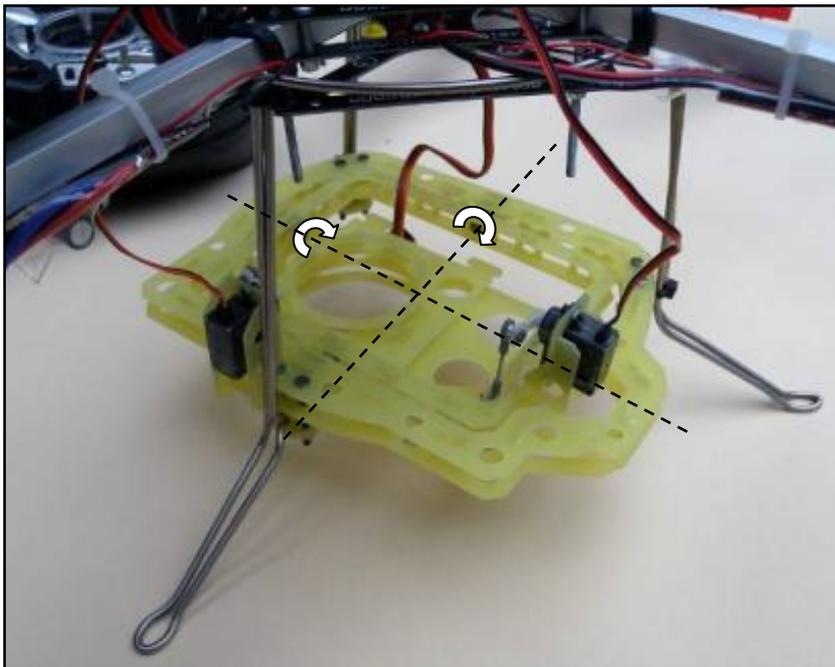
Il velivolo I-UAV 2, impiegato in esercitazione Terex, è equipaggiato con schede e componentistica MEMS quali: pressimetro, accelerometri triassiali, GPS, scheda di acquisizione dati, sistema di trasmissione della telemetria a terra

(xbee), telecamera per streaming video (risoluzione 640x480), culla stabilizzata e fotocamera Nikon (13,5 Mpix).



*Figura 93 - Dotazione in assetto di volo del quadrirotore.*

La culla impiegata è dotata di servocomandi gestiti dagli accelerometri in modo tale da permettere il mantenimento della verticale.



*Figura 94 - Culla stabilizzata.*

Caratteristiche tecniche di I-UAV 2:

Dimensioni: da 60 x 60 cm ca. sino a 80 x 80 cm ca. per gli esa e otto-rotori.

Peso in volo: da 500 sino a 700 gr ca.

Capacità di carico: da 400 gr (quadrirotori) a 600gr (esarotori)

Alimentazione: batteria Li.Po 12v

Autonomia: 12/15 minuti in funzione del carico e del vento.

La stazione di terra era dotata di:

- Software per elaborazione delle immagini;
- Software per l'analisi e l'elaborazione dei dati ambientali;
- Monitor LCD con ingresso composito per la visualizzazione del flusso video a terra;
- Videosever convertitore analogico-digitale per video streaming
- Connessione alla rete per la trasmissione e condivisione del dato.

Il quadricotore I-UAV 2, la procedura Rapid Mapping e il nodo mobile di geoSDI sono stati impiegati in tre occasioni compreso uno scenario operativo. Le attività svolte sono state essenzialmente le seguenti:

- Sorvolo a vista con trasmissione a terra su appositi occhiali visualizzatori di un flusso video ripreso da videocamera a bordo del multi rotore.
- Conversione del flusso video analogico in digitale e streaming video.
- Scatto di immagini nadirali nel campo del visibile di tre aree di interesse.
- Georeferenziazione automatica degli scatti.
- Condivisione sulla piattaforma geoSDI.

Le zone di impiego del quadricotore sono state:



*Figura 95 - Aree di impiego del quadricotore, in rosso il percorso effettuato per raggiungere le varie zone di impiego.*

Giovedì 25 Novembre - DI.COMA.C (Direzione di Comando e Controllo) Viareggio  
- Cittadella del Carnevale

Copertura aerea del Dicomac (quota di scatto 160 mt.)



*Figura 96*

Georeferenziazione manuale e condivisione su geoserver -> geoSDI.



*Figura 97*

Venerdì 26 novembre - ELIPORTO - Castelnuovo Garfagnagna - Eliporto soccorso alpino e speleologico.

Sono stati realizzati complessivamente 3 voli, due con ripresa fotografica e uno con trasmissione del flusso video a terra. I voli sono stati impiegati sia nella mosaiacatura e georeferenziazione manuale (fig. 98 e 99) che nella procedura automatica (fig. 100).



*Figura 98 - Eliporto*



*Figura 99 - mosaiacatura e georeferenziazione manuale*

I dati sono stati caricati su ftp e resi disponibili sulla piattaforma geoSDI, utilizzando il furgone base a terra messo a disposizione da CNR-IMAA.





*Figura 100 - Georeferenziazione con procedura automatica*

Venerdì 26 novembre - SCENARIO CROLLO EDIFICIO SCOLASTICO- FORNACI DI BARGA

In occasione dell'esercitazione Terex è stato abbattuto un edificio scolastico in via di ristrutturazione con speciali cariche esplosive in modo da simulare il crollo dell'edificio in caso di sisma. All'interno dell'edificio erano stati posizionati manichini, autoveicoli e arredi per simulare al meglio lo scenario, dopo il crollo alcuni operatori hanno simulato i superstiti da ricercare e recuperare.



