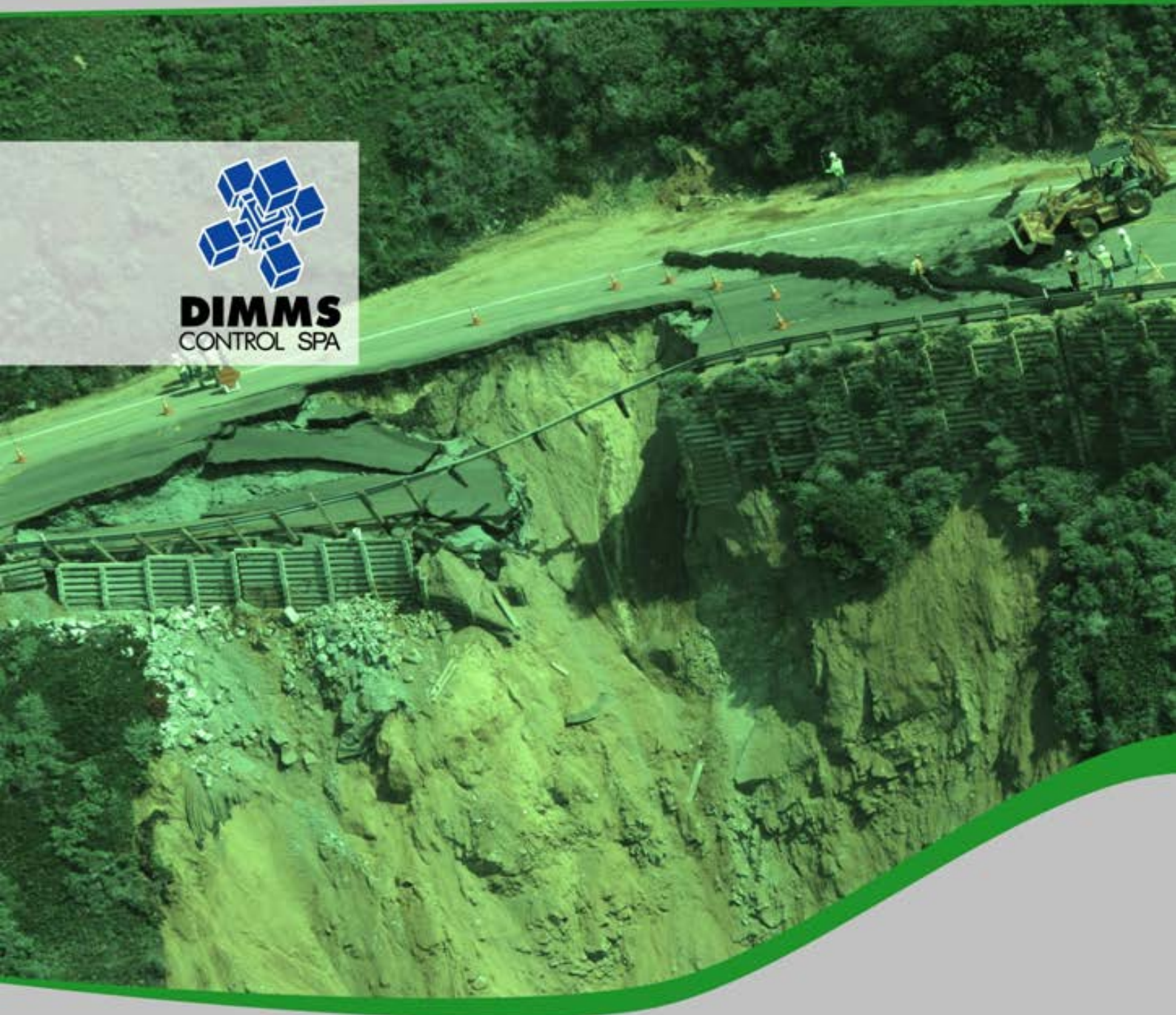




**DIMMS**  
CONTROL SPA

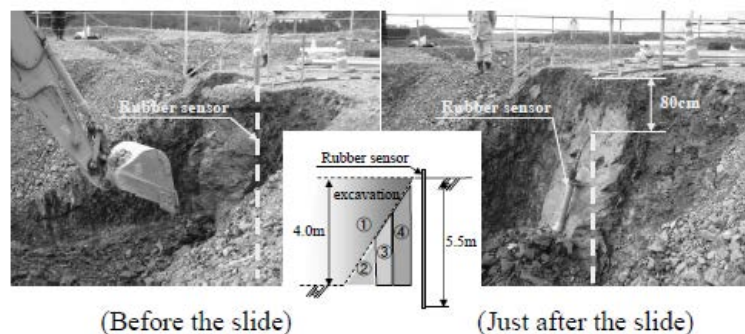
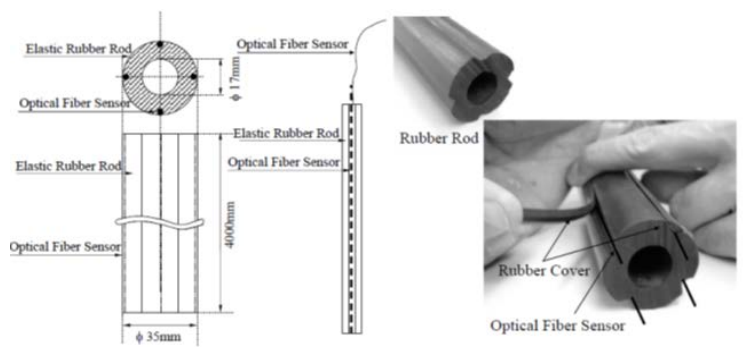


# SISTEMA DI MONITORAGGIO CON SENSORI IN FIBRA OTTICA CON INCLINOMETRI

Le fibre ottiche, inizialmente da noi introdotte per il controllo del comportamento di opere strutturali, si sta estendendo anche al monitoraggio di strutture geotecniche. Nell'ambito del monitoraggio delle frane, poiché le fibre possono essere installate lungo sezioni predefinite anche molto estese, la possibilità di misurare in continuo le deformazioni lungo tutto il loro sviluppo consente di tenere sotto controllo l'intero pendio, e non specifici punti, come accade tramite gli strumenti convenzionali. Gli sviluppi ottenuti sulla fibra ottica hanno portato all'utilizzo in sito delle fibre ottiche e la messa a punto di nuovi strumenti di misura basati sul principio del tubo inclinometrico con individuazione della più opportuna tecnica di installazione. Il principio di base è quello di rendere solidali i sensori in fibra ottica a tubazioni in gomma o a manichette in PVC di elevata deformabilità calate all'interno di fori di sondaggio riempiti, successivamente, con malte cementizie o con fanghi bentonitici.

## Il Sistema

Nelle installazioni in sito, per una migliore valutazione dello stato di deformazione del tubo inclinometrico è opportuno porre in opera almeno quattro tratti di fibre, disposte a 90°, in modo tale da avere quattro profili di deformazioni sui quattro lati della tubazione. Integrando queste deformazioni (trazione e compressione) lungo la tubazione si risale alle rotazioni lungo la tubazione in due direzioni ortogonali. Combinando vettorialmente le misure è possibile risalire all'azimuth degli spostamenti. Eventualmente si può integrare la strumentazione con una fibra ottica singolo modo di tipo "loose tube" per la misura di temperatura (opzionale). L'installazione può essere effettuata su tubazioni in gomma o manichette in pvc con diametri fino a 80-100mm e con un modulo elastico  $E < 10$  MPa. L'installazione in foro viene effettuata attraverso il riempimento della tubazione e del foro con boiaccia di cemento o, preferibilmente, con fango bentonitico.



