

Università
della
Svizzera
italiana

Istituto
ricerche
solari
Aldo e Cele
Daccò

IRSOL Annual Report Rapporto annuale



IRSOL
An institute
affiliated to USI,
run by an
independent
foundation

IRSOL
Un istituto
affiliato all'USI,
retto da una
fondazione
indipendente

**Content
Sommar**

4	Foreword Prefazione
6	Institute Istituto
8	Infrastructure Infrastruttura
10	Research Groups Gruppi di ricerca
20	Scientific Highlights Risultati di rilievo
30	External collaborations Collaborazioni esterne
38	Education and Outreach Formazione e comunicazione
44	Resources Risorse
50	Scientific Output Output scientifico



Foreword Prefazione Prof. Dr. Svetlana Berdyugina

IRSOL Director
Locarno,
April 2026

The Sun is our home star and provides energy for almost all life on Earth, impacts near-Earth Space Weather and shapes the Earth's climate. Space Weather, triggered by solar magnetic activity, can cause malfunctions and significant loss of space- and ground-based infrastructure, disrupt communication, and affect the Earth's atmosphere. Thus, the Sun, located at the centre of our Solar System, is also central to the existence of the human society and life in general. At IRSOL, we aim to understand the physics of solar magnetic activity to the level that is needed for forecasting Space Weather and geomagnetic storms. Our strategy to address this challenging task is rooted in the operation of the largest ground-based solar optical telescope for research in Switzerland, recognised by the Federal State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) as a unique solar physics infrastructure of national importance. The backbone research directions at IRSOL are the development of unique approaches for high-precision spectropolarimetric measurements with the ZIMPOL instrument, innovative data exploration techniques, quantum models of atomic and molecular magnetic diagnostics, cutting-edge theory of the polarised radiation and multi-dimensional numerical simulations of the solar magnetised plasma.

IRSOL's national cooperations address challenges in understanding the connection of solar magnetism with Space Weather and its influence on the Earth and technology. Moreover, IRSOL's world-leading expertise in high-precision polarimetry attracts broader interest in applications across astrophysics, astrobiology, pharmaceuticals, and space technology. At USI, we continue to deepen our collaboration with the Faculty of Informatics to employ applied mathematics to refine our theoretical models and Artificial Intelligence as data analysis tools. At SUPSI, we collaborate with the Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA), Department of Innovative Technologies, on advancing the ZIMPOL technology towards an innovative optical digital sensor. This project has won significant Innosuisse funding in 2025, in cooperation with the startup ENANTIOS, for biopharmaceuticals applications to measure the optical activity of chiral molecules, a technique previously patented jointly by ETH Zurich and IRSOL using ZIMPOL. The ongoing cooperation with CSEM Neuchâtel supports developing Swiss expertise in microlens arrays for optical detectors.

Since 2023, USI and IRSOL have been among the eleven international members of the EST Foundation Canarias, which aims at constructing the next-generation 4.2-meter European Solar Telescope (EST). In 2025, IRSOL and USI have led an application to SERI for including EST into the Swiss Roadmap for Research Infrastructures 2027 and supporting the Swiss EST consortium, consisting of 22 research groups from 10 universities and independent research institutes. Our other long-term international cooperations with research institutes in Germany, Spain, Czech Republic, Finland and the USA enable discoveries and new research opportunities. Among these is the IRSOL's contribution of the polarimetric unit for the first-generation instrument VTF (under commissioning) at the world-largest solar telescope (DKIST, Maui, USA), that opens for IRSOL access to the most powerful solar infrastructure.

Competitive funding is crucial for research at IRSOL. A large SNSF research grant project, secured in 2024, has started in 2025 to support applications of the worldwide most advanced 3D radiation transport code with scattering polarization, developed by IRSOL scientists. In 2025, two highly competitive SNSF SPARK projects have been won by IRSOL scientists, and the Innosuisse project with IRSOL, SUPSI and ENANTIOS has been approved to develop an innovative optical digital sensor. Moreover, a large consortium for the National Centre for Competence in Research (NCCR) Genesis, including IRSOL, has been positively evaluated and will start in 2026. In addition to the fundamental and applied research, we are determined to provide professional training in science and technology and disseminate our knowledge to society. Two new PostDocs and one PhD student have started working at IRSOL. Several theses have been completed under the supervision of IRSOL scientists. The interactive exhibition "Sole" (2023-2025) developed in collaboration with the USI outreach centre L'ideatorio in Cadro and supported by the SNSF Agora project, has been completed with great success.

2025 was a year of many accomplishments and new initiatives. We would like to wholeheartedly acknowledge the support of IRSOL from SERI, the Canton Ticino, USI and many supporting local municipalities. Your continued and trusting patronage of IRSOL is the cornerstone of our success.

Il Sole è la nostra stella e fornisce l'energia per la maggior parte della vita sulla Terra, ha un impatto sul meteo spaziale vicino al nostro pianeta e determina il clima terrestre. Il meteo spaziale innescato dall'attività magnetica solare è in grado di causare malfunzionamenti e danni significativi alle infrastrutture spaziali e terrestri, oltre a interrompere le comunicazioni e a influenzare l'atmosfera terrestre. Il Sole, situato al centro del nostro sistema solare, è quindi centrale anche per l'esistenza della società umana e della vita in generale.

All'IRSOL ci proponiamo di comprendere la fisica dell'attività magnetica solare fino al livello necessario per la previsione del meteo spaziale e delle tempeste geomagnetiche. La nostra strategia per affrontare questo compito impegnativo è basata sull'utilizzo del più grande telescopio ottico solare terrestre per la ricerca in Svizzera, riconosciuto dalla Segreteria di Stato per l'istruzione, la ricerca e l'innovazione (SERI) come infrastruttura unica nel suo genere nel campo della fisica solare e di importanza nazionale. Le principali linee di ricerca dell'IRSOL sono lo sviluppo di approcci unici per misure spettropolarimetriche di alta precisione con lo strumento ZIMPOL, tecniche innovative di esplorazione dei dati, modelli quantistici di diagnostica magnetica atomica e molecolare, una teoria all'avanguardia della radiazione polarizzata e simulazioni numeriche multidimensionali del plasma magnetico solare. Le collaborazioni nazionali dell'IRSOL affrontano le sfide della comprensione della connessione tra magnetismo solare e meteo spaziale e le loro influenze sulla Terra e sulla tecnologia. Inoltre l'esperienza dell'IRSOL, all'avanguardia a livello mondiale nel campo della polarimetria ad alta precisione, suscita un crescente interesse per le sue applicazioni in astrofisica, astrobiologia, farmaceutica e tecnologia spaziale. All'USI continuiamo ad approfondire la collaborazione con la Facoltà di scienze informatiche, al fine di utilizzare la matematica applicata per affinare i nostri modelli teorici e l'Intelligenza Artificiale come strumento di analisi dei dati. Alla SUPSI collaboriamo con l'Istituto sistemi e elettronica applicata (ISEA), Dipartimento tecnologie innovative, per far progredire la tecnologia di ZIMPOL verso un innovativo sensore ottico digitale. Questo progetto ha ottenuto un importante finanziamento da Innosuisse nel 2025, in collaborazione con la startup ENANTIOS, per applicazioni nel settore biofarmaceutico volte a misurare l'attività ottica delle molecole chirali, una tecnica precedentemente brevettata congiuntamente dall'ETH di Zurigo e dall'IRSOL utilizzando ZIMPOL. La collaborazione in corso con lo CSEM di Neuchâtel sostiene lo sviluppo di competenze svizzere nel campo degli array di microlenti per i rilevatori ottici.

Dal 2023 l'USI e l'IRSOL figurano tra gli 11 membri internazionali della Fondazione EST Canarias, il cui obiettivo è la realizzazione del telescopio solare europeo (EST) di nuova generazione da 4,2 metri. Nel 2025 l'IRSOL e l'USI hanno presentato una richiesta al SERI per l'inclusione dell'EST nella Roadmap svizzera per le infrastrutture di ricerca 2027 e per il sostegno al consorzio svizzero EST, composto da 22 gruppi di ricerca provenienti da 10 università e istituti di ricerca indipendenti. Le nostre altre collaborazioni internazionali a lungo termine con istituti di ricerca in Germania, Spagna, Repubblica Ceca, Finlandia e Stati Uniti consentono scoperte e nuove opportunità di ricerca. Tra queste vi è il contributo dell'IRSOL con l'unità polarimetrica per lo strumento di prima generazione VTF (in fase di messa in servizio) presso il più grande telescopio solare del mondo (DKIST, Maui, USA), che apre all'IRSOL l'accesso allo strumento solare più potente.

I finanziamenti competitivi sono fondamentali per la ricerca all'IRSOL. Nel 2025 è stato avviato un importante progetto di ricerca finanziato dal FNS, ottenuto nel 2024, volto a sostenere le applicazioni del codice di trasporto radiativo 3D più avanzato al mondo con polarizzazione per scattering, sviluppato dai ricercatori dell'IRSOL. Nel 2025 gli scienziati dell'IRSOL si sono aggiudicati due progetti SPARK del FNS altamente competitivi, ed è stato approvato il progetto Innosuisse con l'IRSOL, la SUPSI ed ENANTIOS per lo sviluppo di un innovativo sensore ottico digitale. Inoltre un grande consorzio per il Centro nazionale di competenza nella ricerca (NCCR) Genesis, che include l'IRSOL, ha ricevuto una valutazione positiva e inizierà nel 2026.

Oltre alla ricerca fondamentale e applicata, siamo determinati a offrire formazione professionale nel campo della scienza e della tecnologia e a diffondere le nostre conoscenze alla società. Due nuovi PostDoc e uno studente di PhD hanno iniziato a lavorare all'IRSOL. Diverse tesi sono state completate sotto la supervisione di scienziati dell'IRSOL. La mostra interattiva "Sole" (2023-2025), realizzata in collaborazione con l'Ideatorio dell'USI a Cadro e con il sostegno del progetto Agorà del FNS, si è conclusa con grande successo.

Il 2025 è stato un anno ricco di risultati e di nuove iniziative. Per il sostegno all'IRSOL desideriamo inoltre ringraziare sentitamente la SERI, il Canton Ticino, l'USI e i molti Comuni contribuenti. Il vostro continuo e fiducioso patrocinio dell'IRSOL è la chiave di volta del nostro successo.

Prof. Dr. Svetlana V. Berdyugina
Direttrice IRSOL
Locarno, Aprile 2026



Institute Istituto

Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL) carries out fundamental research in solar physics, with a focus on solar magnetism. The Institute's mission is to understand solar magnetic phenomena in detail sufficient to forecast the evolution of solar activity and its effects on Space Weather and the terrestrial climate. This is achieved by combining the unique strengths of IRSOL in high-precision solar spectropolarimetry with advanced approaches in theory and numerical modelling, computational and data science and magnetohydrodynamic plasma simulations. IRSOL's 45cm telescope, Switzerland's largest ground-based solar optical telescope, is equipped with the worldwide unique Zurich Imaging Polarimeter (ZIMPOL). This observational facility has been recognised as an infrastructure of national and international importance. IRSOL is governed by the Foundation Council, which takes strategic decisions, approves financial expenditures and reports, plans the funding acquisition strategy, and appoints members of the Scientific Committee, the Directorate, and the Institute's personnel. The Scientific Committee provides advice to the Foundation Council and Directorate on the Institute's research programme and reviews its scientific performance. The Directorate develops the Institute's scientific strategy, coordinates its scientific activities, and is responsible for the Institute's administrative business.

IRSOL and its Director are affiliated with USI, which allows, which allows for the training of students in interdisciplinary research. USI provides support in grant management, IT services, technology transfer, corporate design and outreach.

In Switzerland, IRSOL possesses unique research expertise and is steadily expanding its cooperation with other Swiss research institutions and universities, with a strong focus on astrophysics and solar-terrestrial studies. One of IRSOL's strategic goals is to develop next-generation optical detector technology beyond ZIMPOL, carried out in close collaboration with SUPSI (ISEA).

The Institute's scientific activities are organised in four research groups, each being led by a senior scientist (in alphabetical order):

Theoretical modelling of polarised radiation in the solar atmosphere, Dr. Luca Belluzzi.

This group deals with the theory and numerical modelling of the polarisation of solar radiation, with a focus on the polarisation produced by scattering processes and its magnetic sensitivity. The overall goal is to fully understand the physical processes at the origin of such polarisation signals and to explore their diagnostic potential to investigate solar magnetic fields in domains not accessible through standard techniques.

Solar Magnetism and Space Weather, Prof. Dr. Svetlana V. Berdyugina.

This group works on key aspects of solar and stellar magnetism, its evolution and its influence on Space Weather, Earth, exoplanets, their atmospheres and habitability. Inferring magnetic fields from high-precision spectropolarimetric data using advanced physics and computational approaches is at the core of the group's research. Multi-wavelength and multi-messenger data from the ground and space are explored and modelled to achieve breakthroughs in addressing crucial scientific questions and challenges facing our society.

Observations and Instrumentation, Dr. Renzo Ramelli.

The group focuses on high-precision spectropolarimetric observations and on the development of advanced instrumentation. The key IRSOL instrument, ZIMPOL, thanks to a special technique based on fast modulation and demodulation, allows for very high polarimetric precision. Observations of solar magnetic fields with ZIMPOL are also conducted at Europe's largest solar telescope, GREGOR, on Tenerife, Spain.

MHD numerical simulations of the solar and stellar atmospheres, Dr. Oskar Steiner and Dr. Fabio Riva.

This group performs numerical magnetohydrodynamic (MHD) simulations of the solar and stellar plasmas in the presence of magnetic fields in three-dimensional space, using powerful computers like the Alps system at the Swiss National Supercomputing Center (CSCS). This enables highly detailed studies of the virtual Sun and other stars that would not be possible in reality. Observable quantities are then synthesised from the simulations and compared with real observations to gain deeper insights.

L'Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL) svolge ricerche fondamentali nel campo della fisica solare, con particolare attenzione al magnetismo solare. La missione dell'Istituto è comprendere in dettaglio i fenomeni magnetici solari, per prevedere l'evoluzione dell'attività solare e i suoi effetti sulla meteorologia spaziale e sul clima terrestre. Ciò si ottiene combinando i punti di forza unici dell'IRSOL nella spettropolarimetria solare ad alta precisione con avanzati approcci teorici, modellizzazione numerica, scienze computazionali, scienza dei dati e simulazioni magnetoidrodinamiche del plasma. Il telescopio da 45 cm dell'IRSOL, il più grande telescopio ottico solare della Svizzera, è equipaggiato con il polarimetro di imaging solare ZIMPOL, leader a livello mondiale. Questa strumentazione unica è stata riconosciuta di importanza nazionale e internazionale. L'IRSOL è governato dal Consiglio di Fondazione, che prende le decisioni strategiche, approva le spese e i rendiconti finanziari, pianifica la strategia di acquisizione dei finanziamenti, nonché nomina i membri del Comitato Scientifico, della Direzione e del personale dell'Istituto. Il Comitato Scientifico fornisce consulenza al Consiglio di Fondazione e alla Direzione sul programma di ricerca dell'Istituto e ne valuta le prestazioni scientifiche. La Direzione pianifica la strategia scientifica, coordina l'attività scientifica ed è responsabile delle questioni amministrative. L'IRSOL e la sua Direttrice sono affiliati all'USI, permettendo a studenti opportunità formative nella ricerca interdisciplinare. L'USI offre inoltre supporto nella gestione delle sovvenzioni, nei servizi IT, nel trasferimento tecnologico, nel corporate design e nella divulgazione scientifica. In Svizzera l'IRSOL possiede un'esperienza di ricerca unica e sta espandendo costantemente la sua collaborazione con altri istituti di ricerca e università svizzeri, con particolare attenzione all'astrofisica e agli studi sul sistema Sole-Terra. Uno degli obiettivi strategici dell'IRSOL è lo sviluppo della tecnologia dei rivelatori di nuova generazione, oltre ZIMPOL, che viene portato avanti in stretta collaborazione con la SUPSI (ISEA). Le attività scientifiche dell'IRSOL sono organizzate in quattro gruppi di ricerca, ciascuno guidato da un ricercatore senior (in ordine alfabetico):

Modellizzazione teorica della radiazione polarizzata nell'atmosfera solare, Dr. Luca Belluzzi.

Il gruppo si occupa della teoria e della modellizzazione numerica della polarizzazione della radiazione solare, con particolare attenzione alla polarizzazione prodotta dai processi di scattering e alla sua sensibilità magnetica. L'obiettivo è quello di comprendere i meccanismi fisici all'origine di tali segnali polarimetrici e di esplorarne le potenzialità diagnostiche per studiare i campi magnetici solari in regimi non accessibili con le tecniche tradizionali. *Magnetismo solare e meteorologia spaziale, Prof.ssa Dr.ssa Svetlana Berdyugina.* Il gruppo lavora su aspetti chiave del magnetismo solare e stellare, sulla sua evoluzione e sulla sua influenza sulla meteorologia spaziale, sulla Terra, sugli esopianeti, nonché sulle loro atmosfere e abitabilità. La deduzione di campi magnetici da dati spettropolarimetrici di alta precisione, utilizzando fisica e approcci computazionali avanzati, è al centro della ricerca del gruppo. Vengono raccolti, modellizzati e studiati dati ottenuti in varie bande spettrali da terra e dallo spazio, per ottenere risultati fondamentali su questioni scientifiche cruciali e sfide della società.

Osservazioni e strumentazione, Dr. Renzo Ramelli.

Il gruppo si occupa di effettuare osservazioni spettropolarimetriche ad alta precisione e di sviluppare strumentazione d'avanguardia. Lo strumento chiave dell'IRSOL è lo ZIMPOL, che, grazie a una particolare tecnica basata su una rapida modulazione e demodulazione, permette di raggiungere un'altissima precisione polarimetrica. Le osservazioni dei campi magnetici solari con lo ZIMPOL vengono eseguite anche con GREGOR, il più grande telescopio solare d'Europa, a Tenerife, in Spagna.

Simulazioni numeriche magnetoidrodinamiche di atmosfere solari e stellari, Dr. Oskar Steiner e Dr. Fabio Riva.

Il gruppo svolge simulazioni numeriche del plasma stellare in presenza di campi magnetici in uno spazio tridimensionale utilizzando potenti computer come l'Alps system presso lo Swiss National Supercomputing Center (CSCS). Ciò permette di studiare il Sole e le stelle in modo estremamente particolareggiato, che nella realtà non sarebbe possibile. Le quantità osservabili ottenute dal Sole simulato vengono quindi confrontate con le osservazioni reali per arrivare a una comprensione più approfondita.

**IRSOL
Organigram
Organigramma
dell'IRSOL**





Infrastructure Infrastruttura

The IRSOL observatory offers the opportunity to conduct on-site solar observations of high scientific interest, especially in the fields of spectropolarimetry and solar magnetism.

The Gregory-Coudé solar optical telescope, with a diameter of 45 cm and mounted on an equatorial mount, is particularly well-suited for high-quality polarimetric observations. In fact, its special optical configuration allows the scattered light and disturbances produced by instrumental polarisation to be kept under control at a very low level. The main telescope has an effective focal length of 25 meters and allows observation of detailed solar features in a 200-arcsecond field of view, which corresponds to one hundredth (1%) of the apparent solar disk area. A small refractor mounted in parallel with the main telescope, which is equipped with a CCD camera and a Hydrogen-line filter, provides context images of the visible solar chromosphere. Other context images can be taken by the spectrograph's slit display system, also equipped with a CCD and a set of filters. The Echelle spectrograph, in a Czerny-Turner configuration, allows a spectral resolving power of up to one million (10⁶), suitable for detailed analysis of spectral line profiles. A tunable Fabry-Pérot interferometer (FPI) filter system with two etalons is also available for spectral imaging with a bandwidth of about 3 nanometers (nm).

The highlight in the instrumentation is the ZIMPOL polarimeter. In combination with the spectrograph or the Fabry-Pérot system, it permits to obtain polarimetric observations with a precision of at least 10 parts per million (ppm), when the exposure time allows the necessary photon statistics to be achieved. Thanks to a special modulation and demodulation technique on a CCD chip, which reaches a frequency of 42 kHz, it is possible to suppress spurious effects introduced by seeing quality degradation produced by turbulence in the Earth's atmosphere. The ZIMPOL polarimeter, initially developed by Prof. Stenflo's group at ETH Zurich, has been continuously refined at IRSOL and the ISEA at SUPSI for many years.

As of 2019, a slow-modulation system based on a retarder foil placed at the telescope entrance has also been commissioned. This system, in combination with ZIMPOL's high modulation frequency, enables considerable improvement in absolute polarimetric accuracy and further suppression of systematic errors.

In addition to the optical solar observatory, IRSOL operates one of about 200 radio antennas in the e-Callisto International Network of Solar Radio Spectrometers, a Space Weather Instrument Array. It records changes in the spectrum of solar radio waves. A Sky-Quality Meter (SQM) is located near the main building and sends updated light-pollution data to the Osservatorio Ambientale della Svizzera italiana (OASI), operated by the Department of Environment of Canton Ticino.

The main building houses 7 offices, optical and electronic laboratories, a mechanical workshop, a small library, a guest room for visitors, and a social room available for meetings and meals. IRSOL is connected to USI's regional network via a dedicated fibre-optic cable. A fibre-optic connection also exists between the observatory and the main building. Solar panels with a nominal power of 20 kW were installed on the roof of the main building in the fall of 2023. Energy production in 2025 was 21.0 MWh, against a total consumption of 21.1 MWh. The entire infrastructure, including the observatory, main building, garage and parking spaces, is built on the IRSOL-owned site in Locarno.

L'osservatorio dell'IRSOL offre la possibilità di ottenere in loco delle osservazioni solari di elevato interesse scientifico, soprattutto nell'ambito della spettropolarimetria e dello studio del magnetismo solare.

Il telescopio ottico solare Gregory-Coudé dotato di montatura equatoriale e con un diametro di 45 cm è particolarmente adatto per svolgere delle misure polarimetriche di alta qualità. La sua particolare configurazione ottica permette infatti di tenere sotto controllo e a un basso livello la luce diffusa e i disturbi prodotti dalla polarizzazione strumentale. Con il telescopio principale, che ha una focale effettiva di 25 metri, si può osservare in dettaglio un campo visivo circolare di 200 secondi d'arco, che corrisponde a un centesimo (1%) dell'area del disco solare apparente. Un piccolo rifrattore montato in parallelo al telescopio principale e dotato di camera CCD offre delle immagini di contesto dell'intera cromosfera solare, grazie a un filtro centrato sulla riga H-alpha dell'idrogeno. Altre immagini di contesto vengono pure raccolte attraverso il sistema di visualizzazione della fenditura dello spettrografo, pure dotato di CCD e di un set di filtri a scelta. Lo spettrografo Echelle con configurazione Czerny-Turner consente di ottenere un potere risolutivo R fino a 1 milione (106), adatto per un'analisi ottimale del profilo delle singole righe spettrali. Per l'imaging spettrale è disponibile anche un sistema di filtri regolabili dell'interferometro Fabry-Pérot (FPI) con due etalon, con una larghezza di banda di circa 3 nanometri (nm).

Il fiore all'occhiello della strumentazione è il polarimetro ZIMPOL, che in combinazione con lo spettrografo o il sistema Fabry-Pérot permette di ottenere delle osservazioni polarimetriche con una precisione di almeno 10 parti per milione (ppm), quando il tempo di esposizione permette di raggiungere la necessaria statistica di fotoni. Grazie a una speciale tecnica di modulazione e demodulazione su un chip CCD, che raggiunge una frequenza di 42 kHz, è possibile sopprimere gli effetti spuri introdotti dal seeing prodotto dall'atmosfera terrestre. Il polarimetro ZIMPOL, originariamente concepito dal gruppo del Prof. Stenflo all'ETH di Zurigo, da molti anni è sviluppato e costantemente perfezionato dall'IRSOL e dall'ISEA della SUPSI.

