



Cristina Poretti, Franziskus Stoffel
19 giugno 2026

Campagna aeroradiometrica 2026

dal 15 al 18 giugno 2026

Rapporto sulle esercitazioni e risultati delle misurazioni



Indice

1	Riassunto	3
2	Campagna aeroradiometrica 2026	5
2.1	Obiettivi generali del team aeroradiometrico	5
2.2	Voli di misurazione sopra il massiccio del San Gottardo e la Surselva	5
2.3	Voli di misurazione sopra Baar, Wädenswil ed Einsiedeln.....	5
2.4	Voli di misurazione nei dintorni degli impianti nucleari svizzeri	6
2.5	Voli di misurazione per acquisire esperienza tecnica	6
2.6	Informazione della popolazione, dei media e delle autorità	6
2.7	Rapporto scientifico	7
2.8	Organizzazioni partner coinvolte nell'esercitazione	7
3	Risultati delle misurazioni	8
3.1	Area di misurazione: massiccio del San Gottardo e Surselva	8
3.2	Area di misurazione «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»	17
3.3	Programma di misurazione standard intorno alle centrali nucleari di Leibstadt e Beznau, all'Istituto Paul Scherrer e allo ZWILAG	19
3.4	Valori di misurazione nelle aree di Mandach/Rotbergegg (AG) e Berg/Schwaderloh (TG).....	24
3.5	Volo di particolare interesse radiometrico intorno al «Chrüz» nella Prettigovia (GR)	27
4	Bilancio	31
	Appendice A: L'aeroradiometria in breve	33

1 Riassunto

Dopo le campagne di misurazione della radioattività svolte nell'ambito di esercitazioni internazionali in Repubblica Ceca nel 2024 e in Svizzera nel 2025, nel 2026 si è tenuta una campagna interamente svizzera secondo il protocollo collaudato.

Nell'ambito della campagna di misurazione, lunedì sono stati sorvolati il massiccio del San Gottardo e la Surselva. In alcune aree scelte, già rilevate alla fine degli anni Ottanta, sono state eseguite nuove misurazioni della radioattività. Uno degli obiettivi era confrontare i risultati ottenuti con i dati storici, in particolare dal punto di vista qualitativo.

Da diversi anni, la CENAL effettua voli di misurazione sopra città, aree densamente popolate e intorno alle infrastrutture critiche. Martedì è stata sorvolata l'area a sud del Lago di Zurigo, da Sihlbrugg al Lago di Sihl, compresi i centri abitati di Wädenswil (ZH), Einsiedeln (SZ) e Baar (ZG). Nello stesso giorno è stato inoltre effettuato un volo ascensionale sopra il Lago di Zugo per determinare il contributo della radiazione cosmica e della radiazione di fondo dell'elicottero all'intensità di dose ambientale misurata (IDA).

Mercoledì si è svolto il programma di misurazione standard, effettuato con cadenza biennale, intorno alle centrali nucleari di Beznau (CNB) e Leibstadt (CNL), all'Istituto Paul Scherrer (PSI) e al deposito intermedio per scorie radioattive (ZWILAG). L'area di misurazione comprendeva anche una striscia di territorio tedesco, che nel 2024 non era stata sorvolata a causa delle condizioni meteorologiche avverse. Nel pomeriggio è stato effettuato un ulteriore volo nell'area interessata dalla nota anomalia naturale del torio nei pressi di Rotbergeg (AG), con l'obiettivo di validare la correzione dell'altitudine. Tra questo punto e il PSI è stata inoltre sorvolata una nuova linea di riferimento.

Giovedì mattina è stata effettuata una misurazione comparativa sul monte «Chrüz» in Prettigovia (GR). Quest'area era già stata sorvolata nel 2023 nell'ambito di una strategia di misurazione alternativa. La settimana aeroradiometrica si è conclusa giovedì pomeriggio con un volo per validare la correzione dell'altitudine nell'area compresa tra Schwaderloh (TG) e il comune di Berg (TG).

Risultati principali della campagna «Aeroradiometria 2026»:

1. Per tutte le aree misurate sono state tracciate mappe della radioattività. Non sono stati rilevati valori anomali.
2. In collaborazione con l'Ispettorato federale per la sicurezza nucleare (IFSN) sono state eseguite le misurazioni di controllo nei dintorni delle centrali nucleari di Beznau e Leibstadt, nonché del PSI. Al di fuori del perimetro degli impianti nucleari non sono stati rilevati valori superiori al fondo naturale di radioattività. Non sono state riscontrate variazioni rispetto agli anni precedenti.
3. Con il volo di misurazione nell'area «Baar – Wädenswil – Einsiedeln» sono stati rilevati valori di riferimento che hanno permesso di colmare una lacuna nei dati relativi alle aree densamente popolate.
4. I voli di misurazione sopra il massiccio del San Gottardo e la Surselva hanno confermato i valori rilevati alla fine degli anni Ottanta e all'inizio degli anni Novanta. Le variazioni delle concentrazioni dei radionuclidi naturali corrispondono ai valori rilevati in passato. Inoltre, nella Val Bedretto (TI) sono state rilevate tracce di cesio-137 (Cs-137), risalenti al disastro nucleare di Cernobyl del 1986. Questo risultato è in linea con le aspettative, poiché a circa quarant'anni dall'esplosione del reattore, si stima che circa il 40% di questo radionuclide sia ancora presente nell'ambiente.

5. La misurazione comparativa eseguita quest'anno nell'area di «Chrüz» (GR) ha dimostrato che i risultati ottenuti con i due metodi sono complessivamente ben allineati e comparabili. Le strategie di volo potrebbero essere ottimizzate privilegiando il volo che segue le curve di livello e prevedendo linee supplementari equidistanti almeno 250 metri tra le singole rotte.
6. I voli di validazione effettuati a quota costante sopra il livello del mare confermano l'efficacia della correzione dell'altitudine fino a 200 metri dal suolo. Tra i 200 e i 300 metri dal suolo, la precisione delle misurazioni diminuisce progressivamente. Oltre i 300 metri dal suolo, il segnale è troppo debole per compensare in modo affidabile l'attenuazione dovuta alla distanza mediante la correzione dell'altitudine.
7. Il livello di istruzione e addestramento degli specialisti addetti alla misurazione, dei tecnici e dei piloti del team di aeroradiometria si è confermato elevato.

2 Campagna aeroradiometrica 2026

Quest'anno la campagna aeroradiometrica si è svolta nella settimana dal 15 al 18 giugno. L'aeroporto di Dübendorf è servito da base di decollo e atterraggio.

2.1 Obiettivi generali del team aeroradiometrico

Durante la settimana di misurazione sono stati perseguiti i seguenti obiettivi:

- Montaggio rapido e prontezza operativa tempestiva dei sistemi di misurazione
- Addestramento finalizzato all'acquisizione delle conoscenze necessarie per un intervento:
 - preparazione dell'intervento
 - impiego delle attrezzature durante l'intervento
 - valutazione e interpretazione dei risultati durante e dopo il volo
 - addestramento dei piloti agli interventi aeroradiometrici
- Addestramento della comunicazione tra i piloti e il team di misurazione durante i voli (p. es. istruzioni impartite ai piloti dagli operatori a terra)
- Rappresentazione dei valori misurati: raccolta e interpretazione dei risultati entro due ore dal termine del volo di misurazione
- Perfezionamento e consolidamento delle conoscenze necessarie per la gestione del sistema aeroradiometrico impiegato dalla CENAL
- Verifica e aggiornamento della documentazione d'intervento

2.2 Voli di misurazione sopra il massiccio del San Gottardo e la Surselva

In questa zona, tra il 1986 e il 1991, sono stati effettuati numerosi voli di misurazione su incarico della Commissione svizzera di geofisica (SGPK). In alcune aree sono state individuate concentrazioni elevate di radioattività naturale (torio e uranio). L'obiettivo della campagna di quest'anno era ripetere le misurazioni in tali aree e confrontare qualitativamente i risultati con quelli delle misurazioni storiche. La topografia complessa e l'altitudine (fino a 3000 m s.l.m.) rappresentano una grande sfida per le operazioni di volo, sia per il Super Puma sia per l'equipaggio.

Inoltre, nella parte meridionale del massiccio del San Gottardo, in particolare in Val Bedretto, sono state rilevate tracce di Cs-137. Durante l'incidente nucleare di Cernobyl del 1986 furono rilasciati diversi radionuclidi, alcuni dei quali vennero trasportati dalle correnti atmosferiche verso l'Europa centrale, causando contaminazioni da Cs-137 sul versante meridionale delle Alpi e nella regione del San Gottardo.

Nell'ambito di questa campagna aeroradiometrica, nella giornata di lunedì sono stati effettuati due voli su un'area di circa 500 km² nella regione del San Gottardo e della Surselva, al fine di rilevare eventuali variazioni delle concentrazioni di Cs-137 a quasi 40 anni dall'incidente, tenendo conto del suo tempo di dimezzamento di circa 30 anni, e di valutare i miglioramenti nella qualità delle misurazioni grazie all'impiego di tecniche moderne.

2.3 Voli di misurazione sopra Baar, Wädenswil ed Einsiedeln

Per completare i valori di riferimento nel perimetro della centrale nucleare di Beznau, nelle aree densamente popolate e nei pressi delle infrastrutture critiche, nella giornata di martedì è stata sorvolata un'area di circa 200 km² a sud del Lago di Zurigo e finora non ancora

misurata, comprendente parti dei comuni di Baar (ZG), Wädenswil (ZH) e Einsiedeln (SZ), nonché gran parte del Lago di Sihl. Nel pomeriggio, sopra il Lago di Zugo, è stato effettuato un volo ascensionale per determinare il contributo della radiazione cosmica e della radiazione di fondo dell'elicottero all'intensità di dose ambientale (IDA).

