



Il Gazzettino di Bedretto

Numero 2 (Agosto 2022)

Cari residenti di Bedretto, cari lettori,

Benvenuti alla seconda edizione del Gazzettino BedrettoLab!

È passato più di mezz'anno dalla nostra prima edizione e sono successe molte cose nel laboratorio.

Gli esperimenti del grande "Bedretto Reservoir Project" stanno procedendo bene. Mentre alcuni sono stati impegnati in esperimenti e analisi, altri hanno ampliato il laboratorio e cementificato, scavato e pianificato.

In questa edizione potrete conoscere alcune persone che stanno contribuendo al BedrettoLab.

Vi auguriamo una buona lettura,



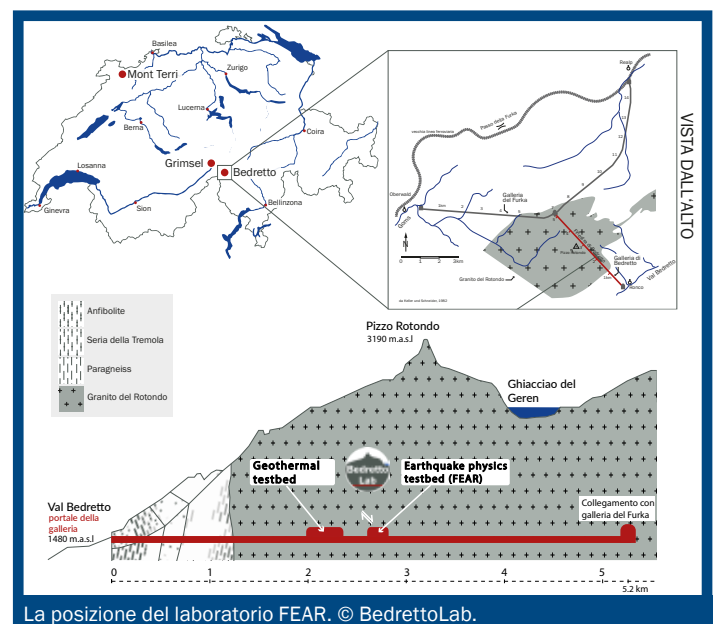
© BedrettoLab

Il team BedrettoLab

Un laboratorio unico di fisica dei terremoti nel BedrettoLab

Oltre alle intense attività di ricerca in corso nel BedrettoLab, da novembre 2021 la galleria è anche un cantiere aperto. È infatti in corso un ampliamento del laboratorio per aggiungere un secondo ambiente sperimentale e dunque si stanno applicando rivestimenti, posando pavimentazioni, installando impianti elettrici e sistemi di ventilazione. Uno dei principali progetti di ricerca futuri che beneficeranno di tale ampliamento è denominato FEAR (Fault Activation and Earthquake Rupture).

L'idea centrale di FEAR è comprendere come si scatenano e si arrestano i terremoti modificando lo stress sulle faglie e usando iniezioni di acqua per provocare piccoli terremoti non dannosi, fino a 1 grado di magnitudo. Una fitta rete di strumentazione consentirà di avere una visione ravvicinata dei processi in atto nella faglia prima, durante e dopo la rottura sismica. Le scoperte ottenute grazie a FEAR miglioreranno la comprensione della fisica delle rotture sismiche, contribuiranno a spostare



La posizione del laboratorio FEAR. © BedrettoLab.

sempre più in avanti i limiti della prevedibilità dei terremoti e faranno progredire lo stato dell'arte nell'uso

sicuro della geoenergia. La galleria di Bedretto offre una base perfetta per gli esperimenti di FEAR.

A circa 2,5 km dal suo ingresso, i ricercatori hanno individuato un sistema di faglie naturale che – come dimostrano gli studi di laboratorio – ha sperimentato dei terremoti in passato. Al momento sono in fase di sviluppo la progettazione sperimentale dettagliata, l'ottimizzazione dell'ubicazione dei pozzi e un cunicolo laterale per agevolare un accesso più ravvicinato alla faglia.