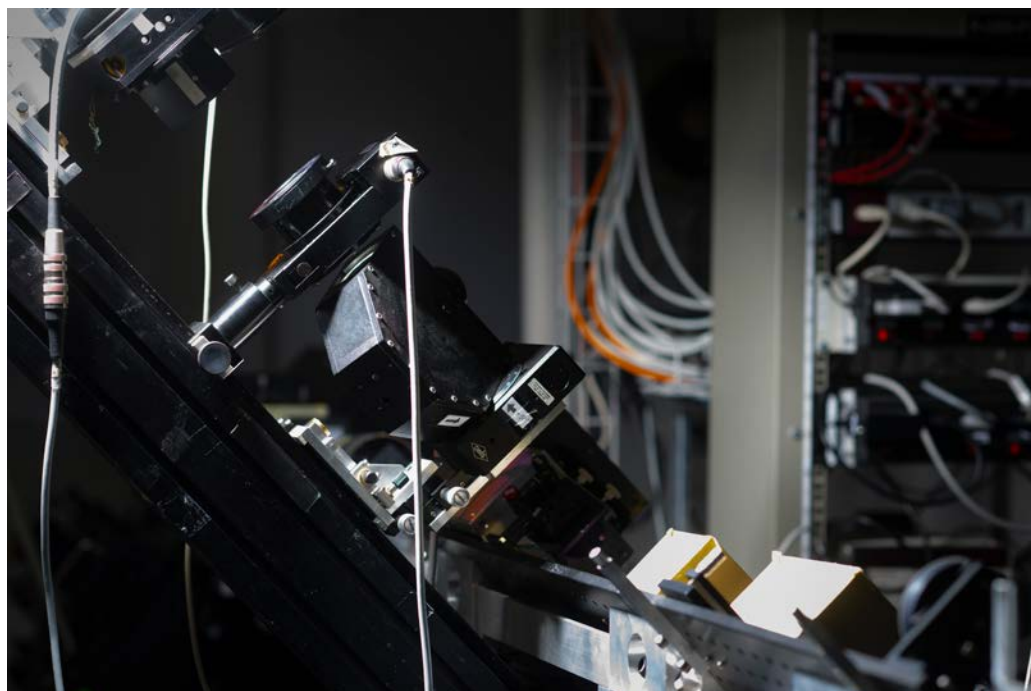
Dal 2019 è stato introdotto pure un sistema di modulazione lenta basato su una lamina ritardatrice piazzata all'entrata del telescopio che, utilizzato in combinazione con l'alta frequenza di modulazione di ZIMPOL, consente di migliorare considerevolmente l'accuratezza polarimetrica assoluta e di sopprimere ulteriormente gli errori sistematici.

Oltre all'osservatorio solare ottico, l'IRSOL gestisce una delle circa 200 antenne radio dell'e-Callisto International Network of Solar Radio Spectrometers, uno Space Weather Instrument Array. Uno Sky-Quality Meter (SQM) si trova in prossimità dell'edificio principale e spedisce i dati aggiornati dell'inquinamento luminoso all'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana (OASI) gestito dal Dipartimento dell'Ambiente del Canton Ticino.

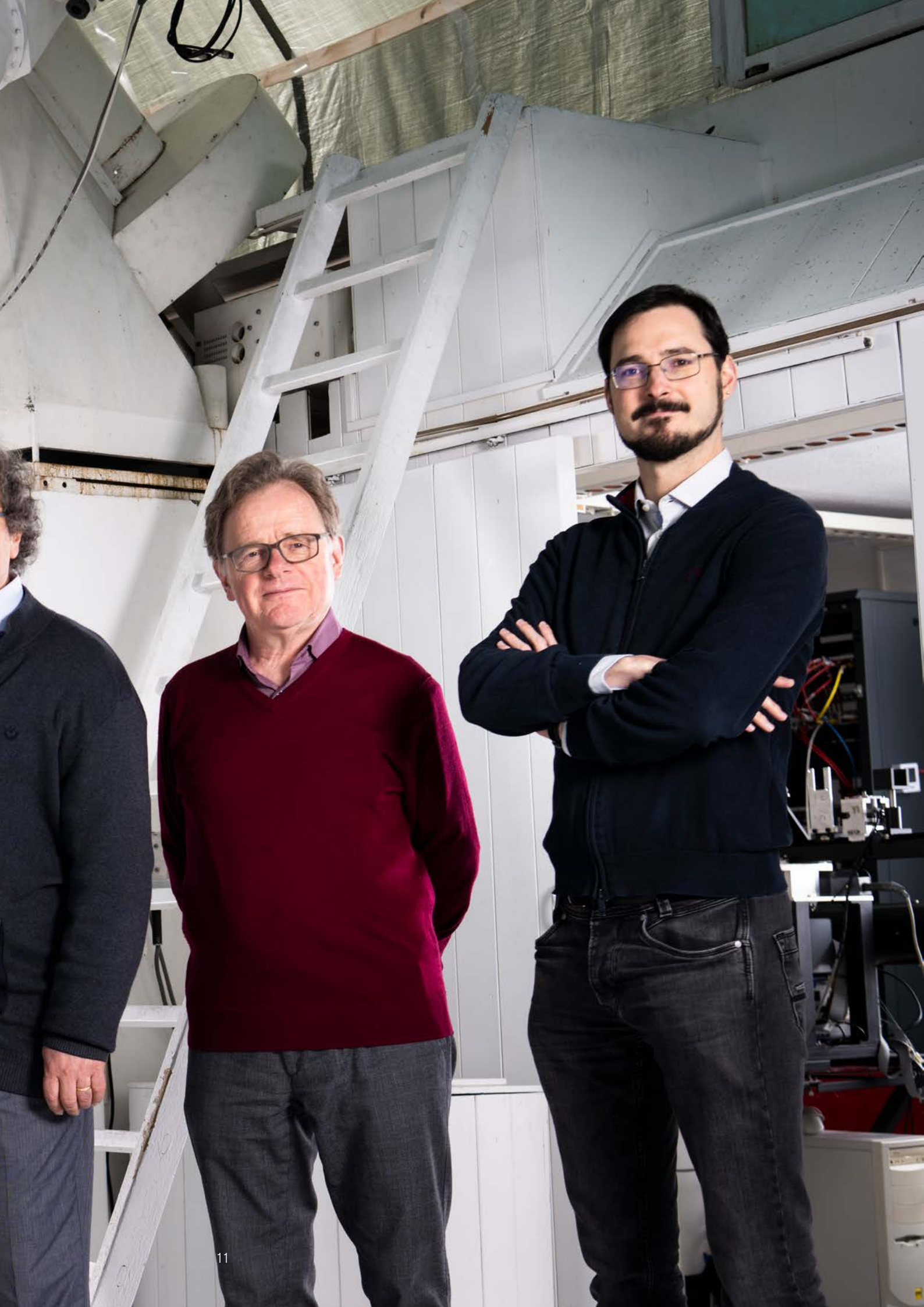
Nell'edificio principale trovano spazio 7 uffici, laboratori di ottica e di elettronica, un'officina meccanica, una piccola biblioteca, una camera per gli ospiti e un soggiorno utilizzato per le riunioni e per la refezione.

L'IRSOL è collegato alla rete regionale dell'USI tramite una fibra ottica dedicata. Una connessione in fibra ottica è pure presente fra l'osservatorio e l'edificio principale. Nell'autunno del 2023 sono stati installati sul tetto dei pannelli solari con una potenza nominale di 20 kW e nel 2025 hanno prodotto una quantità di energia elettrica pari a 21.0 MWh a fronte di un consumo totale di 21.1 MWh.

Sul sedime di proprietà dell'IRSOL sono edificati l'osservatorio, l'edificio principale, un garage e una tettoia con posteggi.







Luca Belluzzi Dr.

Theoretical modelling of polarised radiation in the solar atmosphere
Modellizzazione teorica della radiazione polarizzata nell'atmosfera solare



Luca Belluzzi graduated with honours in physics from the University of Florence, where he also earned a PhD in astronomy. His PhD thesis received the prestigious "Pietro Tacchini" Award from the Italian Astronomical Society. Throughout his career, he has held postdoctoral positions at the University of Florence, the INAF Arcetri Observatory, and the Instituto de Astrofísica de Canarias in Tenerife. In 2013, he secured a senior scientist position at Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL) in Locarno. Ever since his Master's and PhD studies, his work has focused on solar spectropolarimetry, from a theoretical and numerical standpoint. His activity involves the modelling of the polarisation produced by scattering processes and its exploitation as a diagnostic tool for investigating the magnetism of the solar atmosphere.

Dopo la Laurea in fisica (magna cum laude) all'Università di Firenze, Luca Belluzzi ha conseguito il dottorato di ricerca in astronomia presso lo stesso ateneo. La sua tesi di dottorato ha ricevuto il premio "Pietro Tacchini" della Società Astronomica Italiana. Durante la sua carriera ha lavorato come PostDoc all'Università di Firenze, all'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (INAF) e all'Istituto de Astrofísica de Canarias a Tenerife. Dal 2013 lavora come ricercatore presso l'Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL) di Locarno. Sin dai lavori di laurea e dottorato si occupa di spettropolarimetria solare da un punto di vista teorico e numerico. La sua attività è focalizzata sulla modellizzazione della polarizzazione prodotta da processi di scattering e sul suo utilizzo come strumento diagnostico per studiare il magnetismo dell'atmosfera del Sole.

Team
Gruppo
di ricerca

Group Leader
Capogruppo:
Luca Belluzzi Dr.

Group members and external collaborators
Membri del Gruppo e collaboratori esterni

Group members / Membri del Gruppo
Gioele Janett, PostDoc – Fabio Riva, Scientist

External collaborators / Collaboratori esterni
Ernest Alsina Ballester, IAC, Spain – Pietro Benedusi, USI – Roberto Casini, HAO, USA
– Tanasús del Pino Alemán, IAC, Spain – Rolf Krause, USI – Simone Riva, USI –
Jiří Štěpán, ASCR, Czech Republic – Andrii Sukhorukov, Stockholm University, Sweden
– Javier Trujillo Bueno, IAC, Spain

Research focus of the Group

The magnetic field plays a key role in virtually all the most interesting and intriguing phenomena observed on the Sun, including sunspots, prominences, and flares. Solar magnetic fields can be investigated by analysing the signatures they leave in a particular property of light: its polarisation. Luca Belluzzi's research group focuses on the theory and numerical modelling of the polarisation of solar radiation, with particular emphasis on polarisation produced by scattering processes (scattering polarisation) and its magnetic sensitivity. The overall goal is to fully understand the physical processes at the origin of such polarisation signals and to explore their diagnostic potential for investigating solar magnetic fields in domains not accessible through other techniques. The group's current activity is focused on the numerical modelling of the polarisation of strong resonance lines of the solar spectrum, which encode information on two important, but still poorly known regions of the Sun's atmosphere: the chromosphere and the chromosphere-corona transition region.

3D forward modelling

One of the main goals of the group's research activity is to model the polarisation of strong chromospheric and transition-region lines in comprehensive three-dimensional (3D) models of the solar atmosphere, taking into account the effects of partial frequency redistribution (PRD) in scattering processes. This forward modelling problem, formulated within the framework of the most recent and advanced quantum theories for the generation and transfer of polarised radiation, is extremely challenging, also from a computational standpoint, and requires the application of high-performance computing (HPC) techniques and the availability of significant computational resources. This activity is carried out in close cooperation with the experts in computational sciences at the Euler Institute of Università della Svizzera italiana (USI). The results of the numerical simulations are then compared with observational data, acquired both on the ground, using the unique instrumentation at IRSOL, and from space.

Inverse problem

The group also works on the so-called inverse problem. This consists of determining a model of the solar atmosphere, inclusive of the magnetic field, capable of reproducing a set of observational data. This is a very complex problem, especially when considering strong chromospheric lines that form out of local thermodynamic equilibrium, and when dealing with scattering polarisation. Finding efficient solution methods for the inverse problem is a very active research field. Indeed, no consolidated methods are presently available, and new cutting-edge techniques, also exploiting machine learning, are explored. This research topic is at the core of an ongoing project within the group funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF; grant no. 231308).

CLASP

The group is actively involved in a series of international experiments (involving the USA, Japan, and Europe) conducted within the framework of the NASA sounding rocket programme. These experiments, operating under the acronym CLASP, have provided unprecedented measurements of the polarisation of ultraviolet chromospheric spectral lines. The group works on interpreting the CLASP data and developing the theoretical foundations for conducting new experiments. This latter activity is at the core of a SNSF SPARK project financed in 2025 (grant no. 235805, PI Dr. G. Janett).

Ambito di ricerca del Gruppo

Il campo magnetico gioca un ruolo fondamentale in pressoché tutti i fenomeni più interessanti e affascinanti che si osservano sul Sole, tra cui le macchie solari, le protuberanze e i brillamenti. I campi magnetici solari possono essere studiati analizzando le impronte che lasciano in una particolare proprietà della luce: la polarizzazione. Il gruppo di ricerca di Luca Belluzzi si occupa della teoria e della modellizzazione numerica della polarizzazione della radiazione solare, con particolare attenzione alla polarizzazione prodotta dai processi di scattering (polarizzazione di risonanza) e alla sua sensibilità magnetica. L'obiettivo è quello di comprendere i meccanismi fisici all'origine di tali segnali polarimetrici e di esplorarne le potenzialità diagnostiche per studiare i campi magnetici solari in regimi non accessibili con altre tecniche. L'attività del gruppo è attualmente focalizzata sulla modellizzazione numerica della polarizzazione di forti righe di risonanza dello spettro solare, nelle quali sono codificate informazioni su due importanti ma ancora poco comprese regioni dell'atmosfera del Sole: la cromosfera e la regione di transizione tra cromosfera e corona.

Modellizzazione 3D

Uno dei principali obiettivi dell'attività di ricerca del gruppo è quello di modellizzare la polarizzazione di forti righe cromosferiche e della regione di transizione in dettagliati modelli tridimensionali (3D) dell'atmosfera solare, includendo gli effetti di redistribuzione parziale in frequenza (PRD) nei processi di scattering. Questo problema di modellizzazione diretta, formulato applicando le più recenti e avanzate teorie quantistiche per la generazione e il trasporto di radiazione polarizzata, è estremamente complesso dal punto di vista numerico e la sua soluzione richiede l'utilizzo di efficienti tecniche computazionali e la disponibilità di considerevoli risorse di calcolo. Questa attività è portata avanti in stretta collaborazione con gli esperti in scienze computazionali dell'Istituto Eulero dell'Università della Svizzera italiana (USI). I risultati delle simulazioni numeriche sono poi confrontati con i dati osservativi acquisiti sia da terra, tramite la strumentazione d'avanguardia dell'IRSOL, sia dallo spazio.

Problema inverso

Il gruppo è attivo anche sul cosiddetto problema inverso. Questo consiste nel determinare un modello dell'atmosfera solare, inclusivo del campo magnetico, in grado di riprodurre un set di dati osservativi. Il problema inverso è estremamente complesso, soprattutto quando si considerino righe cromosferiche che si formano fuori dall'equilibrio termodinamico locale e si includa la polarizzazione di risonanza. La ricerca di metodi efficienti per risolvere questo problema è un campo di ricerca estremamente attivo. Infatti non sono ancora disponibili approcci consolidati, e si stanno esplorando nuove tecniche d'avanguardia, incluso il machine learning. Questo tema di ricerca è al centro di un progetto del gruppo, attualmente in corso, finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero (FNS) per la ricerca (borsa no. 231308).

CLASP

Il gruppo partecipa attivamente a una serie di esperimenti internazionali (USA, Giappone, Europa), condotti nell'ambito del programma di razzi-sonda della NASA. Tali esperimenti, denominati CLASP, hanno fornito misure senza precedenti della polarizzazione di righe cromosferiche nell'ultravioletto. Il gruppo lavora all'interpretazione dei dati CLASP e allo sviluppo dei fondamenti teorici per la realizzazione di nuovi esperimenti. Quest'ultima attività è al centro di un progetto SPARK del FNS finanziato nel 2025 (borsa no. 235805, responsabile Dr. G. Janett).

Svetlana Berdyugina

Prof. Dr.

**Solar Magnetism and
Space Weather
Magnetismo solare e
meteorologia spaziale**



Professor Svetlana V. Berdyugina conducts interdisciplinary research in solar physics, astrophysics, and astrobiology (life in the universe) using the polarisation properties of light. By employing the quantum physics of molecules, magnetic fields, and polarised radiation, she pioneered innovative research into the magnetism of the Sun and distant stars, exoplanets, and extraterrestrial life. Having received her MSc with honours and PhD from St. Petersburg University and her habilitation from ETH Zurich, she develops advanced numerical methods for solving inverse problems, enabling us to infer complex physics from data and “see” hidden phenomena in the Universe. Among her prestigious appointments are professorships at ETH Zurich, University of Oulu (Finland), University of Freiburg (Germany) and Università della Svizzera italiana, senior fellowships at the Academy of Finland and NASA Astrobiology Institute, directorship at the Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS, Germany) and leadership of working groups at NASA. Her research is recognised with awards and fellowships at various universities worldwide, including the Eurasian Astronomical Society’s prize for the best PhD, and invitations to present at TEDxMaui, TEDxFreiburg, and the Nobel Symposium. She is also the winner of the highly competitive EURYI Award of the European Science Foundation and ERC Advanced Grant. In 2022, Svetlana Berdyugina was appointed as IRSOL director and USI adjunct professor at the Faculty of Informatics.

La professoressa Svetlana V. Berdyugina svolge ricerche interdisciplinari in fisica solare, astrofisica e astrobiologia (ricerca di vita extraterrestre) utilizzando la polarizzazione della luce. Applicando la fisica quantistica delle molecole, dei campi magnetici e delle radiazioni polarizzate, è stata pioniera di ricerche innovative sul magnetismo del Sole e di stelle lontane, sugli esopianeti e sulla vita extraterrestre. Dopo aver conseguito la laurea magistrale con lode e il dottorato di ricerca presso l’Università di San Pietroburgo e l’abilitazione presso il Politecnico Federale di Zurigo, sviluppa metodi numerici avanzati per la risoluzione di problemi inversi, che ci permettono di dedurre la fisica complessa dai dati e di “vedere” fenomeni nascosti nell’universo. Tra i suoi prestigiosi incarichi figurano le cattedre presso il Politecnico di Zurigo, l’Università di Oulu (Finlandia), l’Università di Friburgo (Germania) e l’Università della Svizzera italiana, le borse di studio senior presso l’Accademia di Finlandia e l’Istituto di Astrobiologia della NASA, la direzione del Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS, Germania) e la direzione di gruppi di lavoro della NASA. Le sue ricerche sono state riconosciute con premi e borse di studio in varie università del mondo. Fra questi, il premio della Eurasian Astronomical Society per il miglior dottorato di ricerca, e inviti a presentare al TEDxMaui, al TEDxFreiburg e al Nobel Symposium. È anche vincitrice del premio altamente competitivo EURYI della European Science Foundation e dell’ERC Advanced Grant. Nel 2022 Svetlana V. Berdyugina è stata nominata direttrice dell’IRSOL e professoressa aggregata dell’USI presso la Facoltà di scienze informatiche.

**Team
Gruppo
di ricerca**

**Group Leader
Capogruppo:
Svetlana Berdyugina
Prof. Dr.**

**Group members and external collaborators
Membri del Gruppo e collaboratori esterni**

Group members / Membri del Gruppo

Ioannis Kontogiannis, Scientist – Wakiko Ishibashi, Scientist – Samuel Corecco, MSc student – Leandro Graziano, civil service – Andrea Lepori, civil service – Diane Mittaine, internship – Francesco Vitali, PhD student – Jan Stenflo, Professor emeritus

External collaborators / Collaboratori esterni

Stefano Bagnulo, Armagh Observatory and Planetarium, Northern Ireland, UK – Andrei Berdyugin, University of Turku, Finland – Saida Milena Díaz-Castillo, KIS, Germany – Kamal Hamdan, Beirut Arab University, Lebanon – Louise Harra, PMOD/WRC/ETHZ, Davos – Samuel Krucker, FHNW, Windisch – John Landstreet, University of Western Ontario, London, Canada – Vilppu Piirola, University of Turku, Finland – Jean-Pierre Rivet, Observatoire de la Côte d’Azur (OCA), Université Côte d’Azur, Nice, France – Philippe Bendjoya, Observatoire de la Côte d’Azur (OCA), Université Côte d’Azur, Nice, France – Takeshi Sakanoi, Tohoku University, Japan – Taras Yakobchuk, KIS, Germany

Research focus of the Group

Detailed, high-precision studies of solar magnetism and its variability on local and global scales are central to understanding the Sun. Prof. Berdyugina's group works on key aspects of solar and stellar magnetism, including its evolution and its influence on Space Weather, Earth, exoplanets, their atmospheres and habitability. Multi-wavelength and multi-messenger data from the ground and space are used to address crucial scientific questions and challenges facing human society. Prof. Berdyugina also leads cooperation with the European Solar Telescope (EST) and the dissemination of ZIMPOL data (EU grant 2024-2026).

Solar magnetism

On the Sun, magnetic fields occur on all scales: from turbulent fields below the spatial resolution of the largest solar telescopes (<30 km), to small-scale magnetic field concentrations (50-100 km) and sunspots (1000-10,000 km), and to global patterns of the sunspot distribution (>100,000 km). They evolve on short and long time scales, most notably during the 11-year solar cycle. These fields are studied using spectropolarimetric data, modelling magnetic quantum effects in atoms and molecules, and applying numerical inversion techniques with Artificial Intelligence to reconstruct 3D magnetic and thermodynamic parameters of solar plasma. Evolution of these parameters is studied by searching for periodicities and characterising their irregularities with stochastic thermodynamics approaches. The results are compared with magnetohydrodynamics (MHD) simulations to gain novel knowledge on local and global magnetoturbulence processes on the Sun. These results reveal how solar magnetism originates, how the solar magnetic dynamo evolves, and how it can be predicted across various time scales. In particular, anticipating sunspot distribution and solar eruptions helps forecast Space Weather and its harmful effects on lead times from minutes to years.

Magnetism of distant stars

Similarly, other stars with varying levels of magnetic activity are investigated using inversion techniques to reconstruct temperature and magnetic maps of stellar surfaces, as well as the 3D structures of stellar magnetic spots. Magnetic activity of young stars affects formation and evolution of planets via Space Weather, as in the Solar System. Ageing solar-type stars reduce their magnetic activity and end as white dwarfs, while more massive stars end as neutron stars or black holes. Their formation, relativistic properties, and magnetism pose a puzzle in fundamental physics because such matter cannot be created on Earth. Polarimetric studies of these remarkable objects reveal their formation history and hidden structures.

Life in the universe

Exploring magnetic phenomena across a broader range of stellar and planetary parameters helps reveal new knowledge about Sun-Earth interactions and unveil the enigma of the origin of terrestrial life. By exploring spectropolarimetric properties of stellar light reflected from exoplanets, we can learn about their hidden properties, such as the chemical and particle composition of their atmospheres and clouds, as well as the presence of oceans, continents, and ultimately life forms, which may be similar to or very different from those we know on Earth. Thus, researching the Sun and its connections with astrophysics, geophysics and astrobiology, combined with innovative data exploration and modelling techniques, guides us towards new discoveries. Leading a project within the new NCCR Genesis opens new opportunities in this research.

Ambito di ricerca del Gruppo

Gli studi di alta precisione del magnetismo solare e della sua variabilità locale e globale sono fondamentali. Il gruppo della professoressa Berdyugina lavora su aspetti chiave del magnetismo solare e stellare, sulla sua evoluzione e sulla sua influenza sul meteo spaziale, sulla Terra, sugli esopianeti e sulle loro atmosfere e abitabilità. Vengono raccolti e studiati dati in varie bande spettrali da terra e dallo spazio, per affrontare questioni scientifiche cruciali e sfide della società. La Prof.ssa Berdyugina è anche alla guida della collaborazione con l'European Solar Telescope (EST) e della diffusione dei dati di ZIMPOL (grant UE 2024-2026).

Magnetismo solare

I campi magnetici solari si trovano a tutte le scale: dai campi turbolenti sotto la risoluzione dei più grandi telescopi (<30 km), alle concentrazioni su piccola scala (50-100 km) e alle macchie solari (1000-10.000 km), fino alla distribuzione delle macchie solari (>100.000 km). I campi evolvono su tempi brevi e lunghi, in particolare con il ciclo di 11 anni, e sono studiati usando dati spettropolarimetrici, con modelli degli effetti quantistici in atomi e molecole e con tecniche di inversione numerica, utilizzando l'Intelligenza Artificiale, per ricostruire in 3D i parametri magnetici e termodinamici del plasma. L'evoluzione dei parametri è studiata cercando le periodicità e caratterizzando le irregolarità con la termodinamica stocastica. I risultati sono confrontati con le simulazioni di magnetoidrodinamica (MHD) per acquisire nuove conoscenze sui fenomeni solari di magnetoturbolenza su scala locale e globale. Questi risultati rivelano l'origine del magnetismo solare, l'evoluzione della dinamo magnetica solare e la possibilità di previsioni su varie scale temporali. In particolare, anticipare la distribuzione delle macchie e le eruzioni solari aiuta a prevedere le tempeste geomagnetiche e i loro effetti su scale temporali dai minuti agli anni.

Magnetismo di stelle lontane

Stelle con diversi livelli di attività sono studiate con tecniche di inversione per ricostruire mappe di temperatura e magnetiche delle superfici e strutture 3D di macchie stellari magnetiche. L'attività magnetica delle stelle giovani influenza la formazione e l'evoluzione dei pianeti attraverso il meteo spaziale, come nel sistema solare. Le stelle simili al Sole, invecchiando, riducono la propria attività magnetica e concludono le proprie vite come nane bianche, mentre le stelle di massa superiore a 10 masse solari diventano stelle di neutroni o buchi neri. La loro formazione, le proprietà relativistiche e il magnetismo sono un rompicapo della fisica, perché queste condizioni non possono essere riprodotte sulla Terra. Gli studi polarimetrici di questi oggetti rivelano la storia della loro formazione e le loro strutture nascoste.