*Figura 101 - Mosaicatura e georeferenziazione manuale:*





*Figura 102 - Procedura di georeferenziazione automatica Rapid\_Mapping*

### *Trasmissione flusso video*

Sfruttando la tecnica di volo FPV (First Person View) è possibile inviare a terra il flusso video (anche in alta risoluzione) e la traccia di volo. Questa tecnica è stata impiegata in notturna realizzando un volo presso il DiComac di cui viene riportato un fotogramma. La trasmissione del flusso video è stata impiegata anche all'eliporto, dove il flusso è stato trasmesso a degli occhiali visori indossati da un responsabile del Dipartimento di Protezione Civile.



*Figura 103 - fotogramma del video girato in notturna nella zona del Dicomac.*

## 4 RICERCA APPLICATA

### 4.1 Piattaforma aerea leggera per il monitoraggio territorio/ambiente a bassa quota e a basso costo.

Il progetto ha come scopo quello di realizzare una serie di micro-UAV in grado di sorvolare in modo autonomo porzioni di territorio e rilevarne di versi parametri. I quadricotteri, dotati di sensoristica dedicata, potranno realizzare immagini aeree georiferite a bassa e bassissima quota nei campi del visibile e dell'infrarosso potendo di fatto produrre molte delle elaborazioni di immagini sino ad ora effettuate solo su dati provenienti da riprese aeree o satellitari.

Sarà possibile dedurre indici di vegetazione (NDVI), individuare e mappare l'umidità dei suoli. E' allo studio anche la possibilità di impiego di camere termiche e di laser scanner. Con le prime sarà possibile effettuare una mappatura termica di edifici o infrastrutture in modo continuo, sorvolando e riprendendo in continuo l'oggetto; con i secondi sarà possibile effettuare dei rilievi tridimensionali di oggetti o porzioni di territorio.

Le problematiche da affrontare sono relative all'ottimizzazione del volo dei quadricotteri, all'integrazione dei sensori specializzati e al consumo degli stessi in termini di peso e quindi di autonomia di volo, il costo relativamente elevato di alcune componenti quali le termocamere e i laser scanner.

Il progetto è in una fase avanzata del suo svolgimento e parte dei risultati ottenuti sono parte integrante di questo rapporto (cfr. paragrafo 3.4).

Lo sviluppo della piattaforma vede coinvolto anche lo spin-off Unisky s.r.l. dell'Università luav e tutti i test e i risultati ottenuti verranno raccolti all'interno di un dossier completo che ripercorre tutta la ricerca effettuata e delinea i pro e i contro della piattaforma micro-UAV, gli sviluppi futuri e gli impieghi possibili.



### 4.2 Reti di monitoraggio diffuso - Smartbox

L'idea progettuale, in collaborazione con l'Ing. Antonella Ragnoli, consiste nello sviluppo di un sistema integrato di dispositivi Smart Box: architettura di sensori non intrusivi ed infrastructure-based, opportunamente scelti, calibrati e posizionati sull'infrastruttura a formare una rete W.S.N. al fine di restituire un esaustivo quadro d'insieme in relazione alle tematiche di sicurezza stradale e tutela ambientale.

Si sono predisposte tre diverse architetture di sensori:

1. **Environment Smart Box (E.S.B):** finalizzata alla realizzazione di misure di carattere ambientale mediante: fonometro, sensori temperatura e umidità, e rilevatore e misuratore di CO<sub>2</sub>.

2. **Traffic Counter Smart Box (T.C.S.B):** consente la definizione della consistenza dei flussi di traffico.

In collaborazione con Unisky s.r.l. (ref. Luca De Biasi) il monitoraggio del flusso veicolare che può essere effettuato impiegando magnetometri



con tecnologia MEMS (Micro Electro Mechanical Machines) in cui all'interno del chip è presente una sfera microscopica immersa in un liquido termostatico. In questo modo quando si avvicina una massa magnetica, la sfera si muove variando la configurazione magnetica all'interno del chip.

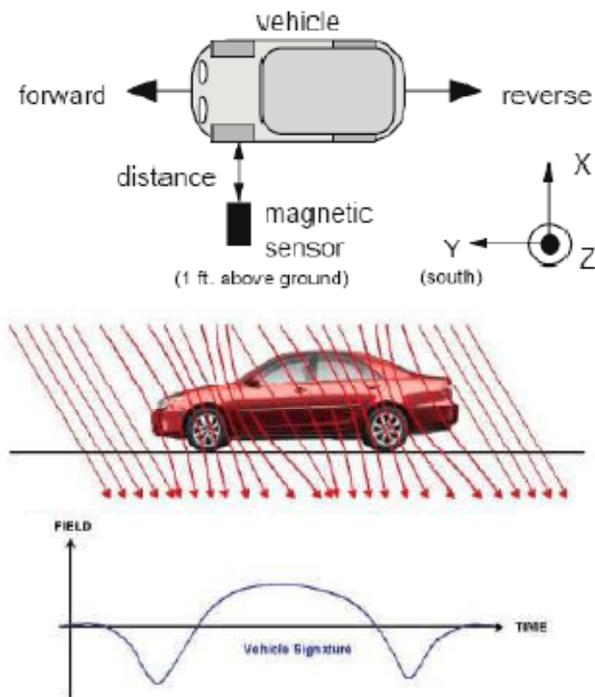
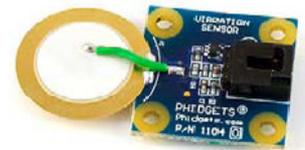


Figura 104 - Principio di funzionamento della firma magnetica rilevata dal magnetometro

Una tecnologia simile a quella descritta per i magnetometri MEMS, può essere applicata anche sulle vibrazioni attraverso componenti piezoelettrici microscopici. Questa tecnica non è molto precisa per contare il numero di veicoli o classificarli, si rivela invece molto utile per monitorare il carico di strutture come i ponti.