A partire dalla posizione prossima e privilegiata possibile grazie al cunicolo laterale in progetto, sarà installato un fitto sistema di monitoraggio multidisciplinare per osservare i processi nella faglia target e nelle sue immediate

vicinanze prima, durante e dopo il terremoto. Il sistema è progettato per rilevare micro-sismi nell'intervallo di magnitudo da -5 a 1, e fornirà registrazioni ad alta frequenza delle onde sismiche che non possono essere registrate con strumentazioni standard.

Sono attualmente in corso i primi esperimenti collegati al progetto FEAR, che utilizzano il giacimento VALTER come ambiente sperimentale. Ulteriori test preliminari sono previsti per l'inizio del 2023.

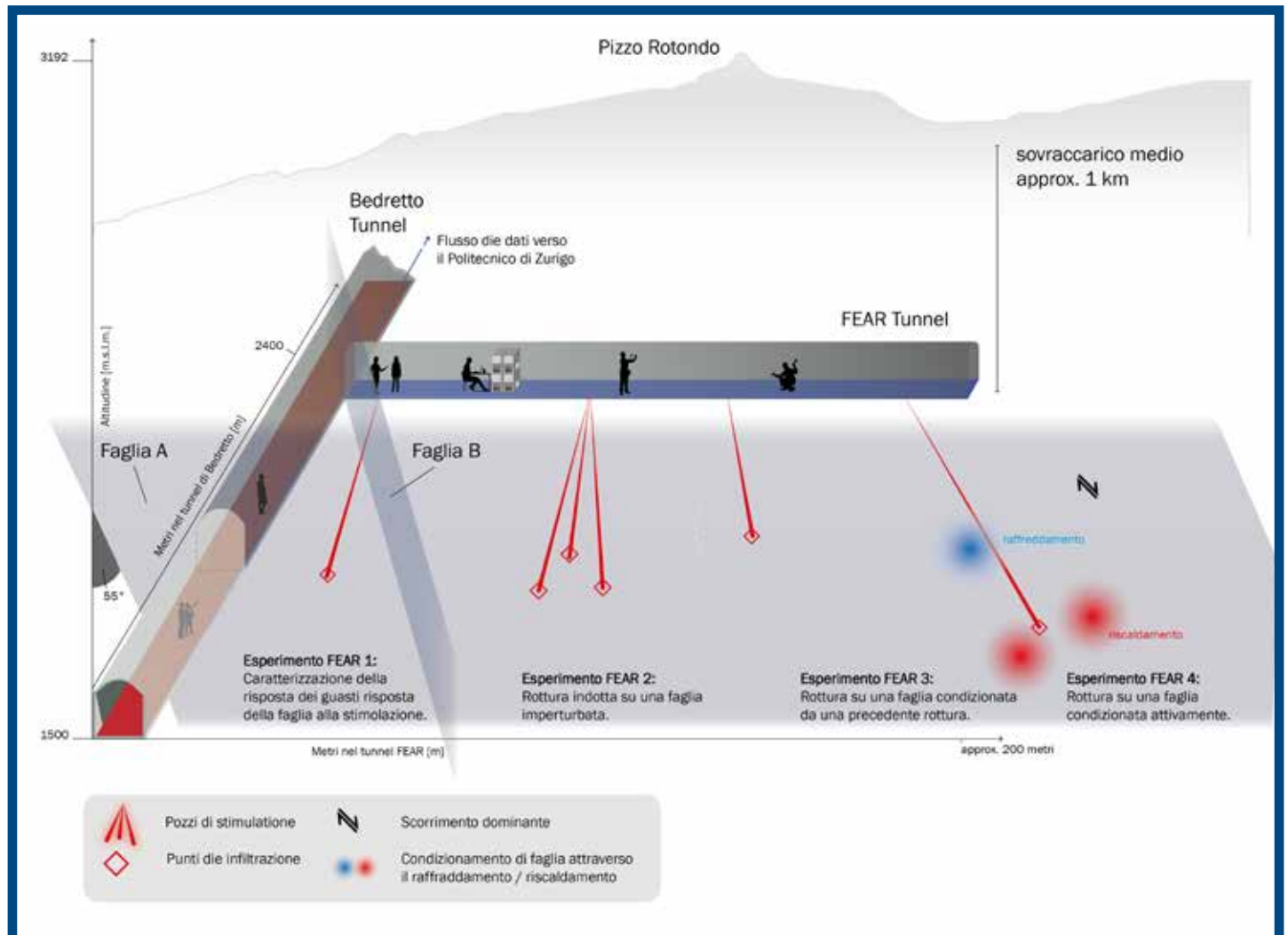
Il progetto è realizzato da un consorzio di studiosi del Politecnico Federale di Zurigo (ETH Zurigo) in Svizzera, dell'Università Rheinisch-Westfälische Technische