Vita nell'universo

L'esplorazione dei fenomeni magnetici in una gamma più ampia di parametri aiuta a sviluppare nuove conoscenze sulle interazioni fra il Sole e la Terra e a svelare l'enigma dell'origine della vita. Esplorando le proprietà spettropolarimetriche della luce riflessa dagli esopianeti, possiamo conoscere proprietà come la composizione dell'atmosfera e delle nubi, la presenza di oceani, di continenti e infine di forme di vita, potenzialmente simili o anche molto diverse da quelle terrestri. Pertanto la ricerca sul Sole e le sue connessioni con l'astrofisica, la geofisica e l'astrobiologia, combinata con tecniche innovative di esplorazione e modellizzazione dei dati, ci guida verso nuove scoperte. La guida di un progetto nell'ambito del nuovo NCCR Genesis apre nuove prospettive in questo campo di ricerca.

Renzo Ramelli Dr.

Observations and Instrumentation
Osservazioni e strumentazione



Renzo Ramelli graduated in Physics from ETH Zurich and earned his doctorate in Natural Sciences at the same institution. He conducted his thesis in astroparticle physics in the experimental group at CERN in Geneva, where he participated in measurements of cosmic muons using the L3+C experiment. For his research during his PhD studies, he was awarded the Schläfli Prize by the Swiss Academy of Natural Sciences. Since 2003, Ramelli has been involved in observations and instrumentation at IRSOL, focusing primarily on solar prominences and the evolution of magnetic field structures during the solar activity cycle. In addition to his research, he is committed to outreach and teaching; he holds a master's degree in Teaching for Secondary School and has been a part-time teacher at Liceo Cantonale since 2010. In 2018, he was appointed deputy director of IRSOL.

Dopo il diploma in fisica presso il Politecnico Federale di Zurigo, Renzo Ramelli ha conseguito il dottorato ETH in scienze naturali, svolgendo il suo lavoro di tesi nell'ambito dell'astrofisica particellare nel gruppo sperimentale che si è occupato di misurare i raggi cosmici con l'esperimento L3+C al CERN di Ginevra. Per le ricerche effettuate durante il suo lavoro di dottorato gli è stato assegnato il Premio Schläfli dall'Accademia svizzera di scienze naturali. Dal 2003 lavora all'IRSOL nell'ambito osservativo e strumentale. Le sue ricerche si sono focalizzate soprattutto sulle protuberanze solari e sull'evoluzione della struttura del campo magnetico durante il ciclo di attività solare. È pure attivo nell'ambito divulgativo e dell'insegnamento. Ha ottenuto il master in Insegnamento nella Scuola Media Superiore e dal 2010 insegna a tempo parziale presso i Licei Cantionali. Dal 2018 ha assunto la vicedirezione dell'IRSOL.

Team
Gruppo
di ricerca

Group Leader
Capogruppo:
Renzo Ramelli Dr.

Group members and external collaborators
Membri del Gruppo e collaboratori esterni

Group members / Membri del Gruppo

Andrea Battaglia, PostDoc – Alessandro Bernasconi, civil service – Michele Bianda, Senior Scientist – Davide Besana, civil service – Carlo Del Don, civil service – Daniel Gisler, Senior Scientist – Leonardo Graziano, civil service – Andrea Lepori, civil service – Gianpaolo Mari, Technician – Giairo Mauro, civil service – Diane Mittaine, internship – Christian Monstein, Scientific Engineer – Fabio Pagano, civil service – Denny Schwender, civil service – Francesco Vitali, PhD student – Franziska Zeuner, PostDoc

External collaborators / Collaboratori esterni

Daniele Allegri, SUPSI – Audrey Baur, HEIG-VD – Mikael Andreas Bianchi, SUPSI – Marco Cagnotti, Specola Solare Ticinese – Giuseppe Di Dato, SUPSI – Sara Esteban Pozuelo, IAC, Spain – Samuele Giacon, SUPSI – David Harrington, DKIST – Laurent Jolissaint, HEIG-VD – Roberto Gardenghi, SUPSI – Samuel Krucker, FHNW – Carin Lightner, Enantios – Marco Rogantini, SUPSI – Javier Trujillo Bueno, IAC, Spain – Roman Wyss, Enantios

Research focus of the Group

The observations carried out at IRSOL emphasise high-precision spectropolarimetry, which provides access to important diagnostic information on solar magnetism and enables the validation of related theoretical models. A particular objective is to study the structure and evolution of the weak magnetic fields present in the solar photosphere and chromosphere.

ZIMPOL

The key instrument used for this purpose is the Zurich Imaging Polarimeter (ZIMPOL). Thanks to a specialised technique based on fast modulation and demodulation, it achieves very high polarimetric precision, suppressing the seeing-induced crosstalk generated by turbulence in the Earth's atmosphere. Ongoing observational projects include investigations into solar flares, filaments, and prominences, as well as synoptic programs to study the unresolved photospheric magnetic field variations in relation to the solar cycle. The SNSF Ambizione project, led by F. Zeuner, aims to map the unresolved magnetic field in the solar photosphere using spatially resolved Hanle effect observations and atomic differential Hanle diagnostics, a method that significantly reduces computational demands compared to traditional approaches. The ZIMPOL system is continually refined in collaboration with SUPSI's Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA), while also being explored for potential applications in other research areas. For example, in 2018 IRSOL participated in a project that exploited a ZIMPOL system loaned to the Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL) at ETH Zurich. This collaboration resulted in a patent covering a particular technique for measuring the optical activity of chiral molecules, with applications in biopharmaceuticals. IRSOL and SUPSI are currently collaborating with the startup Enantios for developments based on this patent.

Other instrumentation and telescopes

IRSOl's instrumentation is continually updated to best meet current observational needs. The Gregory-Coudé Solar Telescope at the facility is equipped with a Czerny-Turner spectrograph that achieves excellent resolution, ideal for detailed measurements of spectral line features. A tunable Fabry-Pérot filter with a 3 pm bandwidth is also available for imaging. The telescope at IRSOL is particularly well suited to obtaining measurements of excellent spectropolarimetric quality. For measurements requiring also high spatial resolution, IRSOL regularly organises campaigns in collaboration with the Institut für Sonnenphysik (KIS) and the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), bringing the ZIMPOL polarimeter to GREGOR, Europe's largest solar telescope currently in operation. The possibility to observe with ZIMPOL at Gregor is also offered to external research groups; for instance, in 2025 IRSOL supported an external research proposal. Additionally, IRSOL hosts a programmable heterodyne receiver for measuring the spectrum of radio waves emitted by the Sun, mainly during solar flares, which is part of the international e-Callisto network maintained by C. Monstein. The research group is engaged in the development of innovative instrumentation to further enhance observational capabilities, also in view of the European Solar Telescope (EST) project, in which IRSOL collaborates within a consortium comprising several European institutes.

Ambito di ricerca del Gruppo

L'accento delle osservazioni effettuate all'IRSOl è posto sulla spettropolarimetria ad alta precisione, che permette soprattutto di accedere a importanti informazioni diagnostiche sul magnetismo solare e di validarne i modelli sviluppati in ambito teorico. In particolare si studia la struttura e l'evoluzione del campo magnetico presente nella fotosfera e nella cromosfera solare.

ZIMPOL

Lo strumento chiave utilizzato a tale scopo è lo Zurich Imaging Polarimeter (ZIMPOL), che, grazie a una particolare tecnica basata su una rapida modulazione e demodulazione, permette di raggiungere un'altissima precisione polarimetrica, sopprimendo i segnali spuri generati dalle turbolenze presenti nell'atmosfera terrestre. I progetti osservativi in corso comprendono indagini sui brillamenti solari e sui filamenti e protuberanze, nonché programmi sinottici per studiare le variazioni del campo magnetico fotosferico non risolto in relazione al ciclo solare. Il progetto SNSF Ambizione, guidato da F. Zeuner, mira a mappare il campo magnetico irrisolto nella fotosfera solare utilizzando osservazioni dell'effetto Hanle risolto spazialmente e la relativa diagnostica differenziale, un metodo che riduce significativamente i requisiti computazionali rispetto agli approcci tradizionali. Il sistema ZIMPOL viene perfezionato costantemente in collaborazione con l'Istituto sistemi e elettronica applicata (ISEA) della SUPSI, tenendo d'occhio anche possibili applicazioni dello strumento in altri ambiti di ricerca. Per esempio, nel 2018 l'IRSOl ha preso parte a un progetto che sfrutta un sistema ZIMPOL prestato all'OMEL (Optical Materials Engineering Laboratory) del Politecnico Federale di Zurigo, da cui è scaturito un brevetto che riguarda una particolare tecnica di misura dell'attività ottica di molecole chirali, con applicazioni in ambito biofarmaceutico. Attualmente IRSOL e SUPSI collaborano con la startup Enantios per sviluppi tecnologici che scaturiscono da tale brevetto.

Altri strumenti e telescopi

La strumentazione dell'IRSOl viene costantemente aggiornata per soddisfare al meglio le attuali esigenze osservative. Il telescopio solare Gregory-Coudé presente all'Osservatorio è dotato di uno spettrografo Czerny-Turner che raggiunge un'ottima risoluzione, adatta a misurare i dettagli delle strutture caratteristiche delle righe spettrali. Per la ripresa di immagini è inoltre a disposizione un filtro Fabry-Pérot regolabile con una banda passante di 3 pm. Il telescopio dell'IRSOl è particolarmente adatto per ottenere misure di eccellente qualità spettropolarimetrica. Per misure che richiedono pure un'alta risoluzione spaziale vengono regolarmente organizzate dall'IRSOl delle campagne osservative esterne in collaborazione con l'Institut für Sonnenphysik (KIS) e l'Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), portando il polarimetro ZIMPOL presso GREGOR, il più grande telescopio solare europeo attualmente in funzione. La possibilità di osservare con ZIMPOL a Gregor è offerta anche a gruppi di ricerca esterni e nel 2025 abbiamo sostenuto una proposta di ricerca esterna. All'IRSOl è pure presente un'antenna per la misura dello spettro delle onde radio emesse dalle eruzioni solari che fa parte della rete internazionale e-Callisto ed è mantenuta da C. Monstein. Il gruppo di ricerca è impegnato nella messa a punto di strumentazione innovativa per sviluppare ulteriormente le proprie potenzialità in ambito osservativo, anche in vista del progetto EST (European Solar Telescope), per il quale collabora all'interno di un consorzio che coinvolge vari istituti europei.

Oskar Steiner Dr. Fabio Riva Dr.

MHD numerical simulations of the solar and stellar atmospheres Simulazioni numeriche magnetoidrodinamiche di atmosfere solari e stellari



Oskar Steiner graduated in theoretical physics in 1985 from ETH-Zürich. Before that, he earned a degree in mechanical engineering from the Lucerne School of Engineering. He began his PhD thesis in 1986 at the High Altitude Observatory (HAO) in Boulder, Colorado, and completed his PhD in natural sciences at ETH in 1990. From 1991 to 1995, he was a postdoctoral researcher at the Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS). Following a period as a visiting scientist at HAO (1996-1997), he returned to KIS in 1998. In 2009, he served as a visiting professor at the National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ) in Tokyo. His areas of expertise include the magnetism of the Sun, the numerical simulation of magnetohydrodynamic processes in the Sun and other stars, including comparison with corresponding observations, and numerical methods in computational fluid dynamics and radiative transfer. From 2014 to 2025 he led the MHD simulation group at IRSOL.

Oskar Steiner si è laureato in fisica teorica nel 1985 presso il Politecnico di Zurigo (ETH). In precedenza ha conseguito il diploma di ingegnere meccanico presso la Scuola di Ingegneria di Lucerna. Nel 1986 ha iniziato la sua tesi di dottorato presso l'High Altitude Observatory (HAO) di Boulder, CO, e nel 1990 ha conseguito il dottorato in scienze naturali presso l'ETH. Dal 1991 al 1995 è stato ricercatore post-dottorato presso il Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS). Dal 1996 al 1997 è stato visiting scientist presso l'HAO ed è tornato al KIS nel 1998. Nel 2009 è stato visiting professor presso l'Osservatorio Nazionale del Giappone (NAOJ) a Tokyo. Le sue aree di competenza comprendono il magnetismo del Sole, la simulazione numerica dei processi magnetoidrodinamici nel Sole e nelle stelle, compreso il confronto con le osservazioni corrispondenti, e i metodi numerici nella fluidodinamica computazionale e nel trasporto radiativo. Ha guidato il gruppo di simulazioni magnetoidrodinamiche (MHD) all'IRSOL dal 2014 al 2025.



Fabio Riva graduated in physics from the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), where he also earned his PhD in plasma physics in 2017. His doctoral research at the Swiss Plasma Center focused on numerical modelling of plasma turbulence, with a strong emphasis on verification and validation procedures to ensure the reliability of simulation results. For this work, he received the EPFL Physics Doctoral Thesis Award. Following his PhD, he joined the Culham Centre for Fusion Energy (CCFE) in the United Kingdom as a research fellow, where he worked on simulations of plasma turbulence in tokamak experiments. In 2020, he joined IRSOL, focusing on the physics of solar and stellar atmospheres and combining numerical simulations, high-performance computing, and radiative transfer modelling to investigate the interactions among magnetic fields, plasma flows, and radiation. Since July 2025, he has been leading the MHD simulation group at IRSOL.

Fabio Riva si è laureato in fisica presso l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), dove ha anche conseguito il dottorato in fisica dei plasmi nel 2017. La sua ricerca di dottorato presso lo Swiss Plasma Center si è concentrata sulla modellizzazione numerica della turbolenza nel plasma, con particolare attenzione alle procedure di verifica e validazione per garantire l'affidabilità dei risultati delle simulazioni. Per questo lavoro ha ricevuto il Physics Doctoral Thesis Award dell'EPFL. Dopo il dottorato ha lavorato come ricercatore presso il Culham Centre for Fusion Energy (CCFE) nel Regno Unito, occupandosi di simulazioni della turbolenza di plasma in esperimenti su tokamak. Nel 2020 è entrato a far parte dell'IRSOL, concentrandosi sulla fisica delle atmosfere solari e stellari e combinando simulazioni numeriche, computazione ad alte prestazioni e modellizzazione del trasporto radiativo per studiare l'interazione tra campi magnetici, flussi di plasma e radiazione. Dal luglio del 2025 guida il gruppo di simulazioni magnetoidrodinamiche (MHD) presso l'IRSOL.

Team Gruppo di ricerca

**Group Leaders
Capigruppo:**
Oskar Steiner Dr.
(2013-06.2025)
Fabio Riva Dr.
(from 07.2025)

Group members and external collaborators Membri del Gruppo e collaboratori esterni

Group members / Membri del Gruppo
Fabio Riva, Scientist – Oskar Steiner, Senior Scientist

External collaborators / Collaboratori esterni
Catherine Fischer, ESA, Madrid, Spain – Bernd Freytag, Uppsala University, Sweden – Vigeesh Gangadharan, KIS Freiburg, Germany – Hans-Günter Ludwig, University of Heidelberg, Germany – Matthias Steffen, AIP Potsdam, Germany – Pier-Emmanuel Tremblay, University of Warwick, UK

Research focus of the Group

This group performs numerical magnetohydrodynamic (MHD) computer simulations of solar and stellar plasmas in the presence of magnetic fields in three-dimensional space. This allows detailed studies of the Sun and other stars that would not be possible in reality. Observable quantities are then synthesised from the simulations and compared with real observations to gain deeper insights.

MHD Simulations

Astrophysical and solar research depends almost entirely on remote sensing by studying the light of the stars and the Sun. As we cannot yet travel to the stars or closely approach the Sun to carry out experiments in situ, we compensate for this lack of accessibility by simulating the stars and the Sun, or small portions of them, on the computer, starting from basic physics equations. These are, in our case, the equations that describe the motion of the stellar plasma (the hydrodynamical equations), in combination with the equations that describe electric and magnetic fields (Maxwell's equations). The latter are necessary since the stellar plasma is highly conductive to electric currents. Together, these equations form the MHD equations, a set of eight partial differential equations, where the energy equation also requires solving an additional equation that describes the transport of radiation. Since these equations generally cannot be solved analytically, we solve them numerically on powerful computers such as the Alps system at the Swiss National Supercomputing Centre (CSCS). Thus, we take the Sun and stars into the computer to study them from close up and in detail. Simulations provide the complete physical state of the solar plasma at any point in three-dimensional space and time, with spatial and temporal resolutions exceeding those of observations. Therefore, simulations are invaluable for interpreting and understanding observed phenomena.

Comparison with observations

To ensure that we are simulating the real Sun, we compare computer simulations with direct solar observations. This process involves synthesising observable quantities from the simulated solar plasma, such as maps of the radiative intensity or spectra, which can be directly compared with real observations. This step typically involves radiative transfer analysis and polarimetry tools, as developed in the theory group at IRSOL. Having attained sufficient reliability in the simulation, in a second phase, we can venture predictions when we discover phenomena in the simulation that have not yet been observed. This step may lead to the proposal and planning of new observations. Simulations also enable experiments with virtual astrophysical objects that would be impossible in reality. For example, we can switch on and off the presence of the magnetic field or introduce pressure perturbations to acquire a deeper understanding of the propagation of magnetohydrodynamic waves in the solar atmosphere.

Ambito di ricerca del Gruppo

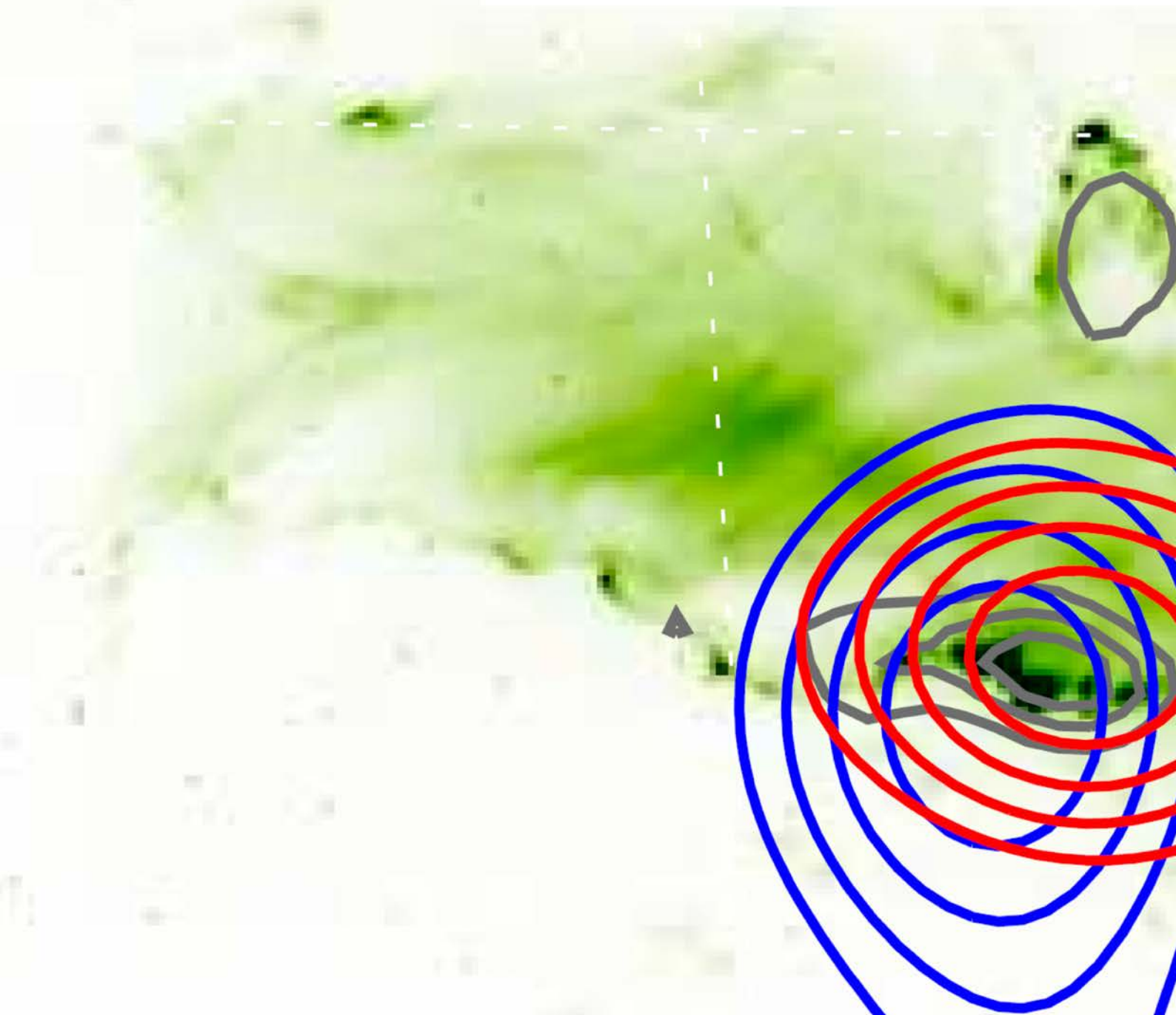
Il gruppo svolge simulazioni numeriche al computer del plasma stellare in presenza di campi elettrici e magnetici in spazi tridimensionali. Ciò permette di studiare il Sole e le stelle in modo particolareggiato, come non sarebbe possibile nella realtà. Le quantità osservabili ottenute dal Sole simulato vengono quindi confrontate con le osservazioni reali per ottenere una comprensione migliore.

Simulazioni MHD

La ricerca in astrofisica e in fisica solare dipende quasi interamente dall'osservazione a distanza attraverso lo studio della luce delle stelle e del Sole. Non possiamo ancora recarci sulle stelle o avvicinarci al Sole per eseguire esperimenti su di essi. Per compensare questa mancanza di accessibilità, simuliamo le stelle e il Sole o piccole parti di essi al computer partendo da equazioni fisiche di base. Si tratta in questo caso delle equazioni che descrivono il moto del plasma stellare (equazioni idrodinamiche) in combinazione con le equazioni che descrivono i campi elettrici e magnetici (equazioni di Maxwell). Queste ultime sono necessarie poiché il plasma stellare è altamente conduttivo alle correnti elettriche. Insieme, queste equazioni costituiscono le equazioni MHD, un insieme di otto equazioni differenziali parziali, dove l'equazione dell'energia richiede anche la soluzione di un'ulteriore equazione che descrive il trasporto della radiazione. Poiché in genere queste equazioni non possono essere risolte analiticamente, lo facciamo numericamente su potenti computer come il sistema Alps del Centro nazionale svizzero di supercalcolo (CSCS). In questo modo portiamo il Sole e le stelle nel computer per studiarli da vicino e in dettaglio. Le simulazioni forniscono lo stato fisico completo del plasma solare in qualsiasi punto dello spazio tridimensionale e del tempo, con una risoluzione spaziale e temporale superiore a quella delle osservazioni. Pertanto le simulazioni sono un aiuto prezioso per l'interpretazione e la comprensione dei fenomeni osservati.

Confronto con le osservazioni

Per essere sicuri di simulare il Sole reale, confrontiamo le simulazioni al computer con le osservazioni del Sole. A tal fine sintetizziamo quantità osservabili dal plasma solare simulato, come mappe dell'intensità radiativa o spettri, che possono essere paragonati direttamente con le osservazioni reali. Questa fase coinvolge tipicamente l'analisi del trasferimento radiativo e gli strumenti di polarimetria come sono stati sviluppati dal gruppo teorico dell'IRSO. Avendo raggiunto un'affidabilità sufficiente della simulazione, in una seconda fase possiamo azzardare previsioni quando nella simulazione scopriamo fenomeni che non sono ancora stati osservati. Questo passo può portare alla proposta e alla pianificazione di nuove osservazioni. Le simulazioni servono anche a realizzare esperimenti con oggetti astrofisici virtuali, che non sarebbero possibili nella realtà. Ad esempio, possiamo attivare e disattivare la presenza del campo magnetico o introdurre perturbazioni di pressione per comprendere più a fondo la propagazione di onde magnetoidrodinamiche nell'atmosfera solare.



28 October 2003, 11:06:30 UT

Hard X-rays (RHESSI)

Gamma-rays (RHESSI)

Optical continuum enhancement



(GONG)

A reanalysis of gamma-ray observations from the 2003-Oct-28 X25 GOES-class flare, which triggered the famous 2003 Halloween geomagnetic storm, has solved a 20-year-long mystery about the precipitation sites of electrons (probed through hard X-rays) and protons (probed through gamma-rays) in solar flares. It has been revealed for the first time that their precipitation sites coincide. They are also associated with the UV flare ribbons (the green structure in the image by TRACE at 195 Å). This result provides important insights into electron and proton acceleration in solar flares, a key component of space weather. Image adapted from Battaglia & Krucker (2025).