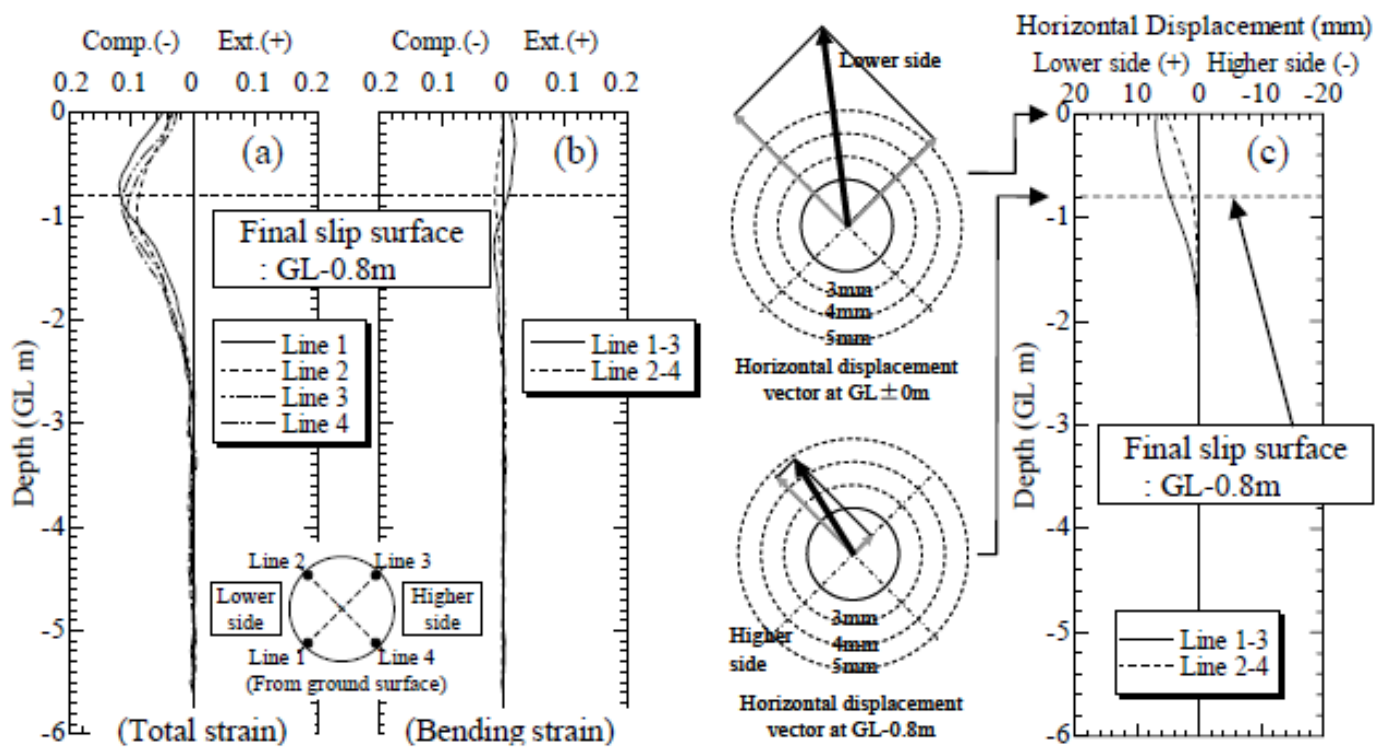
## Perché utilizzare un sistema di monitoraggio in fibra ottica

Rispetto alle tecniche di misura tradizionali, l'utilizzo di un sistema in fibra ottica presenta il vantaggio di:

- ✓ *effettuare una misura continua dello stato deformativo\*;*
- ✓ *ottenere la misura locale delle deformazioni con una risoluzione pari a 20 metri;*
- ✓ *avere la sensibilità della strumentazione, la possibilità di individuare la posizione della superficie di scorrimento e lo spessore della zona di taglio;*
- ✓ *riutilizzare tubazioni inclinometriche esistenti, con tubazioni in gomma di piccolo diametro;*
- ✓ *eseguire misure in intervalli di tempo molto ridotti;*
- ✓ *avere tempi di restituzione della misura rapidi (controllo in real-time).*

\*Si ipotizza costante nel tempo la temperatura del terreno e, pertanto, si presume che le variazioni in termini di shift di Brillouin siano dovute alla sola deformazione della fibra (la misura di deformazione potrebbe essere affetta da errore dovuto alla variabilità della temperatura).





Restituzione delle misure di deformazione e di spostamento orizzontale (Hashimoto et al., 2010)

## Restituzione dei dati

Mediante l'installazione di **una singola fibra ottica** di tipo "tight" è possibile ottenere:

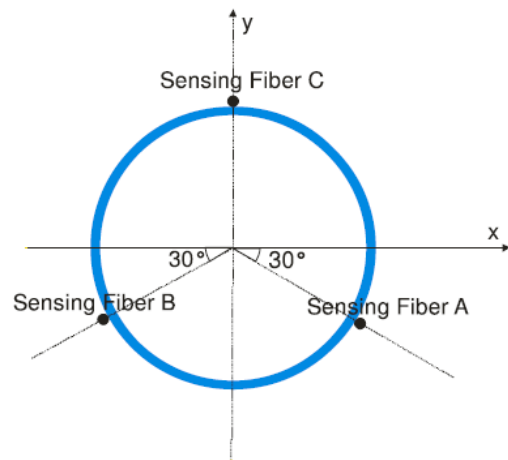
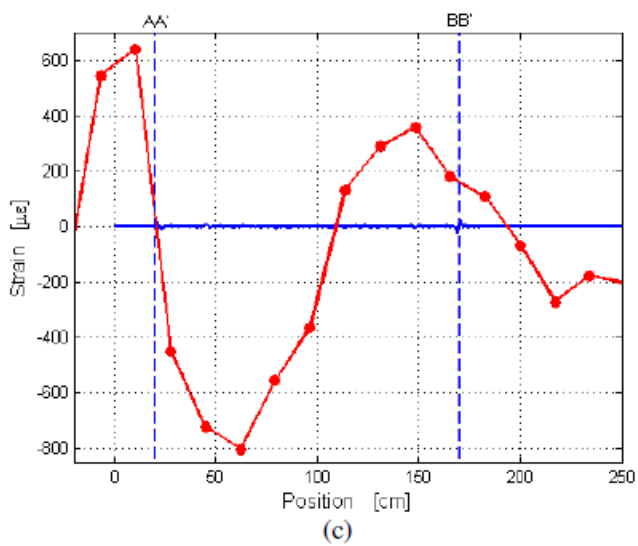
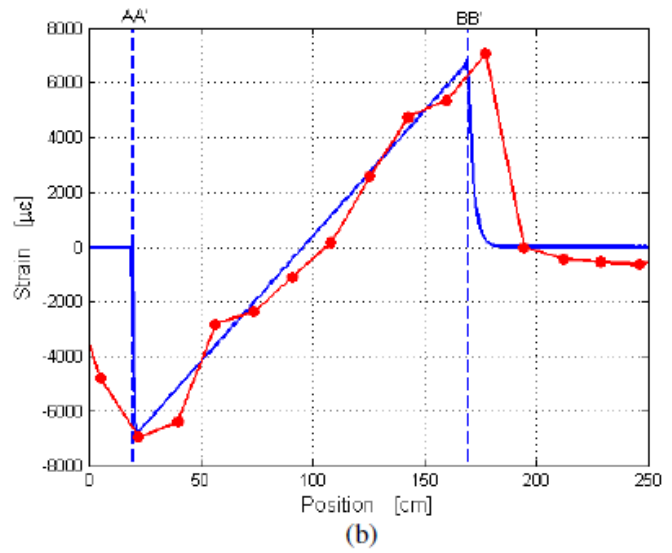
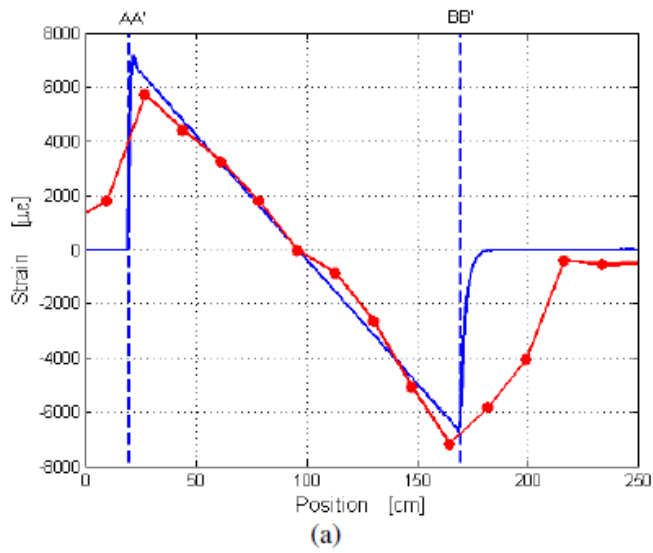
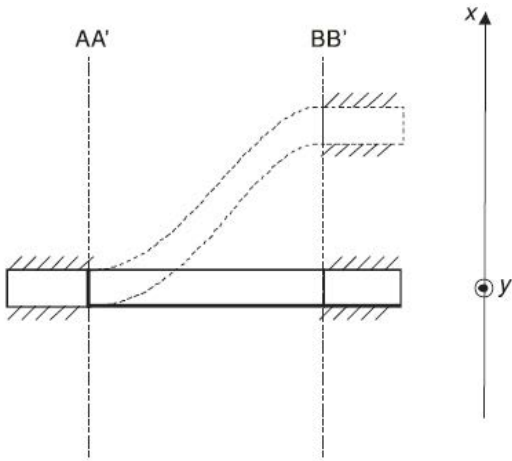
- ✓ *profilo di deformazione lungo l'intera fibra con risoluzione spaziale minima pari a 20 cm e sensibilità pari a  $\pm 10 \mu\epsilon$  ( $\pm 10 \mu\text{m}/\text{m}$ ) \*;*
- ✓ *evoluzione della deformazione nel tempo su una singola sezione della tubazione oppure lungo l'intera lunghezza del tubo, con frequenza di acquisizione dell'ordine di un profilo al minuto\*;*
- ✓ *individuazione di localizzazioni della deformazione entro la risoluzione spaziale della misura;*
- ✓ *rotazioni lungo la tubazione in due direzioni ortogonali;*

Nella versione che prevede l'utilizzo di **due fibre ottiche**, una di tipo "tight" e l'altra di tipo "loose", il sistema è in grado di fornire:

- ✓ *evoluzione della deformazione e temperatura nel tempo su una singola sezione oppure l'intera lunghezza della fibra, con frequenza di acquisizione dell'ordine di un profilo al minuto\*.*

\* durata di acquisizione, risoluzione spaziale e range di misura sono quantità correlate: per specifiche esigenze contattare DIMMS.