2.4 Voli di misurazione nei dintorni degli impianti nucleari svizzeri

I dintorni degli impianti nucleari svizzeri vengono sorvolati ogni due anni su incarico dell'IFSN. Quest'anno è stato il turno delle centrali nucleari di Beznau (CNB) e Leibstadt (CNL), l'Istituto Paul Scherrer (PSI) e il deposito intermedio per le scorie radioattive (ZWILAG). Nel 2024, a causa delle condizioni meteorologiche avverse, questo volo di controllo era stato ridotto al minimo indispensabile e la parte situata in territorio tedesco non era stata misurata. Nella campagna di quest'anno, questa parte è stata misurata come previsto dal programma.

2.5 Voli di misurazione per acquisire esperienza tecnica

Il mercoledì pomeriggio e il giovedì sono stati dedicati all'acquisizione di esperienza nell'utilizzo del sistema di misurazione. È stato effettuato un volo sopra il monte «Chrüz», nel Cantone dei Grigioni. Nel 2023, lo stesso monte era stato sorvolato con uno schema di volo modificato, seguendo le curve di livello topografiche. Ciò comportava un tracciato di volo molto sinuoso e distanze variabili tra le singole rotte di volo, ma consentiva di mantenere costante la quota di volo (distanza dal suolo) senza richiedere significativi movimenti verticali. Nella campagna di misurazione di quest'anno, la stessa area è stata nuovamente sorvolata con la procedura standard, mediante rotte parallele, al fine di identificare eventuali differenze rispetto allo schema di volo modificato.

Due piccole aree, una a nord del comune di Berg (TG) e l'altra in corrispondenza della nota anomalia di torio presso Rotbergeg, nei pressi di Mandach (AG), sono state sorvolate per tre volte ciascuna: due volte mantenendo una quota costante di 90 metri dal suolo e una volta mantenendo una quota costante rispetto al livello del mare. L'obiettivo era valutare l'efficacia della correzione della quota di volo dal suolo in funzione della topografia, quando la distanza dal suolo varia. I voli si sono conclusi con un rettilineo di 6666 m lungo l'asse est-ovest tra Gansingen (AG) e Würenlingen (AG), percorso più volte a una quota costante di 90 m dal suolo. Questo rettilineo funge da linea di riferimento per confrontare diversi sistemi di misurazione (elicotteri, veicoli e squadre di misurazione) e per garantire la qualità dei risultati ottenuti.

2.6 Informazione della popolazione, dei media e delle autorità

2.6.1 Voli di misurazione

A causa delle emissioni foniche dell'elicottero, si è ritenuto importante informare in modo esauriente la popolazione prima dell'inizio dei voli. Le autorità di tutti i comuni e le polizie dei cantoni interessati sono state informate per iscritto sui voli previsti e invitate a comunicare alla popolazione di rivolgersi direttamente alla CENAL in caso di domande.

I voli di misurazione sono inoltre stati annunciati con un comunicato stampa diffuso l'8 giugno. Le organizzazioni partner e le autorità coinvolte sono state informate in anticipo.

Durante la settimana di misurazione sono state diffuse notifiche sui canali [Alertswiss](#) dell'UFPP e sui social media. Il piano dei voli è stato pubblicato anche sul sito della CENAL.

La CENAL ha risposto a numerose domande provenienti dalle autorità, dai media e dalla popolazione, sia prima che durante la settimana di misurazione.

2.7 Rapporto scientifico

L'Istituto Paul Scherrer (PSI) pubblicherà presumibilmente entro la fine dell'anno un rapporto scientifico dettagliato.

2.8 Organizzazioni partner coinvolte nell'esercitazione

Nella preparazione e nello svolgimento del programma standard, comprendente la misurazione presso gli impianti nucleari di CNB, CNL, PSI e ZWILAG, sono state coinvolte le seguenti organizzazioni:

- Centrale nazionale d'allarme (CENAL) e Stato maggiore federale CENAL
- Forze aeree svizzere (FA)
- Istituto Paul Scherrer (PSI)
- Centro di competenza NBC-KAMIR
- Ispettorato federale della sicurezza nucleare (IFSN)
- Autorità di vigilanza: Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) e SUVA
- Esercito: Piazza d'armi di Andermatt
- Polizie cantonali e coordinatori cantonali NBC dei cantoni AG, GR, SZ, TG, TI, UR, VS, ZG e ZH

La CENAL e il team aeroradiometrico ringraziano tutti i partecipanti per la collaborazione efficiente e senza intoppi e per il proficuo scambio di esperienze.



3 Risultati delle misurazioni

3.1 Area di misurazione: massiccio del San Gottardo e Surselva

Tra il 1986 e il 1991, nell'area del San Gottardo e in Surselva sono stati effettuati numerosi voli di misurazione su incarico della Commissione federale di geologia (CFG). In alcuni punti sono stati rilevati valori di radioattività naturale del torio (Figura 11) e dell'uranio superiori alla norma. Nell'ambito dell'attuale campagna di misurazione, nella giornata di lunedì è stata misurata l'area compresa tra Andermatt, il Grimsel e la Val Bedretto, nonché la Surselva, al fine di confrontare qualitativamente i risultati con quelli delle misurazioni storiche e di individuare eventuali tracce di Cs-137 riconducibili alla catastrofe nucleare di Cernobyl del 1986.

3.1.1 Massiccio del San Gottardo: dati del volo di misurazione

Data / Orario:	15.06.2026, 09:06 – 11:06	Tempo di volo:	2 h 00 min
Rotte di volo:	manuali, definite ad hoc	Area sorvolata:	135 km ²
Quota di volo:	60 – 600 m		

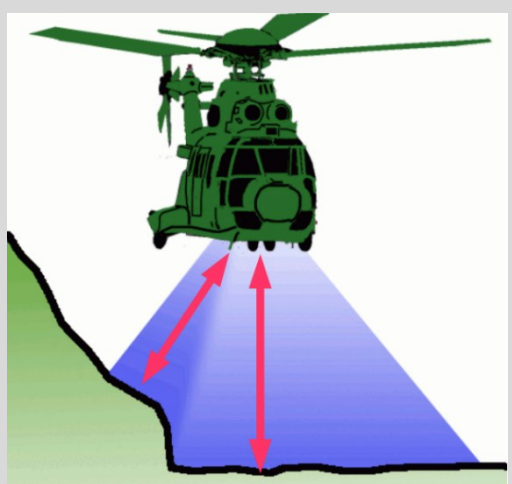
3.1.2 Massiccio del San Gottardo: intensità di dose ambientale e concentrazioni specifiche di radionuclidi naturali

La mappa dell'intensità di dose ambientale (figura 1) mostra valori circa doppi rispetto a quelli normalmente misurati sull'Altipiano svizzero (ca. 100 nSv/h). Ciò è dovuto alle elevate concentrazioni naturali di uranio, torio e potassio (Figura 2 e Figura 3) contenute nelle rocce alpine.

Le variazioni riscontrate nella zona misurata sono riconducibili all'influsso della composizione geologica, dei corsi d'acqua, dei nevai e dei ghiacciai, e della copertura vegetale. Le misurazioni sono inoltre influenzate dalla topografia, poiché la distanza tra la sonda e il terreno varia in funzione dell'inclinazione del pendio. Infine, i valori dell'IDA sono influenzati anche dalla radiazione cosmica, la cui intensità aumenta con la quota di volo.

Spiegazione dell'effetto topografico

I versanti montuosi influenzano il segnale rilevato dalla sonda. Quanto più un versante è ripido, tanto più la sua superficie risulta vicina alla sonda rispetto al fondovalle. Di conseguenza il software di valutazione può interpretare male i dati e sopravvalutare i valori dell'intensità di dose ambientale e delle concentrazioni di radionuclidi.



Lo spettro energetico (Figura 4) rilevato nella regione del Gerental / Pizzo Rotondo conferma che la radioattività misurata è attribuibile a radionuclidi di origine naturale.