Una rianalisi delle osservazioni di raggi gamma provenienti dal brillamento solare di classe GOES X25 del 28 ottobre 2003, che ha innescato la famosa tempesta geomagnetica di Halloween del 2003, ha risolto un mistero ventennale sui siti di precipitazione degli elettroni (indagati tramite raggi X duri) e dei protoni (indagati tramite raggi gamma) nei brillamenti solari. È stato rivelato per la prima volta che i loro siti di precipitazione coincidono. Sono inoltre associate alle bande di brillamento UV (la struttura verde nell'immagine di TRACE a 195 Å). Questo risultato fornisce importanti informazioni sull'accelerazione di elettroni e protoni nei brillamenti solari, una componente chiave del meteo spaziale. Immagine adattata da Battaglia & Krucker (2025).

TRAP⁴ code

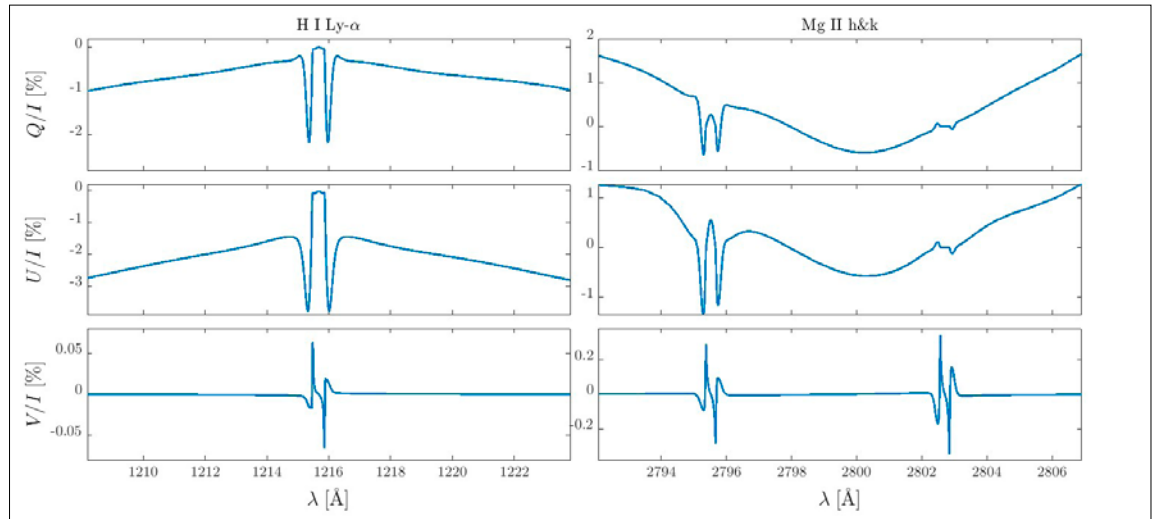
Accurately modelling the spectropolarimetric signals that are observed in strong resonance lines of the solar spectrum is a challenging task, both theoretically and computationally. To address this problem, we have developed TRAP⁴ (TRAnsfer of Polarized radiation in Plane-Parallel models with PRD), a numerical code that allows solving the radiative transfer problem for polarized radiation in resonance lines formed under non-local thermodynamic equilibrium conditions, in 1D plane-parallel models of the solar atmosphere. The code includes scattering polarization, partial frequency redistribution (PRD) effects in scattering processes, interference between different fine structure levels (J-state interference), as well as the impact of arbitrary magnetic fields (Hanle-Zeeman regime) and bulk velocities. To validate the code, we modelled the intensity and polarization of the H I Lyman-alpha line at 121 nm and the Mg II h&k doublet at 280 nm, in 1D semi-empirical atmospheric models. The results, together with quantitative comparisons with calculations from the well-established HanleRT-TIC code, demonstrate that TRAP⁴ is both computationally efficient and highly accurate. More details on this work are reported in the paper. We are currently adopting TRAP⁴ as a forward engine for addressing inverse problems.
Riva et al. 2025, A&A, 699, A233

Codice TRAP⁴

La modellizzazione dei segnali spettropolarimetrici che si osservano in forti righe di risonanza dello spettro solare è un problema complesso, da un punto di vista sia teorico sia computazionale. Per fare questo, abbiamo sviluppato TRAP⁴ (TRAnsfer of Polarized radiation in Plane-Parallel models with PRD), un codice numerico in grado di risolvere il problema del trasporto radiativo per radiazione polarizzata in righe di risonanza che si formano in condizioni di non equilibrio termodinamico locale, in modelli 1D dell'atmosfera solare. Il codice include la polarizzazione per scattering, gli effetti di redistribuzione parziale in frequenza (PRD) nei processi di scattering, le interferenze tra livelli di struttura fine (J-state interference), così come l'impatto di velocità e campi magnetici arbitrari (regime Hanle-Zeeman). Al fine di validare il codice, abbiamo modellizzato l'intensità e la polarizzazione della riga Lyman-alpha dell'idrogeno a 121 nm e del doppietto h&k del Mg II a 280 nm, in modelli atmosferici 1D semi-empirici. I risultati, unitamente a confronti quantitativi con calcoli eseguiti con il consolidato codice Hanle-RT, dimostrano che TRAP⁴ è sia efficiente da un punto di vista computazionale sia altamente accurato. Maggiori dettagli su questo lavoro sono riportati nell'articolo. Attualmente stiamo utilizzando TRAP⁴ come operatore di modellizzazione diretta per risolvere problemi di inversione.
Riva et al. 2025, A&A, 699, A233

TRAP⁴ calculations of the fractional polarisation signals, as a function of wavelength, for the H I Lyman-alpha line and the Mg II h&k doublet, obtained in a static and magnetic 1D semi-empirical solar atmospheric model, for a close-to-limb line of sight.

Calcoli eseguiti con TRAP⁴ dei segnali di polarizzazione frazionaria, in funzione della lunghezza d'onda, per la riga Lyman-alpha dell'H I e il doppietto h&k del Mg II, ottenuti in un modello 1D semi-empirico, statico e magnetizzato dell'atmosfera solare, per una linea di vista vicina al bordo del Sole.



Spectropolarimetric inversion of the Ca I line at 422.7 nm for solar magnetic field diagnostics

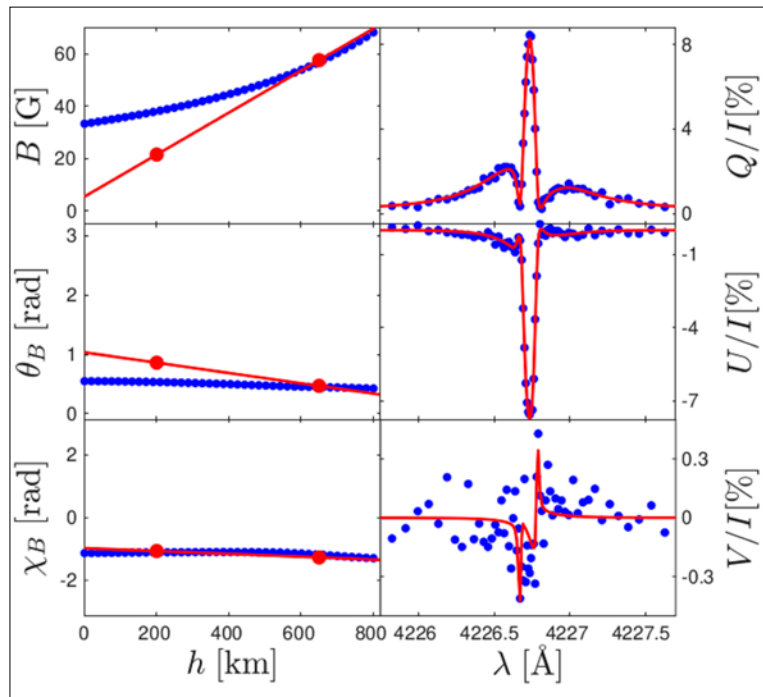
Measuring the magnetic field in the outer layers of the Sun's atmosphere remains a longstanding challenge in modern solar physics. To address this problem, we have developed a new inversion tool that infers the stratification of the solar magnetic field (from the photosphere to the chromosphere) from spectropolarimetric observations of strong resonance lines. The tool, based on the TRAP4 forward modelling code, exploits the signals produced in these lines by the joint action of the Hanle and Zeeman effects, accounting for non-local thermodynamic equilibrium (non-LTE) and partial frequency redistribution (PRD) effects in scattering processes. As a first test, we applied it to a set of synthetic data of the Ca I line at 422.7 nm. The results are very promising: while achieving excellent agreement with the synthetic signals, the inversion successfully retrieves the height-dependent magnetic and bulk velocity fields of the considered 1D plane-parallel atmospheric model. More details on this work are reported in the paper. We are now applying this tool to spectropolarimetric observations carried out with the ZIMPOL instrument at IRSOL. Janett et al. 2025, A&A, 701, A80

Inversione spettropolarimetrica della riga del Ca I a 422.7 nm per la diagnostica dei campi magnetici solari

Misurare il campo magnetico negli strati più esterni dell'atmosfera del Sole è una delle sfide più annose della fisica solare moderna. Per affrontare questo problema, abbiamo sviluppato un nuovo strumento di inversione capace di dedurre la stratificazione del campo magnetico solare (dalla fotosfera alla cromosfera) a partire da osservazioni spettropolarimetriche di forti righe di risonanza. Lo strumento, basato sul codice per la modellizzazione diretta TRAP4, sfrutta i segnali polarimetrici generati in tali righe dall'azione congiunta degli effetti Hanle e Zeeman, tenendo conto degli effetti di non equilibrio termodinamico locale (non-LTE) e di ridistribuzione parziale in frequenza (PRD) nei processi di scattering. Come primo test, lo abbiamo applicato a un set di dati sintetici della riga del Ca I a 422.7 nm. I risultati sono estremamente incoraggianti: l'inversione fornisce un accordo eccellente con i segnali teorici e, allo stesso tempo, riproduce con successo i campi magnetici e di velocità, dipendenti dalla quota, del modello 1D piano-parallelo considerato. Maggiori dettagli su questo lavoro sono riportati nell'articolo. Attualmente stiamo applicando questo strumento a osservazioni spettropolarimetriche eseguite con lo strumento ZIMPOL dell'IRSOL. Janett et al. 2025, A&A, 701, A80

Results of the inversion of polarisation profiles for the Ca I 422.7 nm line, synthesised in a plane-parallel atmospheric model, for a line of sight at the limb. Left column: model (blue dots) and inferred (red lines) magnetic field magnitude, inclination, and azimuth. Right column: synthetic (blue dots) and retrieved (red lines) fractional polarisation profiles.

Risultati dell'inversione di profili di polarizzazione della riga Ca I a 422.7 nm, calcolati in un modello atmosferico piano-parallelo, per una linea di vista al bordo del Sole. Colonna sinistra: intensità, inclinazione e azimuth del campo magnetico del modello (punti blu) e dedotto dall'inversione (righe rosse). Colonna destra: profili di polarizzazione frazionaria sintetici (punti blu) e riprodotti dall'inversione (righe rosse).



Evolution of the flare-prolific magnetic active region over three solar rotations

Magnetic flux emergence and decay on the Sun are processes that can span from days to months. However, their observation is typically limited to about half a solar rotation as seen from the Earth, providing only a partial view of the phenomenon. This study monitored the magnetic and coronal evolution of the solar active region NOAA 13664, one of the most complex and eruptive regions of the past two decades. Observations were combined from both the Earth-facing side of the Sun (Solar Dynamics Observatory, SDO) and the far side (Solar Orbiter, SO). During this time, 969 flares were detected by the GEOS satellite and the STIX on SO. The SDO and SO magnetograms were employed to quantify the magnetic field non-potentiality. The region developed through successive magnetic flux emergence episodes and reached its peak complexity one month after the first emergence, followed by a gradual decay during two months. Unlike many complex regions, it consistently maintained high levels of non-potentiality for most of its lifetime and sustained strong flaring activity. The derived time series of non-potentiality parameters exhibited strong correlation with the flaring activity. Thus, multi-vantage-point observations can significantly improve our understanding of how magnetic flux emerges, evolves, and drives solar activity.

Kontogiannis et al. 2025, A&A, 704, A105

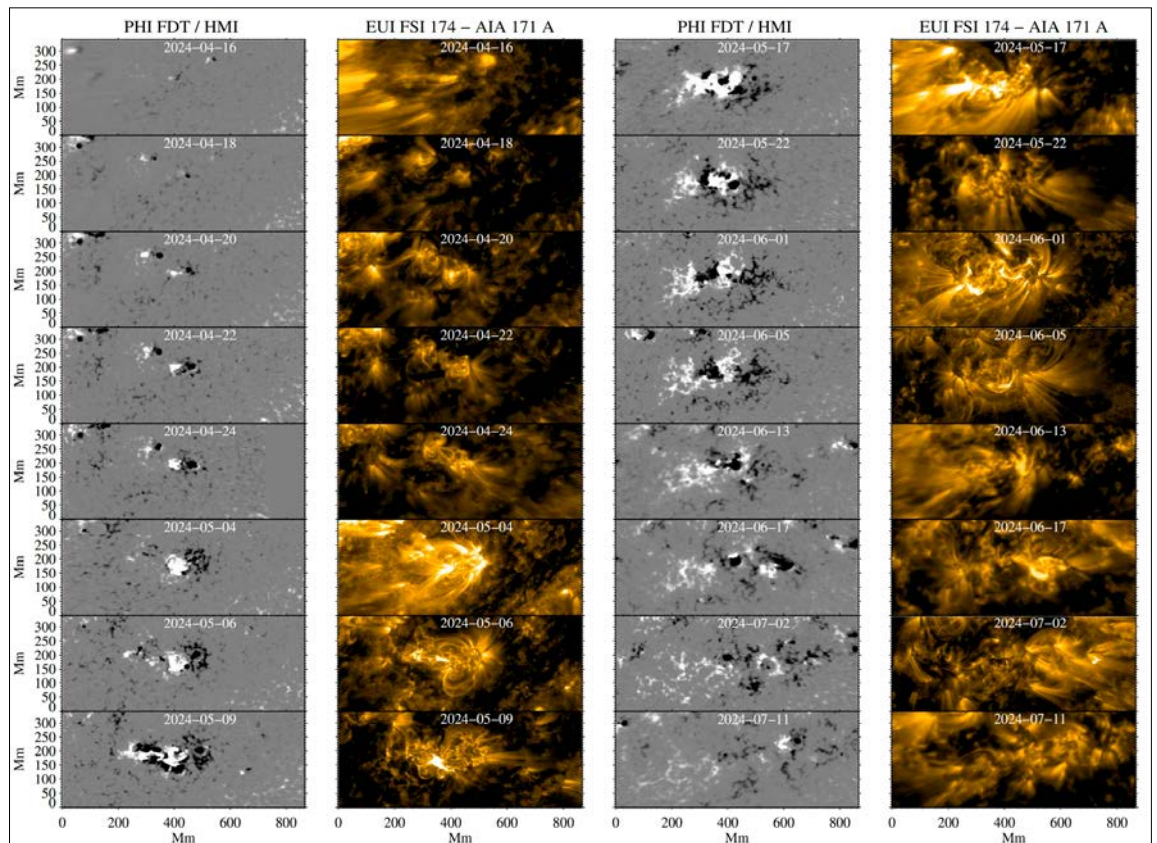
Evoluzione della regione magnetica attiva ad alta frequenza di brillamenti nel corso di tre rotazioni solari

L'emersione e il decadimento del flusso magnetico sul Sole sono processi che possono protrarsi per giorni o mesi. Tuttavia la loro osservazione è tipicamente limitata a circa metà della rotazione solare vista dalla Terra, fornendo solo una visione parziale del fenomeno. Questo studio ha monitorato l'evoluzione magnetica e coronale della regione solare attiva NOAA 13664, una delle regioni più complesse ed eruttive degli ultimi due decenni. Le osservazioni sono state combinate sia dal lato del Sole rivolto verso la Terra (Solar Dynamics Observatory, SDO) sia dal lato opposto (Solar Orbiter, SO). Durante questo periodo sono stati rilevati 969 brillamenti dal satellite GEOS e dallo STIX su SO. I magnetogrammi di SDO e SO sono stati utilizzati per quantificare la non-potenzialità del campo magnetico. La regione si è sviluppata attraverso successivi episodi di emersione del flusso magnetico e ha raggiunto il picco di complessità un mese dopo la prima emersione, seguito da un graduale decadimento nel corso di due mesi. A differenza di molte regioni complesse, ha mantenuto costantemente alti livelli di non-potenzialità per la maggior parte della sua durata e ha presentato una forte attività di brillamenti. Le serie temporali derivate dei parametri di non-potenzialità hanno mostrato una forte correlazione con l'attività dei brillamenti. Pertanto le osservazioni da più punti di vista possono migliorare significativamente la nostra comprensione di come il flusso magnetico emerge, si evolve e guida l'attività solare.

Kontogiannis et al. 2025, A&A, 704, A105

Snapshots of the active region evolution. Columns 1 and 3 show magnetic maps, while columns 2 and 4 show the EUV emission maps. The magnetic field values have been scaled between ± 300

immagini dell'evoluzione della regione attiva. Le colonne 1 e 3 mostrano le mappe magnetiche, mentre le colonne 2 e 4 mostrano le mappe di emissione EUV. I valori del campo magnetico sono scalati tra ± 300 G.



Detecting alien living worlds with the NASA Habitable Worlds Observatory (HWO)

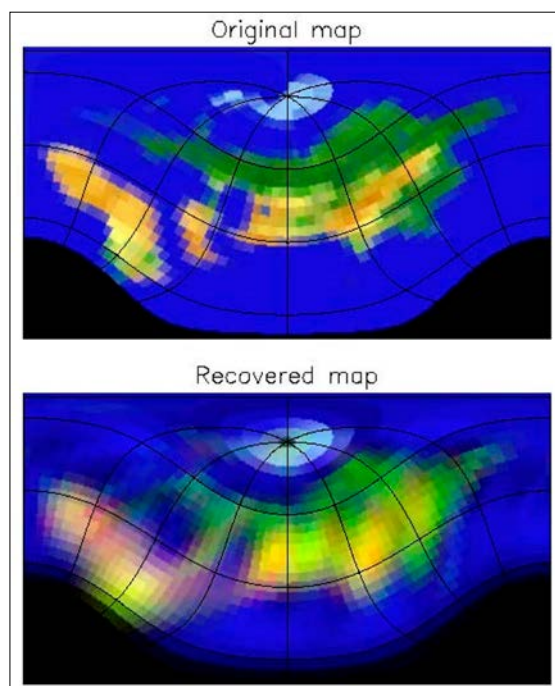
Our Earth, being the only living planet that we know, provides us with clues that photosynthetic life-forms may be dominant on other exoplanets for billions of years. Spectropolarimetric signatures of the terrestrial photosynthetic life (PSLife) are well studied in the lab and remotely sensed with space and airborne instrumentation. An astonishing biosignature revealed by these measurements is an extremely strong linear polarization (tens of %) associated with broad absorption bands of biological pigments (biopigments) driving photosynthesis in various organisms. Also, unique circular-polarization signatures are associated with biopigments and other complex macromolecules as a sign of homochirality which is ubiquitous in terrestrial life forms. Thus, low-resolution spectro- or multi-band polarimetry of exoplanets directly imaged at an unprecedented contrast using the HWO coronagraph is a novel opportunity for a robust discovery of life on exoplanets. To achieve this goal, we have proposed to carry out two surveys and two follow-up observing programs. Survey 1 will identify potentially habitable planets (PHPs) through detection of atmospheres, clouds and liquid surface water (ocean) using linear polarimetry. Survey 2 will identify Living World (LW) candidates among PHPs by searching for strong linear polarization signatures associated with strong and broad absorption bands reminiscent of terrestrial biopigments. Follow-up program 3 will obtain multi-color surface maps of LWs, determine the distribution and abundance of alien photosynthetic organisms with exo-biopigments and correlate their properties with the atmospheric and surface compositions. Follow-up program 4 will employ circular polarization to verify homochirality of exo-biopigments. This comprehensive approach aims at providing a quantitative answer to the ultimate question "Are we alone in the Universe?".

Berdyugina et al. 2025, preprint, arXiv:2507.03819

Individuazione di mondi alieni abitabili con l'Habitable Worlds Observatory (HWO) della NASA

La nostra Terra, essendo l'unico pianeta conosciuto che ospita la vita, ci fornisce indizi sul fatto che forme di vita fotosintetiche potrebbero essere dominanti su altri esopianeti da miliardi di anni. Le firme spettropolarimetriche della vita fotosintetica terrestre (PSLife) sono state ampiamente studiate in laboratorio e rilevate a distanza tramite strumentazioni spaziali e aeree. Una sorprendente firma biologica rivelata da queste misurazioni è una polarizzazione lineare estremamente forte (decine di %) associata ad ampie bande di assorbimento di pigmenti biologici (biopigmenti) che guidano la fotosintesi in vari organismi. Inoltre caratteristiche uniche di polarizzazione circolare sono associate ai biopigmenti e ad altre macromolecole complesse come segno di omochiralità, che è onnipresente nelle forme di vita terrestri. Pertanto la polarimetria a bassa risoluzione, spettrale o multibanda, di esopianeti direttamente ripresi con un contrasto senza precedenti utilizzando il coronografo HWO rappresenta una nuova opportunità per una scoperta affidabile di vita su esopianeti. Per raggiungere questo obiettivo, abbiamo proposto di condurre due indagini e due programmi di osservazione di follow-up. L'indagine 1 identificherà i pianeti potenzialmente abitabili (PHP) attraverso il rilevamento di atmosfere, nuvole e acqua liquida in superficie (oceano) utilizzando la polarimetria lineare. L'indagine 2 identificherà i candidati a "mondo vivente" (Living World, LW) tra i PHP, cercando segni distintivi di forte polarizzazione lineare associati a bande di assorbimento intense e ampie che ricordano i biopigmenti terrestri. Il programma di follow-up 3 otterrà mappe superficiali multicolori degli LW, determinerà la distribuzione e l'abbondanza di organismi fotosintetici alieni dotati di esobiopigmenti e metterà in correlazione le loro proprietà con la composizione atmosferica e superficiale. Il programma di follow-up 4 utilizzerà la polarizzazione circolare per verificare l'omochiralità degli esobiopigmenti. Questo approccio globale mira a fornire una risposta quantitativa alla domanda fondamentale: "Siamo soli nell'Universo?".

Berdyugina et al. 2025, preprint, arXiv:2507.03819



A composite albedo map of an Earth-like exoplanet. The original map is based on a composite Earth image. The recovered map is inferred from synthetic observations. The achieved subcontinental spatial resolution allows for a robust identification of deserts, green vegetation, a polar ice-cap, and deep ocean.

Mappa composita dell'albedo di un esopianeta simile alla Terra. La mappa originale si basa su un'immagine composita della Terra. La mappa ricostruita è ricavata da osservazioni sintetiche. La risoluzione spaziale subcontinentale raggiunta consente una precisa identificazione di deserti, vegetazione verde, calotta polare e oceano profondo.

ZIMPOL detects scattering polarisation in He I D3 during a solar flare

Observations of the He I D3 line during solar flares can provide new insights into their dynamics. He I D3 has been observed in both absorption and emission during solar flares, highlighting distinct regimes in the flare structure. Moreover, the He I D3 line forms in the chromosphere, where most of the energy is released from the impact of particles accelerated by solar flares. Using the high-precision ZIMPOL polarimeter at the IRSOL observatory, we tracked the temporal evolution of the He I D3 Stokes profiles throughout the M7 GOES-class flare that occurred on 3 May 2023 at 10:45 UT (Vitali et al., 2026, A&A, 708, A57). We analysed the time evolution of the maximum in linear polarisation and the absorption depth of the intensity profile. Both the fractional linear polarisation, which peaks at 6×10^{-4} , and the absorption depth increase rapidly before gradually decaying, with their maxima occurring approximately 5 minutes after the peaks in GOES X-ray flux and SDO/AIA 304 Å emission. We found that the intensity profiles exhibiting strong absorption seem to originate from the flare ribbons. The time evolution of all Stokes parameters in the 3 May 2023 event was driven by changes in ortho-helium density, which were prompted by the different phases of the flare. Our analysis suggests that the observed He I D3 linear polarisation is unlikely to be dominated by the theorised impact polarisation. Instead, the signals are consistent with scattering polarisation produced by anisotropic radiation pumping. We conclude that scattering polarisation signal on the order of 0.01% can be produced in the He I D3 line during solar flares.

