

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**

2	Foreword Prefazione
4	Institute Istituto
6	Infrastructure Infrastruttura
8	Research Groups Gruppi di ricerca
18	Scientific Highlights Risultati di rilievo
28	External collaborations Collaborazioni esterne
36	Education and Outreach Formazione e comunicazione
42	Resources Risorse
48	Scientific Output Output scientifico



Foreword Prefazione Prof. Dr. Svetlana Berdyugina

IRSOL Director
Locarno,
April 2025

The Sun is our home star and provides energy for almost all life on the Earth, impacts the near-Earth Space Weather and shapes the Earth's climate. Space Weather, triggered by the solar magnetic activity, is capable of causing malfunction and significant loss of space and ground-bound infrastructure, as well as disrupting communication and affecting 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, 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 polarized radiation and multi-dimensional numerical simulations of the solar magnetised plasma. These are the back-bone research directions at IRSOL. In 2024, after a thorough evaluation, IRSOL has been once again recognised by the Federal State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) as a unique solar physics infrastructure of national importance.

IRSOL's active national cooperations address challenges in understanding the connection of solar magnetism with Space Weather and its influence on the Earth and technology. At USI we continue deepening the collaboration with the Faculty of Informatics and the Euler Institute. We employ applied mathematics for refining 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 innovative digital sensors. Exploiting our ZIMPOL system at the Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL) at ETH Zurich has resulted in a patented technology for measuring the optical activity of chiral molecules with applications in biopharmaceutics. This patent is now jointly exploited by IRSOL and the startup ENANTIOS in cooperation with CSEM, Neuchâtel.

Since 2023, USI and IRSOL have been among the nine international cofounders of the EST Foundation Canarias, which aims at constructing the next-generation 4-meter European Solar Telescope (EST). In 2024, the EST Foundation has made significant technical and political advancements, by successfully passing the evaluation of the telescope optical design and attracting new members from Austria and Italy. The Swiss Astronomy Roadmap, updated in 2024, recommended Swiss participation in EST. IRSOL together with other Swiss scientific groups working on problems in solar physics aim to develop this opportunity.

Our other long-term international cooperations with research institutes in Germany, Spain, Czech Republic, Finland and the USA enable discoveries and new opportunities in both experimental developments and theoretical studies. IRSOL's contribution of the polarimetric unit for high-precision spectropolarimetry to the first-generation instrument VTF (completed in 2023) at the world-largest solar telescope (DKIST, Maui, USA) opens access to the most powerful solar infrastructure.

Competitive funding is crucial for research at IRSOL. A large SNSF research grant has been secured in 2024 to support applications of the worldwide most advanced 3D radiation transport code with scattering polarization, developed by IRSOL scientists. The SNSF Ambizione project in observational solar physics funded in 2023 has started in 2024. New EU funding has been secured together with EST partners to disseminate ZIMPOL data through the Virtual Solar Observatory (Belgium).

We are determined to provide professional training in science and technology and disseminate our knowledge to society. Two new PostDocs have started working at IRSOL, one of them in cooperation with ETH Zurich. Several theses have been completed under the supervision of IRSOL scientists. The interactive exhibition "Sole", developed in collaboration with the USI dissemination centre L'ideatorio in Cadro and with the support by SNSF Agora project, is open through the years 2023-2025. 2024 was a year of many accomplishments and new initiatives. We would like to full-heartedly acknowledge the support of IRSOL from the SERI, the Canton Ticino, USI and many local municipalities. Your continued and trustful patronage of IRSOL is the keystone 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, sullo sviluppo di approcci unici per misure spettropolarimetriche di alta precisione con lo strumento ZIMPOL, su tecniche innovative di esplorazione dei dati, su modelli quantitativi di diagnostica magnetica atomica e molecolare, su una teoria all'avanguardia della radiazione polarizzata e su simulazioni numeriche multidimensionali del plasma magnetico solare. Queste sono le direttrici di ricerca dell'IRSOL. Nel 2024, dopo un'attenta valutazione, l'IRSOL è stato nuovamente riconosciuto dalla Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione (SEFRI) come un'infrastruttura di fisica solare unica nel suo genere e di importanza nazionale.

Le collaborazioni attive dell'IRSOL a livello nazionale affrontano le sfide della comprensione della connessione tra magnetismo solare e meteo spaziale e le loro influenze sulla Terra e sulla tecnologia. All'USI continuiamo ad approfondire la collaborazione con la Facoltà di scienze informatiche e l'Istituto Eulero.

Utilizziamo 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 sensori digitali innovativi. Lo sfruttamento del nostro sistema ZIMPOL presso l'Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL) del Politecnico di Zurigo ha portato a una tecnologia brevettata per la misurazione dell'attività ottica di molecole chirali con applicazioni in biofarmaceutica. Questo brevetto è ora sfruttato congiuntamente dall'IRSOL e dalla startup ENANTIOS in collaborazione con lo CSEM di Neuchâtel.

Dal 2023 l'USI e l'IRSOL sono tra i nove cofondatori internazionali della Fondazione EST Canarias con l'obiettivo di costruire il telescopio solare europeo (EST) di 4 metri di nuova generazione. Nel 2024 la Fondazione EST ha compiuto significativi progressi tecnici e politici, superando con successo la valutazione del progetto dell'ottica del telescopio e attirando nuovi membri dall'Austria e dall'Italia. La Roadmap dell'astronomia svizzera aggiornata nel 2024 raccomandava la partecipazione della Svizzera a EST. L'IRSOL, insieme ad altri gruppi scientifici svizzeri che lavorano su problemi di fisica solare, intende sviluppare questa opportunità.

Le nostre collaborazioni internazionali a lungo termine con istituti di ricerca in Germania, Spagna, Repubblica Ceca, Finlandia e Stati Uniti offrono scoperte e nuove opportunità sia negli sviluppi sperimentali sia negli studi teorici. Il contributo dell'IRSOL all'unità polarimetrica per la spettropolarimetria di alta precisione dello strumento di prima generazione VTF presso il telescopio solare DK1 (DKIST, Maui, USA), il più grande al mondo, apre l'accesso al più potente strumento solare.

I finanziamenti competitivi sono fondamentali per la ricerca all'IRSOL. Nel 2024 è stato ottenuto un cospicuo finanziamento per la ricerca da parte del FNS per sostenere le applicazioni del codice di trasporto radiativo 3D con polarizzazione per scattering più avanzato al mondo, sviluppato dai ricercatori dell'IRSOL. Il progetto Ambizione in fisica solare osservativa del FNS, finanziato nel 2023, è iniziato nel 2024. Sono stati ottenuti nuovi finanziamenti dall'UE insieme ai partner dell'EST per diffondere i dati di ZIMPOL attraverso il Virtual Solar Observatory (Belgio).

Siamo determinati a fornire una formazione professionale in ambito scientifico e tecnologico e a diffondere le nostre conoscenze nella società. Due nuovi PostDoc hanno iniziato a lavorare all'IRSOL nel 2024, uno dei quali in collaborazione con il Politecnico di Zurigo. Diverse tesi di laurea sono state completate sotto la supervisione di scienziati dell'IRSOL. La mostra interattiva "Sole", realizzata in collaborazione con l'Ideatorio dell'USI a Cadro e con il sostegno del progetto Agorà del FNS, è aperta per tutto il biennio 2023-2025.

Il 2024 è stato un anno ricco di risultati e di nuove iniziative. Per il sostegno dell'IRSOL desideriamo inoltre ringraziare sentitamente la SEFRI, 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.ssa Dr.ssa Svetlana Berdyugina
Direttrice IRSOL
Locarno, Aprile 2025



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 to a detail that is needed for forecasting solar activity evolution 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 simulations.

IRSOL's 45 cm 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, as well as 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 accountable for handling the administrative businesses of the Institute.

IRSOL and its director are affiliated with the USI Faculty of Informatics, which allows for 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. Internationally, IRSOL participates in strategic European projects, such as the European Solar Telescope (EST), and collaborates with solar institutions worldwide. One of IRSOL's strategic goals is to develop the next-generation optical detector technology, beyond ZIMPOL, which is being carried out in close collaboration with the Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA) of SUPSI. The Institute's scientific activities are organised in four research groups, each being led by a senior scientist (in alphabetical order):

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

This group deals with the theory and numerical modelling of the polarization of solar radiation, with a focus on the polarization produced by scattering processes and its magnetic sensitivity. The overall goal is to fully understand the physical processes at the origin of such polarization 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 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 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 a breakthrough in addressing crucial scientific questions and challenges of our human society.

Observations and Instrumentation, Dr. Renzo Ramelli.

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

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

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, which in reality would not be possible. 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.

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 alla Facoltà di scienze informatiche dell'Università della Svizzera italiana (USI), ponendo le migliori condizioni per le collaborazioni scientifiche. La direttrice dell'Istituto è abilitata alla supervisione di studenti. 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 attivi nei campi dell'astrofisica e delle interazioni fra il Sole e la 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 l'Istituto di sistemi e elettronica applicata (ISEA) della SUPSI.

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 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 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.

Il gruppo svolge simulazioni numeriche del plasma stellare in presenza di campi elettrici e magnetici in uno spazio tridimensionale utilizzando potenti computer come l'Alps system al 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 possibility of obtaining on-site solar observations of high scientific interest, especially in the field of spectropolarimetry and solar magnetism.

The Gregory-Coudé solar optical telescope with a diameter of 45 cm, installed on equatorial mount, is particularly suited for carrying out high-quality polarimetric observations. In fact, its special optical configuration allows the scattered light and disturbances produced by instrumental polarization to be kept under control at a very low level. The main telescope has an effective focal length of 25 meters and allows to observe detailed solar features in a 200 arcseconds field of view, which corresponds to one hundredth 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 (10^6), 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 30 mÅ.

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 undergone continuous refinement at IRSOL and the ISEA Institute at SUPSI for many years.

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

In addition to the optical solar observatory, IRSOL operates one of about 200 radio antennas from the e-Callisto International Network of Solar Radio Spectrometers, a Space Weather Instrument Array. It records the changes in the spectrum of the 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 through a dedicated fiber optic cable. A fiber 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. The energy production in 2024 was 19.5 MWh against a total consumption of 20.8 MWh. Direct self-consumption was 8.1 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 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 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 (10^6), 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 30 mÅ. 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'Istituto 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. Una connessione in fibra ottica è 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 2024 hanno prodotto una quantità di energia elettrica pari a 19.5 MWh a fronte di un consumo totale di 20.8 MWh. L'autoconsumo diretto è stato di 8.1 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 polarized 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 worked as a PostDoc at the University of Florence, at the INAF Arcetri Observatory, and the Instituto de Astrofísica de Canarias in Tenerife. In 2013, he secured a senior scientist position at the Istituto ricerche solari Aldo e Cele Daccò (IRSOL) in Locarno. Since his Master's and PhD theses, he has been working in the field of solar spectropolarimetry, from a theoretical and numerical standpoint. His activity has been focused on the modelling of the polarization produced by scattering processes and on 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 basically 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 that they leave in a particular property of light: its polarization. Luca Belluzzi's research group deals with the theory and numerical modelling of the polarization of solar radiation, with particular focus on the polarization produced by scattering processes (scattering polarization) and its magnetic sensitivity. The overall goal is to fully understand the physical processes at the origin of such polarization signals and to explore their diagnostic potential to investigate solar magnetic fields in domains not accessible through other techniques. The activity of the group is presently focused on the numerical modeling of the polarization of strong resonance lines of the solar spectrum, which encode information on two important, but still poorly known regions of the atmosphere of the Sun: the chromosphere and the chromosphere-corona transition region.

3D forward modeling

One of the main goals of the group's research activity is to model the polarization of strong chromospheric and transition-region lines in comprehensive three-dimensional (3D) models of the solar atmosphere, taking effects of partial frequency redistribution (PRD) in scattering processes into account. This forward modelling problem, formulated within the framework of the most recent and advanced quantum theories for the generation and transfer of polarized radiation, is extremely challenging also from the 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 of the Euler Institute of Università della Svizzera italiana (USI). The results of the numerical simulations are then compared to the observational data, acquired both from the ground, taking advantage of the unique instrumentation of IRSOL, and from space.

Inverse problem

The group also works on the so-called inverse problem. This consists in 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 thermo-dynamic equilibrium, and when dealing with scattering polarization. Finding efficient solution methods to the inverse problem is a very active research field. Actually, 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 a project of the group recently funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF; grant no. 231308).

CLASP

The group is actively involved in a series of international experiments, carried out within the framework of the NASA sounding rocket programme. These experiments, known under the acronym CLASP, provided unprecedented measurements of the polarization of ultraviolet chromospheric spectral lines. The group works on the interpretation of the CLASP data, and on the development of the theoretical grounds for the execution of new experiments. This activity is carried out in close cooperation with the CLASP partners from Spain (IAC), USA (NASA), and Japan (NAOJ).

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 ridistribuzione 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 anche attivo 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 recentemente finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero (FNS) per la ricerca (borsa no. 231308).

CLASP

Il gruppo partecipa attivamente a una serie di esperimenti internazionali, 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. Questa attività è portata avanti in stretta collaborazione con i partner CLASP di Spagna (IAC), USA (NASA) e Giappone (NAOJ).

Svetlana Berdyugina

Prof. Dr.

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



Professor Svetlana Berdyugina carries out interdisciplinary research in solar physics, astrophysics and astrobiology (life in the universe) using the polarization properties of light. By employing quantum physics of molecules, magnetic fields and polarized radiation, she pioneered innovative research on the magnetism of the Sun and distant stars, exoplanets and extraterrestrial life. Having received her PhD from the St.-Petersburg University and habilitation from ETH Zurich, she develops advanced numerical methods for solving inverse problems, allowing 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 prize from the Eurasian Astronomical Society for the best PhD, and invitations to present at the TEDxMaui, TEDxFreiburg and 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 has been appointed as IRSOL director and USI adjunct professor at the Faculty of Informatics.

La Prof.ssa Svetlana 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 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 “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 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 – Andrey Kan, Internship – Bhanu Prakash Maruboyina, Internship – Nuno Pereira, Internship – Leonardo Barberi, civil service – Gabriel Cuenod, civil service – Leandro Graziano, civil service – Jan Stenflo, Professor emeritus

External collaborators / Collaboratori esterni
Faezeh Aghaei, KIS, Germany – Stefano Bagnulo, Armagh Observatory and Planetarium, Northern Ireland, UK – Andrei Berdyugin, University of Turku, Finland – Saida Díaz-Castillo, KIS, Germany – Kamal Hamdan, KIS, Germany – Louise Harra, PMOD/WRC/ETHZ, Davos – Lucia Kleint, University of Bern – Samuel Krucker, FHNW, Windisch – John Landstreet, University of Western Ontario, London, Canada – Vilppu Piirola, University of Turku, Finland – Takeshi Sakanoi, Tohoku University, Japan – Timo-fei Sukhodolov, PMOD/WRC, Davos – 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 for understanding the Sun. Prof. Berdyugina's group works on key aspects of solar and stellar magnetism, 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 explored to address crucial scientific questions and challenges of our human society. The group is also leading the cooperation with the European Solar Telescope (EST) and dissemination of ZIMPOL data (EU grant 2024-2026 by S. Berdyugina).

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-spans, most notably with 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 to reconstruct 3D magnetic and thermodynamic parameters of solar plasma. Evolution of these parameters are 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 unveil how solar magnetism originates, how its magnetic dynamo evolves and how it can be predicted on various time-scales. In particular, anticipating sunspot distribution and solar eruptions helps forecasting Space Weather and its harmful effects on lead times from minutes to years.

Magnetism of distant stars

Similarly, other stars with different levels of magnetic activity are investigated using inversion techniques to reconstruct temperature and magnetic maps of stellar surfaces and 3D structures of stellar magnetic spots. When young stars form planetary systems, their magnetic activity affects planetary properties and evolution via Space Weather, like in the Solar system. Aging solar-type stars reduce their magnetic activity and end their lives as white dwarfs, while stars of more than 10 solar masses end as neutron stars or black holes. Their formation, relativistic properties and magnetism is a puzzle of 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 in a broader range of stellar and planetary parameters helps revealing new knowledge on the Sun-Earth interactions and unveiling the enigma of terrestrial life origin. Exploring spectropolarimetric properties of stellar light reflected from exoplanets, we can learn about their hidden properties, such as chemical and particle composition of the atmosphere and clouds, as well as the presence of oceans, continent and ultimately life forms, which can be somewhat similar 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 modeling techniques, guides us towards new discoveries.

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 Prof.ssa Berdyugina lavora su aspetti chiave del magnetismo solare e stellare, sulla sua evoluzione e sulla sua influenza sullo Space Weather, 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. Il gruppo è anche alla guida della collaborazione con l'European Solar Telescope (EST) e della diffusione dei dati di ZIMPOL (grant UE 2024-2026 di S. Berdyugina).

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 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 sulla magnetoturbolenza. Questi risultati rivelano l'origine del magnetismo solare, l'evoluzione della dinamo magnetica e la possibilità di previsioni su varie scale temporali. Anticipare la distribuzione delle macchie e delle eruzioni 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 magnetiche. Quando le stelle giovani formano sistemi planetari, la loro attività magnetica influenza i pianeti attraverso lo Space Weather, come nel sistema solare. Le stelle simili al Sole invecchiando riducono la propria attività 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 chimica e particellare dell'atmosfera e delle nubi, la presenza di oceani, continenti e infine forme di vita, potenzialmente simili o 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.

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 the field of astroparticle physics within the experimental group at CERN in Geneva, that measured cosmic rays using the L3+C experiment. For his research during his PhD studies, he was awarded the Schl fli 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 work, 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 Schl fli 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 attivit  solare.   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

Umberto Arrivabeni, Internship – Andrea Battaglia, PostDoc – Michele Bianda, Senior Scientist – Davide Besana, civil service – Ariele Forni, civil service – Noah Fornoni, civil service – Daniel Gisler, Senior Scientist – Gianpaolo Mari, Technician – Giairo Mauro, civil service – Christian Monstein, Scientific Engineer – Milton Righetti, Internship – Denny Schwender, civil service – Edgar Tommasini, civil service – Francesco Vitali, PhD student – Franziska Zeuner, PostDoc

External collaborators / Collaboratori esterni

Daniele Allegri, SUPSI – 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 – Jan Jurkak, Academy of Sciences of the Czech Republic – 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 emphasis of the observations carried out at IRSOL is on high-precision spectropolarimetry, which provides access to important diagnostic information on solar magnetism and allows validating the related theoretical models. A particular goal is to study the structure and evolution of the magnetic field present in the solar photosphere and chromosphere.