Hochschule di Aquisgrana (RWTH Aquisgrana) in Germania e dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Il suo

finanziamento è assicurato da un Synergy Grant del Consiglio europeo della ricerca. ■



I lavori di costruzione del nuovo laboratorio di FEAR. © BedrettoLab.



L'ubicazione del laboratorio FEAR e degli esperimenti FEAR. © BedrettoLab.

Nel cuore della roccia: il sistema di monitoraggio del BedrettoLab

È nascosto in profondità nella roccia, eppure è uno degli elementi più importanti del laboratorio: il sistema di monitoraggio con i relativi sensori. Le dott.sse Katrin Plenkers e Anne Obermann ne svelano i segreti e spiegano perché è così fondamentale per il BedrettoLab.

Redattore: Molti dei sensori nel laboratorio sono realizzati ad hoc. Per quale motivo il monitoraggio degli esperimenti del Bedretto è così complesso?

Katrin: A Bedretto le condizioni in cui operano i sensori sono molto complesse, dal momento che lavoriamo in profondità sotto la montagna in pozzi lunghi fino a 400 metri. I sensori devono essere in grado di resistere all'acqua e alle pressioni elevate, e al contempo essere sufficientemente piccoli da passare nei pozzi. Spesso i prodotti esistenti non rispondono a queste esigenze. Inoltre, dopo aver installato i sensori, dobbiamo completamente sigillare i pozzi al fine di ottenere per gli esperimenti condizioni prossime a quelle della roccia intatta. Pertanto, cementiamo i pozzi con un procedimento speciale. In altre parole: i sensori restano nei pozzi e non possono più essere recuperati.

Il sistema di monitoraggio multidisciplinare da noi sviluppato integra sensori per la sismologia, la geomeccanica e la geofisica applicata. Ciascun componente è realizzato per resistere alle condizioni avverse. Un sistema di installazione e guida riduce i rischi al momento della predisposizione, ad es. per evitare che l'attrezzatura di monitoraggio si incastri prima di raggiungere la posizione finale.

Come avete affrontato questo problema e con quali sfide avete dovuto fare i conti?

Katrin: È stato possibile sviluppare e installare i sensori solo grazie a una collaborazione con aziende altamente specializzate ed esperte, situate in Svizzera, Polonia, Italia, Sudafrica e Regno Unito. La sfida più grande era data dal breve tempo a disposizione per lo sviluppo. Sono molto grata per l'impegno profuso dalle aziende, che hanno dato il massimo per l'implementazione. Lo sviluppo è stato congiunto, quindi molti dispositivi sono stati sviluppati assieme da più aziende per integrare i diversi know-how. Dal punto di vista logistico non è stato semplice, dal momento che la realizzazione ha coinciso con il primo lockdown per la COVID-19. Per la procedura di cementazione, abbiamo collaborato con il dott. Andreas Reinicke, un esperto di sigillatura della Nagra.

Quali successi avete ottenuto? Non è che magari avete anche avuto qualche sorpresa?

Katrin: Abbiamo installato l'intero sistema e ora siamo in grado di effettuare misurazioni uniche e senza precedenti. Ad esempio, riusciamo a registrare piccole fratture dell'or-

dine di centimetri in un giacimento su scala ettometrica. Inoltre ora siamo in grado di registrare la pressione interstiziale contemporaneamente alla deformazione della roccia. Dà molta soddisfazione vedere che dopo esserci impegnati tanto per trovare un modo per superare le sfide adesso tutto funziona a meraviglia. Ci sono stati dei momenti in cui membri del team di sviluppo non credevano più che fosse possibile farcela. Ora che tutto è installato, sappiamo cosa potrà essere ottimizzato in futuro. E ciò è di grande aiuto per i progetti a venire.