Misure di deformazione di una tubazione in PEAD sottoposta ad uno sforzo di taglio



## Metodologia

La procedura prevede l'impiego di fibra ottica con rivestimento in PVC di tipo "tight" di 900 micron per il monitoraggio della misura di deformazione e di tipo "loose tube" (opzionale) per il monitoraggio della misura di temperatura. L'assemblaggio della fibra sulla tubazione e il controllo viene effettuato in laboratorio. La stessa viene poi raccolta su bobina per il trasporto in sito e per l'installazione in foro. L'operazione consisterà inoltre nel connettere FC/APC i due spezzoni di fibre. L'installazione in sito viene effettuata tappando il fondo e calando in foro la tubazione che successivamente, viene intasata con bentonite e boiaccia. L'operazione terminerà con la formazione di un pozzetto a protezione del tratto libero di fibra dal quale si otterranno le informazioni di lettura.

## Tempistica

Il tempo di installazione è dettato dall'installazione del tubo nel foro. A tale tempo va sommato quello necessario alla saldatura dei due capi della fibra incollata, dotati di connettori FC/APC e quello relativo al collegamento della fibra di sensing alla centralina di lettura. Ultimate le suddette fasi, se il livello di attenuazione risulta accettabile si passa ad acquisire la traccia di riferimento lungo ciascuna fibra installata; tale operazione si rende necessarie al fine di compensare le successive letture di temperatura/deformazioni dalle deformazioni dovute all'incollaggio. Il sistema sarà completato con il recapito e l'alloggio finale dei cavi in un pozzetto di protezione ed ispezione

## Oneri a carico del Committente

A carico del Committente sarà la perforazione a carotaggio continuo o a distruzione di nucleo per l'installazione della tubazione e la custodia di un punto sicuro e facilmente accessibile come luogo di ubicazione delle estremità della fibra.

Il Committente provvederà a fornire il materiale e la manodopera occorrente alla formazione di un pozzetto di protezione dell'estremità della fibra.

Nel caso di montaggio della fibra in posizioni non accessibili ordinariamente, il Committente provvederà a rendere raggiungibili i punti di allocazione della fibra anche mediante l'utilizzo dei propri mezzi d'opera utili allo scopo.

Nel caso di monitoraggio in continuo il Committente provvederà alla formazione di un pozzetto e/o armadio di protezione e di sicurezza anche antifurto della centralina di acquisizione.





MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE ITALIANO  
*Laboratorio calcestruzzo e acciaio - art. 59 D.P.R. 380/01, art.20 L. 1086/71*  
*Laboratorio terre e rocce - art.59 D.P.R. 380/01*  
*Indagini geognostiche e prove in sito - art.59 D.P.R. 380/01*



LABORATORI AUTORIZZATI DAL  
MINISTERO DEI TRASPORTI - ROMANIA



AUTORIZATIE – LABORATOR DE GRADUL II  
ROMANIA



AZIENDA CERTIFICATA E.N.I. - SAIPEM



NATO CODIFICATION SYSTEM  
(NCS) (NCAGE Code)



CERTIFICAZIONE ANAS  
CERTIFICAZIONE AUTOSTRADE PER L'ITALIA



UNI EN ISO 9001:2008  
UNI EN ISO 14001:2004  
OHSAS 18001:2007



AZIENDA ASSOCIATA A CONFINDUSTRIA



**DIMMS**  
CONTROL SPA

#### SEDE LEGALE

C.da Archi, 14/G  
83100 Avellino  
Italy

#### LABORATORI

Area A.S.I. Avellino  
Via Campo di Fiume, 13  
83030 Montefredane (AV)  
Italy

#### BRANCH IN ITALIA

Via D. Bertolotti, 7  
10121 Torino  
Italy

#### BRANCH INTERNAZIONALI

Jud. Ilfov, comuna Corbena  
Sat. Petresti, Str.Radarului 3  
Romania