Gotthardmassiv

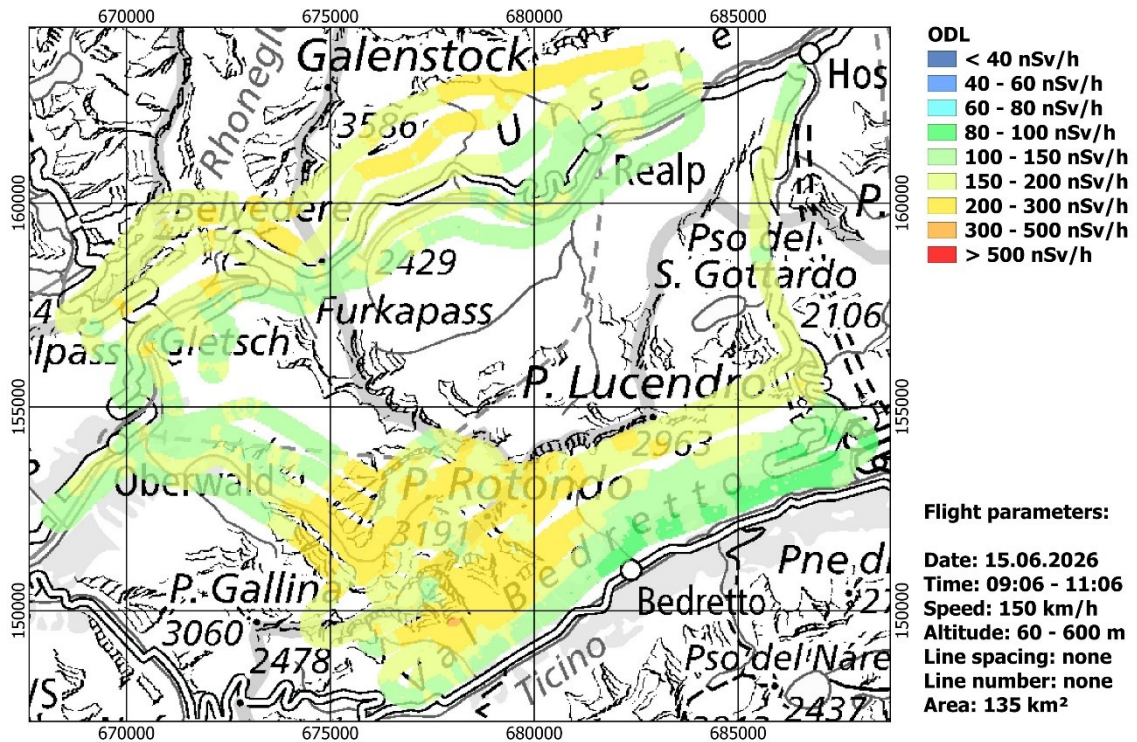


Figura 1: Mappa dell'IDA nel massiccio del San Gottardo

Gotthardmassiv

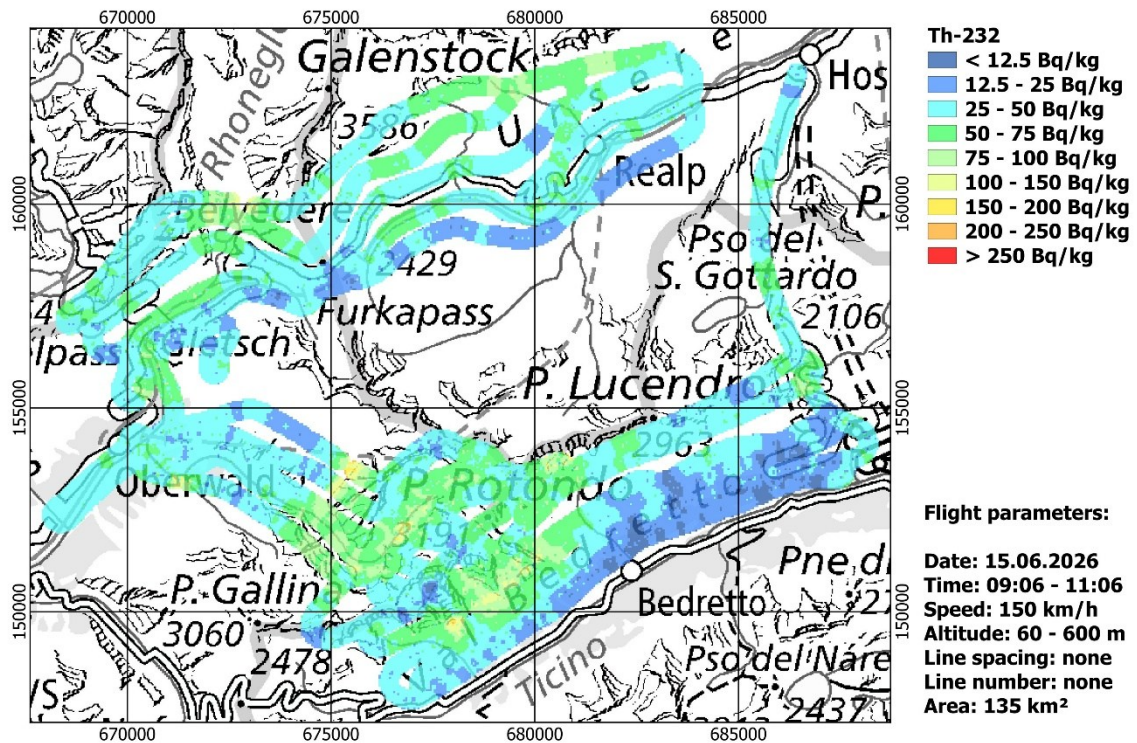


Figura 2: Mappa del Th-232 nel massiccio del San Gottardo

Gotthardmassiv

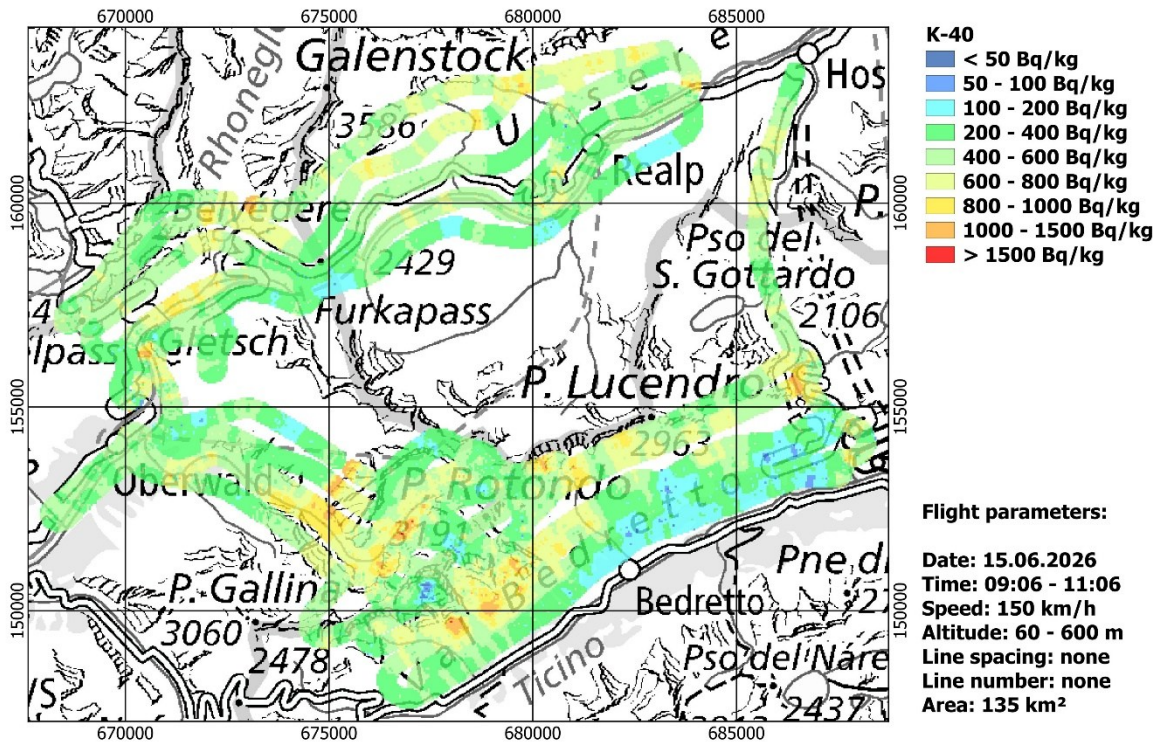


Figura 3: Mappa del K-40 nel massiccio del San Gottardo

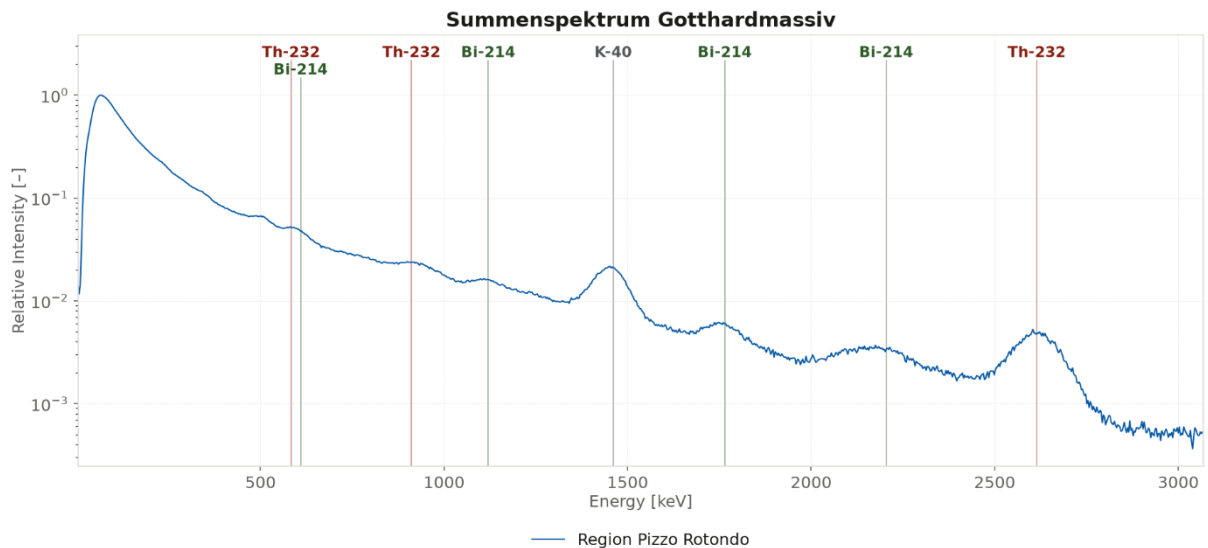


Figura 4: Spettro energetico delle misurazioni effettuate nella regione del Gerental / Pizzo Rotondo. Il bismuto-214 è un prodotto di decadimento a breve emivita dell'uranio-238.