Redattore: Che cosa avete scoperto durante le prime campagne di misurazione?

Anne: Siamo stati molto sollevati del fatto che il lavoro degli ultimi anni abbia dato i suoi frutti nonché di essere riusciti a effettuare senza problemi una prima stimolazione con centinaia di eventi picosismici registrati nel sistema e a rilevare dati chiari dai cavi in fibra ottica. Ora stiamo ottimizzando in particolare i sistemi di acquisizione, e attendiamo con entusiasmo di lavorare con i dati e ottenere ancora più informazioni nelle prossime campagne di misurazione. ►



Breve biografia di Anne:

Lavoro come ricercatrice senior presso il Servizio Sismico Svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo (SED), dove dirigo il gruppo Sismologia del BedrettoLab e il gruppo Interferometria & visualizzazione sismica presso il SED. Oltre al mio interesse per la sismicità sotterranea e indotta, il mio principale campo di ricerca è l'interferometria delle onde di coda.



Breve biografia di Katrin:

Sono una geofisica specializzata nelle misurazioni negli esperimenti sotterranei. A Bedretto ho lavorato come direttrice operativa per i sistemi di monitoraggio e coordinatrice del gruppo di sismologia sotterranea. Il mio principale campo di specializzazione riguarda la registrazione della picosismicità, ovvero il rilevamento e l'analisi delle piccole fratture negli esperimenti sotterranei o nel monitoraggio della salute strutturale.

Guardiamo al futuro: quali saranno le prossime mosse? E quali sfide prevedete di affrontare?

Anne: Abbiamo imparato moltissimo dai primi pozzi dotati di strumentazione e dall'avvio della campagna di stimolazione. Il prossimo progetto dietro l'angolo è FEAR, che richiederà una rete ancora più fitta e sensibile per rilevare anche gli eventi picosismici più piccoli. In questo caso, una sfida notevole consiste nel proteggere il più possibile il sistema di acquisizione dalle potenziali sorgenti di rumore (elettroniche o meccaniche). In ogni caso, anche la calibrazione dei sensori di emissioni acustiche ci sta dando del filo da torcere, ma sono ottimista e credo che siamo sulla buona strada per risolvere questi problemi. ■

Al via la fase di valutazione tecnica del giacimento del progetto VALTER

Dopo una breve pausa necessaria per analizzare i dati e pianificare le operazioni, il team VALTER riprende le stimolazioni nell'ambito del Bedretto Reservoir Project.

Questa settimana inizia la fase 2, l'effettiva valutazione tecnica del giacimento. L'obiettivo principale è effettuare stimolazioni su circa quattro intervalli nel foro di trivellazione, per un periodo massimo di 48 ore, al fine di creare una connessione fra due pozzi, denominati ST1 e ST2.

A partire da questa settimana e fino a settembre 2022, il team VALTER applicherà stimolazioni idrauliche su quattro intervalli. Nella fase precedente del progetto, gli intervalli (così sono denominati i segmenti nei fori di trivellazione) nel pozzo ST1 erano stati sottoposti a stimolazione come previsto dal protocollo, con iniezioni costanti e predefinite. In base ai dati ottenuti nella fase 1, sono stati caratterizzati i sistemi di frattura collegati ai diversi intervalli dei pozzi, in modo da selezionare i seg-

menti più promettenti per la fase 2.

Durante la fase 2, verranno ulteriormente stimolati quattro intervalli circa, che sono risultati i più idonei a completare la connessione fra i fori di trivellazione ST1 e ST2. La stimolazione di un intervallo (che avrà una durata massima di 48 ore) fa in modo che l'acqua crei nuove piccole fratture nella roccia, auspicabilmente collegando i pozzi ST1 e



La dottoressa Anne Obermann e il suo team durante l'installazione dei sensori di monitoraggio. © BedrettoLab (foto: Luxwerk.ch).