**3.Optical Smart Box (O.S.B.):**consente l'acquisizione di immagini del tratto stradale mediante telecamere, e può quindi assolvere sia a funzioni legate al controllo e alla sicurezza, che al monitoraggio del flusso veicolare e alla definizione della densità e velocità del traffico, e classificazione delle componenti veicolari, ricorrendo all'elaborazione delle immagini con spire virtuali.

I primi prototipi di smart box sono stati installati nella città di Feltre all'interno delle attività realizzate nel corso del Laboratorio Feltre (cfr. paragrafo 5.3).

Ogni smart box è costituita da un Single Board Computer (SBC - cfr paragrafo 1.1.3, pag. 23) dotato di sistema operativo Linux, quattro porte USB e 8 ingressi analogici a cui vengono collegati i diversi sensori. I sensori poi con appositi software comunicano la misura che viene registrata su memoria e inviata tramite WI-FI

I sensori impiegati sono:

- Accelerometro
- Magnetometro
- Temperatura e Umidità
- Fonometro
- Sonar

Lo sviluppo e il testing delle apparecchiature è risultato molto complesso e alcuni problemi di alimentazione con il pannello solare hanno rallentato il progetto. Attualmente, la sostituzione del sistema di ricarica delle batterie, dovrebbe garantire il corretto funzionamento del sistema anche con le condizioni ambientali invernali.



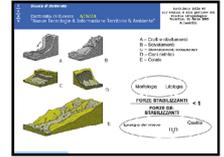
## 5 RICADUTE SULLA DIDATTICA

Durante lo svolgimento dell'attività di ricerca sono state tenute anche diversi seminari e lezioni.



### 5.1 Seminari

Nel giugno 2009 è stato organizzato e introdotto un seminario su i dispositivi UAV, tenuto dal Dott. Geol. Mario Pizzolon.



Durante il seminario è stata ripercorsa una breve storia introduttiva dei velivoli UAV e sono state affrontate le potenzialità di impiego dei dispositivi Micro-UAV per il monitoraggio del rischio idrogeologico. A termine del seminario è stata ipotizzato un nuovo ramo di ricerca concentrato esclusivamente sui quadrirotori.

Nel mese di Novembre 2009 è stato realizzato un seminario congiunto con l'Arch. Claudio Schifani, assegnista IUAV, dal titolo: "Dal dato al servizio". In questo seminario siamo partiti da un rilievo effettuato direttamente dai partecipanti, utilizzando micro dispositivi (datalogger gps, macchina fotografica, smartphone), fino a condividere il dato rilevato esponendolo tramite servizio web sulla piattaforma GEOSDI.



Il 4 febbraio 2010 è stato organizzato un seminario di presentazione del sistema di monitoraggio WSN WEOLO, realizzato dalla Capetti elettronica di Torino, il seminario ha trattato i seguenti argomenti:

- Capire la tecnologia delle WSN
- Capire il funzionamento del sistema WEOLO
- Potenzialità e criticità delle WSN e possibili soluzioni
- Presentazione di casi studio
- Sensoristica che può essere utilizzata

(compatibilità e problematiche)

## 5.2 Lezioni

Nel mese di marzo 2009 è stata tenuta una lezione interna alla Scuola di Dottorato sul "Contributo delle Nuove Tecnologie all'analisi e alla gestione del rischio Idrogeologico".

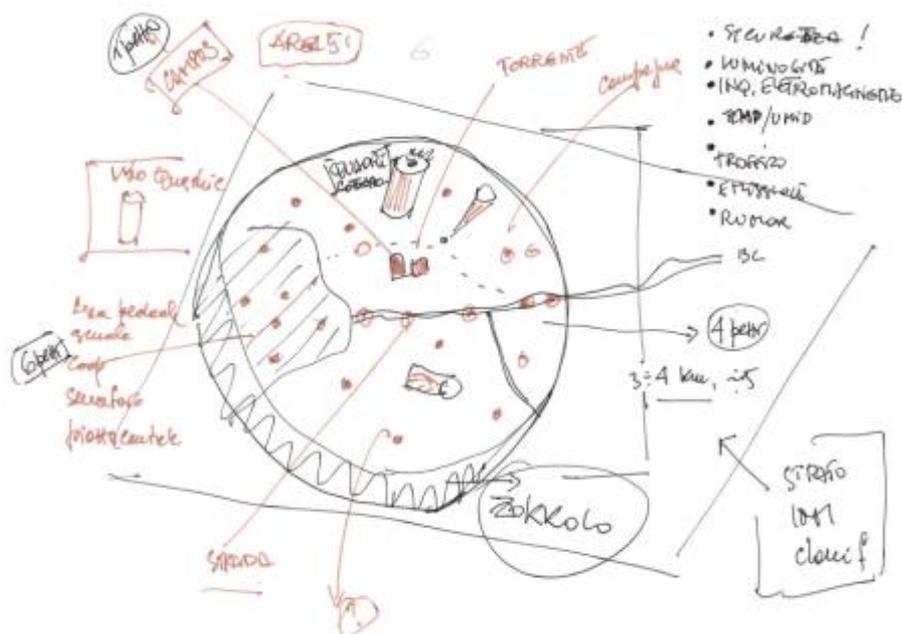
Nel seminario sono stati introdotti i concetti di base di rischio idrogeologico e le differenze tra le diverse pericolosità che caratterizzano il rischio idrogeologico. Sono state fornite conoscenze base di idrogeologia, geomorfologia e geologia tecnica per agevolare la comprensione della tematica trattata dal seminario. Infine sono stati analizzati i singoli contributi che le nuove tecnologie possono fornire alla comprensione, all'analisi e alla mitigazione del rischio idrogeologico. Sono stati trattate tecnologie quali: GPS, Lidar, PSInSAR, WSN.