ZIMPOL

The key instrument, which is used for this purpose, is the Zurich Imaging Polarimeter (ZIMPOL), which, thanks to a special technique based on fast modulation and demodulation, makes it possible to achieve very high polarimetric precision, suppressing the seeing induced cross-talks generated by the turbulence in the Earth's atmosphere. Ongoing observational projects include investigations on solar flares and on filaments and prominences as well as synoptic programs to study the unresolved photospheric magnetic field variations in relation with the solar cycle. The SNSF Ambizione project lead 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 constantly being refined in collaboration with SUPSI's Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA), also keeping an eye on possible applications of the instrument in other research areas. For example, in 2018 IRSOL took part in a project exploiting a ZIMPOL system loaned to the Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL) at ETH Zurich, from which a patent resulted, covering a particular technique for measuring the optical activity of chiral molecules, with applications in biopharmaceuticals. IRSOL is currently collaborating with the startup Enantios, which aims to exploit this patent.

Other instrumentation and telescopes

IRSOl's instrumentation is constantly being updated to best meet current observational needs. The Gregory-Coudé Solar Telescope is equipped with a Czerny-Turner spectrograph that achieves an excellent resolution very suitable for measuring in detail features of spectral lines. A tunable Fabry-Pérot filter with a 30 mÅ bandwidth is also available for imaging. The telescope at IRSOL is very suitable for obtaining measurements of excellent spectropolarimetric quality. For measurements that also require high spatial resolution, external observing campaigns are regularly organised by IRSOL in collaboration with 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 and in 2024 we have supported three external research proposals.

There is also a programmable heterodyne receiver at IRSOL for measuring the spectrum of radio waves emitted by the Sun mainly during solar flares, which belongs to the international e-Callisto network maintained by C. Monstein. The research group is engaged in the development of innovative instrumentation to further enhance observation capabilities, also in view of the European Solar Telescope (EST) project, for which IRSOL collaborates within a consortium involving 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 studiano 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 l'IRSOl collabora con la startup Enantios che cerca di sfruttare 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 30 mÅ. Il telescopio dell'IRSOl è particolarmente adatto per ottenere misure di eccellente qualità spettro-polarimetrica. 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'Istituto 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 2024 abbiamo sostenuto tre proposte di ricerca esterne.

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.

**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 at ETH-Zürich. Before that, he earned a degree in mechanical engineering from the Lucerne School of Engineering. He started his PhD thesis in 1986 at the High Altitude Observatory (HAO) in Boulder, Colorado, and earned his PhD in natural sciences at ETH in 1990. From 1991-1995 he was a postdoctoral researcher at the Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS), where he conducted the first two-dimensional high-resolution simulations of the interaction between magnetic fields and convective flow in the solar atmosphere. He was a visiting scientist at HAO from 1996 to 1997, then returned to KIS in 1998. In 2009, he held a position 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 on the Sun and other stars, including comparison with corresponding observations, and numerical methods in computational fluid dynamics and radiative transfer. He is the author or co-author of about 170 scientific publications, which have garnered around 3,600 citations. Since 2014, Oskar Steiner has been leading 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), dove ha effettuato le prime simulazioni bidimensionali ad alta risoluzione dell'interazione dei campi magnetici con il flusso convettivo nell'atmosfera solare. 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. È autore o co-autore di circa 170 pubblicazioni scientifiche, che hanno ricevuto circa 3600 citazioni. Dal 2014 Oskar Steiner guida il gruppo di simulazioni magnetoidrodinamiche (MHD) all'IRSOL.

**Team
Gruppo
di ricerca**

**Group Leader
Capogruppo:
Oskar Steiner Dr.**

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

Group members / Membri del Gruppo
Fabio Riva, 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 the solar and stellar plasmas in the presence of magnetic fields in three-dimensional space. This enables detailed studies of the virtual Sun and other stars, which in reality would not be possible. 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. We cannot yet travel to the stars or closely approach the Sun to carry out experiments on them. To compensate for this lack of accessibility, we simulate 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 build 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 can generally not be solved analytically, we do that numerically on powerful computers like the Alps system of the Swiss National Supercomputing Center (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 of the three-dimensional space and of time, at a spatial and temporal resolution exceeding that of observations. Therefore, simulations are an invaluable help for the interpretation and understanding of observed phenomena.

Comparison with observations

To make sure that we are simulating the real Sun, we compare computer simulations with observations of the actual Sun. For that, we synthesise 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 tools of polarimetry as being developed in the theory group of IRSOL. Having attained good enough confidence in the simulation, we can, in a second step, dare predictions when discovering phenomena in the simulation that have not yet been observed. This step may lead to the proposition and planning of new observations. Simulations also serve to carry out experiments with virtual astrophysical objects, which 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

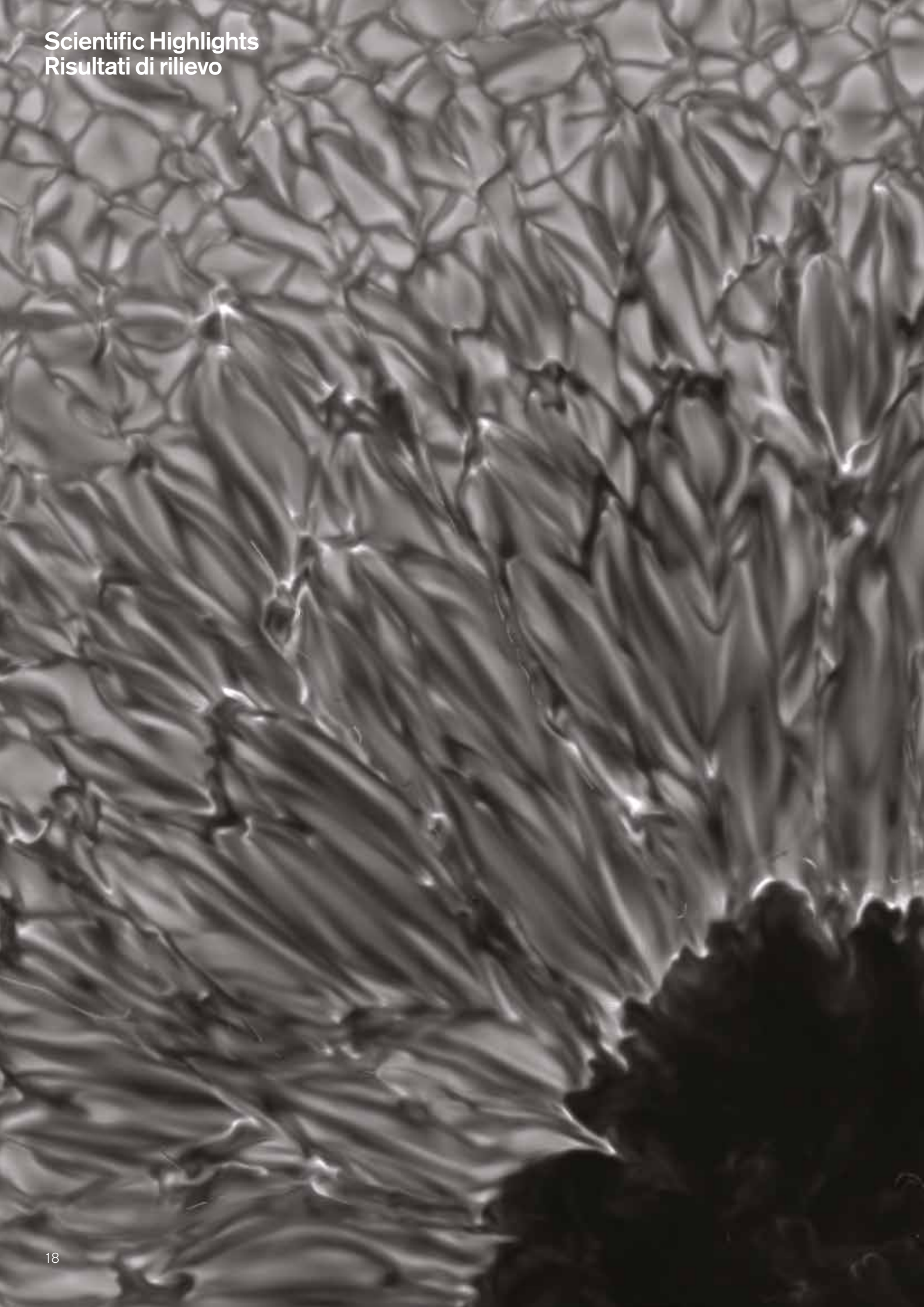
Il gruppo svolge simulazioni numeriche al computer del plasma stellare in presenza di campi elettrici e magnetici in spazi tridimensionali. Ciò permette di studiare il Sole e le stelle in modo particolareggiato, come non sarebbe possibile nella realtà. Le quantità osservabili ottenute dal Sole simulato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

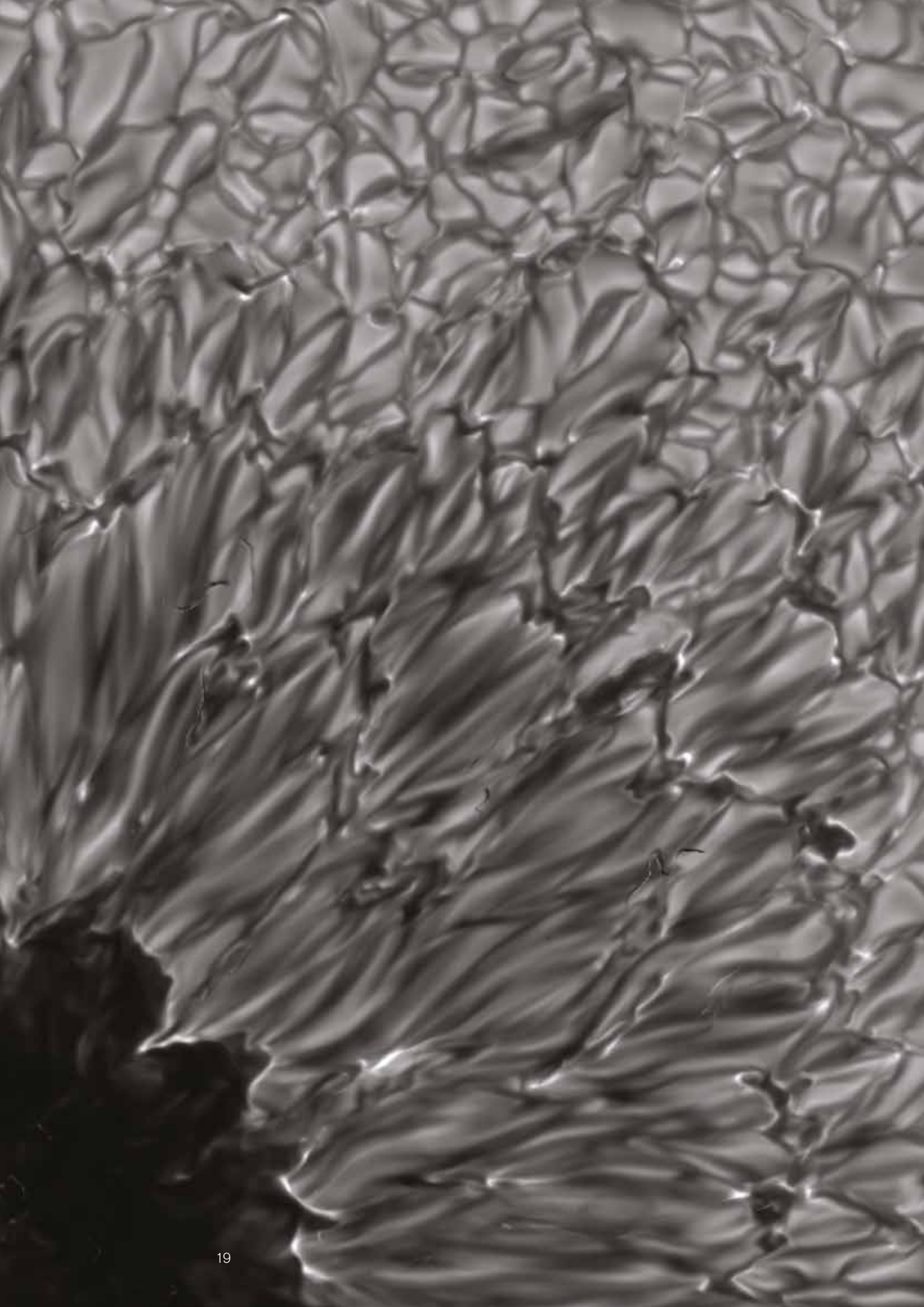
Simulazioni MHD

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.





Impact of angle-dependent PRD on the forward-scattering Hanle effect

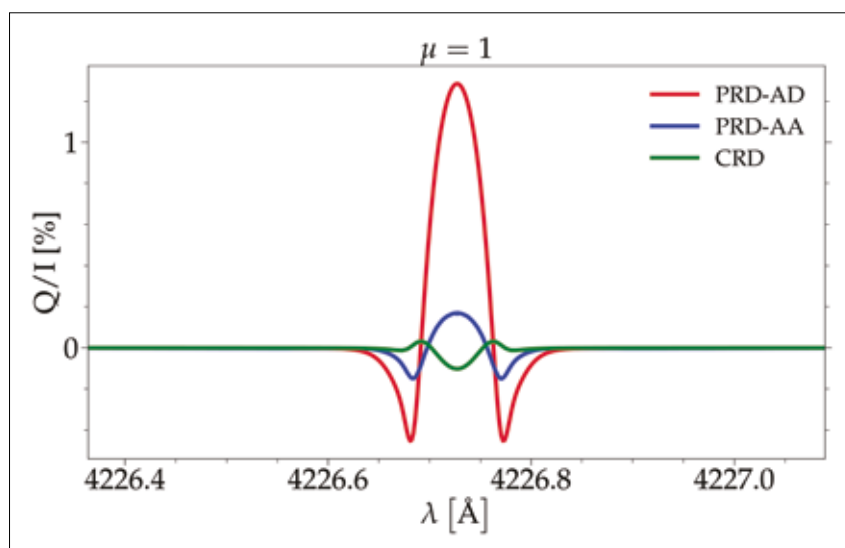
Measurable linear scattering polarization signals have been predicted and detected at the solar disk centre in the cores of chromospheric lines. These so-called forward-scattering polarization signals, which are of high interest for magnetic field diagnostics, have always been modelled by describing scattering processes either under the assumption of complete frequency redistribution (CRD), or taking partial frequency redistribution (PRD) effects into account under the angle-averaged (AA) approximation. In a recent work (Belluzzi et al. 2024, A&A, 691, A278), we have demonstrated that these simplifying assumptions can introduce significant inaccuracies in the modelling of the forward scattering polarization signals produced by the symmetry-breaking due to the presence of an inclined magnetic field (forward-scattering Hanle effect). This result is highlighted in the Figure below, which compares the scattering polarization profiles of the chromospheric Ca I line at 4227 Å, as obtained under the CRD and PRD-AA approximations, and considering PRD effects in their most general angle-dependent (AD) formulation. The profiles refer to the radiation emerging along the vertical, and are calculated by solving the radiative transfer problem for polarized radiation, out of local thermodynamic equilibrium, in a semi-empirical 1D model of the solar atmosphere, with a height-independent horizontal magnetic field of 20 G. It can be seen that the CRD and PRD-AA calculations significantly underestimate the amplitude of the line-centre polarization signals with respect to a full PRD-AD calculation, and they could also predict the wrong sign. This result shows that a PRD-AD modelling is required in order to develop reliable diagnostic techniques exploiting the forward-scattering Hanle effect in the Ca I 4227 Å line.

Impatto degli effetti PRD angle-dependent sull'effetto Hanle nel forward-scattering

Segnali misurabili di polarizzazione lineare di risonanza sono stati predetti e rilevati al centro del disco solare, nel core di righe spettrali cromosferiche. Questi segnali di polarizzazione, cosiddetti di forward-scattering, di grande interesse per la diagnostica dei campi magnetici, sono sempre stati modellizzati descrivendo i processi di scattering sotto l'ipotesi di redistribuzione completa in frequenza (CRD) oppure tenendo conto dei fenomeni di redistribuzione parziale in frequenza (PRD) sotto l'approssimazione angle-average (AA). In un recente lavoro (Belluzzi et al. 2024, A&A, 691, A278) abbiamo dimostrato che queste approssimazioni possono introdurre errori significativi nella modellizzazione dei segnali di polarizzazione per forward-scattering, prodotti dalla rottura di simmetria dovuta alla presenza di un campo magnetico inclinato rispetto alla verticale (effetto Hanle nel forward scattering). Questo risultato è evidenziato nella figura riportata sotto, nella quale sono confrontati i profili di polarizzazione di risonanza per la riga cromosferica del Ca I a 4227 Å, ottenuti sotto le approssimazioni CRD e PRD-AA, e considerando gli effetti PRD nella loro formulazione più generale angle-dependent (AD). I profili si riferiscono alla radiazione emergente lungo la verticale e sono calcolati risolvendo il problema del trasporto radiativo per radiazione polarizzata, fuori dall'equilibrio termodinamico locale, in un modello di atmosfera 1D semi-empirico, con un campo magnetico orizzontale di 20 G costante con la quota. Si può notare come i calcoli CRD e PRD-AA sottostimino fortemente l'ampiezza dei segnali a centro riga rispetto al caso PRD-AD e possano anche portare al segno opposto. Questo risultato mostra che una modellizzazione PRD-AD è necessaria al fine di sviluppare tecniche diagnostiche affidabili basate sui segnali di polarizzazione prodotti dall'effetto Hanle nel forward scattering nella riga del Ca I a 4227 Å.

Scattering polarization profiles of the Ca I line at 4227 Å, obtained from CRD, PRD-AA, and PRD-AD calculations. The profiles refer to the radiation emergent along the vertical ($\mu=1$) in a FAL-C atmospheric model, with a height-independent horizontal magnetic field of 20 G.