3.1.3 Massiccio del San Gottardo: rapporto MMGC per la ricerca di radionuclidi artificiali

La mappa della figura 5 mostra il rapporto tra la componente a bassa energia e quella ad alta energia dello spettro della radiazione gamma. Poiché i radionuclidi artificiali emettono generalmente radiazioni γ a bassa energia, questo rapporto, definito «Man Made Gross Count» (MMGC), fornisce un'indicazione approssimativa del rapporto tra la componente artificiale e quella naturale della radiazione rilevata. Nell'area misurata è stato rilevato un rapporto MMGC elevato, in particolare nella parte nord-orientale della Val Bedretto, che lascia presumere la presenza di radionuclidi artificiali. Il confronto dello spettro energetico (figura 6) con uno spettro di riferimento privo di radionuclidi artificiali conferma la presenza di Cs-137 in quest'area. La presenza di questo radionuclide è riconducibile alla catastrofe nucleare di Chernobyl del 1986, già menzionata in precedenza.

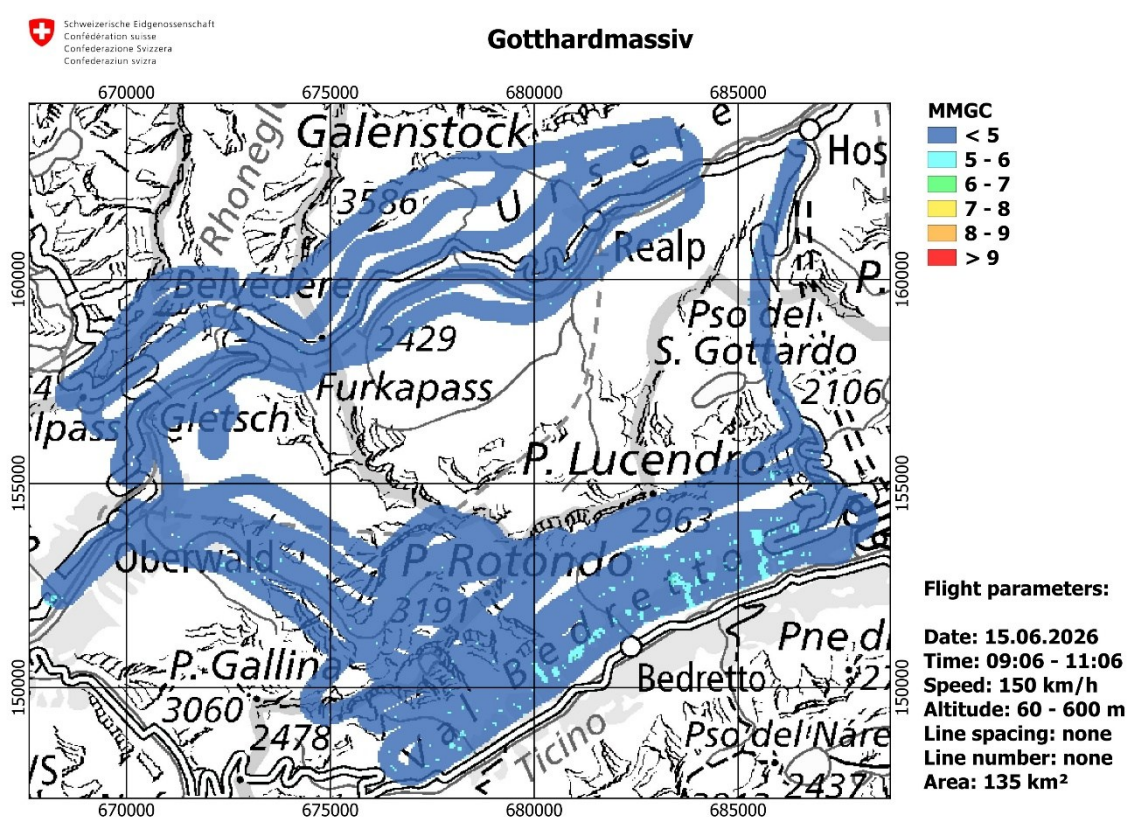


Figura 5: Mappa del MMGC nel massiccio del San Gottardo

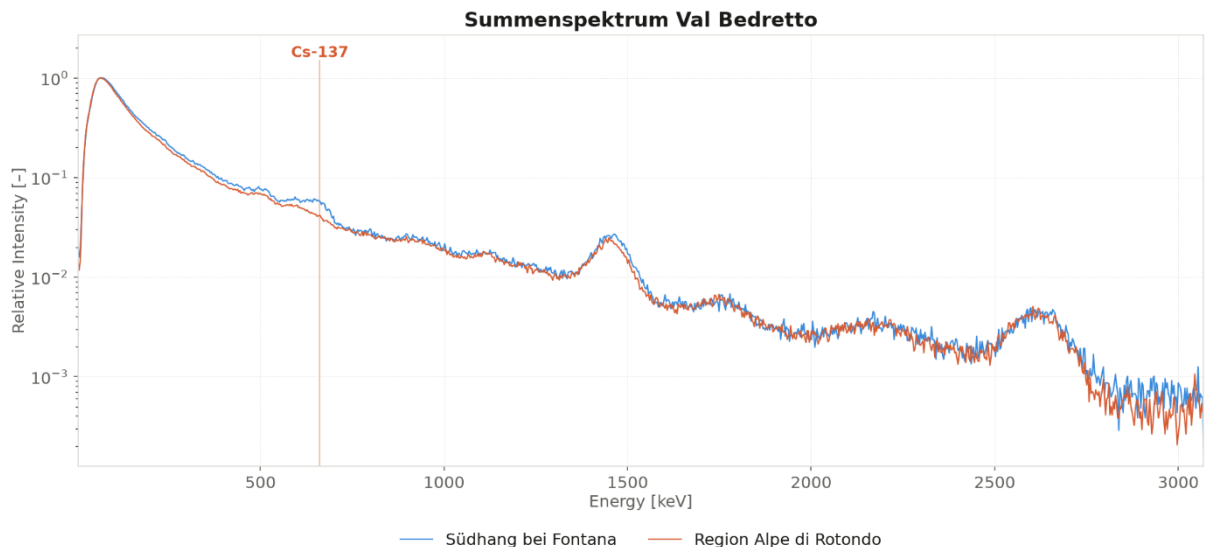


Figura 6: Spettro energetico delle misurazioni nella parte nord-orientale della Val Bedretto (linea blu), con un picco del Cs-137 leggermente più pronunciato a 661 keV. A titolo di confronto, la linea rossa mostra lo spettro energetico di un'area vicina caratterizzata da un livello di contaminazione inferiore.

3.1.4 Surselva: dati del volo di misurazione

Data / Orario:	15.06.2026, 13:08 – 15:01	Tempo di volo:	1 h 53 min
Rotte di volo:	manuali, definite ad hoc	Area sorvolata:	340 km ²
Quota di volo:	60 – 600 m		

3.1.5 Surselva: intensità di dose ambientale e concentrazioni specifiche di radionuclidi naturali

La mappa dell'intensità di dose ambientale IDA (Figura 7) mostra valori più elevati rispetto a quelli normalmente rilevati sull'Altipiano svizzero. Anche in questo caso, tali valori sono dovuti alle elevate concentrazioni naturali di uranio, torio e potassio (Figura 8 e Figura 9) contenute nelle rocce alpine, nonché all'influsso della conformazione topografica. Inoltre, come già menzionato, i valori IDA superiori alla norma possono essere influenzati anche dalla quota di volo, poiché la radiazione cosmica aumenta con l'altitudine.

Le misurazioni sopra il Lago di Pigniu sono state interrotte a causa delle condizioni topografiche locali. All'estremità settentrionale del lago si trova una grande parete rocciosa che, durante il sorvolo, ha determinato un aumento improvviso e significativo della quota di volo rispetto al suolo. I valori rilevati in quel punto non hanno potuto essere corretti in modo sufficientemente

affidabile tenendo conto della variazione della quota di volo.