Vitali et al., preprint, arXiv:2603.24169

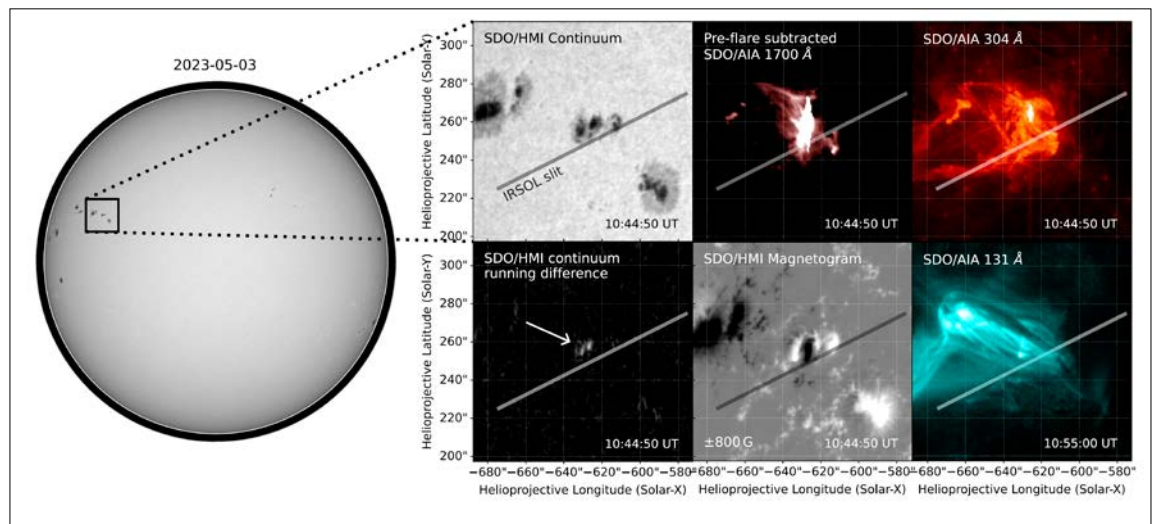
ZIMPOL rileva la polarizzazione di scattering nella linea He I D3 durante un brillamento solare

Le osservazioni della linea He I D3 durante i brillamenti solari possono fornire nuove informazioni sulla dinamica dei brillamenti solari. He I D3 è stata osservata sia in assorbimento sia in emissione durante i brillamenti solari, evidenziando diversi regimi nella struttura del brillamento. Inoltre la linea He I D3 si forma nella cromosfera, dove viene rilasciata la maggior parte dell'energia dall'impatto delle particelle accelerate dai brillamenti solari. Utilizzando il polarimetro ad alta precisione ZIMPOL presso l'osservatorio IRSOL, abbiamo monitorato l'evoluzione temporale dei profili di Stokes di He I D3 durante l'eruzione di classe M7 GOES verificatasi il 3 maggio 2023 alle 10:45 UT (Vitali et al., 2026, A&A, 708, A57). Abbiamo analizzato l'evoluzione temporale del massimo della polarizzazione lineare e della profondità di assorbimento del profilo di intensità. Sia la polarizzazione lineare frazionaria, che raggiunge un picco a 6×10^{-4} , sia la profondità di assorbimento aumentano rapidamente prima di calare gradualmente, con i loro massimi che si verificano circa 5 minuti dopo i picchi del flusso di raggi X registrati dai satelliti GOES e dell'emissione a 304 Å registrata da SDO/AIA. Abbiamo scoperto che i profili di intensità che mostrano un forte assorbimento sembrano avere origine dai filamenti del brillamento. L'evoluzione temporale di tutti i parametri di Stokes nell'evento del 3 maggio 2023 è stata determinata dalle variazioni della densità dell'orto-elio provocate dalle diverse fasi del brillamento. La nostra analisi suggerisce che la polarizzazione lineare di He I D3 osservata probabilmente non è dominata dalla polarizzazione da impatto teorizzata. Al contrario, i segnali sono coerenti con la polarizzazione da scattering prodotta dal pompaggio di radiazione anisotropa. Concludiamo che un segnale di polarizzazione da scattering dell'ordine dello 0,01% può essere prodotto nella linea He I D3 durante i brillamenti solari.

Vitali et al., preprint, arXiv:2603.24169

Context maps of the slit-spectrograph observation of an M7 GOES class solar flare. From the left, location of the flare on the solar disk and location of the slit plotted on Solar Dynamics Observatory (SDO) maps during the peak of the solar flare.

Mappe contestuali dell'osservazione con spettrografo a fenditura di un brillamento solare di classe M7 GOES. Da sinistra: posizione del brillamento sul disco solare e posizione della fenditura tracciata sulle mappe del Solar Dynamics Observatory (SDO) durante il picco del brillamento solare.



High-Resolution Maps of Photospheric Scattering Polarisation

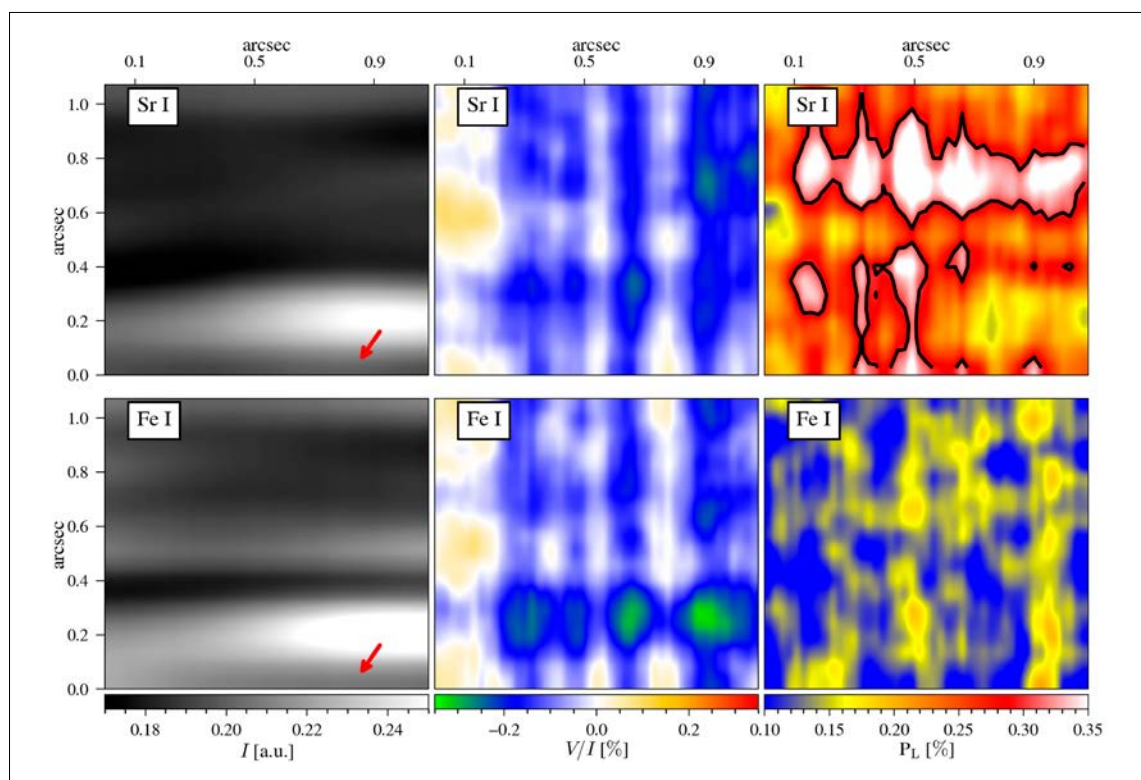
Scattering polarisation signals in sunlight carry valuable information about the physical conditions in the solar atmosphere, including the subtle effects of magnetic fields. These signals, however, are extremely weak and have been challenging to observe at the small spatial scales where they are expected to vary. In a recent study (Zeuner et al. 2025, A&A, 703, L10), we obtained the first direct, high-resolution maps of the scattering polarisation in the Sr I 4607 Å line, using the Visible Spectro-Polarimeter (ViSP) at the Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST). The observations achieved sub-arcsecond resolution, revealing fine-scale patterns in the total linear polarisation that are clearly of solar origin. By simultaneously observing a nearby Fe I line, which is more sensitive to magnetic effects via the Zeeman effect, we confirmed that the detected signals in Sr I arise from scattering rather than Zeeman or instrumental signatures. Although the measurements confirm theoretical predictions, they cannot yet be directly interpreted to reveal the small-scale magnetic fields themselves. Nonetheless, they establish an important observational benchmark for future studies aimed at probing the Sun's hidden magnetism and improving our understanding of the processes that shape the solar atmosphere. Zeuner et al. 2025, A&A 703, L10

Mappe ad alta risoluzione della polarizzazione di scattering fotosferico

I segnali di polarizzazione di scattering presenti nella luce solare contengono preziose informazioni sulle condizioni fisiche dell'atmosfera solare, compresi i sottili effetti dei campi magnetici. Questi segnali tuttavia sono estremamente deboli ed è stato difficile osservarli alle piccole scale spaziali in cui si prevede che varino. In un recente studio (Zeuner et al. 2025, A&A, 703, L10) abbiamo ottenuto le prime mappe dirette ad alta risoluzione della polarizzazione di scattering nella linea spettrale Sr I a 4607 Å, utilizzando il Visible Spectro-Polarimeter (ViSP) installato presso il Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST). Le osservazioni hanno raggiunto una risoluzione inferiore all'arcosecondo, rivelando schemi ricorrenti su scala fine nella polarizzazione lineare totale che sono chiaramente di origine solare. Osservando simultaneamente una vicina linea di Fe I, che è più sensibile agli effetti magnetici tramite l'effetto Zeeman, abbiamo confermato che i segnali rilevati nella linea Sr I derivano dallo scattering piuttosto che da influenze strumentali oppure legate all'effetto Zeeman. Sebbene le misurazioni confermino le previsioni teoriche, non possono ancora essere interpretate direttamente per rivelare i campi magnetici stessi su piccola scala. Tuttavia esse costituiscono un importante punto di riferimento osservativo per studi futuri volti a sondare il magnetismo nascosto del Sole e a migliorare la nostra comprensione dei processi che modellano l'atmosfera solare. Zeuner et al. 2025, A&A 703, L10

Total linear polarisation maps (rightmost panels) reveal strong scattering polarisation signals in Sr I, which are absent in a neighbouring Fe I line. They vary on scales below 1 arcsecond.

Le mappe di polarizzazione lineare totale (pannelli all'estrema destra) rivelano forti segnali di polarizzazione da scattering nella linea Sr I, che invece non sono presenti nella vicina linea Fe I. Tali segnali variano su scale inferiori a 1 arcosecondo.



Accelerating solar simulations with GPU-enabled CO5BOLD

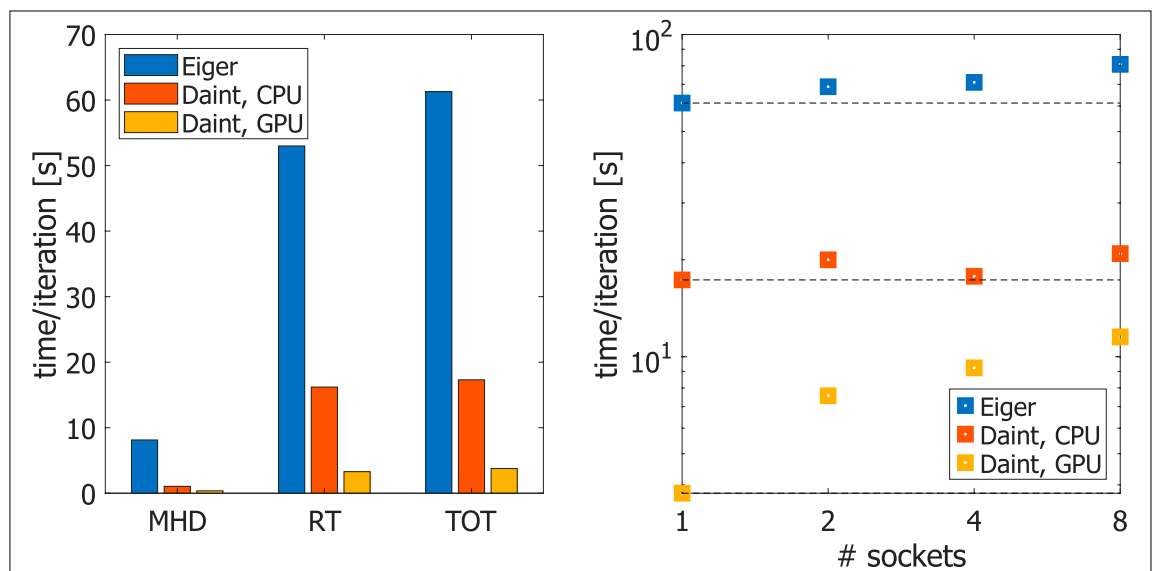
We have successfully ported the radiative magneto-hydrodynamics (R-MHD) simulation tool CO5BOLD to GPU architectures using OpenACC directives, enabling efficient execution on modern heterogeneous supercomputers. Benchmarks performed on the Alps system at the Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) show that, for a representative solar atmosphere model in local-box geometry, a single GH200 GPU on the Daint partition reduces the runtime per simulation step by more than a factor of 4 compared to a Grace CPU socket, and by over a factor of 16 compared to an AMD EPYC 7742 processor on the Eiger partition (see left panel below). To assess performance at a larger scale, we conducted weak-scaling experiments, increasing the model size while proportionally increasing the computational resources (see the right panel below). On CPUs, the code exhibits robust scaling up to more than a thousand cores, with only a moderate increase in runtime. On GPUs, the overall performance remains significantly higher than on CPUs, although scaling becomes increasingly limited by communication overhead. In particular, the radiative transfer (RT) solver requires global data transpositions between different domain decompositions, which become increasingly dominant as the per-compute-unit computational cost decreases. This porting paves the way for more ambitious numerical experiments. At the same time, these results highlight that future performance gains will increasingly depend on reducing communication costs and rethinking algorithmic strategies for RT in massively parallel environments.

Accelerare le simulazioni solari con CO5BOLD abilitato per GPU

Abbiamo portato con successo il codice per simulazioni di radiazione magneto-idrodinamica (R-MHD) CO5BOLD su architetture GPU utilizzando direttive OpenACC, consentendo un'esecuzione efficiente sui moderni supercomputer. I benchmark eseguiti sul sistema Alps presso il Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS) mostrano che, per un modello rappresentativo dell'atmosfera solare in geometria locale, una singola GPU GH200 sulla partizione Daint riduce il tempo di simulazione di oltre un fattore quattro rispetto a un socket CPU Grace, e di oltre un fattore 16 rispetto a un processore AMD EPYC 7742 sulla partizione Eiger (vedi grafico di sinistra sotto). Per valutare le prestazioni su più larga scala, abbiamo condotto esperimenti di "weak scaling", aumentando la dimensione del modello e proporzionalmente le risorse computazionali (vedi grafico di destra sotto). Sulle CPU, il codice mostra uno scaling robusto fino a oltre un migliaio di core, solo con un moderato aumento del tempo di esecuzione. Sulle GPU, le prestazioni complessive rimangono significativamente superiori rispetto alle CPU, anche se lo scaling è sempre più limitato dai costi di comunicazione. In particolare, il solutore di trasferimento radiativo (RT) richiede trasposizioni globali dei dati tra diverse decomposizioni del dominio, il cui costo diventa progressivamente dominante man mano che il costo computazionale per unità di calcolo si riduce. Questo lavoro apre la strada a esperimenti numerici più ambiziosi. Allo stesso tempo, questi risultati evidenziano che i futuri miglioramenti delle prestazioni dipenderanno sempre più dalla riduzione dei costi di comunicazione e dal ripensamento delle strategie algoritmiche per il RT in ambienti massicciamente paralleli.

Left: time per simulation step for the MHD module, the short-characteristic RT module, and the total runtime on a single socket, comparing an AMD EPYC CPU (Eiger, blue), an NVIDIA Grace CPU (Daint, red), and a Grace-Hopper GPU (Daint, yellow). Right: weak scaling of the total runtime per simulation step as a function of the number of compute units (CPU sockets or GPUs).

Sinistra: tempo per passo di simulazione per il modulo MHD, il modulo RT e il tempo totale, su un singolo socket, confrontando una CPU AMD EPYC (Eiger, blu), una CPU NVIDIA Grace (Daint, rosso) e una GPU Grace-Hopper (Daint, giallo). Destra: "weak scaling" del tempo totale di simulazione per passo in funzione del numero di unità di calcolo (socket CPU o GPU).



Magnetic vortices ignite weak shock waves in the ambient medium

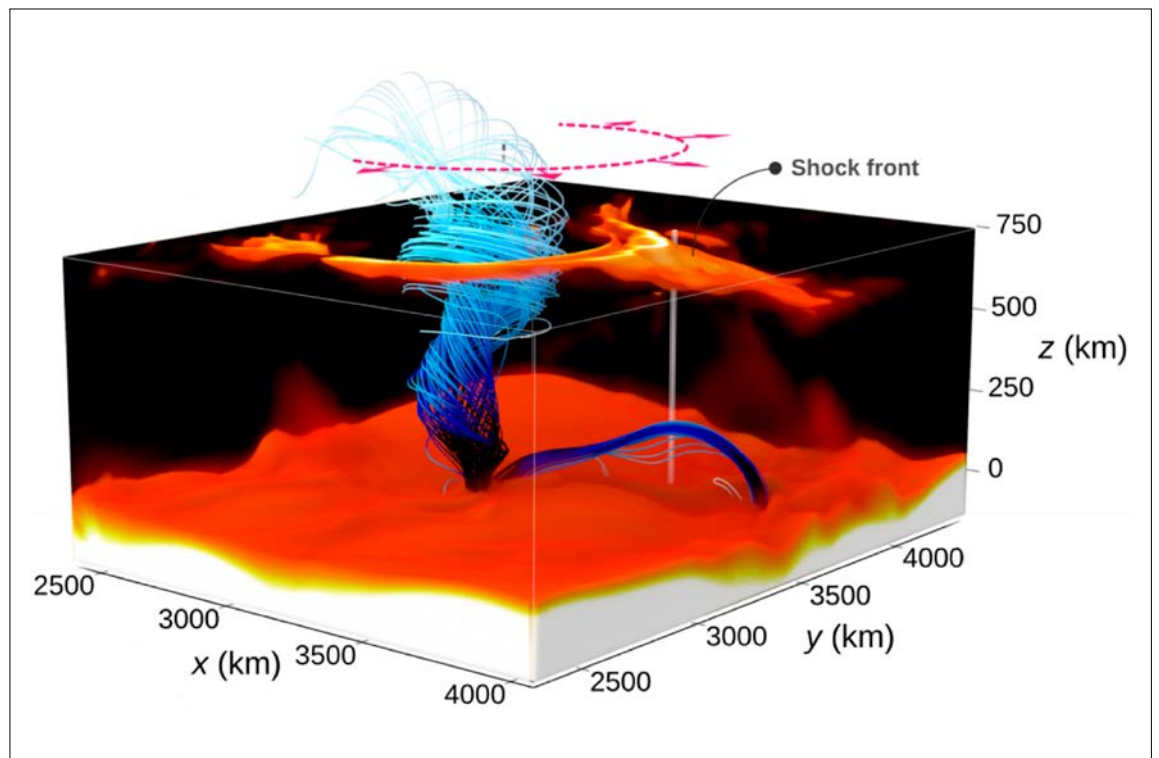
High-cadence chromospheric image sequences recorded with the new Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) have revealed propagating, arc-shaped bright fronts originating from bright chromospheric grains at the centre of the arc. Underneath the chromospheric bright grains, in the photosphere, we identify bright points, which typically are the signature of small-scale magnetic flux concentrations. They are found to interact with co-located vortices prior to the appearance of the chromospheric bright fronts. Images synthesised from three-dimensional radiation magnetohydrodynamic simulations show a striking similarity to the observed phenomenon and reveal that the arc-shaped bright fronts arise from weak shock fronts propagating in the ambient medium, triggered by the vortex of the underlying magnetic flux concentration. We provide first evidences of a hitherto unknown magnetohydrodynamic process by which vortex-driven torsional Alfvén pulses couple to acoustic waves that can shock and dissipate their energies. Although the detected number density and frequency of these events are at least a factor of 10 too small to be relevant to solar chromospheric heating, simulations show a 7 times higher number density, and we expect to discover many more events with tailored narrow-band observations.

I vortici magnetici innescano deboli onde d'urto nel mezzo circostante

Sequenze di immagini cromosferiche ad alta cadenza registrate con il nuovo Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) hanno rivelato fronti luminosi a forma di arco in propagazione, originati da granuli luminosi cromosferici visibili al centro dell'arco. Al di sotto dei granuli luminosi cromosferici, nella fotosfera, si identificano punti luminosi, che in genere sono la firma di concentrazioni di flusso magnetico su piccola scala. Si è scoperto che questi interagiscono con vortici situati nella stessa posizione prima della comparsa dei fronti luminosi cromosferici. Le immagini sintetizzate da simulazioni magnetoidrodinamiche tridimensionali della radiazione mostrano una sorprendente somiglianza con il fenomeno scoperto e rivelano che i fronti luminosi a forma di arco derivano da deboli fronti d'urto che si propagano nel mezzo circostante, innescati dal vortice della concentrazione di flusso magnetico sottostante. Forniamo le prime prove di un processo magnetoidrodinamico finora sconosciuto, mediante il quale gli impulsi di Alfvén torsionali guidati dai vortici si accoppiano alle onde acustiche che possono provocare uno shock e dissiparne l'energia. Sebbene la densità numerica e la frequenza rilevate di questi eventi siano di almeno un fattore 10 troppo basse per essere rilevanti per il riscaldamento cromosferico solare, le simulazioni mostrano una densità numerica 7 volte superiore e ci aspettiamo di scoprire molti più eventi con osservazioni mirate a banda stretta.

Volume rendering of the temperature above 5'000 K (red to white colours) of a simulation, with blue magnetic field lines of the twisted magnetic vortex. The bright front appears as a thin, arc-shaped temperature enhancement, further illustrated by the dashed pink semi-circle with arrows indicating the direction of propagation. The shock front proper is visible as a sheet of enhanced temperature slightly inclined relative to the horizontal plane.

Rendering volumetrico della temperatura superiore a 5'000 K (colori dal rosso al bianco) di un fotogramma di simulazione con le linee del campo magnetico blu del vortice magnetico attorcigliato. Il fronte luminoso appare come un sottile aumento di temperatura a forma di arco, ulteriormente evidenziato dal semicerchio rosa tratteggiato con frecce che indicano la direzione di propagazione. Il fronte d'urto vero e proprio è visibile come uno strato di temperatura elevata leggermente inclinato rispetto al piano orizzontale.





Europe's largest solar optical telescope on Tenerife, Spain, where the ZIMPOL instrument has been deployed by IRSOL in collaboration with the Institut für Sonnenphysik (KIS), Germany, and Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Spain.

Il più grande telescopio ottico solare d'Europa si trova a Tenerife, in Spagna, dove lo strumento ZIMPOL è stato installato dall'IRSOL in collaborazione con l'Institut für Sonnenphysik (KIS), in Germania, e l'Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), in Spagna.



European Solar Telescope (EST)

IRSOL participates in the European Solar Telescope (EST) project to construct a next-generation large-aperture solar telescope. EST will have a 4.2-meter primary mirror and will be optimised for studies of the magnetic coupling of the solar atmosphere. IRSOL is involved in the project through:

- membership of the EST Foundation established in 2023, currently 11 partners (including USI),
- membership in the European Association for Solar Telescopes (EAST),
- membership in the EST Foundation Board of Trustees and the Executive Committee, national coordinator for the Swiss participation in the EST,
- participation in the EST Science Advisory Group,
- participation in the work packages to design and construct post-focus polarimetric instrumentation,
- participation in the planning of the EST Data Centre.

ZIMPOL project

The ZIMPOL system is the key instrument that enables high-precision polarimetric measurements. To optimise its efficiency and ensure its maintenance, a collaboration project with the Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA) at SUPSI is currently funded by the SNSF project (R. Ramelli). During 2025, ISEA completed development of the new FPGA logic and firmware for ZIMPOL, with assistance from an MSE student who contributed to the project through his master's thesis, "ZIMPOL-3 Solar Polarimeter: Digital Redesign with Enhanced Features". This new design allows the performance improvements and enhancements envisaged to be achieved. Work is currently underway to finalise the TCP/IP server (Z3Server), which will enable the camera to be operated over the network using the standard protocol already in use. IRSOL now has two fully updated ZIMPOL systems, configured for the new digital design whilst maintaining compatibility with the previous version. One of these units has been specially prepared and configured for permanent deployment at GREGOR.

ZIMPOL at the GREGOR telescope

Observing campaigns with the ZIMPOL polarimeter are regularly conducted by IRSOL at the German GREGOR telescope on Tenerife, in cooperation with the Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany, and the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Spain.

In 2025, 7 days for scientific observations have been allocated to IRSOL to carry out the project "ZIMPOL@GREGOR: Observing scattering polarisation with high resolution, high-precision and enhanced accuracy". In addition, one technical campaign was allocated and carried out. The ZIMPOL instrument has also been offered to external observers. One campaign was carried out for a scientific team from the IAC (Spain).