Profili di polarizzazione di risonanza della riga del Ca I a 4227 Å, ottenuti da calcoli CRD, PRD-AA e PRD-AD. I profili si riferiscono alla radiazione emergente lungo la verticale ($\mu=1$) in un modello di atmosfera FAL-C, con un campo magnetico orizzontale indipendente dalla quota di 20 G.



Diagnostic potential of filter polarimetry in the He II 304 Å line

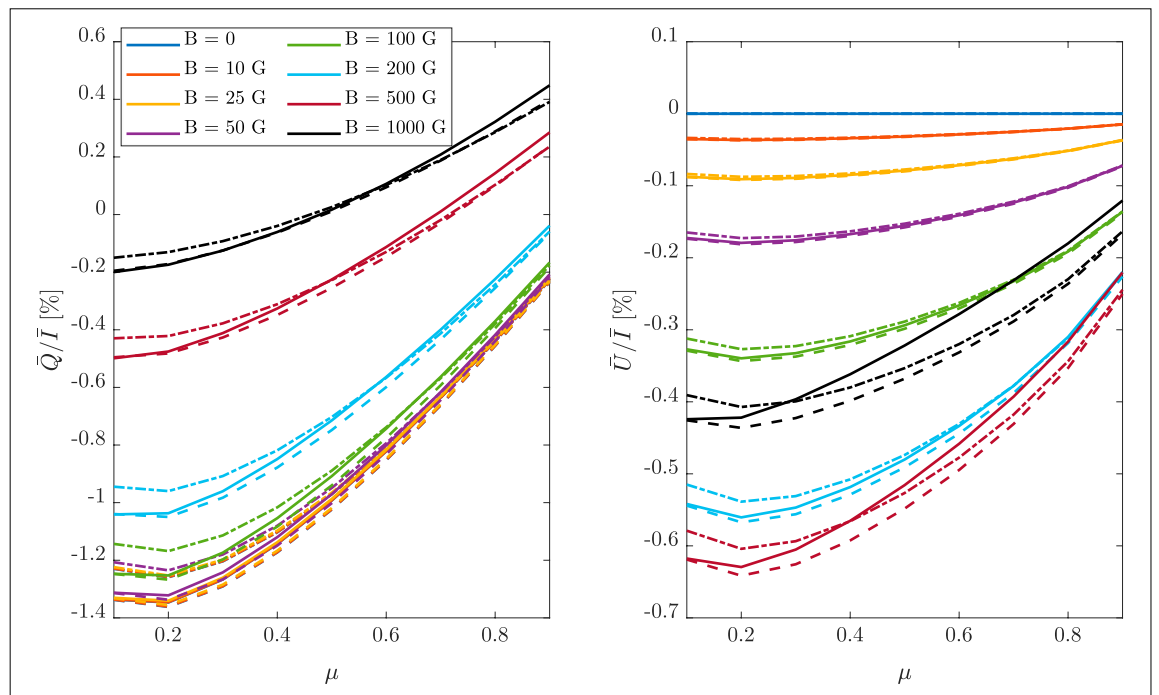
A key target for observing the chromosphere-corona transition region (TR) is the extreme ultraviolet (EUV) He II line at 304 Å. However, the polarization of this line remains completely unexplored, with no ever attempted polarimetric measurements. In a recent study (Riva et al., 2024, A&A, 688, A137), we have examined the potential of wavelength-integrated scattering polarization in this line as a tool for probing the magnetic field in the solar TR. We also assessed the suitability of various modelling approximations, including the assumption of complete frequency redistribution (CRD) for scattering processes and the angle-average (AA) approximation for partial frequency redistribution (PRD) effects. In the line core, synthetic Stokes profiles resulting from CRD and PRD-AA calculations closely match those obtained using the general angle-dependent (AD) PRD formulation. On the other hand, noticeable differences appear outside this spectral region. Likewise, we found that the precise structure of the atmospheric model has little effect on the line-core profiles, but it significantly influences the profiles outside the line core. However, as most He II 304 Å photons originate from the core region, it turns out that wavelength-integrated linear polarization signals are largely insensitive to both the scattering description and the atmospheric model. The figure below shows that appreciable wavelength-integrated scattering polarization signals, with a clear sensitivity to horizontal magnetic fields in the 0–1000 G range, are expected, especially near the solar limb. These results, obtained from solving the radiative transfer problem for polarized radiation out of local thermodynamic equilibrium in semi-empirical 1D models of the solar atmosphere, demonstrate that filter polarimetry in the He II 304 Å line has a promising potential for magnetic field diagnostics in the TR. Preliminary estimates suggest that this potential could already be assessed in near-limb plage regions through sounding-rocket experiments.

Potenziale diagnostico della polarimetria a filtro nella riga He II a 304 Å

Una riga spettrale molto utilizzata per osservare la regione di transizione (TR) tra la cromosfera e la corona è la riga nell'estremo ultravioletto (EUV) dell'He II a 304 Å. Tuttavia nessuna misura polarimetrica è mai stata tentata in questa riga, e la sua polarizzazione risulta ancora totalmente inesplorata. In un recente lavoro (Riva et al. 2024, A&A, 688, A137) abbiamo analizzato il potenziale diagnostico del segnale di polarizzazione di risonanza di questa riga, integrato in frequenza, per sondare il campo magnetico nella TR. Nel contempo abbiamo analizzato l'adeguatezza di alcune approssimazioni per la sua modellizzazione, tra cui la possibilità di descrivere i processi di scattering sotto l'ipotesi di ridistribuzione completa in frequenza (CRD), oppure tenendo conto dei fenomeni di ridistribuzione parziale in frequenza (PRD) sotto l'approssimazione angle-average (AA). A centro riga i profili teorici ottenuti da calcoli CRD e PRD-AA mostrano un ottimo accordo con quelli ottenuti considerando gli effetti PRD nella loro formulazione più generale angle-dependent (AD). D'altra parte al di fuori di questa regione si possono osservare alcune differenze. In modo simile, la struttura dettagliata del modello atmosferico non modifica apprezzabilmente i profili a centro riga ma ha un chiaro impatto fuori da questa regione spettrale. Tuttavia, poiché la maggior parte dei fotoni della riga He II 304 Å si originano dal core, risulta che i segnali di polarizzazione di risonanza integrati in frequenza siano pressoché insensibili sia alla descrizione dei processi di scattering sia al modello atmosferico. La figura sottostante mostra che apprezzabili segnali di polarizzazione di risonanza, integrati in frequenza, sono attesi in questa riga, soprattutto vicino al lembo, e che questi hanno una chiara sensibilità a campi magnetici orizzontali tra 0 e 1000 G. Questi risultati, ottenuti risolvendo il problema del trasporto radiativo per radiazione polarizzata fuori dell'equilibrio termodinamico locale, in modelli semi-empirici 1D dell'atmosfera solare, mostrano che la polarimetria a filtro nella riga He II 304 Å ha un potenziale molto promettente per la diagnostica dei campi magnetici nella TR. Stime preliminari indicano che in plage vicine al lembo questo potenziale potrebbe già essere verificato attraverso esperimenti di tipo razzo-sonda.

Centre-to-limb variation, as a function of the heliocentric angle μ , of the wavelength-integrated scattering polarization signal of He II 304. Dash-dotted, dashed, and solid lines correspond to CRD, PRD-AA, and PRD-AD calculations, respectively.

Variatione centro-lembo, in funzione dell'angolo eliocentrico μ , dei segnali di polarizzazione di risonanza integrati in frequenza della riga He II 304. Le diverse curve corrispondono a calcoli CRD (trattino-punto), PRD-AA (trattino) e PRD-AD (continua).



Connectivity between the solar photosphere and chromosphere in a vortical structure

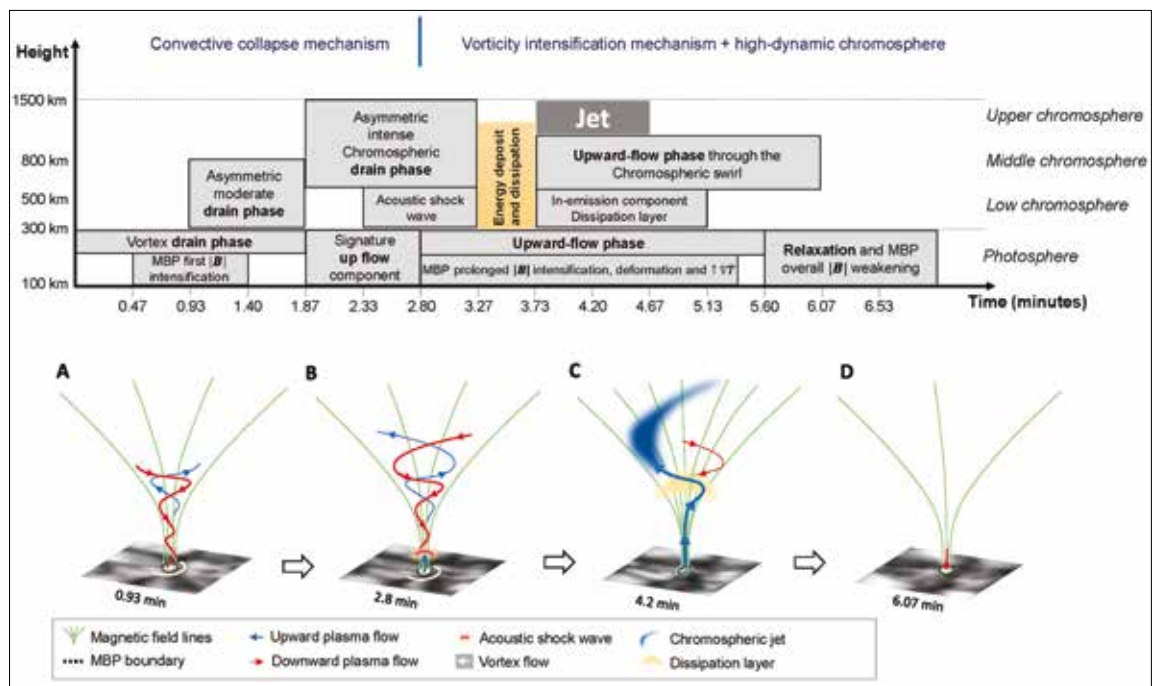
High-resolution solar observations have revealed the existence of small-scale vortices. Frequently, these vortices have been observed near magnetic flux concentrations, indicating a link between swirls and the evolution of the small-scale magnetic fields. It has been proposed that a rotating magnetic field structure driven by a photospheric vortex flow at its footprint produces the chromospheric swirling plasma motion. Using observations obtained at the Swedish Solar Telescope in April 2019 at quiet-Sun disc centre, we have studied the time evolution of such a small-scale magnetic flux concentration interacting with the intergranular vortex flow and being affected by processes of intensification and weakening of its magnetic field. The chromospheric dynamics associated with this interaction includes also a chromospheric swirl and an impulsive chromospheric jet. We identified the convective collapse process as the initial mechanism of magnetic field intensification, generating a re-bounce flow moving upwards within the magnetic flux concentration. This disturbance eventually steepens into an acoustic shock wave that dissipates in the lower chromosphere, heating it locally. Prolonged magnetic field amplification was observed when the vortex flow disappears during the propagation of the upward velocity disturbance. We propose that this type of magnetic field amplification could be attributed to changes in the local vorticity. Our analysis indicates the rotation of a magnetic structure that is anchored to a photospheric magnetic flux concentration and extends to the chromosphere. It appears to be affected by a propagating shock wave and its subsequent dissipation process could be related to the release of the jet. (Díaz-Castillo, S.M., Fischer, C.E., Rezaei, R., Steiner, O., Berdyugina, S. 2024, *Astronomy & Astrophysics*, 691, A37)

Connessione tra fotosfera e cromosfera solare in una struttura vorticoso

Le osservazioni solari ad alta risoluzione hanno rivelato l'esistenza di vortici su piccola scala. Spesso questi vortici sono stati osservati in prossimità di concentrazioni di flusso magnetico, indicando un legame tra i vortici e l'evoluzione dei campi magnetici su piccola scala. È stato proposto che una struttura di campo magnetico rotante guidata da un flusso di vortici fotosferici al suo interno produca il moto vorticoso del plasma cromosferico. Utilizzando le osservazioni ottenute allo Swedish Solar Telescope nell'aprile 2019 al centro del disco del Sole quieto, abbiamo studiato l'evoluzione temporale di questa concentrazione di flusso magnetico su piccola scala che interagisce con il flusso di vortici intergranulari e che è influenzata da processi di intensificazione e indebolimento del suo campo magnetico. La dinamica cromosferica associata a questa interazione comprende anche un vortice cromosferico e un getto cromosferico impulsivo. Abbiamo identificato il processo di collasso convettivo come il meccanismo iniziale dell'intensificazione del campo magnetico, generando un flusso riconnesso che si muove verso l'alto all'interno della concentrazione di flusso magnetico. Questa perturbazione si intensifica infine in un'onda d'urto acustica che si dissipa nella cromosfera inferiore, riscaldandola localmente. Un'amplificazione prolungata del campo magnetico è stata osservata quando il flusso vorticoso scompare durante la propagazione del disturbo di velocità verso l'alto. Proponiamo che questo tipo di amplificazione del campo magnetico possa essere attribuito a cambiamenti nella vorticità locale. La nostra analisi indica la rotazione di una struttura magnetica che è ancorata a una concentrazione di flusso magnetico fotosferico e si estende alla cromosfera. Sembra essere influenzata da un'onda d'urto in propagazione e il suo successivo processo di dissipazione potrebbe essere legato al rilascio del getto. (Díaz-Castillo, S.M., Fischer, C.E., Rezaei, R., Steiner, O., Berdyugina, S. 2024, *Astronomy & Astrophysics*, 691, A37)

The sketch and cartoons summarising the dynamics of the magnetic bright point in the solar photosphere interacting with a vortex flow attached to a chromospheric swirl and the release of an impulsive chromospheric jet.

Lo schizzo e le immagini che riassumono la dinamica del punto luminoso magnetico nella fotosfera solare che interagisce con un flusso vorticoso collegato a un vortice cromosferico e il rilascio di un getto cromosferico impulsivo.



e-CALLISTO Observation of an Extraordinary Type V Solar Radio Burst

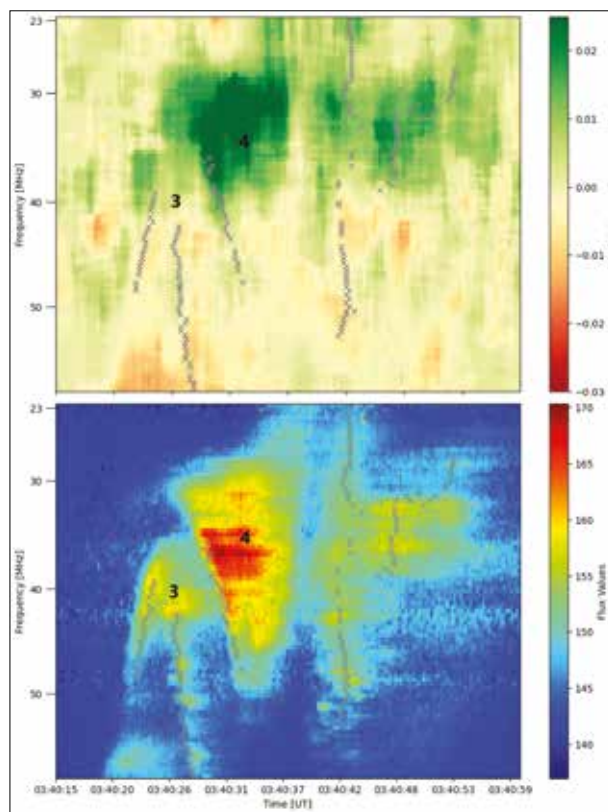
Solar type V radio bursts are broad-band emission associated with type III bursts, which are generally believed to be caused by coronal electron beams. Because of specific frequency ranges, the combination of a type V/III burst has the shape of a flag on a pole in the spectrogram. These bursts are known to better correlate with hard X-ray flares than single type III bursts, suggesting more powerful events. In particular, they inform about non-linear instabilities of electron beams. The flare SOL2021-05-07T03:39 was selected for its combination of a meter-wave type U burst followed by a type V burst. It was observed by several stations of the e-CALLISTO network. We analysed the data from ASSA in Sunnydale (Australia). The structures of the emission in the spectrogram were characterized by their peak flux in time. The highest peak at each frequency was selected, and its peak time was recorded. The values define a curve in the spectrogram frequency-time space. Results are shown in Figure below. The drift of the descending branch of the U-burst is -0.3 s^{-1} . For a density scale height of 10^{10} cm (2 MK) and plasma emission, the beam velocity is $6 \cdot 10^9 \text{ cm/s}$. If the process is a plasma emission, the drift velocity of the type V starting edge is half of that of the U-burst. If the emission is electron cyclotron maser and the magnetic scale height is the same as the density scale height, the velocity is $1/4$ of the U-burst beam. For both cases of emission, the data suggest that the electrons causing the type V burst have lower velocity than those causing the type III. This scenario suggests a complex interplay of various kinetic plasma processes. Numerical simulations have been inspiring, but are too limited yet to confirm the scenario. More imaging observations of the spatial relation between III/U and V bursts are also necessary. (Benz, A.O., Huber, C.R., Timmel, V., Monstein, C. 2024, Solar Physics, 299, 146).