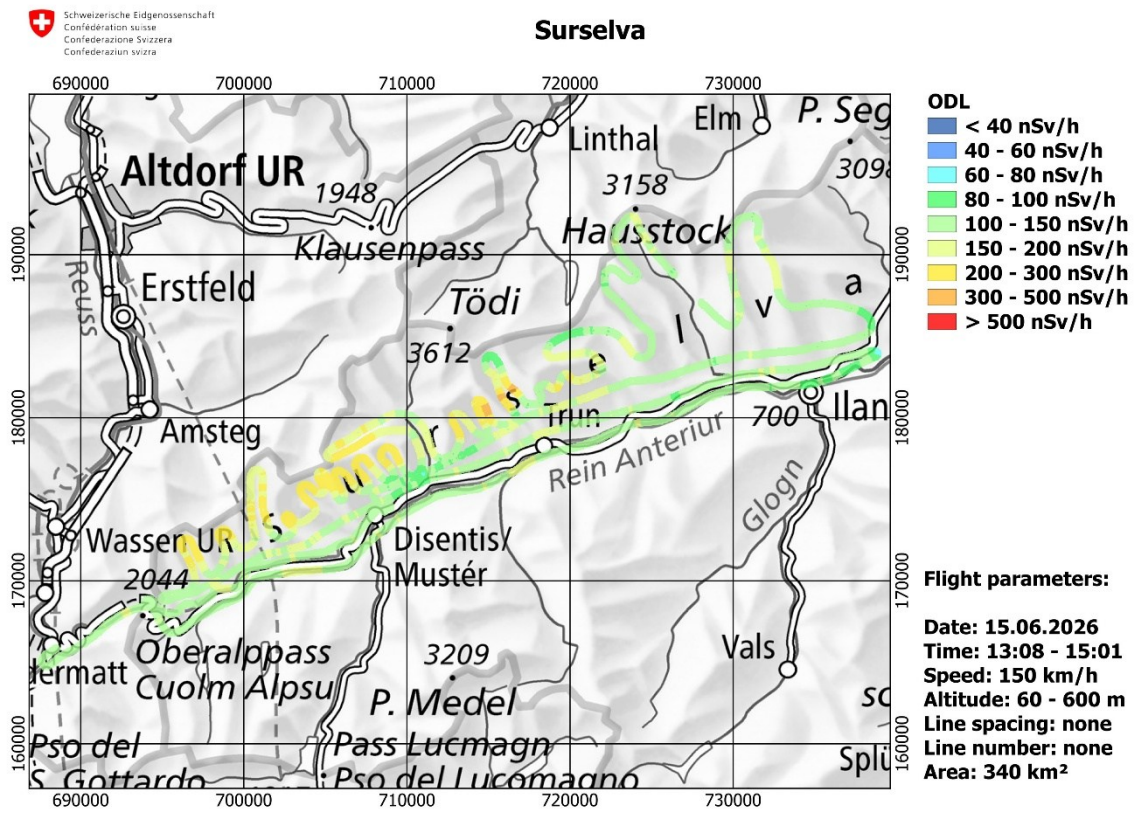


Figura 7: Mappa dell'IDA in Surselva

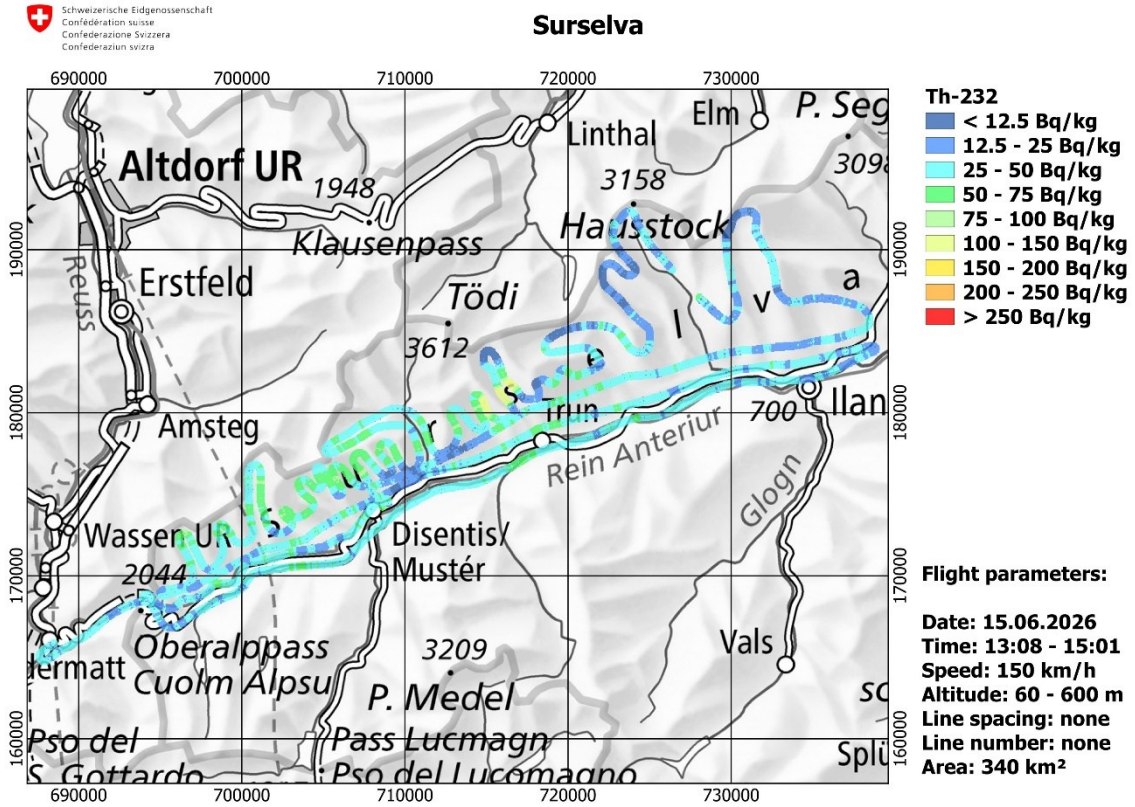


Figura 8: Mappa del Th-232 in Surselva

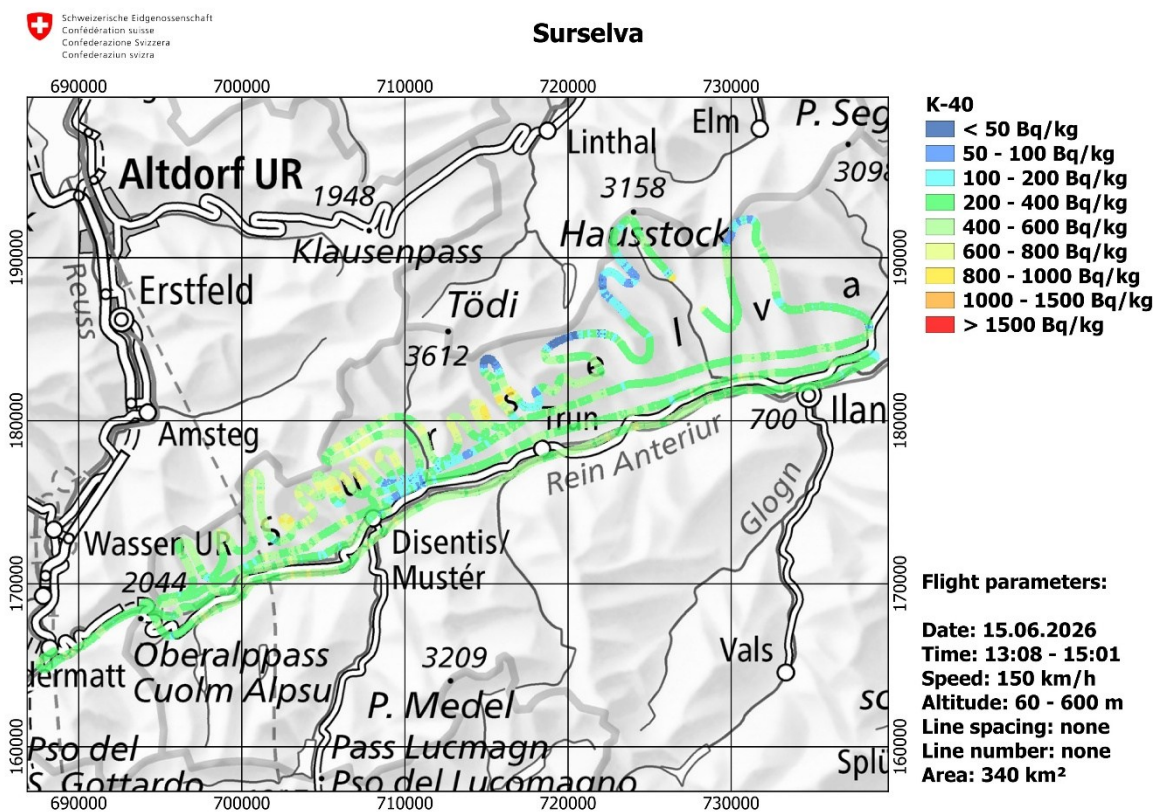


Figura 9: Mappa del K-40 in Surselva

3.1.6 Surselva: rapporto MMGC per la ricerca di radionuclidi artificiali

Come previsto, la mappa del rapporto MMGC (Figura 10) non evidenzia anomalie in quest'area. I radionuclidi artificiali riconducibili alla catastrofe nucleare di Cernobyl del 1986 sono stati rilevati solo in basse concentrazioni.