CLASP experiments

IRSOL participates in a series of international (US, Japan, Europe) experiments within the framework of the NASA Sounding Rocket programme. The experiments, called CLASP, aim at exploring the magnetism of the upper chromosphere and transition region, by exploiting the polarisation of strong ultraviolet (UV) lines, namely H I Ly-alpha at 1215 Å (CLASP, 2015) and Mg II h & k at 2800 Å (CLASP2, 2019; CLASP2.1, 2021). The institute contributes to the analysis and interpretation of the acquired data and to laying the theoretical groundwork for new experiments focused on other UV lines. The latter activity is at the core of an SNSF SPARK project (G. Janett) started in December 2025, and focused on the He II 304 Å line.

CALLISTO project

The CALLISTO spectrometer is a programmable receiver designed in 2006 by C. Monstein, a former member of the Radio Astronomy Group at ETH Zurich and, since 2019, an IRSOL collaborator. The main applications are observation of dynamic solar radio bursts for astronomical science, space weather monitoring, education, outreach and citizen science. During 2025, 5 new spectrometers have been delivered to Croatia, Peru, Germany (DLR and DWD) and Malaysia. Several instrument accessories have been delivered to Germany, India and Malaysia. In 2025, the network reported 40'355 observations, leading to a total of 5'685 dynamic solar radio bursts. Seven refereed papers have been published, based on, among other data, dynamic radio spectra from CALLISTO.

DarkSun space mission

IRSOL is involved in the DarkSun project, submitted in response to the 2025 call from the European Space Agency (ESA) for the next M-class (M8) space mission. DarkSun is a formation flying mission aiming at investigating the physical processes through which magnetic energy is stored and subsequently released in the solar atmosphere, either via abrupt eruptive events or via quasi-stationary phenomena. After passing the preselection phase in 2025, the proposing team has been invited to submit the full proposal in 2026. SCUPS, one of the two main instruments of the mission payload, is led by L. Belluzzi with the role of the instrument scientist.

Active cooperations with other institutes

Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany

(1) Cooperation Agreement on joint development of the VTF instrument for the 4.2 m DKIST Solar Telescope (DKIST, Maui, USA). (2) Joint research for the development and application of new inversion techniques for observations of scattering polarization (I. Milic). (3) Collaboration for employing the ZIMPOL instrument at the GREGOR telescope.

Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA), DTI, SUPSI

ZIMPOL development, new telescope motors (D. Allegri, R. Gardenghi, M. Rogantini, G. Di Dato, M. Bianchi, S. Giacomini).

Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)

Joint solar flare observations at IRSOL and with the STIX X-ray telescope on ESA Solar Orbiter mission (S. Krucker).

ETH Zurich (ETHZ) and Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Center (PMOD/WRC)

Joint research on evolution of solar active regions, a postdoc position funded jointly by IRSOL and Wolf Foundation (L. Harra).

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)

Joint research for Adaptive Optics, seeing monitor, Spectroheliograph and European Solar Telescope (L. Jolissaint).

Enantios startup and CSEM (Neuchâtel)

New production of CCD ZIMPOL sensors with cylindrical microlenses (C. Lightner, R. Wyss, F. Zanella, G. Basset, M. Fretz).

Enantios startup and SUPSI

Exploiting ZIMPOL for innovative optical activity measurement methods of chiral molecules in pharmaceuticals, and development of a new optical sensor (C. Lightner, R. Wyss, D. Allegri, M. Rogantini, G. Di Dato).

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC, Tenerife, Spain)

(1) Theoretical modeling of spectropolarimetric observations from ground (ZIMPOL) and space (CLASP experiments) (J. Trujillo Bueno, E. Alsina Ballester, T. del Pino Alemán). (2) Observational campaigns with ZIMPOL at IRSOL (S. Esteban Pozuelo). (3) Collaboration for the installation of ZIMPOL at the GRIS spectrometer at the GREGOR telescope (M. Collados).

High Altitude Observatory (HAO, Boulder, CO, USA)

Development and application of new theoretical frameworks for the generation and transfer of polarized radiation (R. Casini).

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS, Göttingen, Germany)

Joint observations with the Sunrise stratospheric telescope (A. Feller, A. Gandorfer, S. Narayanamurthy, A. Lagg, S. Solanki).

Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic

Theoretical modeling of polarized radiation (J. Štěpán).

National Solar Observatory (NSO, Boulder, CO, USA)

(1) Joint research on the analysis and interpretation of observations with the 4 m DKIST solar telescope (C.E. Fischer, D. Kuridze, H. Uitenbroek, F. Wöger, et al.). (2) Collaboration on development of polarization modulators and optics (D. Harrington).

University of Turku, Finland

Joint research in high-precision polarimetry for studying magnetic fields and structures in stars, white dwarfs, and black holes, as well as properties of exoplanets and solar system objects using scattering polarization (A. Berdyugin, V. Pirola, Y. Poutanen).

Specola Solare Ticinese

Collaboration with Specola to carry out long-term sunspot observations and counting. A sunspot group database has been published on line with open access on the Zenodo repository at CERN and on <https://sunspots.irsol.usi.ch>. An institutional agreement between IRSOL and Specola Solare Ticinese foresees collaboration on outreach communication.

European Solar Telescope (EST)

L'IRSOL partecipa al progetto European Solar Telescope (EST) per la costruzione di un telescopio solare di nuova generazione a grande apertura. L'EST avrà uno specchio primario di 4,2 metri e sarà ottimizzato per lo studio dell'accoppiamento magnetico dell'atmosfera solare. L'IRSOL è coinvolto nel progetto attraverso:

- l'appartenenza alla EST Canarian Foundation, creata nel 2023 e attualmente con 11 partner (tra cui l'USI),
- l'appartenenza all'European Association for Solar Telescopes (EAST),
- l'appartenenza al consiglio dei direttori dell'EST e del Consiglio di Fondazione, come coordinatore nazionale della partecipazione svizzera all'EST,
- la partecipazione al gruppo scientifico consultivo dell'EST,
- la partecipazione ai gruppi di lavoro relativo alla progettazione e alla realizzazione di strumentazione polarimetrica post-focus,
- la partecipazione alla progettazione dell'EST Data Centre.

Progetto ZIMPOL

Il sistema ZIMPOL è lo strumento chiave che permette misure polarimetriche ad alta precisione. Per ottimizzarne l'efficienza e garantirne la mantenibilità è in corso un progetto di miglioria in collaborazione con l'Istituto sistemi e elettronica applicata (ISEA) della SUPSI sostenuto da un progetto del FNS (R. Ramelli). Nel corso del 2025, l'ISEA ha completato lo sviluppo della nuova logica FPGA e del firmware di ZIMPOL, avvalendosi anche della collaborazione di uno studente MSE che ha contribuito ai lavori con la tesi di master intitolata "ZIMPOL-3 Solar Polarimeter: Digital Redesign with Enhanced Features". Grazie a questo nuovo design vengono raggiunti gli incrementi prestazionali e le migliorie auspicati. Attualmente si sta lavorando alla finalizzazione del server TCP/IP (Z3Server), che permetterà di operare con la telecamera via network secondo il protocollo standard già in uso.

L'IRSOL dispone oggi di due sistemi ZIMPOL interamente aggiornati e predisposti per il nuovo design digitale, pur mantenendo la compatibilità con la versione precedente. Una di queste unità è stata appositamente preparata e caratterizzata per il dislocamento permanente a GREGOR.

Lo ZIMPOL al telescopio GREGOR

L'IRSOL effettua regolarmente campagne di osservazione con il polarimetro ZIMPOL presso il telescopio tedesco GREGOR a Tenerife, in collaborazione con l'Institut für Sonnenphysik (KIS) di Friburgo, in Germania, e l'Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), in Spagna.

Nel 2025 sono stati assegnati all'IRSOL 7 giorni di osservazioni scientifiche per la realizzazione del progetto "ZIMPOL@GREGOR: Observing scattering polarization with high resolution, high-precision and enhanced accuracy". Inoltre è stata assegnata e realizzata una campagna tecnica.

Lo strumento ZIMPOL è stato messo a disposizione anche di osservatori esterni. È stata realizzata una campagna per un gruppo scientifico dell'IAC (Spagna).

Esperimenti CLASP

L'IRSOL partecipa a una serie di esperimenti internazionali (Stati Uniti, Giappone, Europa) nell'ambito del programma di razzi sonda della NASA. Gli esperimenti, denominati CLASP, hanno l'obiettivo di esplorare il magnetismo dell'alta cromosfera e della regione di transizione sfruttando i segnali di polarizzazione di forti righe ultraviolette (UV), ovvero H I Ly-alpha a 1215 Å (CLASP, 2015) e Mg II h & k a 2800 Å (CLASP2, 2019; CLASP2.1, 2021). L'Istituto contribuisce all'analisi e all'interpretazione dei dati acquisiti e allo sviluppo dei fondamenti teorici per la realizzazione di nuovi esperimenti focalizzati su altre righe UV. Quest'ultima attività è al centro di un progetto SPARK del FNS (G. Janett), iniziato nel dicembre 2025 e focalizzato sulla riga dell'He II a 304 Å.

Il progetto CALLISTO

Lo spettrometro CALLISTO è un ricevitore programmabile progettato nel 2006 da C. Monstein, già membro del Gruppo di Radioastronomia all'ETH di Zurigo e collaboratore dell'IRSOL dal 2019. Le principali applicazioni sono l'osservazione dei burst radio solari dinamici per la ricerca astronomica, il monitoraggio del meteo spaziale, la formazione, la divulgazione e la citizen science. Nel corso del 2025 sono stati consegnati 5 nuovi spettrometri a Croazia, Perù, Germania (DLR e DWD) e Malesia. Diversi accessori per gli strumenti sono stati consegnati in Germania, India e Malesia. Nel 2025 la rete ha riportato 40'355 osservazioni, che hanno portato a un totale di 5'685 esplosioni radio solari dinamiche. Sono stati pubblicati sette articoli sottoposti a revisione paritaria, basati, tra l'altro, sugli spettri radio dinamici di CALLISTO.

Missione spaziale DarkSun

L'IRSOL partecipa al progetto DarkSun, presentato in risposta al bando del 2025 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per la prossima missione spaziale di classe M (M8). DarkSun è una missione in formazione di volo che si propone di studiare i processi fisici attraverso i quali l'energia magnetica viene immagazzinata e successivamente rilasciata nell'atmosfera solare, sia attraverso improvvisi eventi di tipo eruttivo, sia attraverso fenomeni quasi-stazionari. Dopo aver passato la fase di preselezione nel

2025, il gruppo proponente è stato invitato a presentare la proposta di progetto completa nel 2026. SCUPS, uno dei due strumenti principali del carico utile della missione, è guidato da L. Belluzzi nel ruolo di responsabile scientifico dello strumento.

Collaborazioni attive con altri istituti

Leibniz-Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany

(1) Accordo di cooperazione per lo sviluppo congiunto dello strumento VTF per il telescopio solare DK1 da 4,2 m (DKIST, Maui, Stati Uniti). (2) Ricerca congiunta sui campi magnetici solari su piccola scala (S.M. Díaz-Castillo). (3) Ricerca congiunta per lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecniche d'inversione per osservazioni di polarizzazione per scattering (I. Milic).

Istituto sistemi e elettronica applicata (ISEA), DTI, SUPSI

Sviluppo di ZIMPOL, nuovi motori del telescopio (D. Allegri, R. Gardenghi, M. Rogantini, G. Di Dato, M. Bianchi, S. Giacon).

Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)

Osservazioni congiunte dei brillamenti solari all'IRSOL e con lo STIX X-ray telescope sulla ESA Solar Orbiter mission (S. Krucker).

ETH Zurich (ETHZ) and Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Center (PMOD/WRC)

Ricerca congiunta sull'evoluzione delle regioni solari attive, postdoc finanziato congiuntamente da IRSOL e fondazione Wolf (L. Harra).

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)

Ricerca congiunta sull'ottica adattiva, misure del seeing, su Spettroeliografo e European Solar Telescope (L. Jolissaint).

Startup Enantios e CSEM (Neuchâtel)

Nuova produzione di sensori CCD ZIMPOL con microlenti cilindriche (C. Lightner, R. Wyss, F. Zanella, G. Basset, M. Fretz)

Startup Enantios e SUPSI

Impiego di ZIMPOL per metodi innovativi di misurazione dell'attività ottica delle molecole chirali in campo farmaceutico e sviluppo di nuovi sensori ZIMPOL (C. Lightner, R. Wyss, D. Allegri, M. Rogantini, G. Di Dato).

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC, Tenerife, Spain)

(1) Modellizzazione teorica di osservazioni spettropolarimetriche da terra (ZIMPOL) e dallo spazio (esperimenti CLASP) (J. Trujillo Bueno, E. Alsina Ballester, T. del Pino Alemán). (2) campagne osservative con ZIMPOL all'IRSOL (S. Esteban Pozuelo). (3) Collaborazione all'installazione di ZIMPOL allo spettrometro GRIS al telescopio GREGOR.

High Altitude Observatory (HAO, Boulder, CO, USA)

Sviluppo e applicazione di nuovi approcci teorici per la generazione e il trasporto di radiazione polarizzata (R. Casini).

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS, Göttingen, Germany)

Osservazioni congiunte con la missione Sunrise (A. Feller, A. Gandorfer, S. Narayana-murthy, A. Lagg, S. Solanki).

Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic

Modellizzazione teorica di radiazione polarizzata (J. Štěpán).

National Solar Observatory (NSO, Boulder, CO, USA)

Ricerca congiunta sull'analisi e l'interpretazione delle osservazioni con il telescopio solare da 4 m DKIST (C.E. Fischer, D. Kuridze, H. Uitenbroek, F. Wöger, et al.). (2) Collaborazione sullo sviluppo dei modulatori e dell'ottica polarimetrica (D. Harrington).

University of Turku, Finland

Ricerca congiunta in polarimetria ad alta precisione per lo studio dei campi magnetici e delle strutture spaziali in stelle, nane bianche e buchi neri, nonché delle proprietà degli esopianeti e degli oggetti del sistema solare mediante polarizzazione di scattering (A. Berdyugin, V. Pirola, Y. Poutanen).

Specola Solare Ticinese

Collaborazione con la Specola per effettuare osservazioni e conteggi a lungo termine delle macchie solari. Un database di gruppi di macchie solari è stato pubblicato on line ad accesso libero sul repository Zenodo del CERN e su <https://sunspots.irsol.usi.ch>. Un accordo istituzionale tra l'IRSOL e la Specola Solare Ticinese prevede che il direttore della Specola collabori con l'IRSOL per la comunicazione esterna.

Visits from other institutes

Visite da altri istituti

15-17.1	Gergory Fleishman, Prof. (KIS/NJIT, Germany/USA), IRSOL seminar
23.1	Wojtek Haydas, Dr. (PSI), IRSOL seminar
14.2	Chaoqun Liu, Dr. (University of Texas, USA), IRSOL seminar
19-20.2	Kamal Hamdan (KIS, Germany)
28.2-1.3	Thomas Berkefeld, Dr. (KIS, Germany)
28.2-2.3	Laurent Jolissaint Prof. Dr. (Heig-VD)
12.3	Saida M. Diaz Castillo (KIS, Germany), IRSOL seminar
21.3	Christian Huber Dr., Evelin Boesch (ETHZ University archives)
28.3-2.4	Costantino Sigismondi, Prof. Dr. (Sapienza University of Rome, Italy), observations
28.3	Davide Fontana, Valentina Rotondi, Prof., and Leandro Bitetti, Prof. (SUPSI)
9.5	Grégoire Bourban, Dr. (Head of Space eXchange Switzerland, Swiss Space Office)
14-21.5	Ivan Milic, Dr. (KIS, Germany), IRSOL seminar
12.6	Diego Rossinelli, Prof., online IRSOL seminar
13-17.6	Saida M. Diaz Castillo (KIS, Germany)
17.1, 1.7, 28.9, 18.10	Kapitolina Leonova, F+F School of Art and Design, Zurich, Master student in film production
27-29.8	Jan Stenflo, Prof. emeritus (ETHZ)
6.10	Davide Fontana, Valentina Rotondi, Prof., and Leandro Bitetti, Prof. (SUPSI), master thesis exam
15.10	Alan Codoni, Cristina Calcagni, Jacopo Soldini (SSST), Nicola Gobbi (MeteoSwiss)
23.10-11.11	Costantino Sigismondi, Prof. Dr. (Sapienza University of Rome, Italy), seminar
20.11	Julien Carron, Prof. Dr. (Geneva University), IRSOL seminar
5.12	Nicola Storelli, prof. dr. (SUPSI), IRSOL seminar

Visits to other institutes

Visite ad altri istituti

6-18.2	King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Saudi Arabia (S.V. Berdyugina, research visit)
26.2-4.3	Nordic Optical Telescope, La Palma, Spain (S.V. Berdyugina, observations)
13-17.5	ISSI, Bern (S.V. Berdyugina, Scientific Committee)
1-6.6	European Space Agency / European Space Astronomy Center, Madrid (A. Battaglia, research visit)
9-20.8	GREGOR/ZIMPOL campaign 2025B, Tenerife (A. Battaglia, S.V. Berdyugina, R. Ramelli, F. Vitali, observations)
1-31.3	Côte d'Azur University, Nice, France (F. Zeuner, research visit)
3.10	SUPSI (R. Ramelli, D. Gisler, collaborations)

Committee memberships

Appartenenza a comitati

Belluzzi, L.	Member, Scientific Organizing Committee, Solar Polarization Workshop 11, Prague, Czech Republic, September 8-12, 2025 Member, Euler Institute Board
Berdyugina, S.V.	Chair, Heliophysics panel, ISSI Science Committee, Bern Member, Swiss Commission for Astronomy (SCFA), Swiss Academy of Science (SCNAT) Member, College of Helvetic Astronomy Professors (CHAPS) Executive Committee Member, Board of Trustees, EST Foundation Canarias Leader, NASA Habitable Worlds Observatory (HWO), Spectropolarimetry of Living Worlds Task Group Member, Euler Institute Board
Ramelli, R.	Treasurer, the Swiss SCOSTEP committee President, Società Astronomica Ticinese Vice-President, Associazione Specola Solare Ticinese
Steiner, O.	Member, Science Advisory Committee, Rosseland Center for Solar Physics (RoCS), University of Oslo, Norway
Zeuner, F.	Member, EST Science Advisory Group (SAG)

ESA 50 year anniversary celebration at EPFL. Left to right: Prof. Claude Nicollier, first Swiss Astronaut, Silvia Invrea, Head of USI Career and Alumni Service, Prof. Matteo Moretti (USI), Prof. Svetlana V. Berdyugina (IRSOL/USI), Marco Sieber, Swiss astronaut.

Celebrazione del 50° anniversario dell'ESA presso l'EPFL. Da sinistra a destra: Prof. Claude Nicollier, primo astronauta svizzero, Silvia Invrea, responsabile dell'USI Career and Alumni Service, Prof. Matteo Moretti (USI), Prof. Svetlana V. Berdyugina (IRSOL/USI), Marco Sieber, astronauta svizzero.



Prof. Dr. Costantino Sigismondi and Dr. Michele Bianda observing at IRSOL the partial solar eclipse on 29.3.

Il Prof. Dr. Costantino Sigismondi e il Dr. Michele Bianda durante l'osservazione dell'eclisse di Sole Parziale del 29.3 presso l'IRSOL.







Codoni, Alan

"Realizzazione di un sistema orientabile a specchi per il convogliamento della luce solare", Diploma work at SSST, Supervisors: Ing. Prof. Cristina Calcagni (SSST), Dr. M. Bianda (IRSOL), Franco Volpi (external expert)

Corecco, Samuel

"Using Artificial Intelligence for retrieving physical parameters of solar plasma from spectropolarimetric lines", Master thesis, USI, Supervisor: Prof. Dr. S.V. Berdyugina (USI/IRSOL) (received Fritz Kutter award)

Díaz-Castillo, Saida Milena

"Convective plasma-magnetic field interactions in the Quiet Sun revealed by spectropolarimetric diagnostics", PhD thesis, University of Freiburg, Germany. Supervisor: Prof. Dr. S.V. Berdyugina (IRSOL/KIS).

Fontana, Davide

"Restructuring Digital Archives: Enhancing Internal Communication and Data Management in a Research Organization", MBA Master thesis SUPSI at IRSOL, Supervisors: Prof. Dr. Leandro Bitetti (SUPSI), Prof. Dr. Valentina Rotondi (SUPSI), Prof. Dr. S.V. Berdyugina (USI/IRSOL), Dr. R. Ramelli (IRSOL)

Mittaine, Diane

"Investigating solar energetic electrons associated to hard microflares through Solar Orbiter observations", ETHZ master thesis, Supervisor: Prof. Dr. Louise Harra, Co-supervisors: Dr. Laura Rodríguez-García (ESAC, Madrid), Dr. Nils Janitzek (ESAC, Madrid), Dr. A.F. Battaglia (IRSOL)

Bezzola, Luca

"ZIMPOL-3 Solar Polarimeter: Digital Redesign with Enhanced Features", SUPSI Master thesis in the framework of the IRSOL SNF project "Astrophysical spectropolarimetry", Supervisors: Prof. Dr. D. Allegri (SUPSI), Ing. Marco Rogantini (SUPSI), in collaboration with IRSOL

Tonarelli, Melanie

"HPC techniques for large-scale 3D modelling of polarized radiative transfer in solar physics" (prov.), PhD thesis, Academic Advisor: Prof. Dr. S. Wolf (USI), Research Advisor: Prof. Dr. R. Krause (USI), Research Co-Advisor: Dr. Luca Belluzzi (IRSOL)

Vitali, Francesco

"Magnetic field evolution in flaring active regions on the Sun" (prov.), USI PhD thesis, Faculty of Informatics. Supervisors: Prof. Dr. S.V. Berdyugina (IRSOL/USI), Dr. R. Ramelli (IRSOL)

The following high school thesis performed at IRSOL were awarded at the Concorso Fioravanzo organized by Società Astronomica Ticinese in 2025 / I seguenti lavori di maturità svolti all'IRSOL hanno ricevuto dalla Società Astronomica Ticinese il premio Fioravanzo nel 2025:

"Determinazione della temperatura in macchie solari", Aline Bianda (1st prize)

"Misura spettroscopica della velocità angolare", Marco Cantoni (3rd prize)

"La rotazione differenziale del Sole", Leonardo Martinelli (3rd prize)

Samuel Corecco receives Fritz Kutter Prize for his Master thesis in Artificial Intelligence from Prof. em. Dr. Bernhard Plattner, ETHZ, member of the Board of Trustees of the Fritz Kutter Fund.

Samuel Corecco riceve il Premio Fritz Kutter per la sua tesi di laurea magistrale in Intelligenza Artificiale dal Prof. emerito Dr. Bernhard Plattner, ETHZ, membro del Consiglio di amministrazione del Fondo Fritz Kutter.



Codoni, Alan

Stage, 18.8-17.10; diploma work, 20.10-28.11

Construction of an altazimuth mount to position the mirror that will direct light into the new demonstration spectrograph to be installed at the Specola Solare Ticinese (term project and dissertation at the SSST). / Realizzazione di un dispositivo altazimutale per posizionare lo specchio che convoglierà la luce nel nuovo spettrografo dimostrativo che verrà installato alla Specola Solare Ticinese (lavoro di semestre e lavoro di diploma presso la SSST). Supervisor: M. Bianda.

Bernasconi, Alessandro

Civil Service, 10.2-28.3 and 14.4-22.8

Development of 3D CAD models and 2D technical drawings for the design and fabrication of components for the telescope. / Sviluppo di modelli CAD 3D e disegni tecnici 2D per la progettazione e la realizzazione di componenti per il telescopio. Supervisor: M. Bianda.

Besana, Davide

Civil Service, 24.3-18.4

Manufacture of components (for the new TCU) for the slow modulation device at the telescope entrance. / Realizzazione di componenti (per la nuova TCU) per il dispositivo di modulazione lenta all'entrata del telescopio. Supervisor: M. Bianda.

Del Don, Carlo

Civil Service, 12.5-6.6

Programming of the interface to control the new camera attached to the secondary H-alpha telescope. / Programmazione dell'interfaccia per il controllo della nuova fotocamera collegata al telescopio secondario H-alpha. Supervisor: D. Gisler

Graziano, Leonardo

Civil Service, 4.11.24-9.5

Creation of Web interfaces designed to help visualize and manage scientific data related to solar research (in the framework of the EU-OSCARS project). / Realizzazione di interfacce web progettate per facilitare la visualizzazione e la gestione dei dati scientifici relativi alla ricerca solare (nell'ambito del progetto EU-OSCARS). Supervisors: S.V. Berdyugina and R. Ramelli.

