

# GEO SURVEYOR

**Computer Vision System**

**Large area monitoring**

**Dense 3D surface**

**Structural deformation**

**Real time Rockfall and Avalanche detection**

**Photo and Video Documentation**





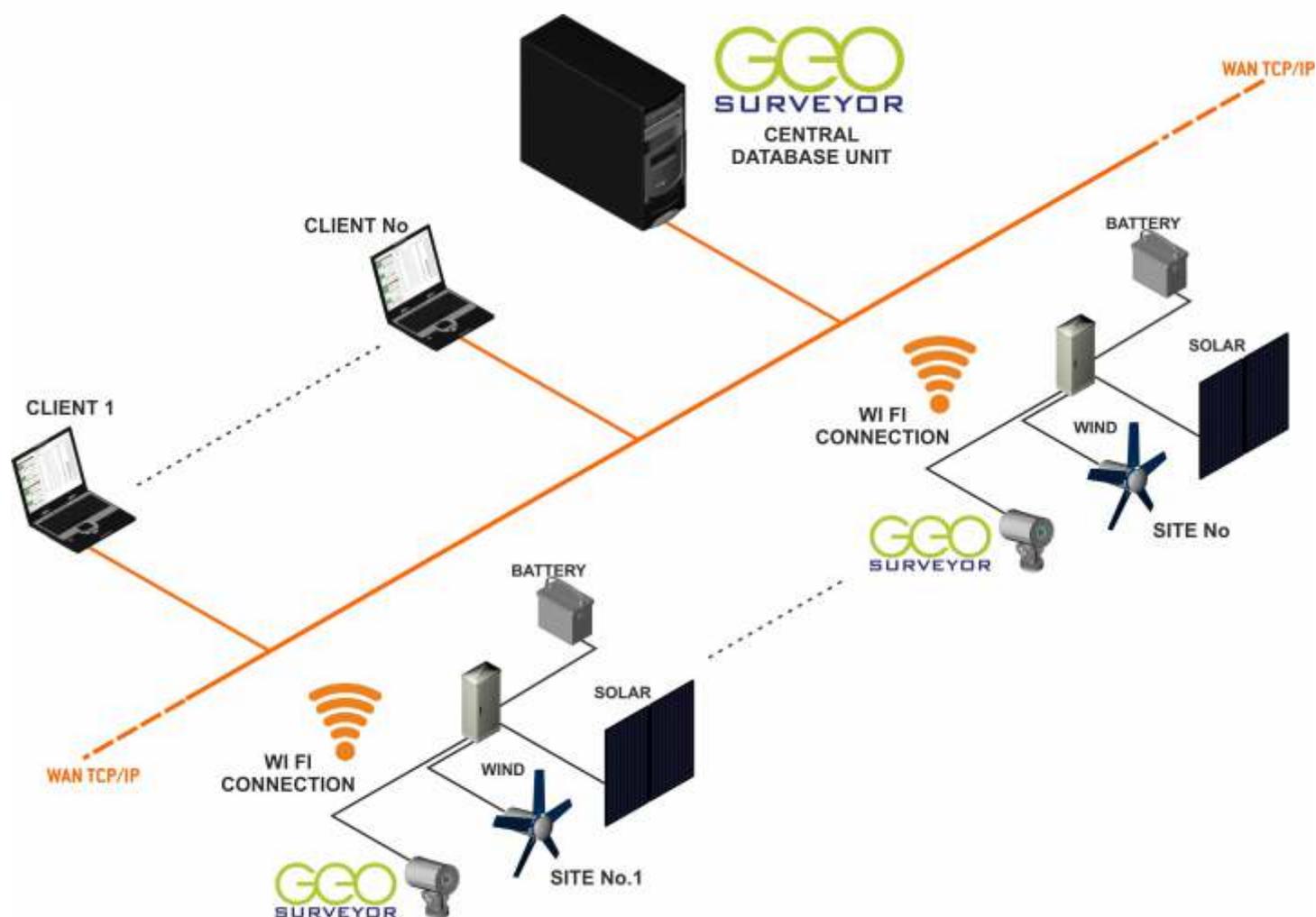
# Introduzione

Il **GEO-Surveyor** è un sistema di monitoraggio e misura di versanti montuosi soggetti a caduta massi, valanghe, frane a lento scivolamento.

La tecnologia si basa su algoritmi di Computer Vision, ed è progettata per fotogrammetria a corto-medio raggio e rilevamento di movimenti rapidi sul target. Grazie a telecamere e obiettivi industriali ad alta risoluzione, il sistema è in grado di monitorare versanti estesi (es: 300 x 300 m) con accuratezza millimetrica.