ST2, che distano 35 metri l'uno dall'altro. I sensori termici ad alta precisione che verranno installati nel pozzo ST2 consentiranno di rilevare anche minime variazioni di temperatura al

suo interno, confermando così l'eventuale connessione fra i due fori.

Le stimolazioni idrauliche (iniezioni di acqua in pressione) migliorano la trasmissività attraverso defor-



Un sistema di valvole e manometri aiuta a regolare la pressione dell'acqua. © BedrettoLab.



L'attrezzatura principale del laboratorio è situata proprio accanto al foro ST1, dove vengono condotte le stimolazioni. © BedrettoLab.

mazioni di tipo sismico e asismico. La trasmissività è un indicatore della quantità di acqua che può essere trasmessa attraverso le fratture. Se oltre il 99% dell'energia idraulica viene rilasciata senza generare eventi sismici, attraverso i processi di scorrimento, prevediamo che nuovi nu-

merosi microsismi accompagnino la stimolazione. Secondo la definizione dei sismologi, gli eventi di magnitudo fra -4 e -2 prendono il nome di nanosismi. La rete di sensori installata presso il laboratorio di Bedretto è in grado di rilevare eventi di magnitudo fino a -6, denominati pico-

sismi. Durante la stimolazione prevista per la fase 2 del progetto, si prevede di osservare nuovi numerosi eventi di grado pico e nanosismico. Oltre a essere necessari per creare il giacimento, questi rappresentano una ricca fonte di informazioni sulla sua evoluzione. Durante la stimolazione della fase 1 erano stati rilevati eventi di magnitudo massima pari a -3. Poiché verrà iniettata una maggiore quantità di acqua, è presumibile che nella fase 2 si verifichino sismi di intensità leggermente superiore.

Tuttavia, non appena si dovessero raggiungere i livelli di magnitudo o vibrazione predefiniti come soglia di sicurezza, le operazioni verranno interrotte e la pressione dell'acqua scaricata.

Inoltre, i sismologi del team VALTER continueranno incessantemente a monitorare le stimolazioni, prestando attenzione a ogni sviluppo imprevisto.

Le stimolazioni saranno inframezzate da periodi di tre o quattro settimane per consentire l'analisi dei dati. In questa fase finale, i ricercatori sperano di acquisire informazioni utili sulla progettazione di un giacimento di scala significativa per l'applicazione nel mondo reale: ne è un esempio il progetto geotermico in programma nella zona di Haute Sorne. ■



Un team sta preparando e monitorando le stimolazioni nel tunnel. © BedrettoLab.

Il calcolo del caos delle onde sismiche: una giornata con la dotto-randa Kathrin Behnen



© Kathrin Behnen

Sono una dottoranda e lavoro presso il Laboratorio sotterraneo Bedretto per le geoscienze e le geoenergie, dove mi sto occupando dell'anisotropia delle onde sismiche. Negli ultimi mesi ho trascorso varie giornate al BedrettoLab per effettuare misurazioni nell'ambito del mio progetto di dottorato e della tesi di master di Claire Epiney. Nella mia tesi di dottorato mi concentro sull'anisotropia sismica e sulla sua variazione spazio-temporale su scala di laboratorio e di campo. Il lavoro mira a contribuire alla caratterizzazione geologica e geofisica del giaci-

mento e alla comprensione dei processi sismo-idraulici in corso durante le attività geotermiche. Poiché normalmente le misurazioni nella galleria richiedono molto tempo, mi reco ad Airolo la sera prima per poter essere presente a Bedretto il più presto possibile il giorno dopo. Di solito siamo in molti a lavorare assieme. Il nostro viaggio al BedrettoLab inizia con la spesa al Denner di Airolo, dove acquistiamo le provviste per l'intera giornata da passare nel tunnel. Dopo essere arrivati alla baracca, ci prendiamo un caffè, indossiamo gli indu-



© BedrettoLab



I due dottorandi Kai Bröker e Kathrin Behnen durante il loro lavoro in laboratorio. © BedrettoLab.