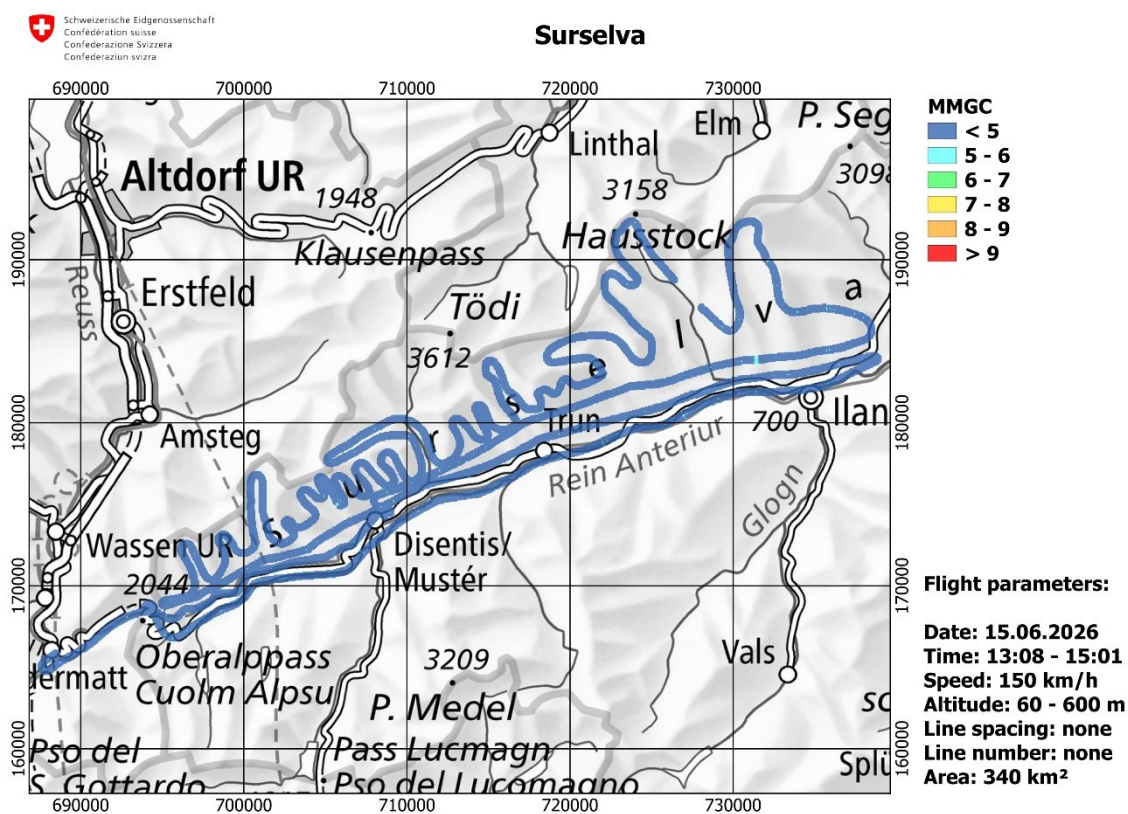


Figura 10: Mappa del MMGC in Surselva

3.1.7 Confronto con le misurazioni storiche della fine degli anni Ottanta e dell'inizio degli anni Novanta secondo la mappa dell'attività del torio

Il confronto con i risultati delle misurazioni eseguite negli anni Ottanta e Novanta evidenzia un netto miglioramento della risoluzione delle misurazioni. Ciò è probabilmente dovuto alla maggiore precisione dei dati di posizionamento del GPS e all'impiego di modelli più avanzati per la correzione dell'effetto topografico. Nelle misurazioni effettuate alla fine degli anni Ottanta e all'inizio degli anni Novanta, la posizione veniva determinata mediante l'analisi di immagini aeree e il confronto con mappe analogiche.

La Figura 11 mostra la mappa del Th-232 relativa alle precedenti campagne di misurazione, mentre la Figura 12 riporta i risultati delle due misurazioni eseguite il 15 giugno 2026.

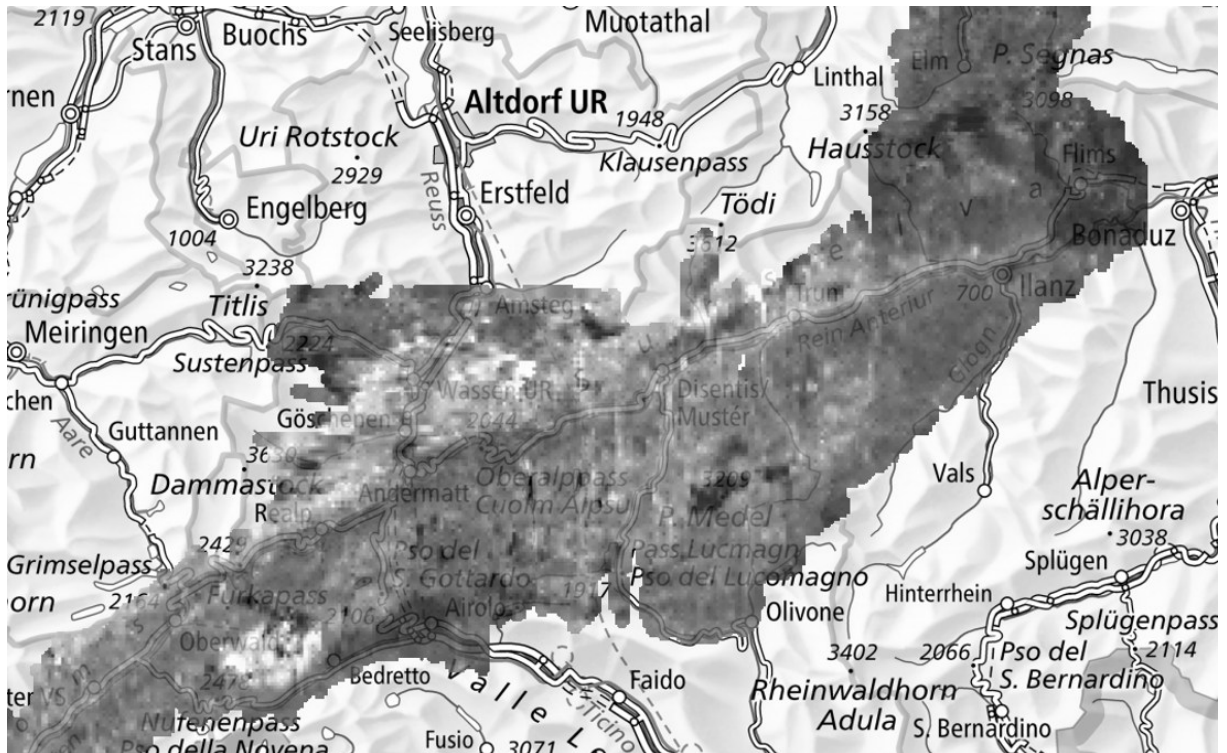


Figura 11: Mappa del Th-232 relativa agli anni Ottanta e Novanta; nero → valori bassi, bianco → valori elevati

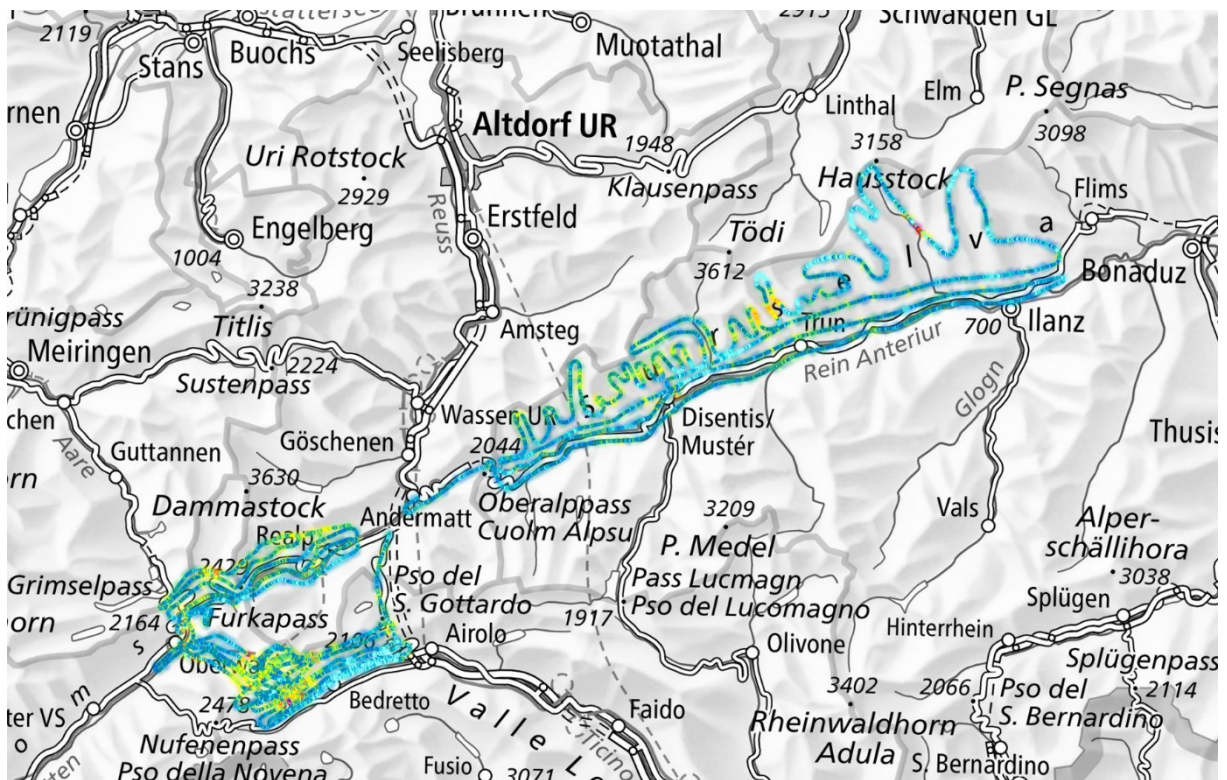


Figura 12: Mappa del Th-232 2026; azzurro → valori bassi, giallo/arancione → valori elevati

3.2 Area di misurazione «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»

Da diversi anni la CENAL effettua voli di misurazione sopra città, aree densamente popolate e intorno alle infrastrutture critiche. Quest'anno è stata sorvolata l'area compresa tra Baar (ZG), Wädenswil (ZH) ed Einsiedeln (SZ).

3.2.1 «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»: dati del volo di misurazione

Data / Orario:	16.06.2026, 08:43 – 11:36	Tempo di volo:	2 h 53 min
Rotte di volo:	33 linee equidistanti 250 m	Area sorvolata:	200 km ²
Quota di volo:	90 m		

3.2.2 «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»: risultati di misurazione

La Figura 13 mostra la mappa dell'IDA relativa all'area misurata. I valori rilevati rientrano nella normale fascia di variazione.

Si distinguono chiaramente i valori più bassi sopra il Lago di Sihl e le torbiere nei pressi di Rothenthurm e Altbergried, dove la radiazione terrestre naturale è schermata dalla presenza dell'acqua. Le altre variazioni riscontrate sono riconducibili agli effetti della composizione geologica, della topografia e della copertura vegetale.