L'output, generato e trasmesso in tempo reale, è costituito da sequenze di immagini e video, che permettono un'immediata analisi dell'evento. Completano la documentazione le principali statistiche dell'evento rilevato, e le mappe di scivolamento sul lungo periodo in caso di fenomeni a grande scala temporale.

# Architettura



# Tecnologia

Il sistema di rilevamento automatico **GEO-Surveyor** è basato sui principi della fotogrammetria terrestre a corto-medio raggio. La telecamera ad alta risoluzione osserva in maniera continua il target per rilevare eventi di caduta massi, valanghe, frane a lento scivolamento. Un algoritmo di comparazione delle immagini viene applicato ad ogni immagine, per rilevare e localizzare qualunque movimento possibilmente rilevante dal punto di vista geologico, eliminando altri tipici eventi in campo aperto (ombre, nuvole, nevicata, passaggio di persone e veicoli).

Questa tecnologia è in grado di rilevare sia eventi rapidi e localizzati (es: caduta massi), sia movimenti lenti e distribuiti (es: frana a lento scivolamento). Gli output vengono generati in maniera differente per rappresentare al meglio l'evento, sia in termini qualitativi che quantitativi.

Riassumendo, i benefici della tecnologia GEO-Surveyor rispetto alle tecniche tradizionali di monitoraggio geologico sono i seguenti:

- dati immediati da interpretare sia da esperti che dal personale operativo (sequenze di immagini, video);
- costi molto contenuti di montaggio e manutenzione, se comparati a quelli relativi ad altre tecnologie (es: rilevamenti aerofotogrammetrici);
- basso consumo energetico (15 W in media, massimo 45 W con basse temperature);
- processo di rilevamento e invio di allarmi automatizzato;
- calibrazione molto semplice del sistema ottico;
- disponibilità di algoritmi più potenti e accurati per processare immagini storiche calibrate salvate dal dispositivo.

## Tecnologia 3D

Inquadrando il target con due o più dispositivi sincronizzati installati alla giusta distanza, il GEO-Surveyor è in grado di fornire informazioni 3D in tempo reale.

I vantaggi della modalità 3D sono i seguenti:

- calcolo del volume degli eventi con elevata accuratezza;
- mappatura 3D degli eventi;
- miglioramento dell'affidabilità del monitoraggio;
- esclusione automatica di falsi allarmi generati da corpi estranei al piano del target (es: nevicata, volatili tra il target e il GEO-Surveyor);
- calcolo delle mappe di scivolamento in 3D, utili alla previsione delle dinamiche future del versante monitorato.

L'intero processo è basato su tecniche di visione artificiale 2D/3D sviluppate dal KRIA Labs a partire dal 2002 per i sistemi di monitoraggio traffico.

## Protezione outdoor

**Protezione esterna per sostenere e isolare il GEO-Surveyor dalle vibrazioni causate dal vento.**

**Copertura frontale per protezione da neve e agenti atmosferici**



**Copertura esterna GEO-Surveyor Ip65**



# Applicazioni

Le applicazioni del **GEO-Surveyor** spaziano dal monitoraggio ambientale in tempo reale al monitoraggio di grandi infrastrutture.

Esempi di aree di applicazione sono:

- invio di allarmi in tempo reale su versanti soggetti a caduta massi e valanghe;
- monitoraggio di frane a lento scivolamento (es: controlli di sicurezza per strade e infrastrutture a rischio);
- sorveglianza di versanti critici (es: open-pit mines);
- controlli di stabilità per infrastrutture civili (ponti, dighe, palazzi, etc..);
- analisi delle deformazioni per strutture industriali (es: silos e serbatoi di stoccaggio).

## Funzioni

Il sistema di allarme si attiva per diversi fattori: dimensione dell'area soggetta all'evento rilevato, intensità del movimento e frequenza degli eventi. Ad esempio, in un versante soggetto a caduta massi, un allarme può essere generato a partire da un grosso crollo isolato, o da una sequenza di piccoli crolli.

Le e-mail di allarme, oltre alle principali statistiche dell'evento, includono un video ad alta risoluzione e un'immagine di anteprima.