menti antinfortunistici e poi prepariamo e imballiamo tutta la strumentazione necessaria agli esperimenti. Naturalmente, abbiamo già pianificato con precisione cosa intendiamo fare nel laboratorio perché non vogliamo perdere tempo andando avanti e indietro. Di solito per la tesi mia e di Claire ho bisogno dello sparker e degli idrofoni. Lo sparker viene collocato in un pozzo, e qui genera degli impulsi elettrici che poi creano delle onde di pressione che si propagano attraverso la roccia. Tali onde sismiche sono poi misurate dagli idrofoni in un altro pozzo. Questi strumenti sono piuttosto pesanti e alla sommità hanno dei cavi, così li carichiamo su uno dei trenini per trasportarli nel tunnel. Se avanza un po' di posto, salgo anch'io a bordo. Altrimenti mi reco al laboratorio a piedi o in bicicletta. Quan-

do arrivo, inizio a installare i nostri strumenti collocandoli nei pozzi ad alcune decine di metri di profondità. Subito dopo, iniziamo i test. Spesso gli strumenti non funzionano subito come previsto. Dal momento che si trovano in profondità nei pozzi, può capitare ad esempio che il cavo dello sparker sia piegato in qualche punto e non riesca a trasmettere la tensione. Sono cose che capitano di frequente. Ad ogni modo, di solito nel nostro team troviamo abbastanza rapidamente una soluzione, dal momento che conosciamo tutti i flussi di lavoro e le possibili fonti di errore. Non appena gli strumenti iniziano a funzionare perfettamente, possiamo cominciare con le misurazioni. In genere cerchiamo di essere il più efficienti possibile e di effettuare poche serie di misurazioni che durano da quattro a sei ore.

Inoltre, effettuiamo serie di misurazioni in vari giorni consecutivi per raccogliere il maggior numero di dati possibile. Nel mio ufficio di Zurigo ho bisogno di dati per analizzare le differenze di velocità delle onde a seconda della direzione del percorso dei raggi.

A volte pranzo nel luogo in cui sto lavorando, altre ci incontriamo nel nostro container per mangiare insieme. Qui non mancano mai i dolci da condividere: considerando il lavoro fisico e l'elevata concentrazione richiesta tutti hanno bisogno di molta energia.

Dopo aver finito le misurazioni è necessario disinstallare la strumentazione e riportarla alla baracca con il trenino. Una volta riposti

gli strumenti, la mia ultima incombenza consiste nel compilare un breve verbale online delle nostre attività nella galleria. Complessivamente, spesso passo nel laboratorio fino a dieci ore. Anche se le giornate al BedrettoLab sono lunghe e stancanti, mi piace lavorarci perché amo l'attività pratica. Gran parte della mia tesi di dottorato si basa su algoritmi al computer: il lavoro in laboratorio è quindi un piacevole diversivo. Infine, il fatto di lavorare su dati reali che rappresentano la vera natura del volume di roccia rende ancora più interessante la modellazione teorica. ■

I collaboratori del BedrettoLab: Bekir Yüce



© BedrettoLab

Bekir Yüce si occupa di tutte le cose che devono essere fatte per mantenere in funzione il BedrettoLab - che sono molte! Il suo lavoro spazia dalla rimozione della neve dalle vie di accesso all'installazione e alla manutenzione delle attrezzature del laboratorio. Oltre che artigiano, Bekir è anche un appassionato di cucina. Al mercato di Bellinzona trova i prodotti freschi di cui ha bisogno per le sue ricette. Poiché vive nella splendida Val Bedretto, spesso va a fare escursioni e trascorre del tempo nella natura.

Redattore: Qual è il suo compito al BedrettoLab?

Bekir: È una domanda complicata, perché al BedrettoLab ho molteplici compiti. La mattina inizio alle 7:00 con il giro di ispezione, che prevede la preparazione della baracca, degli uffici e delle attrezzature. Mi occupo anche della logistica e della manutenzione del BedrettoLab, quindi riordino gli spazi e preparo il materiale necessario per la nuova giornata lavorativa.