Nel settembre 2010 è stata tenuta una lezione dal titolo "Sistemi innovativi di monitoraggio applicati all'ambiente" all'interno del corso "Dal monitoraggio alla modellistica: nuove metodiche applicate a territori con orografia complessa" organizzata da ARPAV a Feltre dal 13 al 18 Settembre 2010.

## 5.3 AREA 51 – Feltre "Attività didattica all'interno del Laboratorio Tecnologico Laurea Magistrale"

"Area 51" costituisce l'ambito specifico sul quale sono stati effettuati una serie di test in territorio feltrino e sul quale sviluppare un sistema integrato di conoscenze aggiornato e sistematico. L'area scelta presenta una varietà di aspetti ambientali (area montana di elevato valore paesaggistico, area urbanizzata, arterie stradali a traffico intenso di collegamento con i principali centri limitrofi) ed è quindi rappresentativo poiché raccoglie una serie di problematiche che negli anni hanno creato non poche criticità in termini di gestione delle risorse naturali ed infrastrutturali.



Il presupposto alla base del progetto di "sensorizzazione" del territorio si impernia sul concetto di quadro conoscitivo partecipato e condiviso a supporto di processi decisionali ma anche sulla necessità di rendere disponibili le risorse informative acquisite sia con procedure tradizionali sia con sistemi innovativi, ai soggetti competenti tenendo conto della domanda informativa specifica.

Da qui il progetto di realizzare una rete diffusa di sensori per il monitoraggio integrato in tempo reale del territorio e dell'ambiente.

I flussi di dati provenienti dall'area test saranno integrati con i quelli provenienti dai giacimenti informativi presenti sul territorio, consentendo analisi, valutazioni e correlazioni che evidenziano il valore dell'informazione nei processi di governance del territorio.

## 6 PARTECIPAZIONE A CONVEGNI E PUBBLICAZIONI

### Convegni:

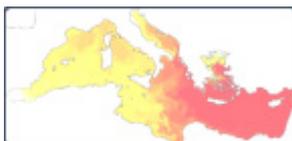


"IL VOLO A BASSA QUOTA per la conoscenza del territorio" - Chies d'Alpago il 26 giugno 2010. Chies d'Alpago (BL)

**Intervento:** *"L'utilizzazione di multicotteri per il trasporto in quota di sensori ambientali."* - Niccolò Landelli (IUAV Venezia)



**Intervento:** *"Monitoraggio delle città, del territorio e dell'ambiente con droni, reti di sensori, MMS e laser scanner"* - N.Landelli, A.Ragnoli, N.Bucceri, C.Belli.



*Museo Civico di Rovereto, 10 dicembre 2010*  
*VII WORKSHOP IN GEOFISICA*

*"Geofisica e microgeofisica: strumenti per l'approccio e la risoluzione di problematiche non standard"*

**Intervento:** *"Quadricotteri: un metodo innovativo per l'indagine non a contatto del territorio"* - M. Pizzolon, N. Landelli.



*Presentazione Progetto RESMIA - "Reti e Stazioni di Monitoraggio Innovative per l'Ambiente"* - 17/03/2010 - ARPAV Dip.VE

**Intervento:** *"Monitoraggio ambientale - La condivisione e il tempo reale"* - L. Di Prinzio, N. Landelli.

Pubblicazioni:

Giornale IUAV n°87 - 2010:



- "Rapid Mapping con l'impiego dei sistemi Micro-Uav. Primi passi verso la georeferenziazione automatica degli scatti nadirali" - N.Iandelli, I.Boscolo, A.Marchiori.
- "Le micro piattaforme per il rilevamento ambientale, le reti di sensori WSN e i sensori wereable"- N.Iandelli.
- "Micro Unmanned Aerial Vehicle : Micro UAV" - N.Iandelli, M. Pizzolon.
- "Il progetto Quadrirotori" - N.Iandelli, M.Pizzolon, Stefano Picchio, Andrea Marchiori, Ivano Boscolo.
- "Progetto Area 51" - G. Borga, A. Ragnoli, N.Iandelli.
- "Eye on Venice" - G. Borga, A. Ragnoli, N.Iandelli.
- "City Sensing" - G. Borga, A. Ragnoli, N.Iandelli.

## 7 CONCLUSIONI

L'approccio iniziale all'attività di ricerca era spinto dalla necessità di realizzare una prima catalogazione/archiviazione delle nuove tecnologie di piccole dimensioni che potessero essere impiegate ai fini di estrazione di informazione territoriale e ambientale. Il lavoro si è sviluppato inizialmente con una analisi delle diverse tecnologie impiegate e impiegabili in questi dispositivi, analizzandone e descrivendo i principi tecnici di funzionamento e le basi teoriche; successivamente è stato realizzato un primo catalogo che offre un quadro generale identificabile di fatto nel portale web del Laboratorio Microdispositivi MITA ([www.ricercasit.it/laboratori](http://www.ricercasit.it/laboratori)).