Come previsto, le concentrazioni rilevate di K-40 (Figura 14) mostrano una buona correlazione con i valori IDA.

Le mappe delle concentrazioni di Th-232 e U-238 e la mappa MMGC non evidenziano anomalie inspiegabili e non sono pertanto incluse nella presente sintesi.

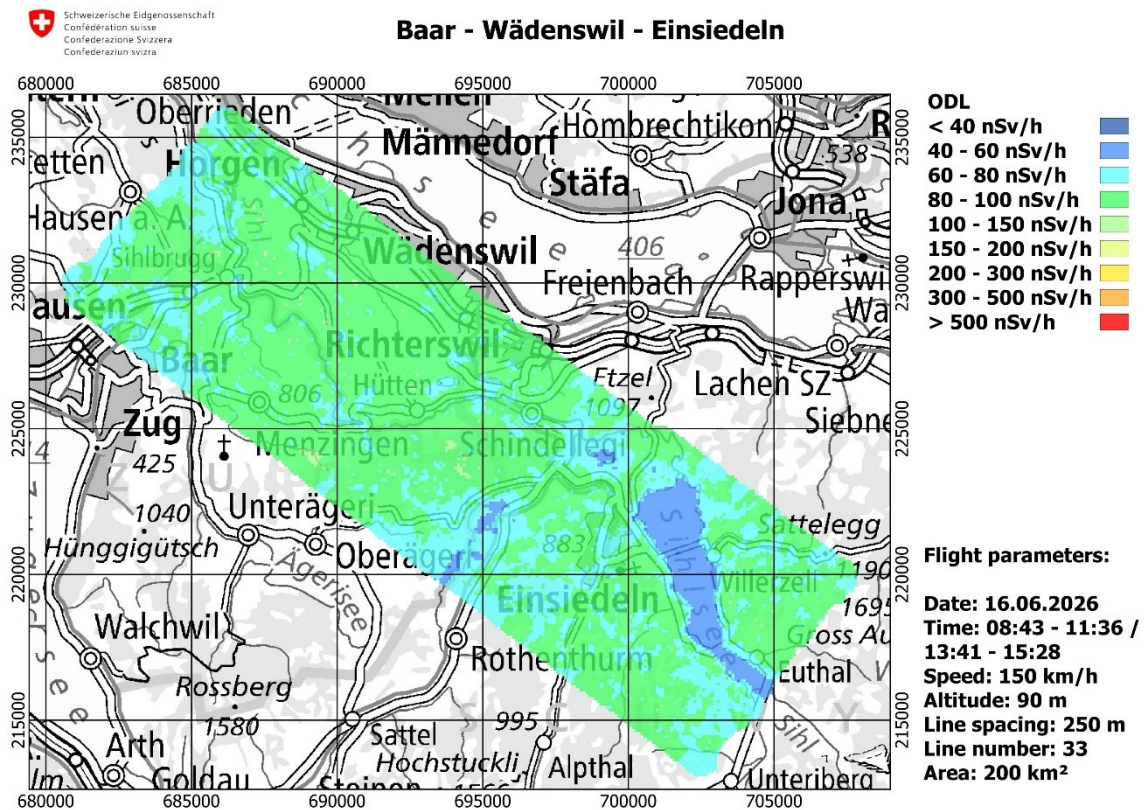


Figura 13: Mappa dell'IDA nell'area «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»

Baar - Wädenswil - Einsiedeln

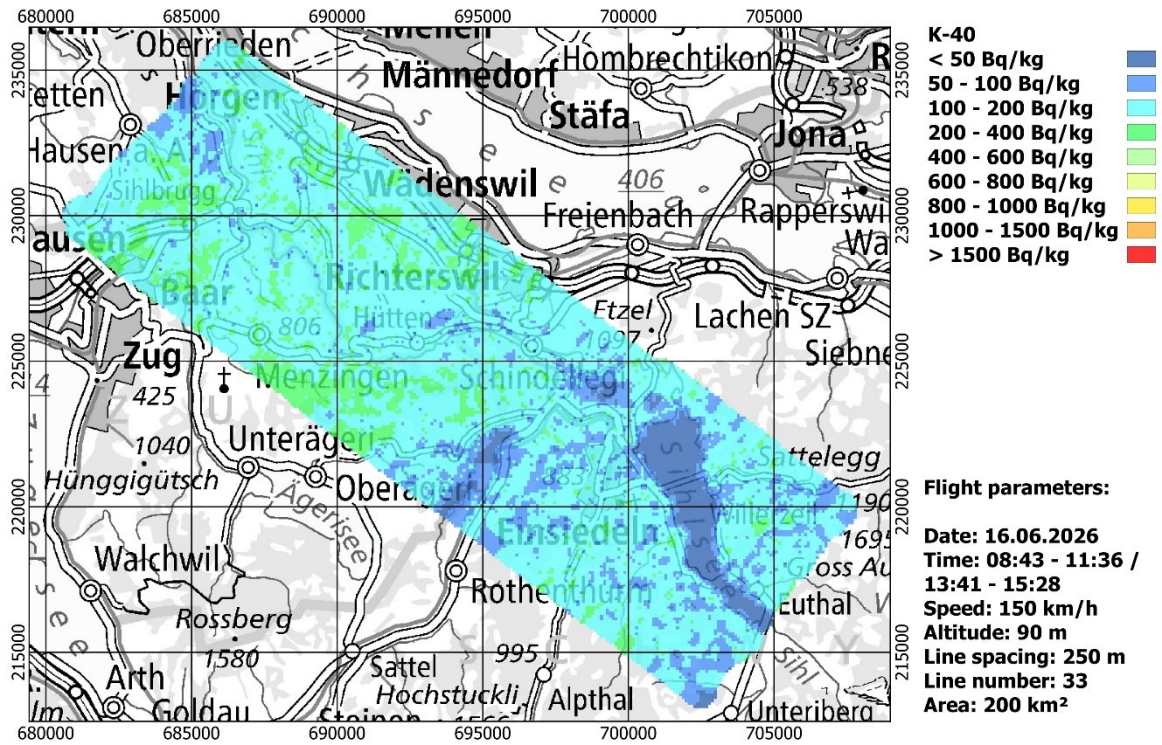


Figura 14: Mappa del K-40 nell'area «Baar – Wädenswil – Einsiedeln»

3.3 Programma di misurazione standard intorno alle centrali nucleari di Leibstadt e Beznau, all'Istituto Paul Scherrer e allo ZWILAG

Secondo il principio di rotazione, quest'anno sono state sorvolate le centrali nucleari di Leibstadt (CNL) e Beznau (CNB), gli impianti nucleari del PSI e lo ZWILAG. Su incarico della Commissione germano-svizzera per la sicurezza degli impianti nucleari (DSK), l'area di misurazione è stata progressivamente ampliata a partire dal 2018 e comprende oggi anche una striscia di territorio tedesco in prossimità del confine nazionale, nonché l'area sul lato svizzero nei pressi di Coblenza (AG), Rietheim (AG) e Rekingen (AG).

La CNL e i due blocchi della CNB erano in funzione. L'impianto HIPA (High Intensity Proton Accelerator) del PSI era invece spento; pertanto, nell'area del PSI non erano attese anomalie.

3.3.1 CNL, CNB, PSI e ZWILAG: dati dei voli di misurazione

Data / Orario:	17.06.2026, 08:43 – 11:15	Tempo di volo:	2 h 32 min
	17.06.2026, 13:42 – 14:33	Tempo di volo:	51 min
Rotte di volo:	55 linee equidistanti 250 m	Area sorvolata:	165 km ²
Quota di volo:	90 m		

3.3.2 CNL, CNB, PSI e ZWILAG: intensità di dose ambientale

All'esterno del perimetro degli impianti nucleari

La mappa dell'intensità di dose ambientale IDA (Figura 15) non evidenzia anomalie all'esterno dei perimetri degli impianti nucleari CNL, CNB, ZWILAG e PSI. Le variazioni rilevate nell'area di riferimento sono riconducibili all'influsso della composizione geologica, della topografia, dei corsi d'acqua e della copertura vegetale.

Nei dintorni di Mandach è presente una nota anomalia naturale del torio. In quest'area, la concentrazione di torio nel suolo è superiore alla media svizzera. Tuttavia, il contributo della radiazione emessa dal torio all'intensità di dose ambientale è minimo e non risulta visibile nella mappa dell'IDA (Figura 15) con le scale cromatiche adottate. Ulteriori risultati sono riportati nei capitoli 3.3.4 e 3.4.2.

All'interno del perimetro degli impianti nucleari

La CNL è chiaramente distinguibile sulla mappa. L'aumento dell'IDA misurata direttamente sopra la centrale nucleare non sorprende, poiché nei reattori ad acqua bollente il vapore carico di azoto-16 viene condotto dal reattore alla sala macchine. La radiazione gamma emessa dall'isotopo dell'azoto-16, che riesce ad attraversare il tetto relativamente poco schermato della sala macchine, può quindi essere rilevata dall'alto. Al contrario, sopra il reattore, dotato di una schermatura più efficace, non si rilevano radiazioni gamma. I valori sono pertanto in linea con quelli rilevati negli anni precedenti. Nelle altre centrali nucleari non sono state rilevate anomalie.