Osservazione con e-CALLISTO di uno straordinario radioburst solare di tipo V

I radioburst solari di tipo V sono emissioni a banda larga associate ai burst di tipo III, che generalmente si ritiene siano causati da fasci di elettroni coronali. A causa delle specifiche gamme di frequenza, la combinazione di un burst di tipo V/III ha la forma di una bandiera su un'asta nello spettrogramma. È noto che questi burst si correlano meglio con i brillamenti di raggi X duri rispetto ai singoli burst di tipo III, suggerendo eventi più potenti. In particolare, forniscono informazioni sulle instabilità non lineari dei fasci di elettroni. Il brillamento SOL2021-05-07T03:39 è stato scelto per la sua combinazione di un burst di tipo U a onde metriche, seguito da un burst di tipo V. È stato osservato da diverse stazioni della rete e-CALLISTO. Abbiamo analizzato i dati di ASSA a Sunnydale (Australia). Le strutture dell'emissione nello spettrogramma sono state caratterizzate dal loro picco di flusso nel tempo. È stato selezionato il picco più alto a ciascuna frequenza e ne è stato registrato il tempo di picco. I valori definiscono una curva nello spazio frequenza-tempo dello spettrogramma. I risultati sono mostrati nella figura sottostante. La deriva del ramo discendente del burst di tipo U è di $-0,3 \text{ s}^{-1}$. Per un'altezza della scala di densità di 10^{10} cm (2 MK) e un'emissione di plasma, la velocità del fascio è di $6 \cdot 10^9 \text{ cm/s}$. Se il processo è un'emissione di plasma, la velocità di deriva del bordo iniziale di tipo V è la metà di quella del burst di tipo U. Se l'emissione è del tipo di un maser elettrone ciclotrone e l'altezza della scala magnetica è uguale all'altezza della scala di densità, la velocità è $1/4$ di quella del fascio del burst di tipo U. Per entrambi i casi di emissione, i dati suggeriscono che gli elettroni che causano il burst di tipo V hanno una velocità inferiore rispetto a quelli che causano il tipo III. Questo scenario suggerisce una complessa interazione di vari processi cinetici del plasma. Le simulazioni numeriche sono state chiarificatrici, ma sono ancora troppo limitate per confermare questo scenario. Sono inoltre necessarie ulteriori osservazioni di imaging della relazione spaziale tra i burst di tipo III/U e V. (Benz, A.O., Huber, C.R., Timmel, V., Monstein, C. 2024, Solar Physics, 299, 146).

Top: spectrogram showing radio flux with U burst (event 3) and type V burst (event 4) in uncalibrated units. Black crosses mark a local maximum of the flux in time for type III and U bursts. For the type V emission, the cross indicates the starting point of the emission at a given frequency. Bottom: ratio between left and right circular polarization.

Sopra: lo spettrogramma che mostra il flusso radio con burst U (evento 3) e burst di tipo V (evento 4) in unità non calibrate. Le croci nere segnano un massimo locale del flusso nel tempo per i burst di tipo III e U. Per l'emissione di tipo V, la croce indica il punto di inizio dell'emissione a una determinata frequenza. Sotto: il rapporto tra polarizzazione circolare destra e sinistra.



Confirmation of a magnetic-induced transition in the photosphere

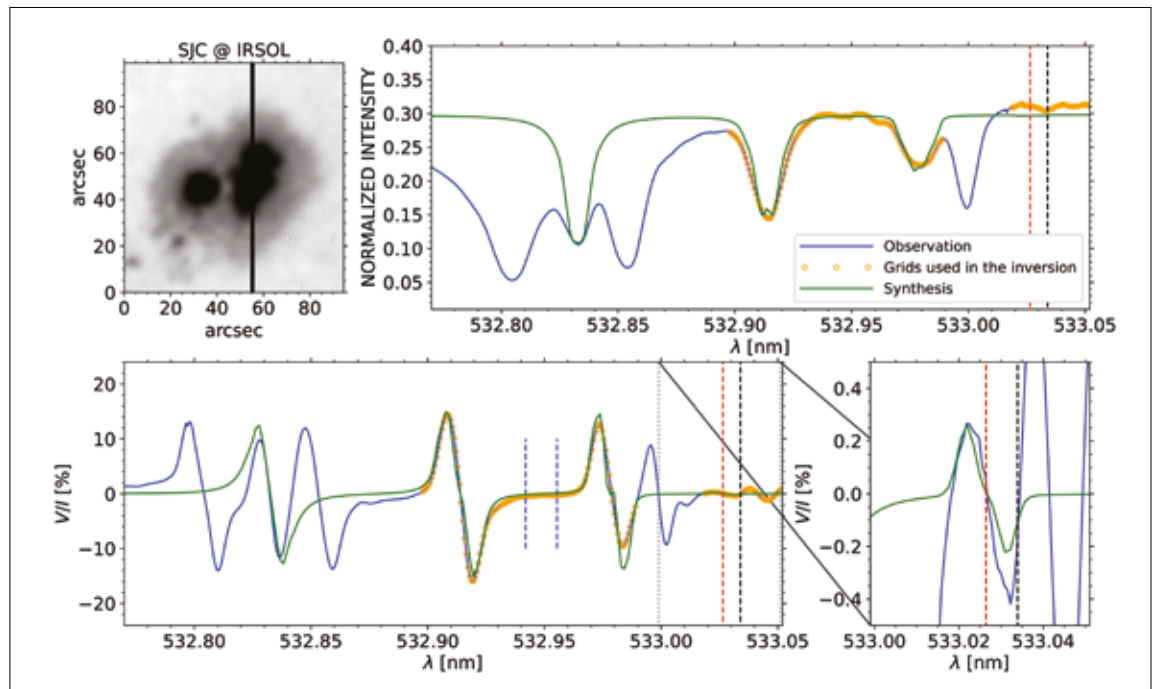
In collaboration with colleagues at IAC, we investigated the circular polarization of a magnetic-field-induced transition (MIT) in a chromium spectral line at 533.03 nm in a sunspot (Li et al. 2024, ApJ, 964, 155). MITs are typically forbidden transitions which only appear in the spectrum in the presence of a magnetic field, making them valuable probes of magnetic field strength. While MITs have been widely studied for their intensity-based diagnostics in the corona, their polarization properties remain unexplored, and their existence in the photosphere was unknown. Using high sensitivity spectropolarimetric observations from ZIMPOL, we detected weak polarization signals in a part of the spectrum which matched theoretical predictions of a MIT in the photosphere. By applying an inversion code to analyse the atmospheric conditions, we confirmed that the observed polarization is consistent with the expected MIT signal. This work marks a significant step toward using MIT polarization as a diagnostic tool for solar magnetic fields, expanding our ability to study magnetism in the lower solar atmosphere.

Conferma di una transizione magnetica indotta nella fotosfera

In collaborazione con i colleghi dell'IAC, abbiamo studiato la polarizzazione circolare di una transizione indotta dal campo magnetico (MIT) in una linea spettrale del cromo a 533,03 nm in una macchia solare (Li et al. 2024, ApJ, 964, 155). Le MIT sono tipicamente transizioni proibite che appaiono nello spettro solo in presenza di un campo magnetico; perciò sono indicatori preziosi dell'intensità del campo magnetico. Mentre le MIT sono state ampiamente studiate per la loro utilità nelle indagini sull'intensità nella corona, le loro proprietà di polarizzazione rimangono inesplorate e la loro esistenza nella fotosfera era sconosciuta. Utilizzando le osservazioni spettropolarimetriche ad alta sensibilità di ZIMPOL, abbiamo rilevato deboli segnali di polarizzazione in una parte dello spettro che corrisponde alle previsioni teoriche di un MIT nella fotosfera. Applicando un codice di inversione per analizzare le condizioni atmosferiche, abbiamo confermato che la polarizzazione osservata è coerente con il segnale MIT previsto. Questo lavoro segna un passo in avanti significativo verso l'utilizzo della polarizzazione MIT come strumento di indagine per i campi magnetici solari, ampliando la nostra capacità di studiare il magnetismo nell'atmosfera solare inferiore.

The observation of a sunspot (top left) reveals a weak circular polarization signal (bottom panels) in the Cr I 533.03 nm spectral line.

L'osservazione di una macchia solare (in alto a sinistra) rivela un debole segnale di polarizzazione circolare (grafici in basso) nella linea spettrale del Cr I 533,03 nm.



ZIMPOL observations at GREGOR

Following the cancellation of the 2023 observing campaign due to wildfires in Tenerife, IRSOL organised a technical observing campaign in spring 2024 and a scientific campaign in summer 2024. This involved the installation of the ZIMPOL polarimeter at GREGOR, the largest telescope currently operating in Europe. These campaigns were part of the cooperation agreement with the Institut für Sonnenphysik (KIS) in Freiburg, Germany. During the technical campaign, we were able to test and enhance data acquisition and refine calibrations. The science campaign has benefited from the recent improvements to GREGOR's adaptive optics system, thanks to which excellent spatial resolution can be achieved when seeing conditions permit. The use of the GREGOR Slow Polarization Module (GSPM) developed by IRSOL, combined with the high modulation frequency provided by ZIMPOL, allowed for a significant improvement in the measurement accuracy. The observations focused on studying magnetic structures in the solar atmosphere, the evolution of magnetic fields during solar flares, and the validation of associated models. The opportunity to use the excellent qualities of the ZIMPOL polarimeter at GREGOR was also offered to other interested research groups through an open call worldwide. Three proposals for observations by external groups have been carried out, which aimed at observations of filaments, protuberances and spicules.

Osservazioni con ZIMPOL al telescopio GREGOR

Dopo l'annullamento della campagna osservativa del 2023 a causa degli incendi a Tenerife, nel 2024 l'IRSOL ha avuto modo di organizzare una campagna osservativa tecnica in primavera e una scientifica in estate installando il polarimetro ZIMPOL presso GREGOR, il più grande telescopio europeo attualmente in funzione. Le campagne rientravano nell'accordo di collaborazione con l'Istitut für Sonnenphysik (KIS) di Freiburg (D). Durante la campagna tecnica si sono potuti testare e migliorare i software di acquisizione dei dati e perfezionare le calibrazioni.

La campagna scientifica ha potuto beneficiare di miglioramenti apportati al sistema di ottica adattiva di GREGOR, grazie ai quali si può raggiungere un'ottima risoluzione spaziale quando le condizioni di seeing lo permettono. L'uso di GREGOR Slow Polarization Module (GSPM), sviluppato dall'IRSOL e utilizzato in combinazione con ZIMPOL, ha permesso di migliorare notevolmente l'accuratezza delle misure. Le osservazioni sono state dedicate allo studio della struttura magnetica dell'atmosfera solare, all'evoluzione dei campi magnetici durante i brillamenti solari e alla validazione dei relativi modelli. L'opportunità di utilizzare le ottime qualità del polarimetro ZIMPOL a GREGOR è stata offerta anche ad altri gruppi di ricerca interessati, tramite una open call internazionale. Hanno potuto essere sviluppate tre proposte di osservazioni di gruppi esterni, dedicate a osservazioni di filamenti, protuberanze e spicole.

GREGOR Slow Polarization Module (GSPM) developed by IRSOL and installed on the GREGOR telescope allows, in combination with ZIMPOL, measurements with very high polarimetric accuracy.

Il GREGOR Slow Polarization Module (GSPM), sviluppato all'IRSOL e installato sul telescopio GREGOR, permette, in combinazione con ZIMPOL, misure con altissima accuratezza polarimetrica.



Small-scale vortical motions in cool stellar atmospheres

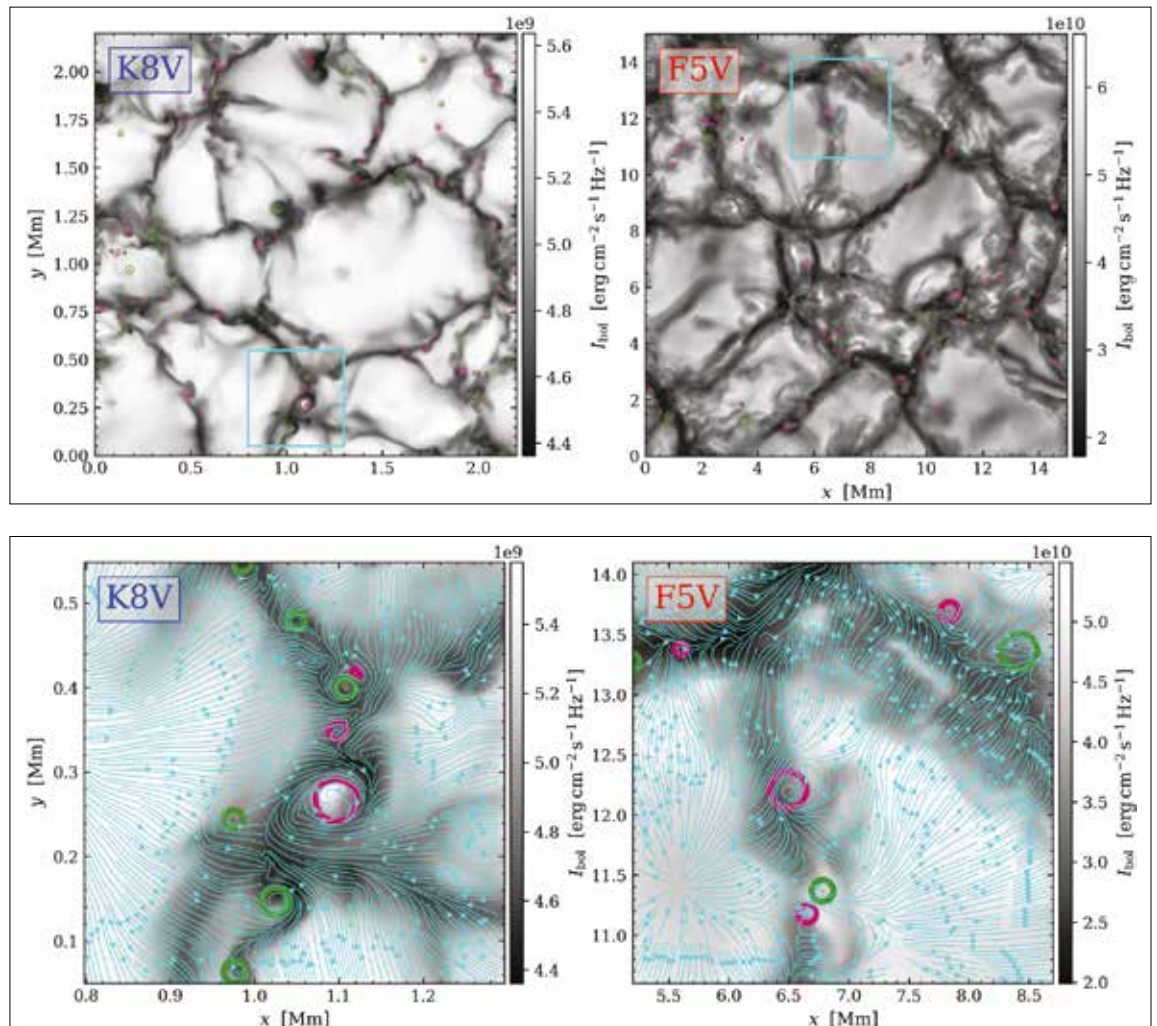
Small-scale vortices in the solar and stellar atmospheres are considered potential conduits for the exchange of energy and mass between different atmospheric layers from the convective surface to the corona. We analysed three-dimensional, radiative-magneto-hydrodynamic, numerical simulations of four different main-sequence stars of spectral types K8V, K2V, G2V, and F5V, which we carried out using the computing facilities of the Swiss National Supercomputing Center (CSCS). We found that small-scale swirls are abundant in the atmospheres of all the investigated spectral types. They carry signatures of torsional Alfvén pulses, which are responsible for a significant vertical Poynting flux in the middle photospheres. Notably, this flux is particularly significant in the coolest, K8V model. This suggests that if $\sim 70\%$ of it is dissipated in the low chromosphere, small-scale vortical motions may explain the enhanced basal Ca II H and K fluxes observed in the range of B–V color index $1.1 \leq B-V \leq 1.4$, i.e., in stars cooler than the Sun. We also found a simple analytical model and scaling relation, explaining the peculiar increase in rotational period of surface vortices with increasing effective temperature of the stellar model. The detailed results are published as a peer reviewed article of the journal *Astronomy & Astrophysics* (Canivete Cuissa et al., 2024, A&A 689, A198) including the illustration given below.

Movimenti vorticosi su piccola scala in atmosfere stellari fredde

I vortici su piccola scala nell'atmosfera solare e stellare sono considerati potenziali canali per lo scambio di energia e massa tra i diversi strati atmosferici, dalla superficie convettiva alla corona. Abbiamo analizzato simulazioni numeriche tridimensionali, radiativo-magneto-idrodinamiche, di quattro diverse stelle della sequenza principale di tipo spettrale K8V, K2V, G2V e F5V, realizzate utilizzando le strutture di calcolo del Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS). Abbiamo scoperto che i vortici su piccola scala sono abbondanti nelle atmosfere di tutti i tipi spettrali analizzati. Essi portano la firma di impulsi torsionali di Alfvén, che sono responsabili di un significativo flusso verticale di Poynting nelle medie fotosfere. In particolare, questo flusso è particolarmente significativo nel modello più freddo, K8V. Ciò suggerisce che, se il $\sim 70\%$ di esso viene dissipato nella bassa cromosfera, i moti vorticosi su piccola scala possono spiegare l'aumento dei flussi basali di Ca II H e K osservati nell'intervallo dell'indice di colore B-V, $1,1 \leq B-V \leq 1,4$, cioè nelle stelle più fredde del Sole. Abbiamo anche trovato un semplice modello analitico e una relazione di scala che spiegano il particolare aumento del periodo rotazionale dei vortici superficiali con l'aumento della temperatura effettiva del modello stellare. I risultati dettagliati sono stati pubblicati in un articolo peer reviewed della rivista *Astronomy & Astrophysics* (Canivete Cuissa et al., 2024, A&A 689, A198) che include l'illustrazione riportata di seguito.

Granular pattern and vortical motions in the atmospheres of two cool dwarf stars of type K8V and F5V. Top row: Radiative intensity and locations of clockwise (pink) and counterclockwise (green) vortices. Bottom row: Horizontal component of the velocity field within the area marked with a blue square in the corresponding top row figure.

Trama granulare e moti vorticosi nelle atmosfere di due stelle nane fredde di tipo K8V e F5V. Riga superiore: Intensità radiativa e posizione dei vortici in senso orario (rosa) e antiorario (verde). Riga inferiore: Componente orizzontale del campo di velocità all'interno dell'area contrassegnata da un quadrato blu nella corrispondente figura in alto.