La ricerca ha evidenziato che i microdispositivi, ed in particolare l'esistenza di sensori di piccole dimensioni e basso consumo a costi relativamente bassi, permette di impiegare tecnologie sempre meno invasive e diffuse anche capillarmente per poter avere un monitoraggio in continuo di diverse tematiche. I sensori possono essere impiegati nei boschi per segnalare situazioni a rischio, magnetometri per analizzare i flussi di traffico, piccole piattaforme aeree automatiche per realizzare rilievi a bassa quota ad alto rendimento. L'attività è finalizzata all'estrazione di informazioni in tempo reale e alla creazione di porzioni di territorio dotate di reti di monitoraggio diffuse.

Una parte consistente della ricerca è stata impiegata nel testing di alcuni strumenti e tecnologie. I dispositivi tecnologici analizzati, testati e descritti in queste pagine rappresentano sicuramente solo l'inizio di uno sviluppo sempre più veloce e diffuso di sensori/microdispositivi/velivoli volti al monitoraggio diffuso dell'ambiente.

La tecnologia è nota essere uno dei campi con tempi di sviluppo molto rapidi e rivoluzioni consequenziali continue.

Tra gli oggetti testati quelli che si sono rivelati molto interessanti e utili ad essere applicati sono rappresentati dai datalogger e antenne GPS ormai sempre più miniaturizzate e a costi contenuti con le quali certo non è possibile ancora realizzare rilievi topografici, ma con precisioni nel posizionamento in miglioramento, che permettono per esempio applicazioni innovative in campi quali l'Infomobility, il tracking di veicoli o merci, il geotagging.

I micro sensori ambientali come ad esempio il Senspod, sono sicuramente la frontiera più innovativa che permette di diffondere sul territorio, ma anche far "indossare" alle persone, sensori che misurano concentrazioni di gas inquinanti o rumore.

La diffusione capillare di questi sensori permetterebbe non solo di avere una maglia di campionamento di certi parametri estremamente diffusa, ma ogni "portatore" di sensore potrebbe avere informazioni in tempo reale legate ad esempio alla qualità dell'aria che sta respirando e condividerle in rete. La strada da percorrere per questa tipologia di sensori sembra ancora abbastanza lunga i problemi sono soprattutto legati alla corretta alimentazione dei sensori,

alla quantità d'aria che viene analizzata, all'invio dei dati in tempo reale (problemi sono legati alla trasmissione Wi-Fi o UMTS o Wi-Max), sino alla "certificazione" o almeno alla possibilità di validazione di alcuni dati.

Alcune delle problematiche relative ai micro sensori "wearable" sono comuni ad altri progetti di sensoristica diffusa come le "Smartbox".

Il vantaggio delle Smartbox risiede nelle dimensioni e nella loro capacità di realizzare una rete. Ogni Smartbox ha all'interno un webservice SOAP/XML che trasmette i segnali (non i campioni) per la gestione in tempo reale degli allarmi e per la configurazione da remoto degli apparati. Il sistema inoltre, grazie agli ingressi digitali e analogici di cui è dotato risulta essere molto versatile: si possono aggiungere o togliere sensori in base alle esigenze.

Diverse sono le considerazioni da fare sulla micro-piattaforma UAV.

Il multirotores (4 o 6 rotori) è uno strumento di rilievo che si è rivelato molto interessante, innanzitutto va a coprire la fascia di bassa quota da 0 a 500 m circa, che attualmente è coperta solo da alcuni palloni aerostatici. Inoltre l'agilità di volo e le molteplici configurazioni rendono la piattaforma molto versatile.

Notevoli passi avanti nell'impiego degli scatti effettuati con il quadricotore si sono realizzati con l'ottimizzazione della procedura di Rapid Mapping che ha visto coinvolto anche lo Spin-Off. Attraverso questa procedura al rientro a terra del quadricotore è possibile processare congiuntamente la traccia del velivolo con gli scatti realizzati e ottenere così degli scatti (formato \*.jpg +\*.jgw) georiferiti che possono essere immediatamente usati con software gis o condivisi su piattaforme di condivisione geografica, come ad esempio GeoSDI.

I problemi attuali sono legati alla necessaria copertura GPS senza la quale la procedura non può avvenire.

La piattaforma e tutta la procedura sono state intensamente testate durante i due giorni di presenza del gruppo all'esercitazione della Protezione Civile "Terex 2010". Tutta l'attività realizzata ha mostrato l'elevata affidabilità raggiunta dal velivolo che ha volato complessivamente per 10 voli con durata variabile dai 3 ai 9 minuti del volo effettuato con la ripresa video realizzato in notturno al Dicomac. Le condizioni climatiche sono state impegnative, alcuni voli (come il video e i voli del giovedì nel tardo pomeriggio) sono stati realizzati con vento sostenuto e con una leggera pioggia; i voli realizzati all'eliporto e presso l'edificio crollato sono stati effettuati con temperature molto basse (vicine allo 0 se non sotto). Gli scatti realizzati sono risultati di ottima qualità, nonostante la necessaria cernita ed eliminazione di quelli "mossi". La realizzazione di scatti mossi o scuri è da imputarsi alla difficoltà di messa a fuoco manuale, alla presenza di luce (soprattutto nel volo presso l'edificio crollato).

Il software appositamente sviluppato per realizzare la procedura di Rapid Mapping ha prodotto risultati soddisfacenti come si può verificare nelle immagini precedentemente mostrate, i bug o le imperfezioni che sono emerse sono un ottimo spunto per continuare a migliorare il prodotto e la procedura che saranno affrontati all'interno delle attività del "Progetto Quadricotore".