Il sistema archivia immagini a piena risoluzione a frequenza prestabilita (es: una ogni 5 minuti), per realizzare le analisi a posteriori. Le applicazioni installate sul server centrale del **GEO-Surveyor** analizzano tali immagini e generano mappe a falsi colori di movimenti, oscillazioni e vibrazioni. Queste sono relative a eventi a grande scala temporale, come le piccole deformazioni strutturali in un versante a lento scivolamento o in una infrastruttura civile in stato critico. Per una più immediata visualizzazione, è possibile generare video a time-lapse in modo da osservare fenomeni a grande scala temporale in maniera chiara in pochi secondi.

Quando presenti anche i dati 3D, queste mappe possono mostrare anche informazioni quantitative e metrologiche.



### Monitoraggio 3D

Acquisendo immagini da angolazioni differenti, è possibile ricostruire una superficie 3D del target. Le immagini vengono acquisite manualmente, o più rapidamente tramite drone o elicottero. Utilizzando dei marker ottici fissati sulla superficie del target e utilizzando algoritmi appositi, l'accuratezza cresce fino a 1 mm. L'indagine può essere ripetuta a frequenza standard o dopo ogni modifica significativa della struttura del target. Tali marker hanno maggiore utilità quando posizionati vicino alle aree più critiche.

### Architettura e versioni disponibili

Il sistema è composto dal dispositivo di monitoraggio (**GEO-Surveyor**), le strutture di protezione e sostegno, il server locale e quello centrale.

### Installazione e posizionamento

Il **GEO-Surveyor** può essere installato dai 100 ai 1600 m dall'area monitorata.

Le dimensioni dell'area monitorata e la risoluzione spaziale dipendono dal modello di camera utilizzato, dall'obiettivo e dall'angolo di inclinazione tra il GEO-Surveyor e il target. Tutto ciò è funzione del posizionamento del GEO-Surveyor rispetto al target.

L'angolo ottimale di funzionamento per il GEO-Surveyor è di 90°, ma l'area viene monitorata in maniera efficace fino ad angoli 15-20°.



Il primo prototipo di **GEO-Surveyor** è stato realizzato con successo nel 2013, per il monitoraggio di uno dei più grandi e pericolosi fronti di landslide d'Europa, la frana del Mont de La Saxe, sopra al paese di Entreves, in Valle d'Aosta. Il GEO-Surveyor è attivo con continuità dal 2013, e archivia immagini e video analizzati dal personale incaricato del monitoraggio del dissesto idrogeologico della Valle d'Aosta. A causa dell'estrema pericolosità del fenomeno, il sistema è stato installato utilizzando infrastrutture pre-esistenti in posizione lontana dall'ottimo, in quanto la direzione di vista è quasi parallela al versante.

Il **GEO-Surveyor** ha dato prova di essere una tecnologia nuova e molto utile da integrare a sistemi tradizionali di monitoraggio,



**Per ragioni di sicurezza, il sistema è stato installato in P1. Una scelta migliore sarebbe stata P2, una peggiore P0.**

specialmente in siti pericolosi e scarsamente accessibili Una mappatura accurata della distribuzione spaziale e temporale dei crolli in roccia fornisce importanti informazioni al personale tecnico, che può così elaborare modelli e mappe di rischio.

Anche se la posizione non è ideale, il sistema fornisce preziose informazioni alla sala di controllo di Aosta:

- archivio storico di immagini del fronte di scivolamento (circa 150 m di larghezza) a 4 cm di risoluzione spaziale;
- allarmi in tempo reale di caduta massi e debris;
- mappe di spostamento dense dell'intera area di scivolamento.

## Server e sala di controllo

In sala di controllo (RAVdA - Sezione Attività Geologiche) è installata un'interfaccia che supporta gli esperti nelle fasi di analisi e generazione dei modelli.

La storicità degli eventi è archiviata sul server centrale, in modo che eventi recenti o meno possano essere visualizzati e processati.



Di seguito è fornita a titolo di esempio una sequenza a risoluzione variabile dall'immagine intera alla più ingrandita a dimostrazione del livello di dettaglio delle immagini.