Sunspots simulations: proof of concept

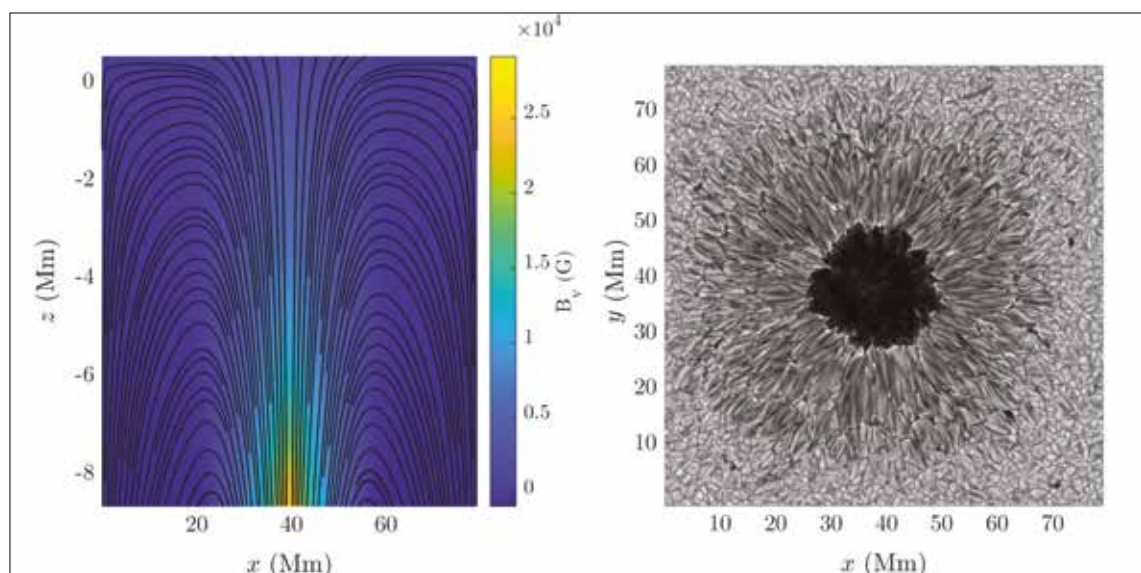
Simulating a sunspots' structure and dynamics with radiative magneto-hydrodynamics numerical tools is still considered a challenging task. Inspired by the work of Jurčák et al. (2020, A&A, 638, A28), we thus investigated the possibility of carrying out sunspot-like simulations with the simulation tool CO⁵BOLD, which is frequently used and further developed at IRSOL. Here, the target is not a detailed physical investigation of the simulation results, but rather a proof of concept and assessment of the numerical stability of CO⁵BOLD under these demanding conditions. In this work, we chose solar parameters for the calculations and a box-in-a-star domain of horizontal extension $L_x = L_y = 79.2$ Mm, discretized with 1800 grid cells in each horizontal direction. Vertically, the domain extends from $z = -8.6$ Mm below the solar surface to $z = 664$ km above it, discretized with 141 grid cells non-uniformly distributed with $\Delta z = 140$ km at the bottom boundary and $\Delta z = 22$ km at the surface. We added a uniform, vertical magnetic field of a strength of 250 G and relaxed the simulation for a few hours. After the relaxation phase, we added an axisymmetric force-free magnetic field, whose shape and strength of its vertical component is displayed in the left panel of the figure below. The CO⁵BOLD code performs gracefully under these demanding conditions. We were able to run the simulation (and other similar configurations) for a few hours of physical (solar) time, without any major numerical instabilities to occur. The map of bolometric radiative intensity shown in the right panel of the figure below was obtained after about 1 h solar time. An extended penumbra is clearly forming. These results are very encouraging for future work on sunspots and starspots with CO⁵BOLD.

Simulazioni di macchie solari: verifica di un'idea

Simulare la struttura e la dinamica delle macchie solari con strumenti numerici di magneto-idrodinamica radiativa è ancora considerato un compito impegnativo. Ispirandoci al lavoro di Jurčák et al. (2020, A&A, 638, A28) abbiamo quindi studiato la possibilità di effettuare simulazioni simili a macchie solari con lo strumento di simulazione CO⁵BOLD, utilizzato e ulteriormente sviluppato all'IRSO. L'obiettivo non è un'indagine fisica dettagliata dei risultati della simulazione, ma piuttosto la verifica di un'idea e una valutazione della stabilità numerica di CO⁵BOLD in queste condizioni difficili. In questo lavoro abbiamo scelto i parametri solari per i calcoli e un dominio box-in-a-star di estensione orizzontale $L_x = L_y = 79,2$ Mm, discretizzato con 1800 celle in ogni direzione orizzontale. Verticalmente il dominio si estende da $z = -8,6$ Mm sotto la superficie solare a $z = 664$ km sopra di essa, discretizzato con 141 celle distribuite in modo non uniforme con $\Delta z = 140$ km al bordo inferiore e $\Delta z = 22$ km alla superficie. Abbiamo aggiunto un campo magnetico verticale uniforme di intensità pari a 250 G e abbiamo fatto girare la simulazione per alcune ore. Dopo questa fase abbiamo aggiunto un campo magnetico asimmetrico privo di forza, la cui forma e intensità della componente verticale è mostrata nella figura sottostante a sinistra. Il codice CO⁵BOLD si comporta bene in queste condizioni difficili. Siamo stati in grado di eseguire la simulazione (e altre configurazioni simili) per alcune ore di tempo fisico (solare), senza che si verificassero instabilità numeriche di rilievo. La mappa dell'intensità radiativa bolometrica mostrata nella figura sottostante a destra è stata ottenuta dopo circa 1 ora di tempo solare. Si sta chiaramente formando una penombra estesa. Questi risultati sono molto incoraggianti per il futuro lavoro sulle macchie solari e stellari con CO⁵BOLD.

Sunspot-like simulation carried out with CO⁵BOLD. Left: representation of the initial magnetic field (black streamlines) and the strength of its vertical component (color scale). Right: emerging bolometric radiative intensity.

Simulazione simile a una macchia solare effettuata con CO⁵BOLD. A sinistra: rappresentazione del campo magnetico iniziale (linee di flusso nere) e dell'intensità della sua componente verticale (scala cromatica). A destra: intensità radiativa bolometrica emergente.







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 Canarian Foundation created on 25 July 2023 and currently constituted by 11 research institutions (including USI).
- Membership as Swiss representative in the European Association for Solar Telescopes (EAST).
- Membership in the Board of Trustees and the Executive Committee
- National contact point and coordinator of the project.
- Participation in the EST Science Advisory Group.
- Participation in the work package to design and construct the post-focus Integral Field Unit for the EST light beam at 380-500 nm.

ZIMPOL project

The ZIMPOL system is the key instrument that enables high-precision polarimetric measurements. To optimise its efficiency and ensure its maintainability, an improvement project is underway in collaboration with Institute of Systems and Applied Electronics (ISEA) at SUPSI and supported by the SNSF.

In 2024, ISEA continued to upgrade the logic circuit, firmware and software of ZIMPOL, adapting them to the new electronics redesigned in 2023. In addition, a second camera was upgraded with the new electronics. The latter is being used to develop new features to improve system efficiency.

In the development camera, the digital converter was replaced with a higher-performance one, enabling the maximum image readout speed allowed by the CCD sensor. At the same time, advanced logic is being implemented to reduce overhead between image captures by optimising the process through parallelisation of exposure and readout.

GREGOR telescope

Observing campaigns with the ZIMPOL polarimeter are regularly carried out by IRSOL at the German GREGOR telescope on Tenerife in the framework of the long-term cooperation agreement between IRSOL and Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany.

In 2024, 5 days for scientific observations have been allocated to IRSOL to carry out the project "ZIMPOL@GREGOR: Observing scattering polarization with high resolution, high-precision and enhanced accuracy". In addition, two technical campaigns were allocated and carried out.

The ZIMPOL instrument has been offered for external observers as well. Two campaigns were carried out for the teams 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 polarization of strong ultraviolet (UV) lines, namely H I Ly-alpha at 1205 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 setting the theoretical grounds for new experiments focused on other UV lines.

The CALLISTO project

The CALLISTO spectrometer is a programmable receiver designed in 2006 by Christian Monstein, former member of the Radio Astronomy Group at ETH Zurich and since 2019 IRSOL collaborator.

The main applications are observation of dynamic solar radio bursts for astronomical science, education, outreach and citizen science. During 2024 10 new spectrometers have been delivered to Finland, Indonesia, Croatia, Uzbekistan, Germany and Mexico. In 2024 the network reported a total of 3705 dynamic solar radio bursts. Burst detection has been changed from visual inspection to automatic Artificial Intelligence detection at University of Alcalá in Spain.

Active cooperations with other institutes

Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany

(1) Cooperation Agreement on joint observations at the German GREGOR telescope, joint construction of the GSPM for the GREGOR telescope and exchange of research personnel. (2) Cooperation Agreement on joint development of the VTF instrument for the 4.2 m DKIST Solar Telescope (DKIST, Maui, USA). (3) Joint research on solar small scale magnetic fields (S.M. Díaz-Castillo).

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, and European Solar Telescope (L. Jolissaint).

Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL), ETH-Zurich, Enantios startup, and CSEM (Neuchâtel)

Exploiting ZIMPOL for innovative optical activity measurement methods of chiral molecules in pharmaceuticals, and development of new ZIMPOL sensors (C. Lightner, R. Wyss, D. Norris).

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

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

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 Sunrise III mission (A. Feller, A. Gandorfer, S. Narayanamurthy, A. Lagg, S. Solanki).

Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic

Joint design of Integral Field Unit as a post-focus instrument for EST (J. Jurčák); 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)

Specola Solare Ticinese

IRSOL collaborates with Specola to carry out long-term sunspot observations and counting. A sunspot group database that is 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 that Specola's director is collaborating with IRSOL 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. 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'adesione alla EST Canarian Foundation, creata il 25 luglio 2023 e sottoscritta da 11 istituti di ricerca (tra cui l'USI),
- l'appartenenza come rappresentante svizzero all'European Association for Solar Telescopes (EAST),
- la partecipazione al consiglio dei direttori di EST e del Consiglio di Fondazione,
- il ruolo di contatto e coordinatore nazionale del progetto,
- la partecipazione al gruppo scientifico consultivo EST,
- la partecipazione al lavoro per la progettazione e la costruzione post-focus dell'Integral Field Unit per il fascio di luce EST a 380-500 nm.

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 dal FNS.

Nel 2024 l'ISEA ha proseguito l'aggiornamento del circuito logico, del firmware e del software di ZIMPOL, adattandoli alla nuova elettronica ridisegnata nel 2023. Inoltre è stata aggiornata una seconda telecamera con la nuova elettronica. Quest'ultima viene impiegata per sviluppare nuove funzionalità volte a migliorare l'efficienza del sistema. Nella telecamera di sviluppo il convertitore digitale è stato sostituito con uno più performante, consentendo di raggiungere la massima velocità di readout delle immagini permessa dal sensore CCD. Contemporaneamente si sta implementando una logica avanzata che riduce i tempi morti tra una cattura d'immagine e l'altra, ottimizzando il processo attraverso la parallelizzazione dell'esposizione e del readout.

Telescopio GREGOR

L'IRSOL effettua regolarmente campagne di osservazione con il polarimetro ZIMPOL presso il telescopio tedesco GREGOR a Tenerife, nell'ambito dell'accordo di cooperazione a lungo termine tra l'IRSOL e l'Institut für Sonnenphysik (KIS) di Friburgo, in Germania.

Nel 2024 all'IRSOL sono stati assegnati 5 giorni di osservazioni scientifiche per portare avanti il progetto "ZIMPOL@GREGOR: Observing scattering polarization with high resolution, high-precision and enhanced accuracy". Inoltre sono state assegnate e realizzate due campagne tecniche.

Lo strumento ZIMPOL è stato offerto anche a osservatori esterni. Sono state effettuate due campagne per i team 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 1205 Å (CLASP, 2015) e Mg II h & k a 2800 Å (CLASP2, 2019; CLASP2.1, 2021). L'IRSOL contribuisce all'analisi e interpretazione dei dati acquisiti e allo sviluppo dei fondamenti teorici per la realizzazione di nuovi esperimenti focalizzati su altre righe UV.

Il progetto CALLISTO

Lo spettrometro CALLISTO è un ricevitore eterodina programmabile progettato nel 2006 da Christian Monstein (PI) come membro dell'ex Radio Astronomy Group (RAG) dell'ETH di Zurigo. Dal 2019 l'IRSOL è l'Istituto che ospita il progetto CALLISTO mentre Christian Monstein è membro affiliato dell'Istituto. Le applicazioni principali sono l'osservazione di radio burst solari dinamici per la scienza astronomica, l'educazione, la divulgazione e la citizen science. Nel corso del 2024 sono stati consegnati 10 nuovi spettrometri a Finlandia, Indonesia, Croazia, Uzbekistan, Germania e Messico. Nel 2024 la rete ha registrato un totale di 3705 radio burst solari dinamici. Il rilevamento dei burst è passato dall'ispezione visiva al rilevamento automatico con Intelligenza Artificiale presso l'Università di Alcalá in Spagna.

Misure del seeing e caratterizzazione del telescopio

(1) Accordo di cooperazione per osservazioni congiunte al telescopio tedesco GREGOR, costruzione congiunta del GSPM per il telescopio GREGOR e scambio di personale di ricerca. (2) Accordo di cooperazione per lo sviluppo congiunto dello strumento VTF per il DK1 Solar Telescope da 4,2 m (DKIST, Maui, USA). (3) Ricerca in comune sui campi magnetici su piccola scala (S.M. Díaz-Castillo).

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 Physikalisches-Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Center (PMOD/WRC)

Ricerca congiunta sull'evoluzione delle regioni attive solari, 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 e European Solar Telescope (L. Jolissaint).

Optical Materials Engineering Laboratory (OMEL), ETH-Zurich, startup Enantios startup e CSEM (Neuchâtel)

Impiego di ZIMPOL per metodi innovativi di misurazione dell'attività ottica di molecole chirali in campo farmaceutico e sviluppo di nuovi sensori ZIMPOL (C. Lightner, R. Wyss, D. Norris).

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

Modellizzazione teorica di osservazioni spettropolarimetriche da terra (ZIMPOL) e dallo spazio (esperimenti CLASP) (J. Trujillo Bueno, E. Alsina Ballester, T. del Pino Alemán); campagne osservative con ZIMPOL all'IRSOL (S. Esteban Pozuelo). 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

Collaborazione alla progettazione dell'Integral Field Unit come strumento post-focale per l'EST (J. Jurčák); modellizzazione teorica di radiazione polarizzata (J. Štěpán).

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

(1) 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).

Specola Solare Ticinese

L'IRSOL collabora 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

24.6	Marina Carobbio Guscetti, Consigliera di Stato del Canton Ticino e Direttrice del Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (DECS, Switzerland)
12-16.8	Axel Franz (Zeiss, Germany)
19.8	Anna McLeod, Prof. Dr. (STFC UK ATC, Royal Observatory Edinburgh, UK), IRSOL seminar
8-15.9	Stephen Marsden, Prof. (USQ, Australia), IRSOL seminar
15-20.9	Mattias Koll Pistarini (IAC, Spain), IRSOL seminar
18.9	Guido Lob (Liceo Locarno, Switzerland), IRSOL seminar
12-17.10	David Harrington, Dr. (DKIST/NSO, USA), IRSOL seminar
7.11	Rony Keppens, Prof. (KU Leuven, Belgium), IRSOL seminar (online)
22.11	Ernst Wit, Prof., with the research group / con il gruppo di ricerca (USI), IRSOL seminar
27.11	Louise Harra, Prof. (PMOD/WRC/ETHZ, Switzerland)
27.11	Lucia Kleint, Prof. (UniBern, Switzerland)
29.11	Participants of the 6th SCOSTEP Workshop (Switzerland)
5.12	Nicola Storelli, Prof. (SUPSI, Mendrisio, Switzerland)
9.12	Kapitolina Leonova (ZHdK, Zurich, Switzerland)

Visits to other institutes

Visite ad altri istituti

26.1	ETH Zurich University Archives (M. Bianda, R. Ramelli)
2-4.4	STIX group, FHNW, Windisch (F. Vitali)
10.4	ISEA-SUPSI, Lugano (D. Gisler, R. Ramelli)
10-11.6	Institut für Sonnenphysik (KIS), Freiburg, Germany (F. Riva)
12-15.7	Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Tenerife, Spain (O. Steiner)
23-27.9	New Jersey Institute of Technology (A. Battaglia)
11.10	PMOD/WRC, Davos (A. Battaglia)
20.11	Institut für Teilchen und Astrophysik, ETH Zurich (A. Battaglia)
10.12	ISEA-SUPSI, Lugano (D. Gisler, R. Ramelli)

Committee memberships

Appartenenza a comitati

Belluzzi, L.	Member, Examination Committee of the PhD thesis "3D inversion of chromospheric structures" of M.Sc. Andrés Vicente Arévalo, Universidad de la Laguna, Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Tenerife, Spain, November 20, 2024. Member, Scientific Organizing Committee, Solar Polarization Workshop 11, Prague, Czech Republic, September 8-12, 2025. Member, Euler Institute Board
Berdyugina, S.V.	Member, ISSI Science Committee, and Chair of the heliophysics panel, Bern Member, Swiss Commission for Astronomy (SCFA), Swiss Academy of Science (SCNAT). Member, College of Helvetic Astronomy Professors (CHAPS). Member, Advising Board of the "Solar Physics" journal. Executive Committee Member, Board of Trustees, EST Foundation Canarias. Member, Euler Institute Board
Ramelli, R.	Treasurer of the Swiss SCOSTEP committee. President of Società Astronomica Ticinese. Vice-President of Associazione Specola Solare Ticinese.
Steiner, O.	Member, Science Advisory Committee, Rosseland Center for Solar Physics (RoCS), University of Oslo, Norway. Member, evaluation committee Data Science Training (DSTrain) program, University of Oslo, Norway. Member, examination panel of the doctoral thesis of MSc Andrea Permodo García, University of San Christóbal de La Laguna, Spain, July 12, 2024.
Zeuner, F.	Member, EST Science Advisory Group (SAG).



Marina Carobbio Guscetti, State Councilor of Canton Ticino and Director of Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (DECS) visiting IRSOL, together with IRSOL President, Director and Vice-Director.

Marina Carobbio Guscetti, Consigliera di Stato del Canton Ticino e Direttrice del Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport (DECS) in visita all'IRSOL, insieme al Presidente, alla Direttrice e al Vice-Direttore dell'IRSOL.



Team work by KIS and IRSOL staff on the joint project ZIMPOL@GREGOR.