Lepori, Andrea

Civil Service, 5.5-9.5 and 1.9-17.12

Web-based data management system to find and organize observational data, integration of external data sources, new automatic method for wavelength calibration of data, conversion of data format to comply with SVO guidelines (in the framework of OSCARS project). / Sistema di gestione dei dati basato sul web per la ricerca e l'organizzazione dei dati osservativi, integrazione di fonti di dati esterne, nuovo metodo automatico per la calibrazione delle lunghezze d'onda dei dati, conversione del formato dei dati in conformità con le linee guida SVO (nell'ambito del progetto EU-OSCARS). Supervisors: S.V. Berdyugina and R. Ramelli

Giairo, Mauro

Civil Service, 26.8.24-23.1

Programming of the PLC of the new telescope motors and pointing control system. / Programmazione del PLC dei nuovi motori del telescopio e del sistema di controllo dell'orientamento. Supervisor: D. Gisler.

Mittaine, Diane

Internship, 1.9-31.12

Classification of archived observations (in the framework of the EU-OSCARS project). / Classificazione delle osservazioni archiviate (nell'ambito del progetto EU-OSCARS). Supervisors: R. Ramelli, A.F. Battaglia, S.V. Berdyugina.

Pagano, Fabio

Civil Service, 20.7-17.8

Contribution to the project for the movement and control of the observatory's mirrors. Contributo al progetto di movimentazione e controllo degli specchi dell'osservatorio. Supervisor: M. Bianda.

Schwender, Denny

Civil Service, 10.11-5.12

Programming of a new interface in Python for observational data visualization. / Sviluppo di una nuova interfaccia in Python per la visualizzazione dei dati osservativi. Supervisors: R. Ramelli and F. Zeuner.

SNF Agorà project in collaboration with USI L'ideatorio

The SNSF funded outreach project "Il Sole: La nostra stella", which took place in 2022-2024. The project was led by Renzo Ramelli and Luca Belluzzi (IRSOL) in collaboration with Janos Cont, Alessio Lavio, Giovanni Pellegrini (USI L'ideatorio), Gioele Janett and Svetlana V. Berdyugina (IRSOL). The project included an exhibition at L'ideatorio titled "Sole" from September 2023 till June 2025, outreach events for families and for the general public, and training courses for teachers.

Progetto FNS Agorà in collaborazione con USI L'ideatorio

Dal 2022 al 2024 si è svolto il progetto di divulgazione finanziato dal FNS "Il Sole: La nostra stella". Il progetto è stato guidato da Renzo Ramelli e Luca Belluzzi (IRSOL) in collaborazione con Janos Cont, Alessio Lavio, Giovanni Pellegrini (L'ideatorio), Gioele Janett e Svetlana V. Berdyugina (IRSOL). Il progetto comprendeva una mostra presso L'ideatorio dal titolo "Sole" da settembre 2023 a giugno 2025, diversi eventi di divulgazione per il pubblico e le famiglie e corsi di formazione per insegnanti.

- 29.3 Observation of the partial solar eclipse. IRSOL and Specola Solare Ticinese offered the public the chance to observe the partial solar eclipse.
Osservazione dell'eclissi parziale di Sole. L'IRSOL e Specola Solare Ticinese hanno offerto al pubblico la possibilità di osservare l'eclissi parziale di Sole.
- 10.5 Open Day at USI. IRSOL presented solar observation techniques and offered various interactive activities.
Open Day all'USI. L'IRSOL ha presentato tecniche di osservazione solare e ha offerto diverse attività interattive.

Outreach activities in collaboration with Specola Solare Ticinese

Specola Solare Ticinese works in partnership with IRSOL to organise public astronomy observation sessions in the mornings and evenings.

- 7.3 Public observation of the night sky.
29.3 Public observation of the partial solar eclipse.
4.4 Public observation of the Sun.
From June until the end of 2025 all public outreach activities have been suspended due to major renovation works at Specola.

Attività di comunicazione in collaborazione con la Specola Solare Ticinese

La Specola Solare Ticinese collabora con l'IRSOL nell'organizzazione di mattine e di serate di osservazione astronomica aperte al pubblico.

- 7.3 Osservazione pubblica del cielo notturno.
29.3 Osservazione pubblica dell'eclissi parziale di Sole.
4.4 Osservazione pubblica del Sole.
Da giugno fino alla fine del 2025 ogni attività di divulgazione scientifica è stata sospesa a causa di grandi lavori di ristrutturazione edilizia della Specola.



Dr. Renzo Ramelli gives a lecture at the training course for teachers at L'ideatorio.

Il Dr. Renzo Ramelli tiene una lezione al Corso di aggiornamento presso L'ideatorio.

**Public lectures
Lezioni pubbliche**

- 18.1 "Sun, stars, and exoplanets", Prof. Svetlana V. Berdyugina, IRSOL, Locarno
- 20.2 "Il Sole, la nostra stella", Prof. Svetlana V. Berdyugina, L'ideatorio, USI, Cadro
- 8.3 "Why are we here?", Prof. Svetlana V. Berdyugina, TEDxFreiburg, Germany.
- 21.11 "Evidenze astrofisiche e cosmologiche della materia oscura", Prof. Marco Lombardi, Università degli studi di Milano, organizzato dall'IRSOL in collaborazione con la Società Astronomica Ticinese, USI, Lugano.

**Activities with young students
Attività con giovani studenti**

- 18.1 Visit of the club "Le Telescope".
- 8.5 Stefanos Sideris, Stage Scuola Media.
- 12.5 Kevin Ramelli, Stage Scuola Media.
- 2.6 Amadeo Corradini, Stage Scuola Media.

Activities with schools

- 18.6 Visita classe 1B del Liceo di Locarno (18 students).
- 21.11 Partecipazione al TechDay al Liceo Lugano 3, attività "Cosa ci svela la luce delle stelle" (R.Ramelli).
- 24-26.3 Giornate autogestite del Liceo di Bellinzona, talk "Guardando il cielo. Il rompicapo dei moti celesti attraverso i secoli" (G. Janett).

TV

- 6.1 "Un 2025 col naso all'insù", intervista a R. Ramelli, Il Quotidiano, RSI La 1.

Newspapers

- 2.1 La Regione, "Il nostro occhio locarnese sul Sole", intervista a R. Ramelli.

USI Flash

- 27.1 Newsletter Inverno 2025, "Importante riconferma per l'IRSOL".
- 27.1 Newsletter Inverno 2025, "La sonda Parker arriva nell'atmosfera del Sole".
- 24.3 Newsletter #6, "Eclissi del 29 marzo: osservazioni a Locarno Monti".
- 14.4 Newsletter #9, "Studi sulle onde solari: IRSOL nel progetto WaLSA".
- Newsletter estate #1, "Rapporto annuale 2024 dell'IRSOL".

**Magazines
Riviste**

- Maggio "Un tuffo nello spazio con la Prof.ssa Dr.ssa Svetlana Berdyugina", La Rivista del Locarnese, intervista a S.V. Berdyugina.
- 25.8 "Continua la caccia dell'IRSOL ai segreti del Sole con piccoli razzi sonda e i satelliti dell'ESA", Ticinoscienza, intervista a A. Battaglia e L. Belluzzi.



Prof. Svetlana Berdyugina gives a presentation at the TEDxFreiburg, Germany, 8.3.

La Prof.ssa Svetlana Berdyugina tiene una conferenza al TEDxFreiburg, Germania, 8.3.





**People
Persone**

Foundation Council

Consiglio di fondazione

Prof. Dr. Philippe Jetzer, President
Avv. Dr. Fulvio Pelli, Vice-President
Fis. Paolo Ambrosetti, Secretary
Dr. Giovanni Alberti
Prof. Dr. Patrick Gagliardini
Prof. Dr. Roberto Gardenghi
Dr. Gianfranco Giugni
Prof. Dr. Benedetto Lepori
Prof. Dr. Massimo Zenari

Scientific Committee

Comitato scientifico

Prof. Dr. Marianne Faurobert
Université de Nice Sophia Antipolis (FR)
Prof. Dr. Marzio Nessi
CERN, Geneva (CH)
Prof. Dr. Francesco Berrilli
Università degli Studi di Roma Tor Vergata (IT)

Administration

Amministrazione

Prof. Dr. Svetlana Berdyugina
Director / Direttrice
Dr. Renzo Ramelli
Deputy director / Vice direttore
Katya Gobbi
Secretary / Segretaria

Group Leaders

Capigruppo

Dr. Luca Belluzzi
Prof. Dr. Svetlana V. Berdyugina
Dr. Renzo Ramelli
Dr. Fabio Riva
Dr. Oskar Steiner

Researchers

Ricercatori

Dr. Michele Bianda
Dr. Andrea Battaglia
Dr. Pietro Benedusi
Dr. Daniel Gisler
Dr. Gioele Janett
Dr. Ioannis Kontogiannis
Dr. Simone Riva
Dr. Franziska Zeuner

Affiliated Researchers

Ricercatori affiliati

Dr. Wakiko Ishibashi
Ing. Christian Monstein
Prof. Dr. Jan O. Stenflo
Prof. Dr. Steven Marsden
Samuel Corecco

PhD Students

Studenti di dottorato

Francesco Vitali
Melanie Tonarelli

Technical Staff

Personale tecnico
Gianpaolo Mari

Internships – civil service

Stagisti – servizio civile

Alessandro Bernasconi
Davide Besana
Carlo Del Don
Leonardo Graziano
Andrea Lepori
Mauro Gairo
Diane Mittaine
Fabio Pagano
Denny Schwender

IRSOL's activities at
USI Open Day, 10.5.

Le attività dell'IRSOL
all'Open Day dell'USI, 10.5.





Scientific discussion at IRSOL.

Discussione scientifica presso l'IRSOL.



Dr. Pietro Benedusi gives a talk at the 7th Swiss SCOSTEP Workshop, Bern, 28.11.

Il Dr. Pietro Benedusi tiene una presentazione al 7° Swiss SCOSTEP Workshop, Berna, 28.11.

Celebration of the end of 2025 at IRSOL

La festa per la fine del 2025 all'IRSOL.

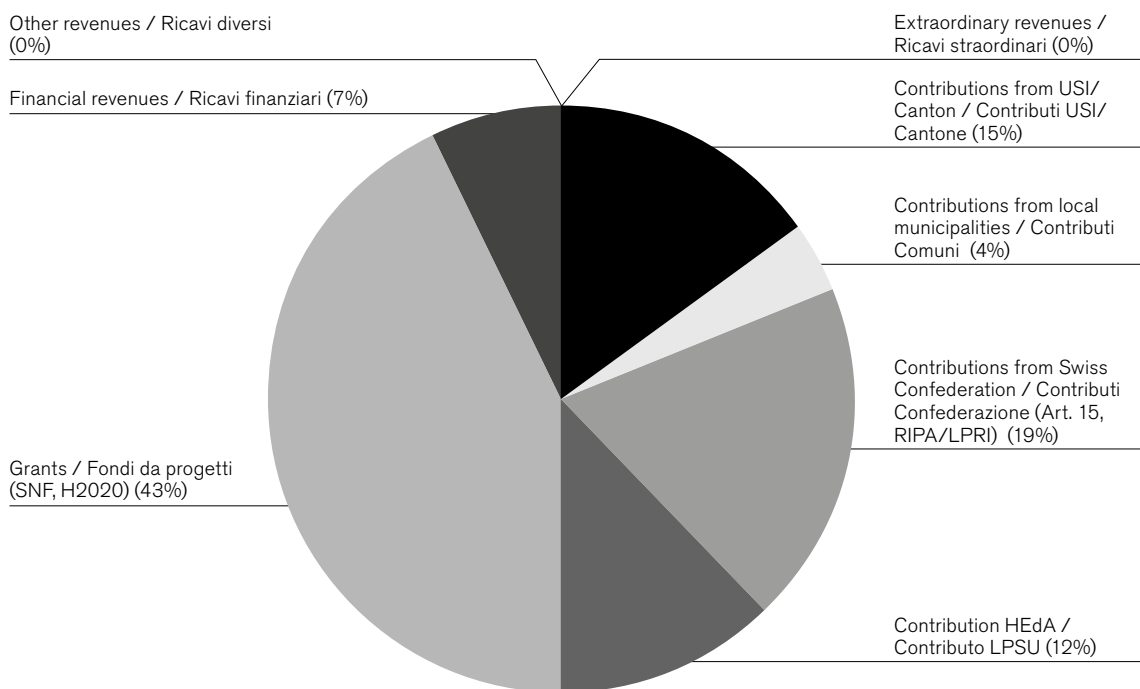


Balance sheet 2025 / Bilancio 2025	Assets / Attivi	Liabilities / Passivi
Liquidity / Liquidità	607'778	
Other receivables / Altri crediti a breve termine	11'180	
Temporary receivables / Ratei e risconti attivi	241'752	
Financial assets / Immobilizzazioni finanziarie	3'294'743	
Tangible Fixed Assets / Immobilizzazioni materiali	1'010'907	
Instrumentation / Strumentazione	404'347	
Temporary payables / Ratei e risconti passivi		400'847
Long term liabilities / Capitale terzi a lungo termine		463'136
Equity of the foudation / Capitale proprio		4'723'742
Annual result / Risultato d'esercizio		-17'018
Total / Totali	5'570'706	5'570'706

Profit and Loss Account 2025 / Conto economico 2025	Revenues / Ricavi	Costs / Costi
Personnel costs / Costi per il personale		1'114'353
Maintenance of buildings / Manutenzione stabili		29'878
Maintenance of equipments / Manutenzione strumentazione		12'755
Administrative costs / Costi amministrativi		22'631
Management costs / Spese di gestione		13'218
Technical and IT equipment / Materiale tecnico ed informatico		8'151
Seminars / Seminari		5'679
Travels and lodging / Trasferte e alloggi		26'296
Support for institutional communication / Supporto per la comunicazione istituzionale		10'000
Other costs / Altri costi		446
Depreciation / Ammortamenti		31'179
Contributions from USI/Canton / Contributi USI/Cantone	200'000	
Contribution from local municipalities / Contributi Comuni	44'700	
Contribution from Swiss Confederation / Contributi Confederazione (Art. 15, RIPA/LPRI)	250'000	
Contribution HEdA / Contributo LPSU	154'426	
Grants / Fondi da progetti (SNF, H2020)	558'128	
	1'207'254	1'274'586
Margin before non operational items / Risultato operativo prima del risultato accessorio		-67'332
Financial costs / Costi finanziari		39'356
Financial revenues / Ricavi finanziari	87'769	
Other revenues / Ricavi diversi	1'151	
Extraordinary revenues / Ricavi straordinari	750	
Annual result / Risultato d'esercizio		-17'018
Total / Totali	1'296'924	1'296'924

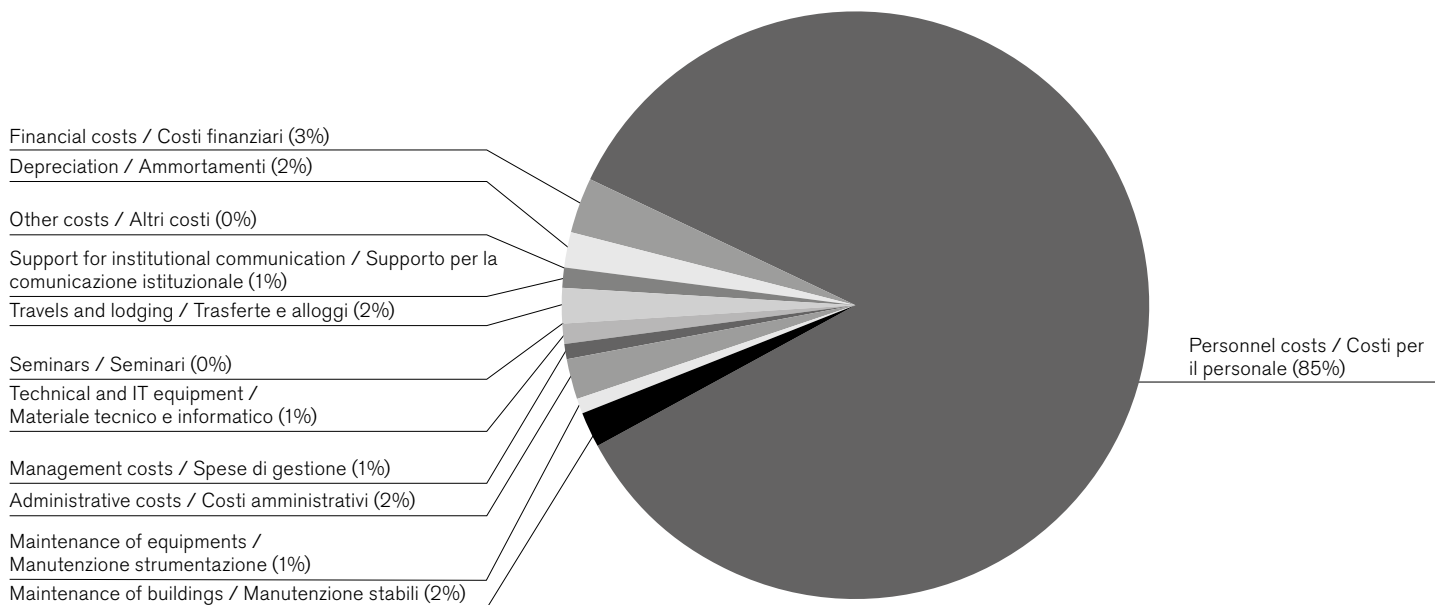
**Revenues 2025:
ordinary revenues
and contributions**

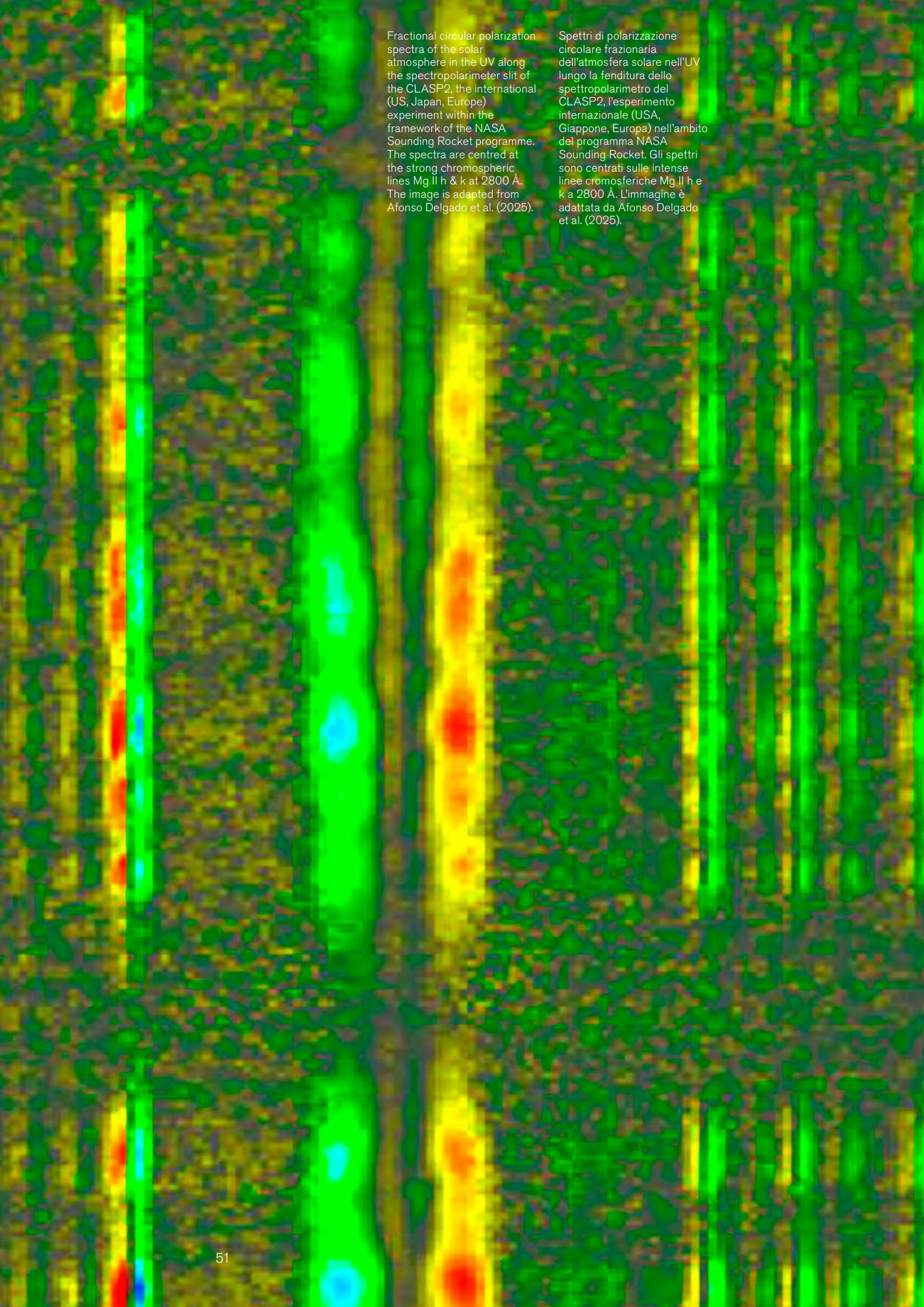
**Ricavi 2025:
fondi e contributi
ordinari**



**Costs
2025**

**Costi
2025**





Fractional circular polarization spectra of the solar atmosphere in the UV along the spectropolarimeter slit of the CLASP2, the international (US, Japan, Europe) experiment within the framework of the NASA Sounding Rocket programme. The spectra are centred at the strong chromospheric lines Mg II h & k at 2800 Å. The image is adapted from Afonso Delgado et al. (2025).

Spettri di polarizzazione circolare frazionaria dell'atmosfera solare nell'UV lungo la fenditura dello spettropolarimetro del CLASP2, l'esperienza internazionale (USA, Giappone, Europa) nell'ambito del programma NASA Sounding Rocket. Gli spettri sono centrati sulle intense linee cromosferiche Mg II h e k a 2800 Å. L'immagine è adattata da Afonso Delgado et al. (2025).

High-precision broadband linear polarimetry of early-type binaries: V. The binary system HD 165052 in the open cluster NGC 6530

Abdul Qadir, Y., Berdyugin, A.V., Piirola, V., Sakanoi, T., Kagitani, M., [Berdyugina, S.V.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 697, A133

Determining the Magnetic Field of Active Region Plages Using the Whole CLASP2/2.1 Spectral Window

Afonso Delgado, D., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., Ishikawa, R., Alsina Ballester, E., McKenzie, D.E., [Belluzzi, L.](#), Bethge, C., Kobayashi, K., Okamoto, T.J., Rachmeler, L.A., Song, D., Štěpán, J., de Pontieu, B., Kobelski, A.R., Vigil, G.D., Auchère, F., Kano, R., Winebarger, A., *The Astrophysical Journal*, 991, 164.

Solar flare observations with the Radio Neutrino Observatory Greenland (RNO-G)

Agarwal, S., Aguilar, J.A., Ali, S., Allison, P., Betts, M., Besson, D., Bishop, A., Botner, O., Bouma, S., Buitink, S., Cataldo, M., Clark, B.A., Coleman, A., Couberly, K., de Kockere, S., de Vries, K.D., Deaconu, C., Duvernois, M.A., Glaser, C., Glüsenkamp, T., Hallgren, A., Hallmann, S., Hanson, J.C., Hendricks, B., Henrichs, J., Heyer, N., Hornhuber, C., Hughes, K., Karg, T., Karle, A., Kelley, J.L., Korntheuer, M., Kowalski, M., Kravchenko, I., Krebs, R., Lahmann, R., Latif, U., Laub, P., Liu, C.-H., Marsee, M.J., Meyers, Z.S., Mikhailova, M., [Monstein, C.](#), Mulrey, K., Muzio, M., Nelles, A., Novikov, A., Nozdrina, A., Oberla, E., Oeyen, B., Punsuebsay, N., Pyras, L., Ravn, M., Ryckbosch, D., Schlüter, F., Scholten, O., Seckel, D., Seikh, M.F.H., Stoffels, J., Terveer, K., Toscano, S., Tosi, D., Van Den Broeck, D.J., van Eijndhoven, N., Vierregg, A.G., Vijai, A., Welling, C., Williams, D.R., Windischhofer, P., Wissel, S., Young, R., Zink, A., *Astroparticle Physics*, 164, 103024

New insights into the proton precipitation sites in solar flares

[Battaglia, A.F.](#), [Krucker, S.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 694, A58

The Impact of the Angle-average Approximation in the Partial Frequency Redistribution Modeling of the Mg II h–k Doublet Stokes Profiles

del Pino Alemán, T., Alsina Ballester, E., Trujillo Bueno, J., [Janett, G.](#), [Riva, F.](#), [Belluzzi, L.](#), *The Astrophysical Journal*, 978, 27.