Per quanto riguarda la procedura, tutta la filiera è stata messa "sotto stress" e, come accade spesso in condizioni di emergenza, si sono evidenziate dei nodi da

sciogliere che necessitano maggiore attenzione. Tutta la procedura ha comunque prodotto degli strati informativi condivisi sulla piattaforma web geoSDI in tempi molto brevi (nell'ordine della decina di minuti) che sono sicuramente definibili come "strati preziosi" in caso di emergenza con una ottima risoluzione di scatto e un corretto posizionamento geografico se pur con un errore talvolta plurimetrico. Complessivamente l'attività svolta è stata molto soddisfacente e il punto di vista dall'alto, sia con il flusso video che con scatti nadirali, rappresenta un luogo privilegiato in condizioni di emergenza.

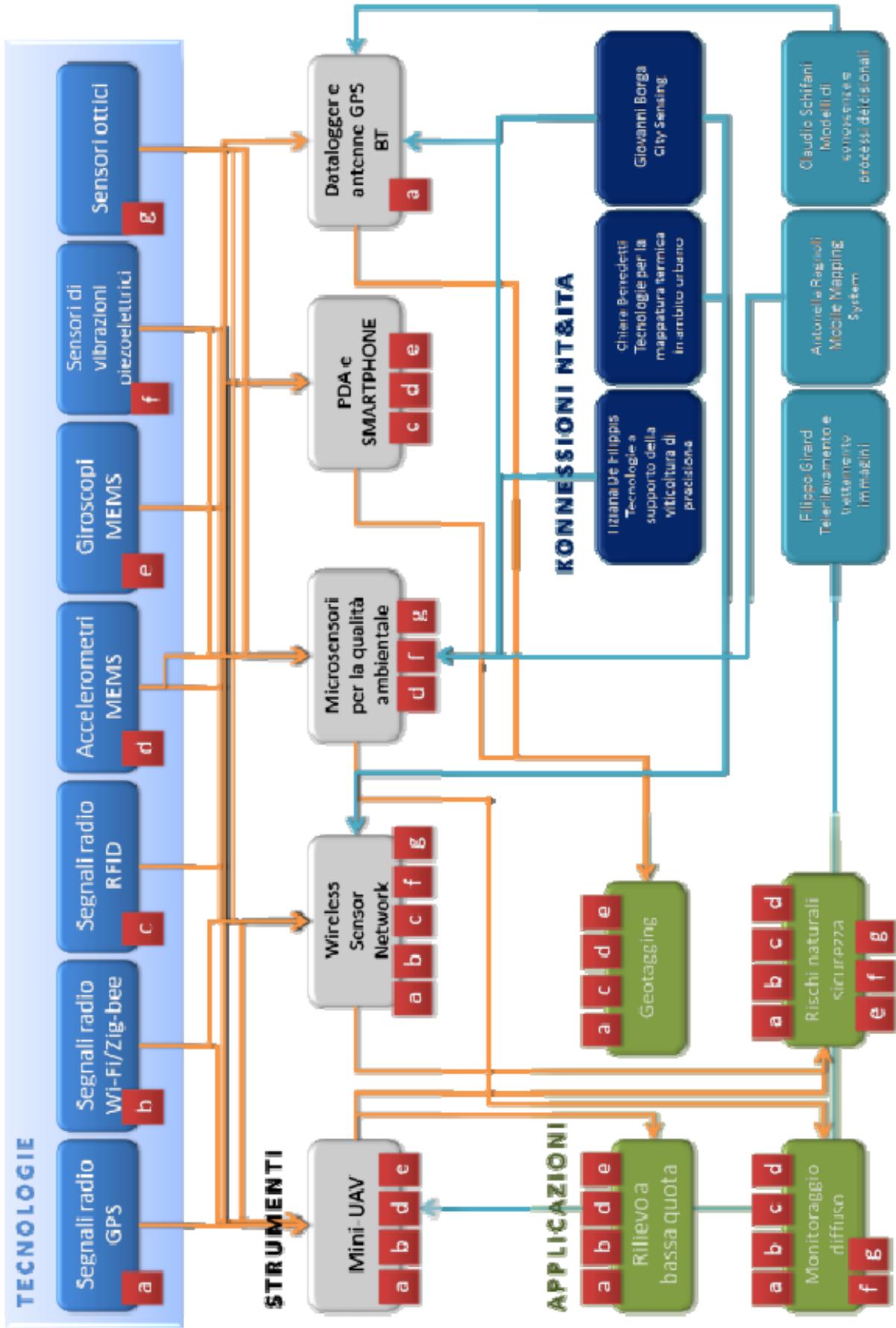
Così come la cartografia tecnica è stata "vittima" del paradigma dell'immagine, anche il monitoraggio ambientale sta vivendo una sua fase di sviluppo definibile come "paradigma del monitoraggio" che è rappresentata dal monitoraggio diffuso, dal monitoraggio in tempo reale e dalla possibilità di intervento nel monitoraggio ambientale di attori non esperti (geotagging, geoblog e segnalazioni). Gli esempi di monitoraggio diffuso si stanno via via sviluppando secondo una evoluzione, sicuramente in fase prototipale, ma che anche grazie all'attività realizzata dall'agenzia europea per l'ambiente con il suo portale (<http://www.eyeneearth.eu/>), si sta evolvendo molto velocemente. In questa direzione si stanno muovendo sempre più progetti ed enti di ricerca a livello nazionale e internazionale, tutti basati sulla diffusione del monitoraggio e sulla fusione tra dati provenienti da monitoraggi definibili "esperti" e monitoraggi diffusi realizzati con tecniche di geotagging e segnalazione o sfruttando proprio le reti di sensori o insiemi di sensori dedicati (come ad esempio il sistema di allerta della Protezione Civile della Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia).