**Immagine a campo intero: 6573 x 4384 pixel**



**Immagine ridimensionata per video FULL HD 1920 x 1080 pixel**

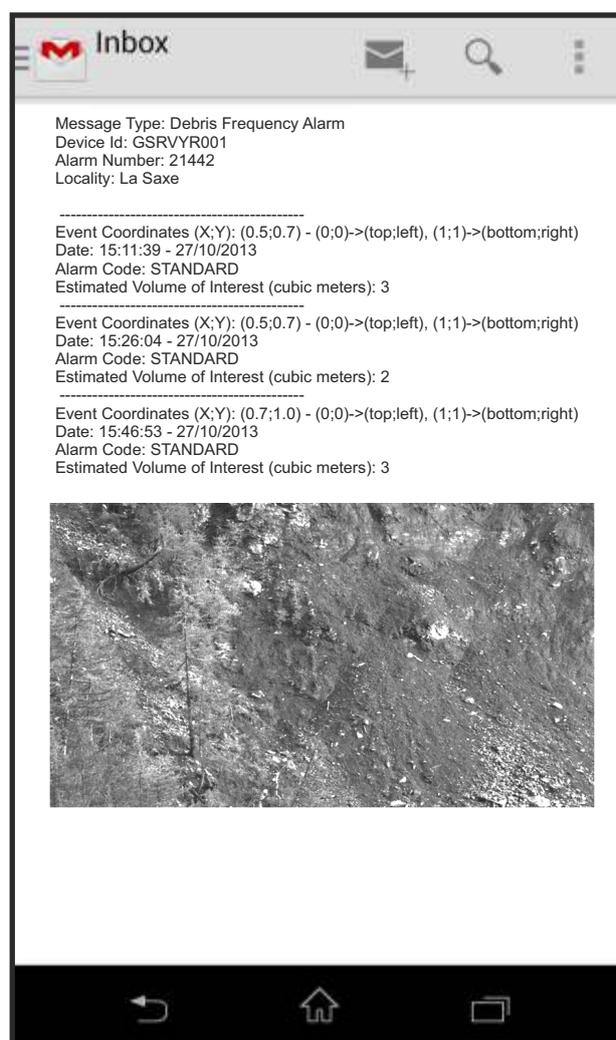
Gli allarmi sono generati in tempo reale dall'unità di acquisizione, e inviati al server centrale, e via mail, in modo che il personale tecnico sia informato anche se non è presente in sala di controllo.



**Allarmi in tempo reale sul server**



**Un evento rilevato automaticamente**



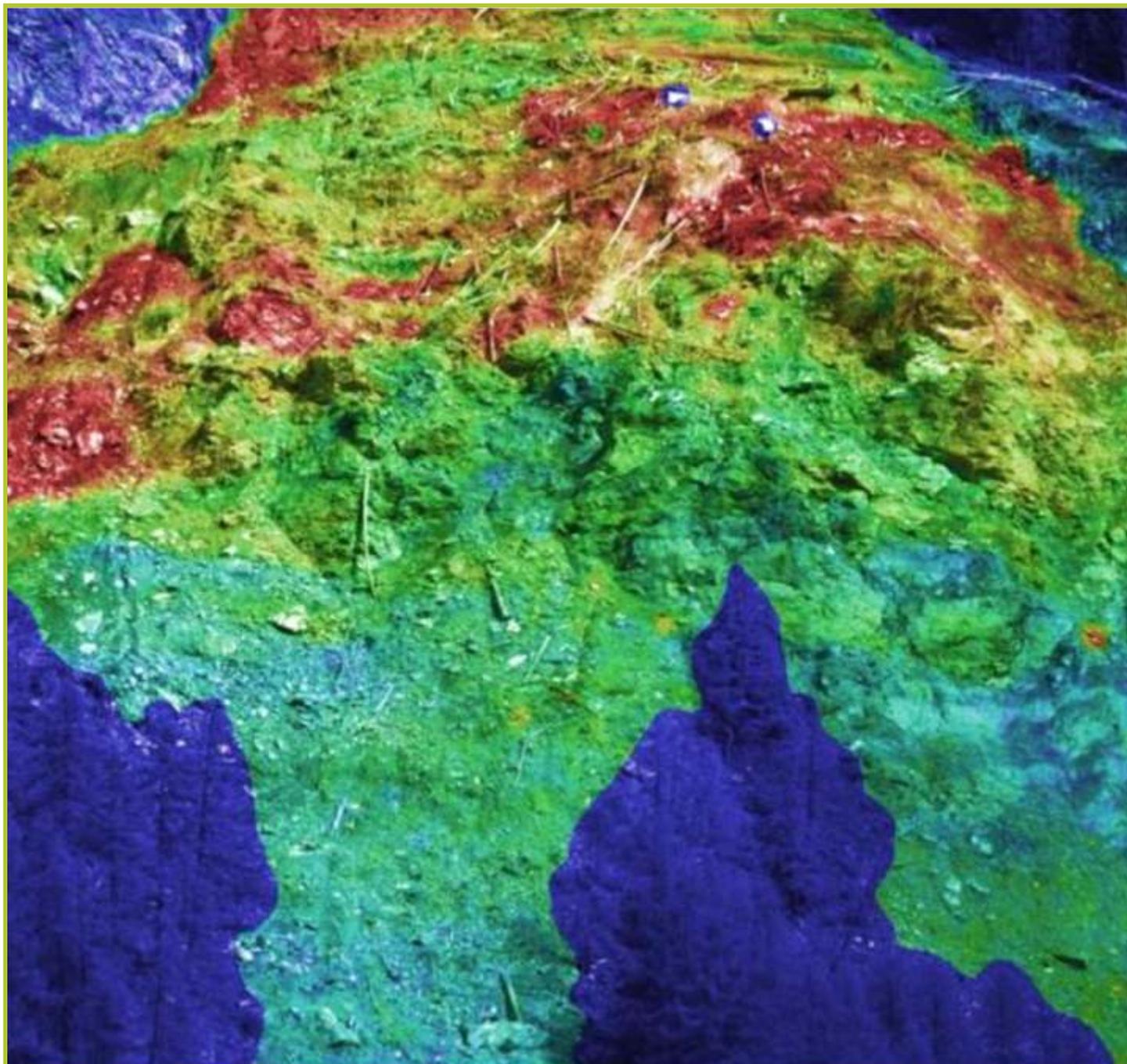
**Una tipica mail di allarme su smartphone**