Study of an active region prominence using spectropolarimetric data in the He I D3 multiplet

Esteban Pozuelo, S., Asensio Ramos, A., Trujillo Bueno, J., [Ramelli, R.](#), [Zeuner, F.](#), [Bianda, M.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 696, A109

Another view into JWST-discovered X-ray weak AGNs via radiative dusty feedback

[Ishibashi, W.](#), [Fabian, A.C.](#), [Maiolino, R.](#), [Gursahani, Y.](#), [Reynolds, C.S.](#), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 544, 726

Determining the Magnetic Field in the Atmosphere of a Solar Active Region Observed by the CLASP2.1 Sounding Rocket Experiment

Ishikawa, R., Trujillo Bueno, J., McKenzie, D.E., Song, D., del Pino Alemán, T., Alsina Ballester, E., [Belluzzi, L.](#), Li, H., Auchère, F., Bethge, C., De Pontieu, B., Kano, R., Kobayashi, K., Kobelski, A.R., Okamoto, T.J., Rachmeler, L.A., Sakao, T., Štěpán, J., Vigil, G.D., Winebarger, A., *The Astrophysical Journal*, 990, 200.

Wave analysis tools

Jafarzadeh, S., Jess, D.B., Stangalini, M., Grant, S.D.T., Higham, J.E., Pessah, M.E., Keys, P.H., Belov, S., Calchetti, D., Duckenfield, T.J., Fedun, V., Fleck, B., Gafeira, R., Jefferies, S.M., Khomenko, E., Morton, R.J., Norton, A.A., Rajaguru, S.P., Schiavo, L.A.C.A., Sharma, R., Silva, S.S.A., Solanki, S.K., [Steiner, O.](#), Verth, G., Vigeesh, G., Yadav, N., *Nature Reviews Methods Primers*, 5, 21.

An inversion approach to retrieve the vector magnetic field from scattering polarization in strong solar resonance lines

[Janett, G.](#), [Milić, I.](#), [Riva, F.](#), [Belluzzi, L.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 701, A80.

Relative Strengths of Fundamental and Harmonic Emissions of Solar Radio Type II Bursts

Jha, R.G., Sasikumar Raja, K., Ramesh, R., Kathiravan, C., [Monstein, C.](#), *Solar Physics*, 300, 168

Near-continuous tracking of solar active region NOAA 13664 over three solar rotations

[Kontogiannis, I.](#), Zhu, Y., Barczynski, K., Stiefel, M.Z., Collier, H., McKevitt, J., Castellanos Durán, J.S., [Berdyugina, S.V.](#), Harra, L.K., *Astronomy and Astrophysics*, 704, A105

Optical and near-infrared polarization of the black hole X-ray binary A0620–00 in quiescence

Kravtsov, V., Veledina, A., Berdyugin, A.V., Poutanen, J.,

Tsygankov, S.S., Shahbaz, T., Torres, M.A.P., Jermak, H.E., McCall, C., Steele, I.A., Kajava, J.J.E., Piirola, V., Sakanoi, T., Kagitani, M., [Berdyugina, S.V.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 703, A14

The striated solar photosphere observed at 0.''03 resolution

Kuridze, D., Wöger, F., Uitenbroek, H., Rempel, M., Tritschler, A., Rimmele, T., Fischer, C., [Steiner, O.](#), *The Astrophysical Journal Letters*, 985, L23.

Type II and Type III Solar Radio Burst Classification Using Transfer Learning

le Roux, H., Steyn, R., Strauss, D.T., Daly, M., Gallagher, P.T., Scully, J., Maloney, S.A., [Monstein, C.](#), Drevin, G., *Solar Physics*, 300, 179

Large solar energetic particles and solar radio emissions during Cycle 25. A comparative analysis of trends and characteristics with cycles 23 and 24

Ndacyayisenga, T., Uwamahoro, J., Uwamahoro, J.C., Kwisanga, C., [Monstein, C.](#), *Advances in Space Research*, 75, 1415

A numerical approach for modelling the polarisation signals of strong resonance lines with partial frequency redistribution. Numerical applications to two-term atoms and plane-parallel atmospheres

[Riva, F.](#), [Janett, G.](#), [Belluzzi, L.](#), del Pino Alemán, T., Alsina Ballester, E., Trujillo Bueno, J., [Benedusi, P.](#), [Riva, S.](#), Krause, R., *Astronomy & Astrophysics*, 699, A233.

One-second variations in non-thermal X-ray source morphologies in an X-class solar flare

Ryan, D.F., Massa, P., [Battaglia, A.F.](#), Collier, H., Hayes, L.A., Stiefel, M.Z., [Krucker, S.](#) 2025, *Astronomy & Astrophysics*, 703, L12

Eliminare gli anelli di Newton in H-alfa, senza tilting

Sigismondi, C., [Bianda, M.](#), Gerbertvs, *International Academic Publication on History of Medieval Science*, 22, 67

The Measurement of the Solar Diameter with the Partial Eclipse on 2025 March 29: What We Learned from the Observations

Sigismondi, C., [Bianda, M.](#), Denyer, P., Jennings, M., Kloes, O., Casarramona F., Giraud M., Potenza A., Di Pasquale P., Pompa T., *Journal for Occultation Astronomy*, 15, 10

Unveiling Spatiotemporal Properties of the Quasiperiodic Pulsations in the Balmer Continuum at 3600 Å in an X-class Solar White-light Flare

Song, D.-C., Dominique, M., Zimovets, I., Li, Q., Li, Y., Yu, F., Su, Y., Nizamov, B.A., Wang, Y., [Battaglia, A.F.](#), Tian, J., Feng, L., Li, H., Gan, W.Q., *The Astrophysical Journal*, 983, L41

Detection of a Magnetic Discontinuity in the Upper Solar Chromosphere Associated with a Coronal Loop Brightening Observed by CLASP2.1

Song, D., Ishikawa, R., McKenzie, D.E., Trujillo Bueno, J., Auchère, F., Kano, R., Winebarger, A., Okamoto, T.J., Rachmeler, L.A., Kobayashi, K., Vigil, G.D., Kobelski, A.R., Bethge, C., Lim, E., [Belluzzi, L.](#), Alsina Ballester, E., del Pino Alemán, T., Štěpán, J., *The Astrophysical Journal*, 978, 140.

So Far, so Good — My First 82 Years

[Stenflo, J.](#), *Solar Physics*, 300, 8

Ionization memory of plasma emitters in a solar prominence

Wiehr, E., Balthasar, H., Stellmacher, G., [Bianda, M.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 696, A209

DKIST resolves sub-arcsec photospheric scattering polarization

[Zeuner, F.](#), [Belluzzi, L.](#), Alsina Ballester, E., Casini, R., Harrington, D.M., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., *Astronomy & Astrophysics*, 703, L10.

**Detecting alien living worlds and photosynthetic life using
imaging polarimetry with the HWO coronagraph**

Berdyugina, S.V., Patty, L., Grone, J., Demory, B., Bott, K.,
Kofman, V., Roccetti, G., Goodis Gordon, K., Snik, F., Karalidi, T.,
Trees, V., Stam, D., Parenteau, M.N., arXiv e-prints, arXiv:
2507.03819

**The striated solar photosphere observed at 0."03
resolution**

Kuridze, D., Wöger, F., Uitenbroek, H., Rempel, M., Tritschler, A.,
Rimmele, T., Fischer, C., Steiner, O., 246th Meeting of the
American Astronomical Society, id. 113.05. Bulletin of the American
Astronomical Society 57:4, e-id 2025n4i113p0

**Optical polarimetry of the accreting black hole X-ray
binary Swift J1727.8-\$-1613 over the state transition and
radio ejections**

Nitindala, A. P., Veledina, A., Kravtsov, V., Berdyugin, A.V., Díaz
Teodori, M. A., Piirola, V., Sakanoi, T., Kagitani, M., Berdyugina,
S.V., Poutanen, J., arXiv e-prints, arXiv:2512.08716

First steps towards CO5BOLD on GPUs

Riva, F. in: H.-G. Ludwig (ed.), The CO5BOLD Quarterly
Companion 36

**Science Requirement Document (SRD) for the European
Solar Telescope (EST) (3rd Edition, December 2025)**

Schlichenmeier, R., EST Science Advisory Group (including
Zeuner, F. and Belluzzi, L.), arXiv e-prints, arXiv:1912.08650

**Detecting and characterising the magnetic field of
exoplanets**

Strugarek, A., Berdyugina, S.V., Bourrier, V., Caballero, J.A.,
Chebly, J.J., Fares, R., Fludra, A., Fossati, L., García Muñoz, A.,
Gkouvelis, L., Gouvès, C., Grenfell, J.L., Kavanagh, R.D.,
Kislyakova, K.G., Lamy, L., Lanza, A.F., Moutou, C., Nandy, D.,
Neiner, C., Oklopčić, A., Paul, A., Réville, V., Rodgers-Lee, D.,
Shkolnik, E.L., Turner, J.D., Vidotto, A.A., Yang, F., Zarka, P., arXiv
e-prints, arXiv:2507.02010

**VizieR Online Data Catalog: B, V and R band polarimetry of
HD 165052 (Abdul Qadir+, 2025)**

Abdul Qadir, Y., Berdyugin, A. V., Piirola, V., Sakanoi, T., Kagitan,
M., Berdyugina, S.V. 2025, VizieR Online Data Catalog, 369, J/
A+A/697/A133

**Study of an active region prominence using spectropolarimetric
data in the HeI D3 multiplet**

Esteban Pozuelo, S., Asensio Ramos, A., Trujillo Bueno, J.,
Ramelli, R., Zeuner, F., Bianda, M., [Data set], Zenodo. Online at
<https://zenodo.org/records/14731399>

**Sunspot Group Database of the Specola Solare Ticinese
(Version 2025A)**

Ramelli, R., Cagnotti, M. [Data set], Zenodo. Online at
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14866344>

Battaglia, Andrea: E. Müller Award, SSAA, PhD thesis carried
out at ETHZ, FHNW, and IRSOL.

Corecco, Samuel: Fritz Kutter Award, MSc thesis carried out at
IRSOL and USI, with Prof. S.V. Berdyugina.



Dr. Andrea Battaglia receives
the SSAA Edith Müller Award
from the SSAA President Dr.
Margit Haberreiter for his
PhD thesis.

Il Dr. Andrea Battaglia riceve il
Premio SSAA Edith Müller
dalla Presidentessa della
SSAA Dr. Margit Haberreiter
per la sua tesi di dottorato.

Grants Finanziamenti

Proposals approved in 2025

Progetti approvati nel 2025

SNSF Grants / Finanziamenti FNS

"Towards the first-ever EUV polarimetric solar observation. Theoretical ground for He II 304 sounding rocket experiment", SNSF SPARK project, 100'000 CHF.
Janett, G., 12.2025-11.2026

"A unified framework for multi-physics simulations of the solar atmosphere", SNSF SPARK project, 99'518 CHF.
Riva, F., 2.2026-1.2027

Other Grants / Altri finanziamenti

"ZIMPOL-SENS – Next generation ZIMPOL sensor", Innosuisse project, Research partners: SUPSI, IRSOL, Implementation partner: Enantios AG, total funding 753'260 CHF, for IRSOL 35'471 CHF.
Ramelli, R., 11.2025-10.2027

"Towards extreme-scale simulations of polarized radiative transfer for solar physics", EuroHPC JU, Development Access Mode, 3'500 Node-hours (BSC, MN5-ACC) + 4'500 Node-hours (BSC, MN5-GPP).
Riva, S., (PI), Belluzzi, L., Benedusi P., del Pino Aleman T., Janett, G., Riva, F., 04.2025-04.2026

Financial support for research visit at the Observatoire de la Côte d'Azur by French invitation program, 3'200 EUR
Zeuner, F., 1-31.7.2025

Ongoing projects Progetti in corso

SNSF Grants / Finanziamenti FNS

"Astrophysical Spectropolarimetry", SNSF Project, 882'900 CHF.
Ramelli, R., 1.2023-12.2026

"En route to 3D Hanle diagnostics", SNSF Ambizione, 471'800 CHF .
Zeuner, F., 8.2024-7.2028

"Forward modeling and inversion of spectropolarimetric observations in strong chromospheric lines", SNSF Project, 890'700 CHF
Belluzzi, L., 4.2025-3.2029

Other Grants / Altri finanziamenti

"Federation of Solar Data (FSD)", First OSCARS Open Call, European Consortium coordinated by the Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences and including IRSOL, funding for IRSOL 63'000 EUR.
Berdyugina, S.V., 11.2024-10.2026

Projects concluded in 2025 Progetti conclusi nel 2025

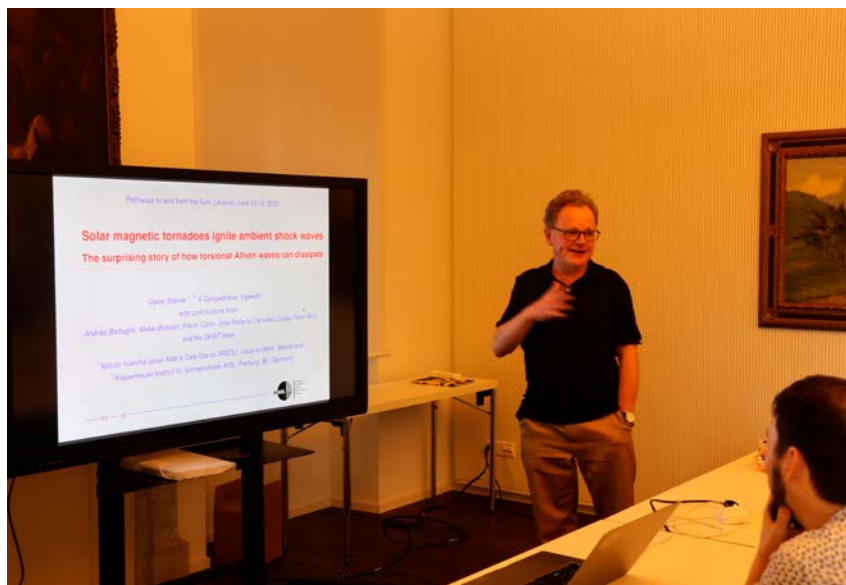
Others Grants / Altri finanziamenti

"Performance boost for radiative magneto-hydrodynamics simulations in astrophysics", Grant from Fondo Istituzionale per la Ricerca of USI, 108'600 CHF.
Riva, F., 10.2023-9.2025

"HPC techniques for accurate modeling of scattering polarization in the Na I D lines", Euler Institute Co-Fund program, USI, 25'000 CHF.
Belluzzi, L., Krause, R., 10.2024-9.2025.

Dr. Oskar Steiner presents at the international Workshop "Pathways to and from the Sun with OSKAR", organized by IRSOL to honor his scientific contributions.

Il Dr. Oskar Steiner tiene una presentazione al workshop internazionale "Pathways to and from the Sun with OSKAR", organizzato dall'IRSOL in onore del suo contributo scientifico.



ZIMPOL@GREGOR

Ramelli, R., OTTM meeting, KIS, 6.2, Freiburg, Germany

On the hard microflare paradox: evidence for reconnection in sunspots?

Battaglia, A.F., STIX meeting, 19-21.5, Genova, Italy

Life in the Universe: From Bio to Techno (invited)

Berdyugina S.V., 8th Chianti Workshop on Habitability: Current and Future Space Exploration of Habitable Worlds, 3-6.6, Barberino Tavarnelle, Italy

Simulating small-scale dynamo action in stars with CO5BOLD2

Riva, F., Pathways to and from the Sun with OSKAR, 13-14.6, Locarno, Switzerland

Radiative transfer: about the gap between astrophysics and applied mathematics

Janett, G., Pathways to and from the Sun with OSKAR, 13-14.6, Locarno, Switzerland

Solar magnetic tornadoes ignite ambient shock waves: The surprising story of how torsional Alfvén waves can dissipate

Steiner, O., Pathways to and from the Sun with OSKAR, 13-14.6, Locarno, Switzerland

Quantum entanglement in science and life

Berdyugina, S.V., Pathways to and from the Sun with OSKAR, 13-14.6, Locarno, Switzerland

Chromospheric swirls: any connection with small-scale flaring activity?

Battaglia A.F., Pathways to and from the Sun with OSKAR, 13-14.6, Locarno, Switzerland

Forward and inversion problems for scattering polarisation of strong resonance lines

Janett, G., Non-LTE Inversion Workshop 2025, 25-27.8, Glasgow, UK

DKIST resolves sub-arcsec scattering polarization in the photosphere

Zeuner, F., Belluzzi, L., Alsina Ballester, E., Casini, R., Harrington, D.M., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9., Prague, Czech Republic

IRSOL: spectropolarimetry in solar flares

Vitali F., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9., Prague, Czech Republic

Javier Trujillo Bueno: a life in the science of solar spectropolarimetry (invited)

Belluzzi, L., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9, Prague, Czech Republic

Efficient 3D radiative transfer modeling of scattering polarization (invited)

Benedusi, P., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9, Prague, Czech Republic

Modeling of scattering polarization of strong resonance lines: forward and inversion problems

Janett, G., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9, Prague, Czech Republic

Probing the solar magnetism: From simulations to polarised light

Riva, F., Como Lake center for AstroPhysics Inaugural Workshop, 10-11.9, Sormano, Italy

Solar science in Switzerland

Berdyugina, S.V., Swiss EST workshop, 8-9.10, Locarno, Switzerland

Science and instrumentation developments at IRSOL and contributions to the EST

Ramelli R., Swiss EST workshop, 8-9.10, Locarno, Switzerland

Current and future space solar instrumentation with Swiss contribution

Battaglia, A.F., Swiss EST workshop, 8-9.10, Locarno, Switzerland

Solar Orbiter/STIX reveals particle acceleration in sunspots (invited)

Battaglia, A.F., SSAA/SGAA General Assembly 2025, 9-10.10, Locarno, Switzerland (Edith Alice Müller Award Talk)

European Solar Telescope: A new frontier for Swiss solar science (invited)

Berdyugina, S.V., SSAA/SGAA General Assembly 2025, 9-10.10, Locarno, Switzerland

Modeling the polarization of strong chromospheric lines and its magnetic Sensitivity

Belluzzi, L., SSAA/SGAA General Assembly 2025, 9-10.10, Locarno, Switzerland

Simulating small-scale dynamo action in cool main-sequence stars
Riva, F., SSAA/SGAA General Assembly 2025, 9-10.10, Locarno, Switzerland

The Sun, our star – SNSF Agora project
Janett, G., SSAA/SGAA General Assembly 2025, 9-10.10, Locarno, Switzerland

Space weather and solar astrophysics: the need for wideband microwave observations from Europe
Battaglia, A.F., SCOSTEP 2025, 27-28.11, Bern

Novel Strategies in Numerical Radiative Transfer
Benedusi, P., 7th Swiss SCOSTEP Workshop, 28.11, Bern, Switzerland

European Solar Telescope: A new frontier for Swiss solar science
Berdyugina, S.V., 7th Swiss SCOSTEP Workshop, 28.11, Bern, Switzerland

TRIP: a code to synthesize spectral line polarization in 3D solar atmospheric models
Riva, S., 7th Swiss SCOSTEP Workshop, 28.11, Bern, Switzerland

Swiss contribution to solar open-access data from ground-based optical telescopes
Berdyugina, S.V., AstroORDAS Workshop and ACME WP4 meeting, Bernoulli Center, EPFL, 8-12.12, Lausanne, Switzerland

Swiss contribution to solar open-access data from ground-based optical telescopes
Berdyugina, S.V., AstroORDAS Workshop, 9-10.12, Lausanne, Switzerland

Vortices and Application of the Liutex in Solar and Stellar Atmospheres
Steiner, O., Vortex 2025 Conference, 15-16.12, Arlington, TX, U.S.A.

**Posters
Poster**

Detecting Alien Living Worlds and Photosynthetic Life using Imaging Polarimetry with the HWO.
Berdyugina, S.V., et al., Towards the Habitable Worlds Observatory: Visionary Science and Transformational Technology, 28-31.7, Washington DC, USA

Detecting and characterising the magnetic field of exoplanets.
Strugarek, A., Berdyugina, S.V., et al., Towards the Habitable Worlds Observatory: Visionary Science and Transformational Technology, 28-31.7, Washington DC, USA

High-resolution and high-precision spectropolarimetry in the visible with ZIMPOL@GREGOR.
Battaglia, A.F., Solar Polarization Workshop 11, 7-12.9, Prague, Czech Republic

DKIST resolves sub-arcsec scattering polarization in the photosphere.
Zeuner, F., Belluzzi, L., Alsina Ballester, E., Casini, R., Harrington, D.M., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., 7th Swiss SCOSTEP Workshop, 27-28.11, Bern, Switzerland

**Seminars
Seminari**

Calibration of weather radars through solar observations: the perspective of a solar astrophysicist
Battaglia, A.F., MeteoSwiss, 26.2, Locarno, Switzerland

Measuring the Hanle modified scattering polarization in the solar photosphere.
Zeuner, F., Lagrange Seminar Université Côte d'Azur, 18.3, Nice, France

Solar Orbiter observations of hard microflares: probing the mechanisms of efficient high-energy particle acceleration
Battaglia, A.F., European Space Agency / European Space Astronomy Center, 1-6.6, Madrid, Spain

Vortical motions in the solar atmosphere: observations, physics, cause and effect
Steiner, O., National Solar Observatory (NSO), 18.12, Boulder CO, U.S.A.

Vortical motions in the solar atmosphere: observations, physics, cause and effect
Steiner, O., High Altitude Observatory (HAO), 22-23.12, Boulder CO, U.S.A.

**Participation
Partecipazione**

Space Community Days 2025 and ESA 50 year anniversary celebration, EPFL, 26-28.5, Lausanne, Switzerland (Berdyugina, S.V).

8th Chianti Workshop on Habitability: Current and Future Space Exploration of Habitable Worlds, 3-6.6, Italy (Berdyugina, S.V).

Towards the Habitable Worlds Observatory: Visionary Science and Transformational Technology, 228-31.7, Washington DC, USA (Berdyugina, S.V).

EST (European Solar Telescope) Workshop, 8-9.10, Locarno, Switzerland (Battaglia, A.F., Belluzzi, L., Benedusi, P., Berdyugina, S.V, Bianda, M., Janett, G., Ramelli, R., Riva, F., Steiner, O., Tonarelli, M., Vitali, F., Zeuner, F).

Swiss Society of Astrophysics & Astronomy (SGAA/SSAA) General Assembly, 9-10.10, Locarno, Switzerland (Battaglia, A.F., Belluzzi, L., Benedusi, P., Berdyugina, S.V, Bianda, M., Janett, G., Ramelli, R., Riva, F., Steiner, O., Tonarelli, M., Vitali, F., Zeuner, F)

EST Science Instrumentation Suite (SIS) Conceptual Design Review (CODR), 3-5.11, Tenerife, Spain (Ramelli, R).

SCOSTEP (Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics), 7th Swiss Workshop, 27-28.11, Bern, Switzerland (Steiner, O., Ramelli, R).

AstroORDAS Workshop and ACME WP4 Meeting, 8-10.12, Bernoulli Center, EPFL, Lausanne, Switzerland (Berdyugina, S.V., Ramelli, R.).

**Organization of
conferences
Organizzazione di
conferenze**

Pathways to and from the Sun with OSKAR (Outstanding Simulations based on Knowledge, Algorithms, and Research), an international workshop in honor of Dr. Oskar Steiner, 13-14.6, Locarno.

EST (European Solar Telescope) Workshop, 8-9.10, Locarno.

Swiss Society for Astrophysics and Astronomy (SGAA/SSAA) General Assembly, 9-10.10, Locarno.

Participants of the International Workshop in honor of Dr. Oskar Steiner "Pathways to and from the Sun with OSKAR", 13-14.6, Locarno. Partecipanti all'International Workshop in onore del Dr. Oskar Steiner "Pathways to and from the Sun with OSKAR", 13-14.6, Locarno.

Participants of the EST Workshop, 8-9.10, Locarno. Partecipanti all'EST Workshop, 8-9.10, Locarno.



Participants of the Swiss Society for Astrophysics and Astronomy (SGAA/SSAA) General Assembly, 9-10.10, Locarno. Partecipanti all'Assemblea generale della Società Svizzera di Astrofisica e Astronomia (SGAA/SSAA), 9-10.10, Locarno.

Impressum
Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò

Via Patocchi 57
6605 Locarno
tel + 41 91 743 4226
e-mail info@irsol.ch
web www.irsol.usi.ch

Graphic design
Progetto grafico
Servizio comunicazione istituzionale USI

Photos
Fotografie
Ti-Press
IRSOL

© 2026
Istituto
ricerche
solari
Aldo e Cele
Daccò

Università
della
Svizzera
italiana

Istituto
ricerche
solari
Aldo e Cele
Daccò

IRSOL
Annual
Report
Rapporto
annuale
IRSOL

2025



IRSOL
An institute
affiliated to USI,
run by an
independent
foundation

IRSOL
Un istituto
affiliato all'USI,
retto da una
fondazione
indipendente