È un lavoro molto dinamico: a seconda delle esigenze, si prepara il materiale necessario o si aiutano i partner del progetto a scaricare le attrezzature e a portarle all'interno della galleria. C'è molto lavoro, ma c'è un'ottima collaborazione con tutti i colleghi, infatti siamo tutti in ottimi rapporti!

Qual è stata la sfida più grande che ha affrontato da quando lavora al BedrettoLab?

Ho iniziato a lavorare presso BedrettoLab nel 2019. La sfida più grande di tutte è stata la comunicazione. All'inizio non ci conoscevamo, quindi era ancora più difficile comunicare con tutti gli studenti e il personale che parlavano inglese. Ora è come essere una grande famiglia, è bello stare insieme, chiacchierare, ridere e scherzare. Adesso con il tedesco funziona e c'è un buon rapporto con tutti! Ho anche apprezzato molto il fatto che, anche se non sono né un ingegnere né uno studente, nessuno mi ha mai fatto sentire a disagio, sono sempre stato coinvolto in tutti i progetti.

Qual è stata la sua migliore esperienza al Laboratorio?

L'esperienza più bella e interessante è stata all'inizio, quando abbiamo dovuto realizzare tutte le installazioni prima che la galleria fosse cementata. È stato quasi uno shock per me vedere come lavoravano e alla fine il bellissimo risultato. In generale, la collaborazione con gli studenti, i tecnici, gli scienziati e gli ingegneri che lavorano al Laboratorio è sempre un'esperienza meravigliosa. ■

L'anisotropia delle onde sismiche

In generale, il termine anisotropia fa riferimento alla direzionalità di una proprietà o di un processo. In sismologia, descrive la dipendenza direzionale della velocità di un'onda.

Quando una roccia ha un orientamento preferito dei grani o delle fratture, questo influenza la velocità delle onde.

Le onde si muovono a velocità diverse a seconda della direzione di propagazione in funzione di tali caratteristiche. Solitamente, un'onda sismica si propaga più rapidamente lungo la foliazione delle fratture e rallenta perpendicolarmente a essa. Analizzando l'anisotropia sismica in una roccia si possono pertanto ottenere informazioni importanti sulla struttura di quest'ultima.



Bekir Yüce al lavoro nel tunnel © BedrettoLab.

Note dal laboratorio

BedrettoLab in TV



© BedrettoLab.

Febbraio abbiamo avuto il piacere di accogliere una troupe televisiva della RSI, che ha girato una puntata della trasmissione scientifica «Il giardino di Albert».

Due moderatori hanno intervistato il Prof. Domenico Giardini, membro del consiglio di amministrazione del BedrettoLab, che ha spiegato l'ambito delle nostre attività di ricerca e presentato le infrastrutture del laboratorio.

La puntata de «Il giardino di Albert» offre una visione completa del laboratorio sotterraneo e può essere vista qui :

<https://bit.ly/3J4r9Nx>



Geobiologia nel BedrettoLab



© Cara Magnabosco.

Non solo ricerche sull'energia geotermica e sulla fisica dei terremoti fanno parte del BedrettoLab. L'ambiente estremo della roccia profonda offre l'opportunità anche alla ricerca geobiologica. Nel BedrettoLab il gruppo di Geobiologia studia i limiti energetici della vita e l'evoluzione della biosfera profonda.



© Virginie Durand.

Arte nel BedrettoLab

Durante le pause di lavoro, la sismologa Virginie Durand trova talvolta il tempo di dedicarsi al suo hobby e di disegnare. Ha creato questa bella e poetica impressione dell'installazione di installazione dei sensori.

Attendiamo il vostro feedback!

Vi è piaciuto il secondo numero del Gazzettino? C'è qualche argomento su cui vi piacerebbe ricevere maggiori informazioni? Saremo lieti di ricevere il vostro feedback all'indirizzo: stefanie.zeller@sed.ethz.ch. Il prossimo numero verrà pubblicato in 2023. ■



Impressum

Il Gazzettino di Bedretto è la rivista del BedrettoLab dell'ETH di Zurigo per la popolazione di Bedretto.

www.bedrettolab.ethz.ch

ETH zürich