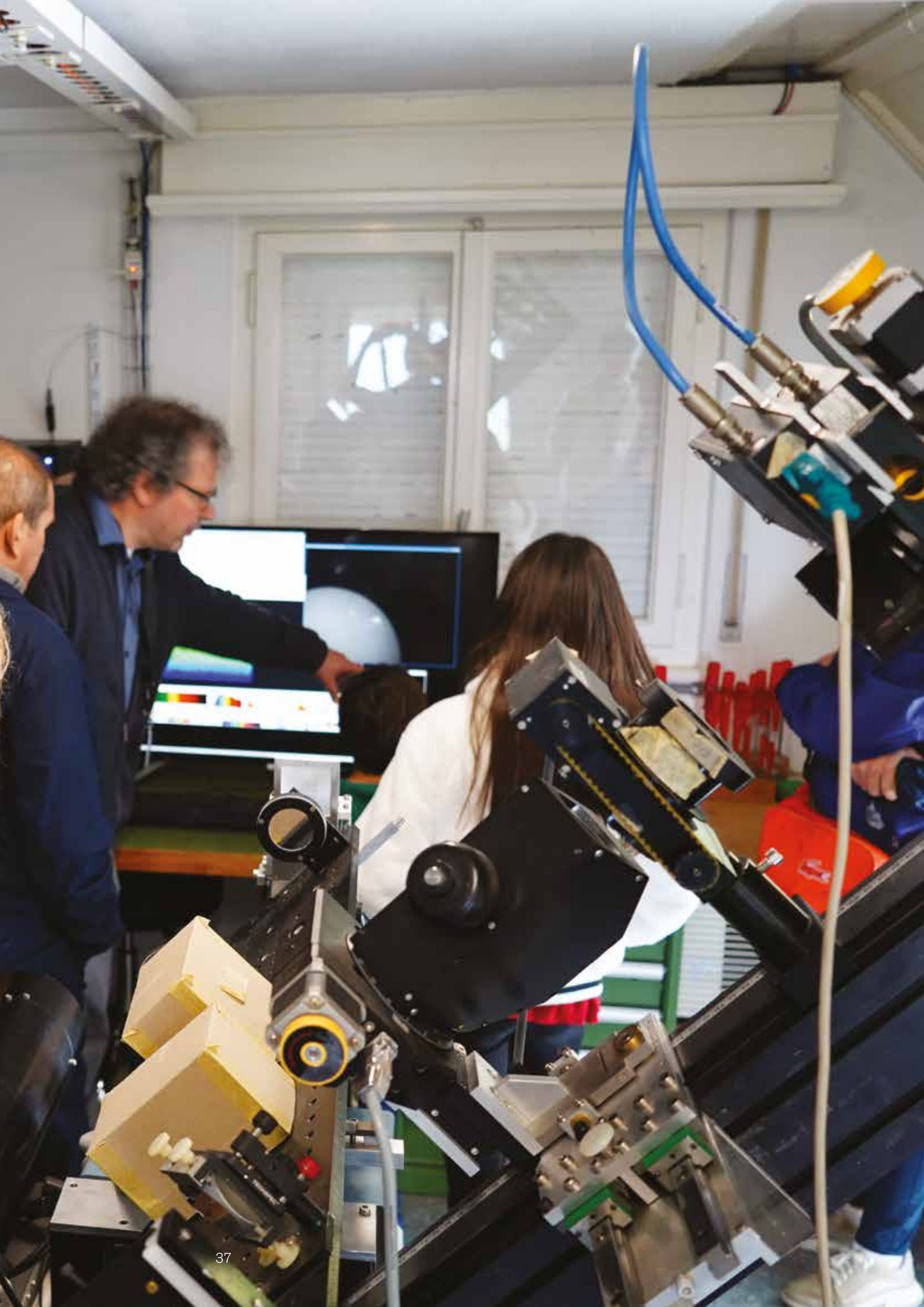
Lavoro di gruppo dello staff del KIS e dell'IRSOL sul progetto congiunto ZIMPOL@GREGOR.



Prof. Ernst Wit, director of the Institute of Computing and vice dean of the Faculty of Informatics (USI), with the research group visiting IRSOL and presenting on their research in data science.

Il Prof. Ernst Wit, direttore dell'Istituto di informatica e vicepresidente della Facoltà di scienze informatiche (USI), con il gruppo di ricerca in visita all'IRSOL per presentare la propria ricerca in data science.





Aghaei, Faezeh

MSc thesis, title: "Modeling of Polarized Reflected Light from Exoplanets", University of Freiburg (UFR), Germany. Supervisors: Prof. Dr. S.V. Berdyugina (IRSOL/KIS), Prof. S. Vogl (UFR).

Hamdan, Kamal

MSc thesis, title: "Determining starspot and exoplanet properties from stellar flux variations measured by the Kepler space telescope", University of Freiburg (UFR), Germany. Supervisors: Prof. Dr. S.V. Berdyugina (IRSOL/KIS), Prof. M. Schumann (UFR)

Díaz-Castillo, Saida Milena

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

Vitali, Francesco

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

Corecco, Samuel

Master thesis, title (prov.): "Using Artificial Intelligence for retrieving physical parameters of solar plasma from spectropolarimetric data", Prof. Svetlana Berdyugina (IRSOL/USI).

Bianda, Aline

"Determinazione delle temperature in macchie solari", Collegio Papio. Supervisors: Maurizio Bettinzoli, Svetlana Berdyugina

Cantoni, Marco

"Sulla rotazione differenziale della superficie solare. Misura spettroscopica della velocità angolare", Liceo di Mendrisio. Supervisor: Alessandra Caimi

Lippis, Alessio

"Analisi di macchie solari mediante la teoria del trasporto radiativo di luce polarizzata", Liceo di Bellinzona. Supervisor: Gioele Janett

Chiesi, Yannik

"Stima di campi magnetici solari tramite la modellizzazione di misure spettropolarimetriche", Liceo di Bellinzona. Supervisor: Gioele Janett

Arrivabeni, Umberto

Diploma work, internship, 1.1-29.2

Construction of parts for installation of old and new declination motors. Construction of a small refractor for the automatic guiding system of the Specola Solare Ticinese. Costruzione di pezzi per l'installazione di vecchi e nuovi motori di declinazione. Costruzione di un piccolo rifrattore per il sistema di guida automatica della Specola Solare Ticinese. Supervisors: M. Bianda, G. Mari

Righetti, Milton

Diploma work, internship, 1.1-31.3

Commissioning of the new electronic system for opening and closing the spectrograph grating protection. Commissioning of the air monitoring system inside the telescope. Collaboration for repair work on the opening slide of the observatory roof. Messa in funzione del nuovo sistema elettronico di apertura e chiusura della protezione del reticolo dello spettrografo. Messa in funzione del sistema di monitoraggio dell'aria all'interno del telescopio. Collaborazione per lavori di riparazione dell'anta di apertura del tetto dell'osservatorio. Supervisors: M. Bianda, G. Mari

Fornoni, Noah

Civil service, 8.1-3.3

Programming of new telescope motors.

Programmazione dei nuovi motori del telescopio. Supervisors: D. Gisler, R. Ramelli

Cuénod, Gabriel

Civil service, 26.2-14.7

Preparing ZIMPOL data for dissemination through Solar Virtual Observatory. Preparazione dei dati ZIMPOL per la diffusione attraverso l'Osservatorio solare virtuale. Supervisor: S. Berdyugina

Schwender, Denny

Civil service, 12.3-26.4

Programming in Python a code to display spectropolarimetric observations.

Programmazione in Python di un codice per visualizzare le osservazioni spettropolarimetriche. Supervisors: F. Zeuner, R. Ramelli

Besana, Davide

Civil service, 22.4-31.5

Design of the new fixed slow solar polarization modulation device installed in front of the telescope. Progettazione del nuovo dispositivo fisso di modulazione lenta della polarizzazione solare, installato di fronte al telescopio. Supervisor: M. Bianda

Forni, Ariele

Civil service, 27.5-21.6

Observatory renovation work plans. Progettazioni lavori di rinnovo dell'osservatorio.

Supervisors: M. Bianda, G. Mari

Bhanu Prakash Maruboyina

Internship, 15.7-31.7

Optimizing the inversion code based on the Occam's principle approach. Ottimizzazione del codice di inversione basato sull'approccio del principio di Occam. Supervisor: S. Berdyugina

Berdyugina

Kan, Andrey

Internship, 22.7-31.7

Image processing development for the context camera. Sviluppo dell'elaborazione delle immagini per la telecamera di contesto. Supervisor: A. Battaglia.

Barberi, Leonardo

Civil service, 8.7 – 2.8

Developing a new inversion code using neural networks. Sviluppo di un nuovo codice di inversione con reti neurali. Supervisor: S. Berdyugina

Tommasini, Edgar

Civil service, 12.8-9.9

Design of the electronic interface system between the limit switches placed on the telescope and the control system of the new motors. Progettazione del sistema elettronico di interfaccia tra i fincorsa posti sul telescopio e il sistema di controllo dei nuovi motori. Supervisor: M. Bianda

Pereira, Nuno

Internship, 13.10-25.10

Laboratory measurements of polarized reflected light from natural and artificial samples.

Misure di laboratorio della luce polarizzata riflessa da campioni naturali e artificiali.

Supervisor: S. Berdyugina

Mauro, Giairo

Civil service, 26.8-25.10, 5.11-20.12

Programming the new telescope motors. Programmazione dei nuovi motori del telescopio. Supervisor: D. Gisler, R. Ramelli

Graziano, Leandro

Civil service, 5.11-31.12

Programming interface for observation sharing database. Programmazione interfaccia per database di condivisione osservazioni. Supervisors: S. Berdyugina, R. Ramelli

Outreach activities
Attività di
comunicazione

Outreach activities in collaboration with Specola Solare Ticinese

Specola Solare Ticinese and IRSOL collaborate to host outreach events for the public. The collaboration is called Centro Astronomico del Locarnese. These events occur monthly on Saturday mornings and focus on solar observations. Additionally, when the brightest planets are visible in the evening, night observations are usually held on Friday evenings during the Moon's first quarter. In total, out of 20 programmed events, 7 took place in 2024 with good weather conditions.

Attività di comunicazione in collaborazione con la Specola Solare Ticinese

La Specola Solare Ticinese e l'IRSOL hanno organizzato insieme diversi eventi di divulgazione per il grande pubblico sotto il nome di Centro Astronomico del Locarnese. Un evento al mese è stato dedicato alle osservazioni solari e si è tenuto il sabato mattina. Inoltre, quando i pianeti più luminosi potevano essere visti la sera, un'osservazione è stata organizzata il venerdì sera intorno al primo quarto di Luna. In totale nel 2024 su 20 eventi programmati se ne sono svolti 7 con buone condizioni meteo.

13.1	Sole, macchie solari
13.4	Sole, macchie solari
5.10	Sole, macchie solari
11.10	Luna, pianeti, oggetti del cielo profondo
23.11	Sole, macchie solari
6.12	Luna, pianeti, oggetti del cielo profondo
21.12	Sole, macchie solari

SNF Agorà project in collaboration with L'ideatorio

The SNSF funded outreach project "Il Sole: La nostra stella" took place in 2022-24 in collaboration with the USI outreach service L'ideatorio, with continuation in 2025. The project is led by Renzo Ramelli and Luca Belluzzi (IRSOL) in collaboration with Janos Cont, Alessio Lavio, Giovanni Pellegrini (L'ideatorio), Gioele Janett (IRSOL) and Svetlana Berdyugina (IRSOL). The project includes an exhibition at L'ideatorio titled "Sole" that opened in September 2023, several outreach events for families and for the general public and training courses for teachers. In the context of the exhibition, 3 encounters with experts were organised between March and June, featuring IRSOL staff members. (R. Ramelli, A. Battaglia, G. Janett).

Progetto SNF Agorà in collaborazione con L'ideatorio

Nel 2023 si è svolto il progetto di divulgazione finanziato dal SNS "Il Sole: La nostra stella" in collaborazione con il servizio di divulgazione dell'USI L'ideatorio, con prosecuzione nel 2024. Il progetto è guidato da Renzo Ramelli e Luca Belluzzi (IRSOL) in collaborazione con Janos Cont, Alessio Lavio, Giovanni Pellegrini (L'ideatorio), Gioele Janett (IRSOL) e Svetlana Berdyugina (IRSOL). Il progetto comprende una mostra presso L'ideatorio dal titolo "Sole" che è stata inaugurata nel settembre 2023, diversi eventi di divulgazione per il pubblico e le famiglie e corsi di formazione per insegnanti. Nel contesto dell'esposizione, fra marzo e giugno sono stati organizzati 3 incontri con gli esperti a cui hanno partecipato alcuni collaboratori dell'IRSOL. (R. Ramelli, A. Battaglia, G. Janett)

Exhibition

Ramelli, R., Belluzzi, L., Cont, J., Lavio, A., Pellegrini, G., Berdyugina, S., et al. "Sole", L'ideatorio, Cadro (16.9.2023–17.7.2025)

Public lectures
Lezioni pubbliche

23.3	Berdyugina, S. "High-precision polarimetry: Applications in astrophysics", Giornata dell'Astronomia, USI, Lugano
------	--

Activities with young students
Attività con giovani studenti

18.1	Chiara Luna Vignali, stage Scuola media
4.3	Martino Amaro, stage Scuola media
9.4	Classe del Liceo di Mendrisio (docente: A. Caimi)

Continuing education for teachers

25.1	Visit to IRSOL by participants of the National didactics congress organised by SUPSI-DFA (approx. 30 participants)
10.4	Visit to IRSOL by Primary school teachers (approx. 8 participants)
15.4	Visit to IRSOL by High school teachers (approx. 25 participants)
23.10	Janett, G., Continuing education course for elementary-school teachers (L'ideatorio, Cadro)

Events organised by IRSOL or with IRSOL as partner

23.2	Giornata dell'Astronomia, USI (in collaboration with Società Astronomica Ticinese)
25.5	Open day at IRSOL and Specola
24.10	Caccianiga, L., public lecture (Biblioteca cantonale, Bellinzona), I tre messaggeri
29.11	Berrilli F., public lecture (Aula magna, Liceo Locarno), Il Sole magnetico e l'impatto sulla tecnologia nello spazio e a Terra

Activities with schools	27.3	Ramelli, R., TecDay, Liceo di Locarno, Cosa ci svela la luce delle stelle
	26.3	Riva, F., giornate autogestite, Liceo di Locarno, La fusione nucleare
	11.3	Janett, G., giornate autogestite, Liceo di Bellinzona, Lo studio del Sole presso l'IRSOL
TV	22.1	RSI LA1, "Siamo Fuori", interview/intervista to/a R. Ramelli
	12.2	RSI LA1, "Memory", interview/intervista to/a M. Bianda
	10.5	RSI LA1, "Infonotte", interview/intervista to/a R. Ramelli
	11.5	TeleTicino, "News", interview/intervista to/a R. Ramelli
	25.5	TeleTicino, "News", Open Day at IRSOL, interview/intervista to/a S. Berdyugina
	11.10	TeleTicino, "News", interview/intervista to/a R. Ramelli
Radio	10.1	Rete 1, interview/intervista by N. Colotti to/a R. Ramelli
	10.4	Rete1, Mille voci, interview/intervista to/a A. Battaglia, R. Ramelli
	11.5	Rete1, Sei di sera, interview/intervista to/a R. Ramelli
	24.5	Rete1, Mille voci, interview/intervista to/a R. Ramelli
	25.5	Rete2, il Giardino di Albert, interview/intervista to/a A. Battaglia
	27.12	"Seidiserà", Rete Uno, interview/intervista to/a F. Riva
Newspapers	22.7	Sui monti sopra Locarno si studiano il sole e le sue meraviglie, la Regione
	27.12	Un milione per la ricerca sul sole, Corriere del Ticino
USI Flash	18.3	Newsletter #5 SP, Giornata dell'astronomia / Astronomy day
	21.5	Newsletter #13 SP, Alla scoperta del Sole con le porte aperte dell'IRSOL / Discovering the Sun at IRSOL open day
	27.5	Newsletter #14 SP, Grande successo per le porte aperte di Bios+ e IRSOL / Success for Bios+ and IRSOL open days
	26.8	Newsletter #2 estate/summer, Pubblicato il Rapporto annuale 2023 dell'IRSOL / IRSOL Annual Report 2023 published
	21.10	Newsletter #6 SA, L'aurora come fenomeno di meteorologia spaziale / Aurora as a Space Weather event in the Locarno region
	21.10	Newsletter #6 SA, Servizio ricerca – Dal FNS luce verde a nove progetti di ricerca dell'USI
	18.11	Newsletter #10 SA, Il Sole magnetico e il suo impatto sulla tecnologia / The magnetic Sun and its impact on technology
	25.11	Newsletter #11 SA, Il Sole magnetico e il suo impatto sulla tecnologia / The magnetic Sun and its impact on technology
Magazines Riviste		All'IRSOL il Sole è una fonte di continue scoperte, Losoneè
Other Altro	9.9	"Occhi elettronici" ticinesi per potenziare il lavoro del telescopio solare Sunrise III, TicinoScienza





**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. Raffaella Castagnola-Rossini
Prof. Dr. Patrick Gagliardini
Prof. Dr. Roberto Gardenghi
Dr. Gianfranco Giugni
Prof. Dr. Benedetto Lepori

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 Berdyugina
Dr. Renzo Ramelli
Dr. Oskar Steiner

Researchers

Ricercatori

Dr. Michele Bianda
Dr. Andrea Battaglia
Dr. Daniel Gisler
Dr. Gioele Janett
Dr. Ioannis Kontogiannis
Dr. Fabio Riva
Dr. Franziska Zeuner

Affiliated Researchers

Ricercatori affiliati

Dr. Wakiko Ishibashi
Ing. Christian Monstein
Prof. Dr. Jan O. Stenflo
Dr. Simone Riva

PhD Students

Studenti di dottorato

Francesco Vitali

Technical Staff

Personale tecnico

Gianpaolo Mari

Internships – civil service

Stagisti – servizio civile

Umberto Arrivabeni
Leonardo Barberi
Davide Besana
Gabriel Cuénod
Ariele Forni
Noah Fornoni
Leandro Graziano
Andrey Kan
Giairo Mauro
Bhanu Prakash Maruboyina
Milton Righetti
Denny Schwender
Edgar Tommasini

Outsourced Services

Servizi esternalizzati

HSI ZETA
IT services
Specola Solare Ticinese
Comunicazione istituzionale e divulgazione /
Institutional communication & Outreach
IDM Pulizie Generali
Servizio di pulizia / cleaning services
Dema Service Sagl
Orselina, impresa di giardinaggio / gardening services

MHD simulations group
members at discussion.