L'interesse suscitato, nei convegni e nelle lezioni presentate durante l'attività di ricerca, dai sistemi di monitoraggio introdotti in questo assegno di ricerca indica che il tema è molto sentito e di sicuro interesse anche di interlocutori quali l'agenzia regionale ARPAV.

Quello che si evince è la necessità di abbassare i costi del monitoraggio ambientale pur aumentando il numero di campioni.

Attraverso questi dispositivi è possibile realizzare misure diffuse che anche se non validate ma solo qualitative possono essere condivise e integrate con informazioni provenienti da altre fonti; il tutto per evidenziare anomalie utili ad innescare sistemi di allerta o di monitoraggio puntuale di alta qualità.

Lo schema seguente è stato realizzato nell'ottica di mettere in evidenza le interconnessioni che sono presenti tra le tecnologie, le piattaforme, le applicazioni e alcune linee di ricerca già presenti all'interno della scuola di dottorato NT&ITA.



## 6 BIBLIOGRAFIA, SITOGRAFIA E MONITORAGGIO DELL'INNOVAZIONE

La ricerca bibliografica ha fino ad ora messo in evidenza oltre 100 pubblicazioni scientifiche nazionali e internazionali, suddivise e archiviate per tecnologie diverse :

- Sensoristica
- RFID
- GIS
- GPS
- TAG
- UAV

Molti di più, invece, sono i siti internet che trattano e che producono continuamente nuova "conoscenza" su queste tematiche. La connessione con il mondo web, e in particolare con la nuova concezione di web 2.0 e dell'internet delle cose (vedi [www.openspime.org](http://www.openspime.org)) sposta molta della produzione di documentazione, tutorial, all'interno di siti web e community. Sono stati individuati infatti oltre 300 siti di interesse, molti dei quali sono dei blog o forum in continua evoluzione.



### Bibliografia

- AA.VV. (2000); Oltre i confini dei GIS, Atti della II Conferenza di MondoGIS, Roma, maggio 2000.
- AA.VV. (2004); Il Sistema Informativo Territoriale. Esperienze e metodi, Milano, Guerini e Associati.
- Ackroyd N. , Lorimer R. (1994); "Global Navigation - A GPS User's Guide"; 2.a edizione, LLOYD'S of London Press Inc. , Londra.
- Bambi G., Tei T. (2007) IL RILIEVO STATICO IN AMBITO FORESTALE: METODOLOGIE E COMPARAZIONI PER LA VERIFICA DELL'ACCURATEZZA DEGLI STRUMENTI GPS. AIIA 2007: Firenze, 25-26 ottobre 2007.
- Bernardini F. (1999); "NMEA 0183: una introduzione" ; GEOmedia , num. marzo/aprile, maggio/giugno, settembre/ottobre 1999.
- Besio M., Monti C. (eds) (1999); Dal cannocchiale alle stelle, strumenti per il nuovo piano, Milano, Franco Angeli.
- Borga G. (2007), Domande di conoscenza per il governo del territorio, Rapporto conclusivo, Dipartimento di Pianificazione, IUAV.
- Castelli S. (2007), "Giacimenti informativi" la produzione istituzionale di dati territorio e ambiente, Rapporto conclusivo, Dipartimento di Pianificazione, IUAV.
- Cina A. (2001); "GPS, Principi, modalità e tecniche di posizionamento"; CELID, 2001 Torino.
- Consorti V., Morittu V., Musa D. (2006) Servizi di localizzazione nell'ambito di applicazioni GIS Web oriented nel settore agricolo ,Conferenza ASITA, 2006.
- Dalla Costa S. (2007), Integrazione, trattamento e distribuzione dei dati territorio- ambiente acquisiti da sensori a bordo di piattaforme satellitari, aeree, terrestri, veicolari e marine, Dipartimento di Pianificazione, IUAV.
- Guarnieri A., Pontin M, Vettore A. L'evoluzione dei sistemi di rilevamento mobile multi sensore, ASITA.
- Gomasasca Mario (2004); Elementi di Geomatica, Associazione Italiana di Telerilevamento, ISBN 88-900943-7-0 44136.

Hunt V.D., Albert Puglia, Mike Puglia - RFID - A guide to Radio Frequency Identification 2007, Wiley Interscience. John Wiley & Sons, Inc., Publication ISBN: 978-0-470-10764-5.

LIN Zongjian, UAV for Mapping-Low Altitude Photogrammetric Survey ISPRS Congress Beijing 2008, Proceedings of Commission I p.1183 ff.

Nebiker S., Annen A., Scherrer M., Oesch D. (2008) A Light-Weight Multispectral Sensor for Micro UAV - Opportunities for Very High Resolution Airborne Remote Sensing ISPRS Congress Beijing 2008, Proceedings of Commission I p.1193 ff.

Sau A. (2007), Organi cartografici dello Stato, Istituzioni Pubbliche centrali e periferiche per l'informazione territoriale ed ambientale. Riassetto delle competenze e rapporti con il mercato, Rapporto conclusivo, Dipartimento di Pianificazione, IUAV.

Unguendoli M. (1992); " La tecnica GPS in Italia: stato dell'arte e prospettive future"; Bollettino del SIFET, n.1, 1992.