## Mappe di spostamento

Le mappe di spostamento sono generate dal server centrale usando l'archivio storico, selezionando automaticamente le immagini migliori, a distanza di un dato intervallo temporale, tipicamente un mese.

La selezione assicura che le immagini confrontate siano state scattate nelle condizioni di luce più simili possibile, così da rendere il confronto più accurato.

Processando le immagini con algoritmi di flusso ottico, vengono calcolate le mappe di flusso ottico e convertite in unità metriche (es: mm/mese). Il processo può essere ripetuto con ogni frequenza, per osservare fenomeni a diversa scala temporale. Le mappe sono mostrate in trasparenza sopra ad un'immagine del target in scala di grigi, per una più immediata comprensione. È anche possibile attivare la modalità time-lapse per analizzare le immagini su grande scala temporale.



**Le funzioni di generazione delle mappe di spostamento sono state testate da maggio a settembre 2013. Le aree disabilitate (esterne al target) sono rappresentate con il blu. La scala va dal verde (piccoli spostamenti) al rosso (grandi spostamenti).**

## Applicazioni in open-pit mines

Una delle applicazioni in cui il **GEO-Surveyor** esprime al meglio il suo potenziale sono le miniere a cielo aperto (open-pit mines). Grazie agli algoritmi che rilevano movimenti sui versanti monitorati più volte al secondo, eventuali crolli vengono segnalati in tempo reale e le aree a rischio possono essere prontamente evacuate.

Tipicamente, le open-pit mines sono costituite da larghi e profondi scavi, con la completa assenza di vegetazione o altri ostacoli alla visuale, quindi il monitoraggio è molto efficace.

Con la normale conformazione circolare e simmetrica delle open-pit mines, la configurazione standard del GEO-Surveyor consiste in una serie di dispositivi posizionati sul bordo della miniera, ognuno dei quali monitora un'area sul versante opposto. In questo modo si ha un monitoraggio a 360° dell'intera miniera. Ogni dispositivo è connesso con il sistema centrale tramite rete cablata o wi-fi.

Ogni sistema genera gli allarmi per caduta massi o debris, mentre due sistemi che inquadrano la medesima area misurano l'evento in 3D con accuratezza tra 1 e 5 mm. Dei marker ottici possono essere facilmente installati per migliorare ulteriormente l'accuratezza delle misure. È anche possibile utilizzare i marker per monitorare esclusivamente loro, superando problemi di neve, polvere, etc.. in analogia con le tecniche di monitoraggio basate sui laser. I marker ottici hanno un costo molto minore rispetto a quelli utilizzati per le tecnologie laser.



**Un marker ottico con codice binario per identificazione univoca.**





Via dei Lavoratori Autobianchi 1

PTB Edificio 23/G

20832 Desio (MI) - Italy

**Tel.** +39.0362.328178

**Fax.** +39.0362.235088

**MAIL:** Info: [info@kria.biz](mailto:info@kria.biz)

Sales: [sales@kria.biz](mailto:sales@kria.biz)

Technical Support: [support@kria.biz](mailto:support@kria.biz)

**Web:** [www.kria.biz](http://www.kria.biz)

**Certified**