I membri del gruppo di lavoro
sulle simulazioni numeriche
magnetoidrodinamiche di
atmosferae solari e stellari
durante una riunione.





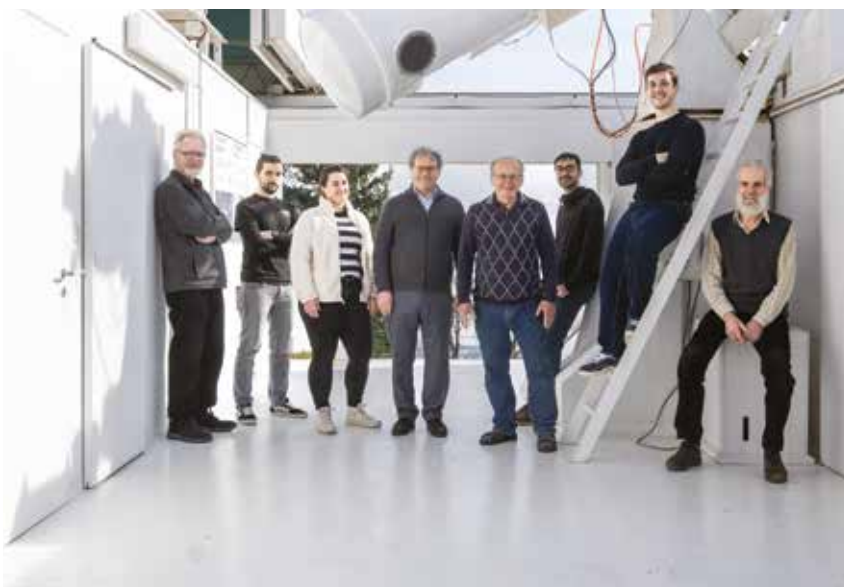
Theory of the polarized solar radiation group members at discussion.

I membri del gruppo di lavoro sulla teoria della radiazione solare polarizzata durante una riunione.



Solar magnetism and Space weather group members at discussion.

I membri del gruppo di lavoro sul magnetismo solare e sulla meteorologia spaziale durante una riunione.



Observations and Instrumentation group members at the telescope.

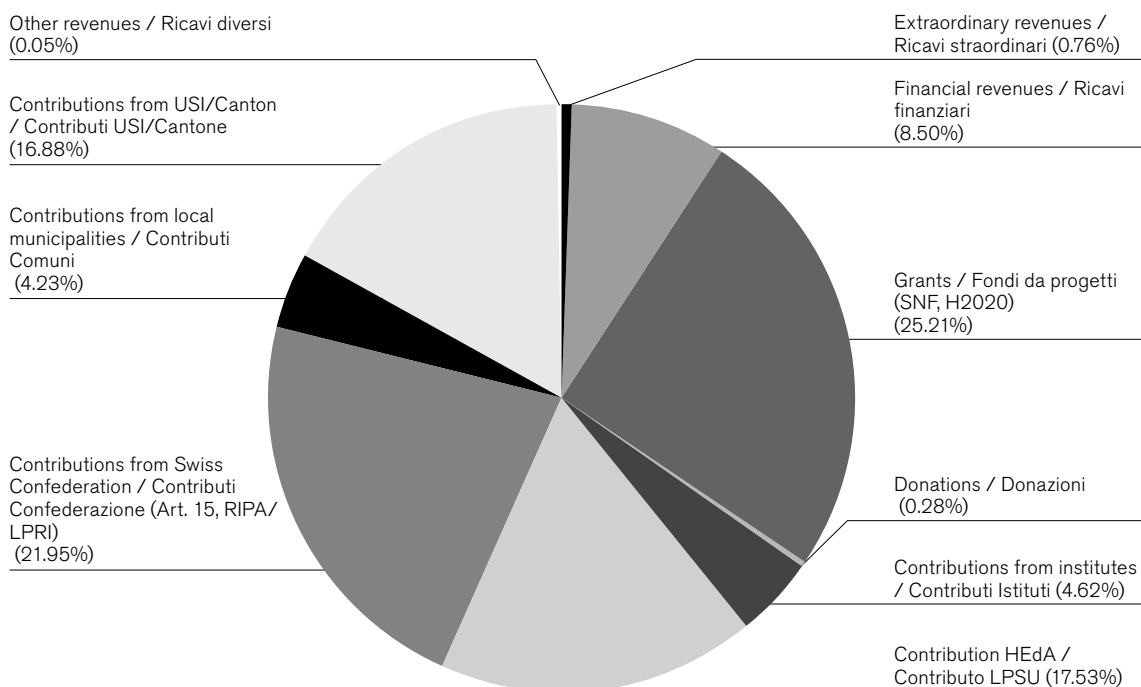
I membri del gruppo di lavoro sull'osservazione e la strumentazione davanti al telescopio.

Balance sheet 2024 / Bilancio 2024	Assets / Attivi	Liabilities / Passivi
Liquidity / Liquidità	428'893	
Other receivables / Altri crediti a breve termine	29'396	
Temporary receivables / Ratei e risconti attivi	265'768	
Financial assets / Immobilizzazioni finanziarie	3'067'751	
Tangible Fixed Assets / Immobilizzazioni materiali	1'038'271	
Instrumentation / Strumentazione	404'347	
Temporary payables / Ratei e risconti passivi		284'817
Long term liabilities / Capitale terzi a lungo termine		225'867
Equity of the foudation / Capitale proprio		4'715'009
Annual result / Risultato d'esercizio		8'733
Total / Totali	5'234'425	5'234'425

Profit and Loss Account 2024 / Conto economico 2024	Revenues / Ricavi	Costs / Costi
Personnel costs / Costi per il personale		883'575
Maintenance of buildings / Manutenzione stabili		33'844
Maintenance of equipments / Manutenzione strumentazione		4'448
Administrative costs / Costi amministrativi		22'368
Management costs / Spese di gestione		15'065
Technical and IT equipment / Materiale tecnico ed informatico		6'956
Seminars / Seminari		1'770
Travels and lodging / Trasferte e alloggi		7'381
Project costs / Costi relativi a progetti		29'701
Support for institutional communication / Supporto per la comunicazione istituzionale		10'000
Event expenses, open days / Spese eventi, porte aperte		2'383
Donations and contribution / Donazioni ed elargizioni		5'000
Other costs / Altri costi		377
Depreciation / Ammortamenti		32'111
Contributions from USI/Canton / Contributi USI/Cantone	186'860	
Contribution from local municipalities / Contributi Comuni	46'834	
Contribution from Swiss Confederation / Contributi Confederazione (Art. 15, RIPA/LPRI)	243'000	
Contribution HEdA / Contributo LPSU	194'026	
Contribution from institutes / Contributi Istituti	51'185	
Donations / Donazioni	3'080	
Grants / Fondi da progetti (SNF, H2020)	279'101	
	1'004'086	1'054'978
Margin before non operational items / Risultato operativo prima del risultato accessorio		-50'892
Financial costs / Costi finanziari		43'357
Financial revenues / Ricavi finanziari	94'054	
Other revenues / Ricavi diversi	523	
Extraordinary revenues / Ricavi straordinari	8'405	
Annual result / Risultato d'esercizio		8'733
Total / Totali	1'107'068	1'107'068

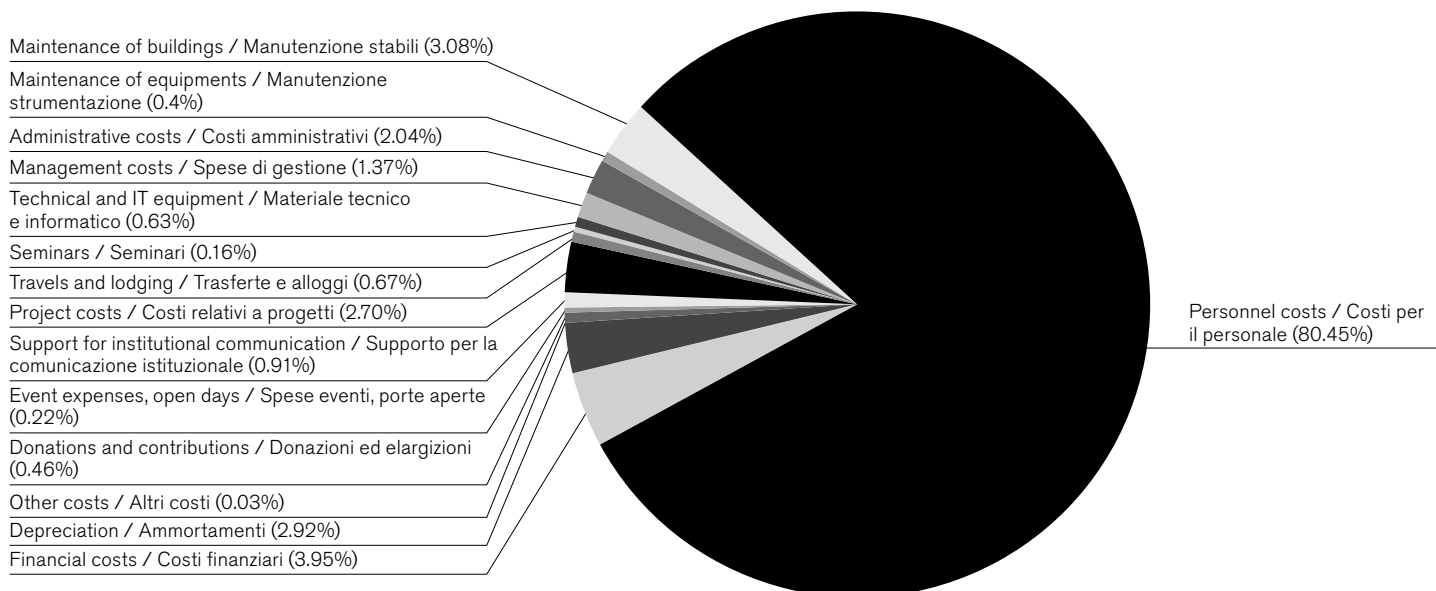
**Revenues 2024:
ordinary revenues
and contributions**

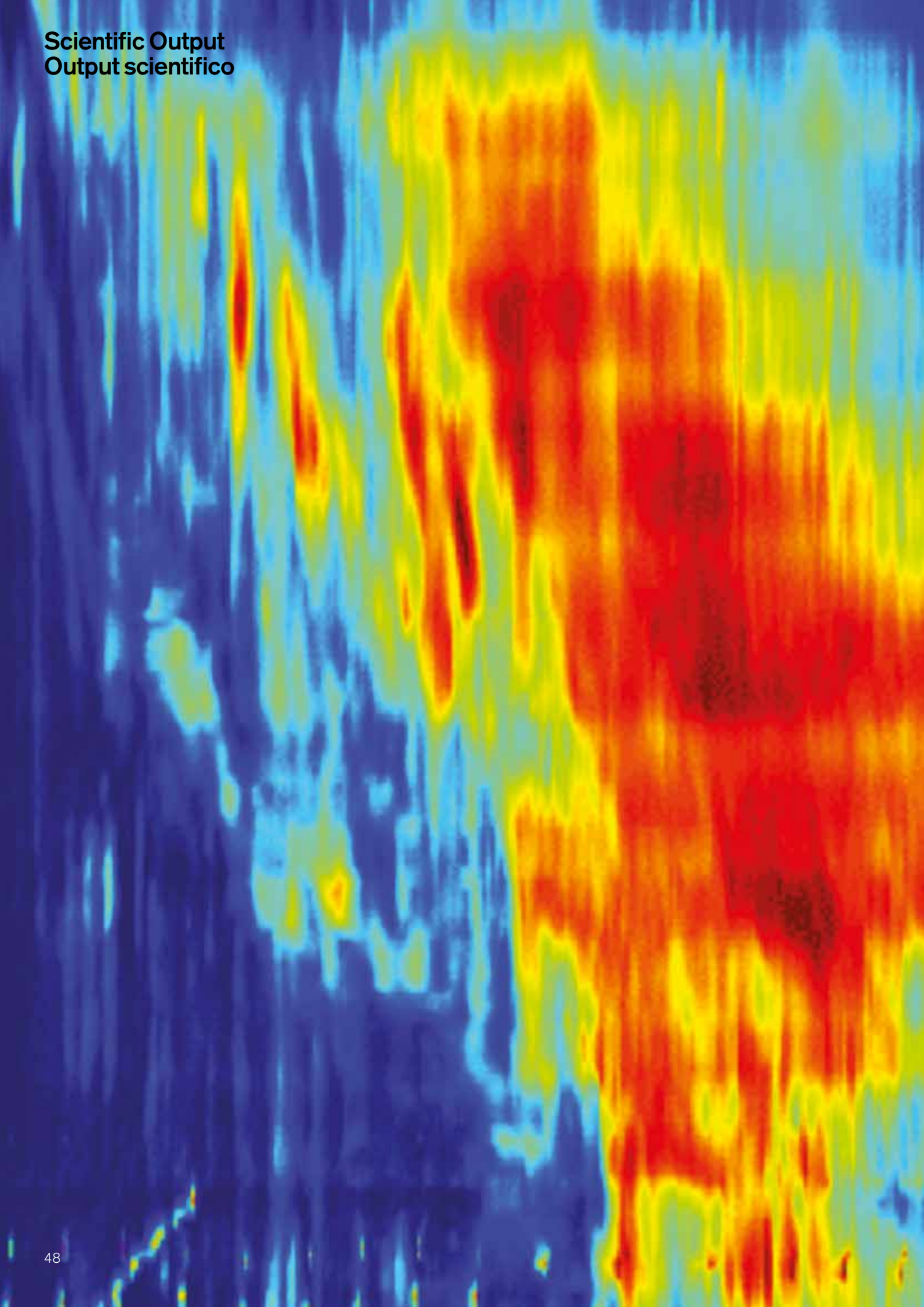
**Ricavi 2024:
fondi e contributi
ordinari**

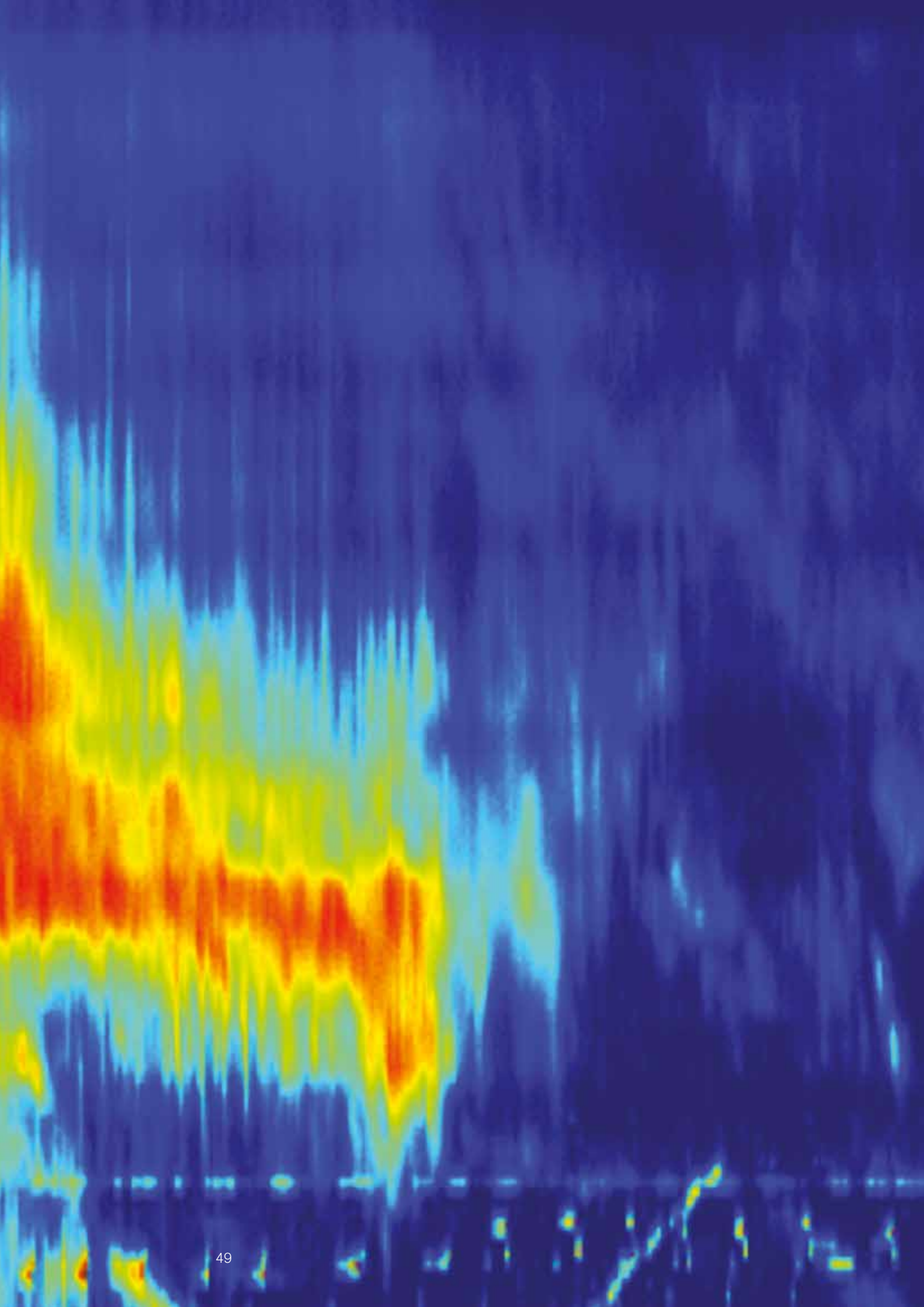


**Costs
2024**

**Costi
2024**







Burst-classifier: Automated classification of solar radio burst type II, III and IV for CALLISTO spectra using physical properties during maximum of solar cycle 24
Afandi, N.Z.M., Umar, R., Sabri, N.H., Safei, S., [Monstein, C.](#), Lau, C.C., Syed Zafar, S.N.A., *Advances in Space Research*, 74, 6104