## Sitografia

### *Sistemi complessi*

#### IKEGPS -

[http://www.galileosistemi.com/gate/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.galileosistemi.com/gate/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)

CAE - Il Sistema CAE - <http://www.cae.it/it/sistema.php>

ARVAtec: - <http://www.arvatec.it>

Vernier Software & Technology - <http://www.vernier.com>

Enkin: navigation reinvented - <http://www.enkin.net/>

### *Foto/video GPS*

#### RicohCaplio500SE -

[http://www.galileosistemi.com/gate/dmdocuments/500SE\\_Brochure.pdf](http://www.galileosistemi.com/gate/dmdocuments/500SE_Brochure.pdf)

#### Gps per macchine fotografiche -

<http://www.cnet.com.au/digitalcameras/cameras/0,239036184,240092343,00.htm>

#### Microsoft Professional Photography -

<http://www.microsoft.com/prophoto/articles/gps.aspx>

Sony HDR XR520V - <http://news.tecnozoom.it/videocamere-digitali/sony-hdr-xr520v-la-prima-videocamera-compatta-con-gps-integrato-post-7061.html>

### *WSN*

#### Plotting THE wsn -

<http://www.sciencedaily.com/releases/2006/03/060327215618.htm>

#### Reti di sensori per il Monitoraggio dei Rischi Ambientali -

<http://remoam.conorzio-cini.it/>

### *GPS*

#### EVDO GPS WebCam Mapping -

<http://www.evdoinfo.com/content/view/147/63/>

A-GPS Services - <http://www.u-blox.com/services/index.html>

KCS TraceME - Welcome! - <http://www.traceme.eu/index.asp?page=welcome>

SPOT - <https://www.findmespot.com>

GPS Waypoint Registry - <http://www.waypoint.org/>

### *Software GPS*

Noni GPSPlot - <http://www.waypoint.org/>

#### OSMtracker - OpenStreetMap -

<http://wiki.openstreetmap.org/index.php/OSMtracker>

Prune - <http://freegeographytools.com/2007/prune-java-based-gps-track-visualization-and-photo-geotagging>

### *Openspime*

#### Decibel - Geotagging audio - Exibart.com -

<http://www.exibart.com/notizia.asp?IDCategoria=211&IDNotizia=21364>

#### Des poissons-robots détecteurs de pollution, Environnement -

[http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/environnement/20090320.OBS9827/des\\_poissonsrobots\\_detecteurs\\_de\\_pollution.html](http://tempsreel.nouvelobs.com/actualites/environnement/20090320.OBS9827/des_poissonsrobots_detecteurs_de_pollution.html)

Openspime - <http://www.openspime.org/>

### *UAV*

#### Meteotek08: Sonda meteorologica dels tecnòlegs de l'IES Bisbal -

<http://teslabs.com/meteotek08/>

<http://www.uav.it>

Rolex Awards for Enterprise - <http://rolexawards.com/en/the-laureates/andrewmcgonigle-the-project.jsp>  
Zenit Srl - Microdrones - <http://www.zenit-sa.com/index.php?lingua=1&nav=8>  
Quadcopter - [http://www.quadcopter.org/index.php5/Quadcopter\\_Home](http://www.quadcopter.org/index.php5/Quadcopter_Home)  
Ascending Technologies GmbH -  
<http://www.asctec.de/main/index.php?id=97&lang=en&cat=pro>  
MikroKopter - <https://www.mikrocontroller.com/>  
OpenQuadrotor.org - [http://openquadrotor.org/system\\_description.html](http://openquadrotor.org/system_description.html)  
Drone Pixy - <http://www.vision-du-ciel.com/drone.html>  
Microdrones GmbH - [http://www.microdrones.com/en\\_mydrone.php](http://www.microdrones.com/en_mydrone.php)  
V-TOL Aerospace - <http://www.v-tol.com/iproducts/uas.html>

### *Sensori*

ADC Air Lite - <http://stores.homestead.com/TetracamStore/Detail.bok?no=20>  
IR Products - <http://www.maxmax.com/aIRProducts.htm>  
CropCam - A New Altitude in Agriculture - <http://cropcam.com/>  
ARVATEC srl - <http://www.arvatec.it/new/>  
Sensori - <http://www.robot-italy.com/index.php?cPath=15>

### *Formati e standard*

The GPX format -  
[http://www.rigacci.org/wiki/doku.php/tecnica/gps\\_cartografia\\_gis/gpx](http://www.rigacci.org/wiki/doku.php/tecnica/gps_cartografia_gis/gpx)

### *Dati scaricabili*

Giscover - GPS tours, tracks and waypoints for adventure touring -  
<http://www.giscover.com/>  
GPX Resources - [http://www.topografix.com/gpx\\_resources.asp](http://www.topografix.com/gpx_resources.asp)

### *Datalogger*

Data logging with DrDAQ - <http://www.drdaq.com/products.html>  
Phidgets - <http://www.phidgets.com/>  
Leane International - <http://www.lean.it/cataloghi/brochure/20>  
GPS Tracker Temperature Sensor -  
[http://www.3gtrack.com/prod\\_gps\\_analog.htm](http://www.3gtrack.com/prod_gps_analog.htm)  
Arduino - <http://www.arduino.cc/it/>

### *TAG & AUGMENTED REALITY*

REALTA' AUMENTATA ARSights - <http://www.arsights.com/index.php>  
TagMyLagoon - <http://www.veneziacamp.it/eventi/tagmylagoon-venezia-e-il-qr-code/>  
Generatore di QR-Codes - <http://qrcode.kaywa.com/>