Radio Signature of the Strong Compression between a Streamer and a Coronal Hole Boundary

Aguilar-Rodriguez, E., Vourlidas, A., Corona-Romero, P., [Monstein, C.](#), Reeve, W. D., Romero-Hernandez, E., Andrade-Mascote, E., Villanueva-Hernandez, P., Peralta-Mendoza, I.A., Perez-Leon, J.E., Perez-Tijerina, E., *Astrophysical Journal Letters*, 970, L35

Accurate modelling of the forward-scattering Hanle effect in the chromospheric Ca I 4227 Å line

[Belluzzi, L.](#), [Riva, S.](#), [Janett, G.](#), [Guerreiro, N.](#), [Riva, F.](#), Benedusi, P., del Pino Alemán, T., Alsina Ballester, E., Trujillo Bueno, J., and Štěpán, J., *Astronomy & Astrophysics*, 691, A278

Observation of an Extraordinary Type V Solar Radio Burst: Nonlinear Evolution of the Electron Two-Stream Instability

Benz, A.O., Huber, C.R., Timmel, V., [Monstein, C.](#), *Solar Physics*, 299, id.146

Searching for magnetic fields in featureless white dwarfs with the DIPOL-UF polarimeter at the Nordic Optical Telescope

Berdyugin, A., Landstreet, J., Bagnulo, S., Pirola, V., & [Berdyugina, S.V.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 690, A10

The KIS Science Data Centre: Concept, Data, Data Access, and Analysis Tools

Caligari, P., Aghaei, F., Beck, J., Bello González, N., [Berdyugina, S.](#), Bühner, A., Diercke, A., Gorbachev, I., Gorobets, A.Y., Günter, M., Hamdan, K., Hochmuth, A., Hohl, L., Kehusmaa, P., Knobloch, M., Patel, S., Schmassmann, M., Vigeesh, G., Yakobchuk, T., Franz, M., Hederer, T., Schaffer, C., Collados, M., *Solar Physics*, 299, 143

Innovative and automated method for vortex identification. II. Application to numerical simulations of the solar atmosphere

[Canivete Cuissa, J.R.](#), & [Steiner, O.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 682, A181

Small-scale vortical motions in cool stellar atmospheres

[Canivete Cuissa, J.R.](#), [Riva, F.](#), & [Steiner, O.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 689, A198

Impact of numerical conversion to optical depth on transfer of polarized radiation

[D'Anna, M.](#), [Janett, G.](#), [Belluzzi, L.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 689, A90

Connectivity between the solar photosphere and chromosphere in a vortical structure: Observations of multi-phase, small-scale magnetic field amplification

Díaz-Castillo, S.M., Fischer, C.E., Rezaei, R., [Steiner, O.](#), & [Berdyugina, S.V.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 691, A37

The Multifaceted M1.7 GOES-class Flare Event of 21 April 2023 in AR13283

Elmhamdi, A., Marassi, A., Romano, P., Contarino, L., AlShehri, W., [Monstein, C.](#), *Solar Physics*, 299, 109

Modelling the scattering polarization in the solar Ca I 4227Å line with angle-dependent PRD effects and bulk velocities

[Guerreiro, N.](#), [Janett, G.](#), [Riva, S.](#), Benedusi, P., & [Belluzzi, L.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 683, A207

The analysis of type II and type III solar radio bursts: GUI for the e-CALLISTO data

Hettiarachchi, Y., Adassuriya, J., Jayaratne, C., Jayawardhana, S., & [Monstein, C.](#), *New Astronomy*, 109, 102194

Gravitational wave mergers of accreting binary black holes in AGN discs

[Ishibashi, W.](#), & Gröbner, M., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 529, 883

Numerical solutions to linear transfer problems of polarized radiation. IV. Efficient preconditioning in a physics-based framework

[Janett, G.](#), Benedusi, P., & [Riva, F.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 682, A68

Observation and Modeling of the Circular Polarization of the Cr I Magnetic-field-induced Transition at 533.03 nm

Li, H., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., & [Zeuner, F.](#) *The Astrophysical Journal*, 964, 155

Mapping the Longitudinal Magnetic Field in the Atmosphere of an Active Region Plage from the Inversion of the Near-ultraviolet CLASP2.1 Spectropolarimetric Data

Li, H., del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., Ishikawa, R., Alsina Ballester, E., McKenzie, D., [Belluzzi, L.](#), Song, D., Okamoto, T. J., Kobayashi, K., Rachmeler, L. A., Bethge, C., and Auchère, F., *The Astrophysical Journal* 974, 154.

An Assessment of Solar Cycle 25 progress through observation of SRBs and associated Geomagnetic Storms

Ndacyayisenga, T., Uwamahoro, J., Sasikumar Raja, K., Uwamahoro, J. C., Kwisanga, C., & [Monstein, C.](#), *Advances in Space Research*, 73, 6274

Low-Frequency solar radio type II bursts and their association with Space Weather events during the ascending phase of solar cycle 25

Ndacyayisenga, T., Uwamahoro, J., Uwamahoro, J.C., Izuikedin-achi Okoh, D., Sasikumar Raja, K., Babatunde Rabi, A., Kwisanga, C., [Monstein, C.](#), *Annales Geophysicae*, 42, 313-329

Evidence for flare-accelerated particles in large scale loops in the behind-the-limb gamma-ray solar flare of September 29, 2022

Pesce-Rollins, M., Klein, K.-L., Krucker, S., Warmuth, A., Veronig, A. M., Omodei, N., & [Monstein, C.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 683, A208

Simulating small-scale dynamo action in cool main-sequence stars

[Riva, F.](#), [Steiner, O.](#), & Freytag, B., *Astronomy & Astrophysics*, 684, A7

Simulating small-scale dynamo action in cool main-sequence stars (Corrigendum)

[Riva, F.](#), [Steiner, O.](#), & Freytag, B., *Astronomy & Astrophysics*, 689, C1

Diagnostic potential of wavelength-integrated scattering polarization in the solar He II Ly-alpha line

[Riva, F.](#), [Janett, G.](#), & [Belluzzi, L.](#), *Astronomy & Astrophysics*, 688, A137

Comparing Observed with Simulated Solar-disk-center Scattering Polarization in the Sr I 4607 Å Line

[Zeuner, F.](#), del Pino Alemán, T., Trujillo Bueno, J., & Solanki, S. K., *The Astrophysical Journal*, 964, 10

Exploring solar flares and solar radio bursts associated with β - γ - δ active regions during the ascending phase of the solar cycle 25

Afandi, N.Z.M., Umar, R., Zafar, S.N.A.S., Sabri, N.H., Monstein, C., Journal of Physics: Conf. Ser., 2915, id.012009

Spectropolarimetric observations of multi-phase small-scale magnetic field amplification in a vortical structure

Díaz-Castillo, S.M., Fischer, C.E., Rezaei, R., Steiner, O., & Berdyugina, S.V. in EAS2024, European Astronomical Society Annual Meeting, Session S15: High-Resolution Solar Observations in the Time, Space, and Spectral Domains, id. 1240. Online at <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024eas..conf.1240D/abstract>

Simulating small-scale dynamo action in cool main-sequence stars

Riva, F., Steiner, O., & Canivete Cuissa, J.R. in EAS2024, European Astronomical Society Annual Meeting, Session S15: High-Resolution Solar Observations in the Time, Space, and Spectral Domains, id. 1664. Online at <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024eas..conf.1664R>.

Sunspot simulations: proof of concept

Riva, F., & Steiner, O. in: H.-G. Ludwig (ed.), The CO5BOLD Quarterly Companion 33

Vortical motions in the solar atmosphere: observations, physics, cause and effect

Steiner, O., Canivete Cuissa, J.R., Riva, F., & Vigees, G. in Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG, EP: Fachverband Extraterrestrische Physik. Online at <https://www.dpg-verhandlungen.de/year/2024/conference/greifswald/part/ep/session/3/contribution/3>

On the magnetic source of chromospheric heating

Steiner, O. & Vigeesh, G. in 17th European Solar Physics Meeting. Online at <https://indico.ict.inaf.it/event/2553/contributions/19574/>

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

Steiner, O. & Vigeesh, G. in 19th MHD Days 2024. Online at <https://meetings.aip.de/event/1/contributions/23/>

Sunspot Group Database of the Specola Solare Ticinese

Ramelli, R., Cagnotti, M. (2024), (Version 2024A) [Data set], Zenodo. Online at <https://doi.org/10.5281/zenodo.12200855>

Underlined authors are
researchers and affiliated
researchers of IRSOL.

Gli autori sottolineati
sono ricercatori dell'IRSOL
o affiliati all'IRSOL.

**Grants
Finanziamenti**

**Proposals accepted in
2024**

**Progetti approvati nel
2024**

SNSF Grants / Finanziamenti FNS

"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

Battaglia, A., SSAA travel grant, 1000 CHF
Battaglia, A., Travel support to visit the New Jersey Institute of Technology (NJIT)
Ramelli, R., SSAA outreach financial support for IRSOL Open Days, 3000 CHF
Vitali, F., SSAA travel grant, 1000 CHF

"Modeling the polarization of the chromospheric Ca I 4227 Å line in 3D models of the solar atmosphere with partial frequency redistribution", Barcelona Supercomputing Center, 2 Million CPU hours granted
del Pino Aleman, T. (PI), Belluzzi, L., Benedusi, P., Krause, R., Riva, S., Štěpán, J., Trujillo Bueno, J., 7–10.2024

**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

Other 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.

"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, 11.2024–10.2026

**Projects concluded in
2024**

**Progetti conclusi nel
2024**

SNSF Grants / Finanziamenti FNS

"The Sun: our star" SNSF Agorà, in collaboration with USI L'ideatorio, 199'997 CHF
Ramelli, R., Belluzzi, L., 9.2022–8.2024

Others Grants / Altri finanziamenti

"Generalization to non-linear settings of preconditioned Krylov solvers for linear transfer problems of polarized radiation", Euler Institute Co-Fund program, USI, 25'000 CHF
Belluzzi, L., Krause, R., 10.2023–9.2024

"Simulating 3D radiative transfer of polarized radiation in stellar atmospheres with partial frequency redistribution", CSCS small project "sm74", quarterly allocation: 8750 node hours, equivalent in total to about 30'000 CHF
Benedusi, P. (PI), Krause, R., Belluzzi, L., Štěpán, J., Trujillo Bueno, J., 2.2023–12.2024

DKIST observations and simulations of a shock wave emanating from a magnetic tornado

Steiner, O., Meeting of the international team WaLSA: Waves in the Lower Solar Atmosphere, 8–12.1, Oslo, Norway.

The GREGOR Slow Polarization Modulator

Zeuner, F., Gisler, D., Bianda, M., Ramelli, R., KIS Seminar, 29.1, Freiburg, Germany

Vortical motions in the solar atmosphere: observations, physics, cause and effect

Steiner, O., Meeting of the Deutsche Physikalischen Gesellschaft (DPG), Extraterrestrial Physics Division, Sun and Heliosphere, 26–29.2, Greifswald, Germany (invited talk)

Structural technosignatures in reflected light

Berdyugina, S., NASA Technosignature seminar, 29.2, NASA GSC, USA (online)

La ricerca di punta dell'IRSOL

Janett, G., AASS General Assembly, 22.3, Switzerland

Exoplanet albedo variations as a new window into exogeology and exolife,

Berdyugina, S., ISSI Workshop on Exogeology, 8-12.4, Bern, Switzerland (invited talk)

All hard microflares are rooted in sunspots

Battaglia, A., STIX meeting, 3–7.6, Paris, France

Modeling the polarization of strong chromospheric lines and its magnetic sensitivity

Belluzzi, L., 17th European Solar Physics Meeting (ESPM), 9–13.9, Turin, Italy,

On the magnetic source of chromospheric heating

Steiner, O., 17th European Solar Physics Meeting (ESPM), 9–13.9, Turin, Italy

All microflares that accelerate electrons to high energies are rooted in sunspots

Battaglia, A., New Jersey Institute of Technology, Physics Department Seminar, 23.9, USA

Sunspot records in Locarno and the comparison of the weighted and unweighted counting method

Ramelli, R., Cagnotti, M., Manna, A., Bianda, M., Gatti, M., Space Climate 9 Symposium, 4.10, Nagoya, Japan (solicited talk)

New insights on the proton precipitation sites in solar flares

Battaglia, A., STIX-EUI meeting, 21–24.10, Windisch, Switzerland

Hard microflares: open questions and future Solar Orbiter Observing Plans (SOOPs)

Battaglia, A., STIX-EUI meeting, 21–24.10, Windisch, Switzerland

IRSOL synoptic flare program: diagnostic potential of spectropolarimetry in the visible

Vitali, F., Battaglia, A., Ramelli, R., Berdyugina, S., Belluzzi, L., STIX-EUI meeting, 21–24.10, Windisch

On the proton precipitation sites in solar flares

Battaglia, A., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno, Switzerland

Sunspot records in Locarno since 1957

Ramelli, R., Cagnotti, M., Manna, A., Bianda, M., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno

A spectropolarimetric inversion code for strong resonance lines

Janett, G., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno, Switzerland

A 1D radiative transfer code to model strong resonance lines with applications to the Mg II h & k, H I Ly- α , and He II Ly- α lines

Riva, F., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno, Switzerland

Some thoughts on the variation of the solar constant

Steiner, O., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno, Switzerland

The IRSOL flare program and the detection of linear polarization in the He I D3 multiplet

Vitali, F., Battaglia, A., Ramelli, R., Berdyugina, S., Belluzzi, L., 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28–29.11, Locarno, Switzerland

ZIMPOL@IRSOL high precision spectropolarimetry in coordination with Sunrise III

Vitali, F., Bianda, M., Ramelli, R., Berdyugina, S., Belluzzi, L., Battaglia, A., Sunrise III co-observers' meeting, 2.12, MPS, Göttingen, Germany (online)

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

Steiner, O., MHD days, Leibniz-Institute for Astrophysics, 2–4.12, Potsdam, Germany

**Posters
Poster**

Solar Radio Type V Burst: Scattering, Trapping, and Emission Process of a Dense Electron Beam

Benz, A., Huber, C., Timmel, V., Monstein, C., 32nd General Assembly International Union (IUGA 2024), Capetown, South Africa, poster id. 667

Observing the Annular and Total Solar Eclipse Using a Low-Cost GHz Radio Instrument

Kumari, A., Mohan, A., Monstein, C., Raju, H., Gopalswamy, N.
AGU Fall Meeting 2024, held in Washington, D.C., 9-13 December 2024, Session: SPA-Solar and Heliospheric Physics / Asynchronous Online Poster Presentations: Space Physics and Aeronomy—Solar and Heliospheric Physics, id. SH01-25.

Highly precise spectropolarimetry with ZIMPOL at IRSOL and at GREGOR as a tool to study the structure and evolution of solar magnetic fields

Ramelli, R., Zeuner, F., Berdyugina, B., Vitali, F., Gisler, D., Bianda, M., Belluzzi, L., 32nd General Assembly International Union (IUGA 2024), Capetown, South Africa, poster id. 3095, 6.8–15.8

**Participation
Partecipazione**

Ramelli, R., 3. LocarneseTech workshop, SES 30.1

Gisler, D., OTTM meeting, Freiburg D, 7-8.2

Bianda, M., Ramelli, R., Berdyugina, S., 4. LocarneseTech workshop at SUPSI, Gerra Gambarogno, 10.6

Riva, F., European Astronomical Society Annual Meeting (EAS 2024), Padua, Italy, 1.7–5.7

Riva, F., 2nd Solar MHD conference (SOLAR MHD 2024), La Laguna, Spain, 2.9–5.9

Battaglia, A., Belluzzi, L., Berdyugina, S., Bianda, M., Janett, G., Ramelli, R., Riva, F., Steiner, O., Vitali, F., Zeuner, F., 6th Swiss SCOSTEP workshop, Locarno, Switzerland, 28.11–29.11

Zeuner, F., MAP Young Faculty Meeting 2024, Bern, Switzerland, 6.9

Berdyugina, S., Belluzzi, L., Riva, R., Zeuner, F., Bianda, M., Monstein, C., Battaglia, A., SSAA assembly, Zurich, 3.10

Belluzzi, L., 17th European Solar Physics Meeting, Turin, Italy, September 9 – 13, 2024 (in presence, with oral presentation)

Steiner, O., Sunrise III Science Meeting, 1–2.10, Göttingen, Germany

**Organization of
conferences
Organizzazione di
conferenze**

53rd Saas Fee Advanced Course 2024: From Stars to Planets in the Space-based Photometry Era, Saas Fee, Switzerland, 29.1-3.2, SOC/LOC: Buldgen, G., Eggenberger, P., Bourrier, V., Berdyugina, S., Ekström, S., Nandal, D.

6th Swiss SCOSTEP Workshop, Locarno, Switzerland, 28–29.11, SOC: Ramelli, R. (member), LOC: Ramelli, R. (chair), Battaglia, A., Belluzzi, L., Gobbi, K., Janett, G., Riva, F., Vitali, F.

Scientific Meeting “Solar Orbiter observations”, Casa del Popolo, Bellinzona, 27.11
LOC: Battaglia, A.; SOC: Battaglia, A. & Janvier, M.



Participants of the 53rd Saas Fee Advanced Course: From Stars to Planets in the Space-based Photometry Era, 29.1-3.2, Saas Fee, Switzerland.

I partecipanti al Saas Fee Advanced Course: From Stars to Planets in the Space-based Photometry Era, 29.1-3.2, Saas Fee, Svizzera.



Participants of the 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28-29.11, Locarno, Switzerland.

I partecipanti al 6th Swiss SCOSTEP Workshop, 28-29.11, Locarno, Svizzera.

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

Printing and binding
Stampa e confezione
Tipografia Cavalli, Tenero

© 2025
Istituto
ricerche
solari
Aldo e Cele
Daccò

Università
della
Svizzera
italiana

Istituto
ricerche
solari
Aldo e Cele
Daccò

IRSOL
Annual
Report
Rapporto
annuale
IRSOL

2024



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

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