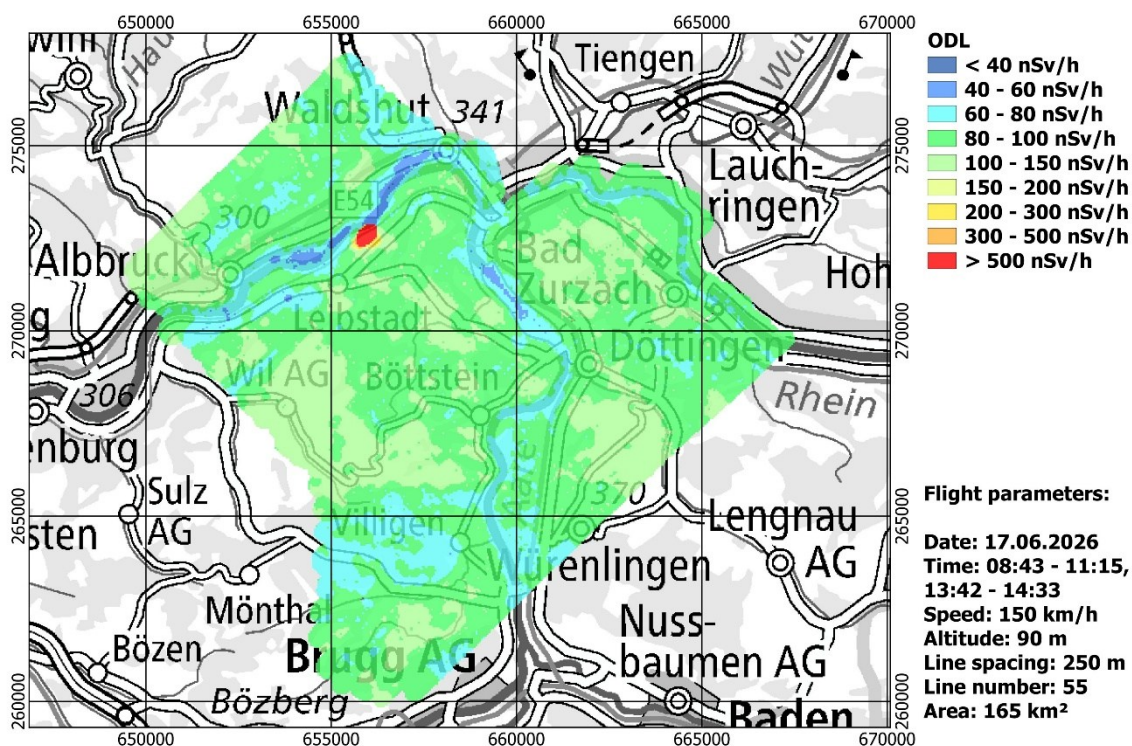


Figura 15: Mappa dell'IDA intorno agli impianti nucleari di CNL, CNB, PSI e ZWILAG

3.3.3 CNL, CNB, PSI e ZWILAG: rapporto MMGC

La mappa della Figura 16 mostra il rapporto tra la componente a bassa energia e quella ad alta energia dello spettro della radiazione gamma. Poiché i radionuclidi artificiali emettono generalmente una radiazione gamma a energia inferiore, questo rapporto, definito «Man Made Gross Count» (MMGC), fornisce un'indicazione approssimativa del rapporto tra la componente artificiale e quella naturale della radiazione rilevata.

All'esterno dei perimetri di CNL, CNB, ZWILAG e PSI non sono state rilevate anomalie riconducibili alla presenza di radionuclidi artificiali.

In un punto del perimetro dell'impianto del PSI-est, il rapporto MMGC risulta tuttavia superiore ai valori attesi. Dall'analisi dello spettro energetico emerge che si tratta del Co-60 (Figura 17). Una verifica effettuata dal PSI ha confermato che, al momento del sorvolo, in questa zona era in corso una formazione in radioprotezione che prevedeva l'impiego di diverse sorgenti radioattive.

Nella CNL, il rapporto MMGC risulta insolitamente basso e lo spettro energetico sopra la sala macchine (figura 18) presenta due particolarità. Da un lato, il decadimento dell'azoto-16 emette radiazioni γ fino a 7 MeV, che aumentano la componente ad alta energia dello spettro e determinano quindi un valore MMGC inferiore alla norma in questo punto; dall'altro, a 511 keV è visibile un picco di annichilazione. Questo picco deriva dall'annichilazione dei positroni prodotti dalla formazione di coppie elettrone-positrone, causata all'interazione dei fotoni gamma ad alta energia, emessi durante il decadimento dell'azoto-16, con la materia della sala macchine.

PSI, ZWILAG, KKB & KKL

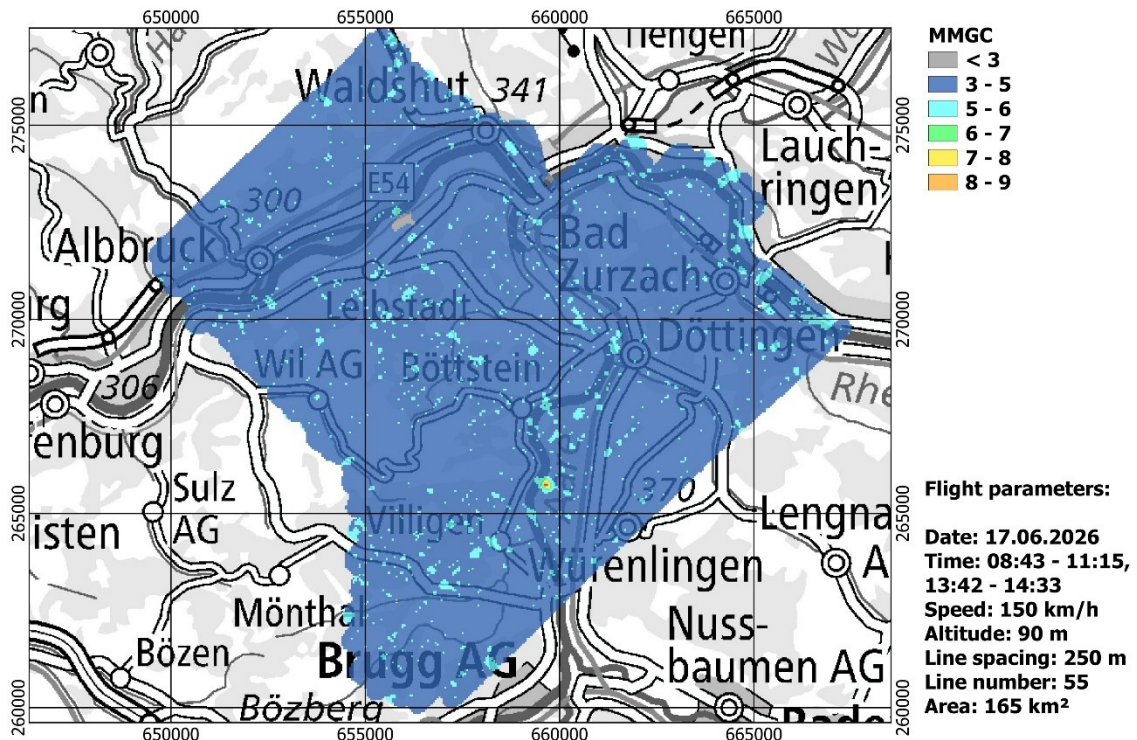


Figura 16: Mappa del MMGC nei dintorni degli impianti nucleari CNB, CNL, PSI e ZWILAG

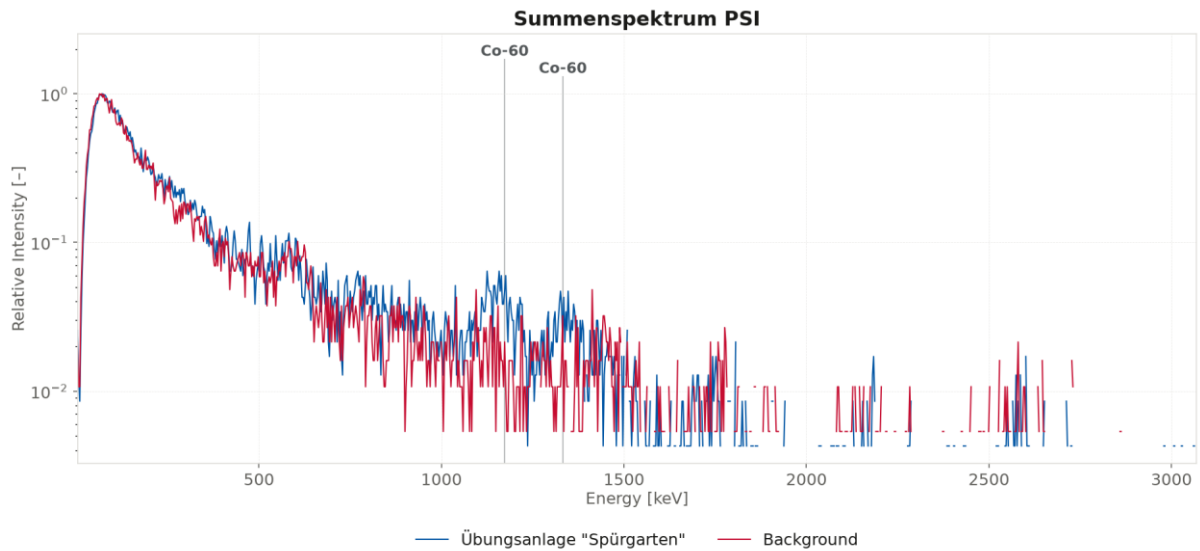


Figura 17: Spettro energetico delle misurazioni eseguite presso l'area di rilevamento del PSI-est (linea blu), con due picchi leggermente più pronunciati a 1173 e 1332 keV (Co-60). La linea rossa mostra, a titolo di confronto, lo spettro energetico di un'area tipica nei dintorni del PSI.

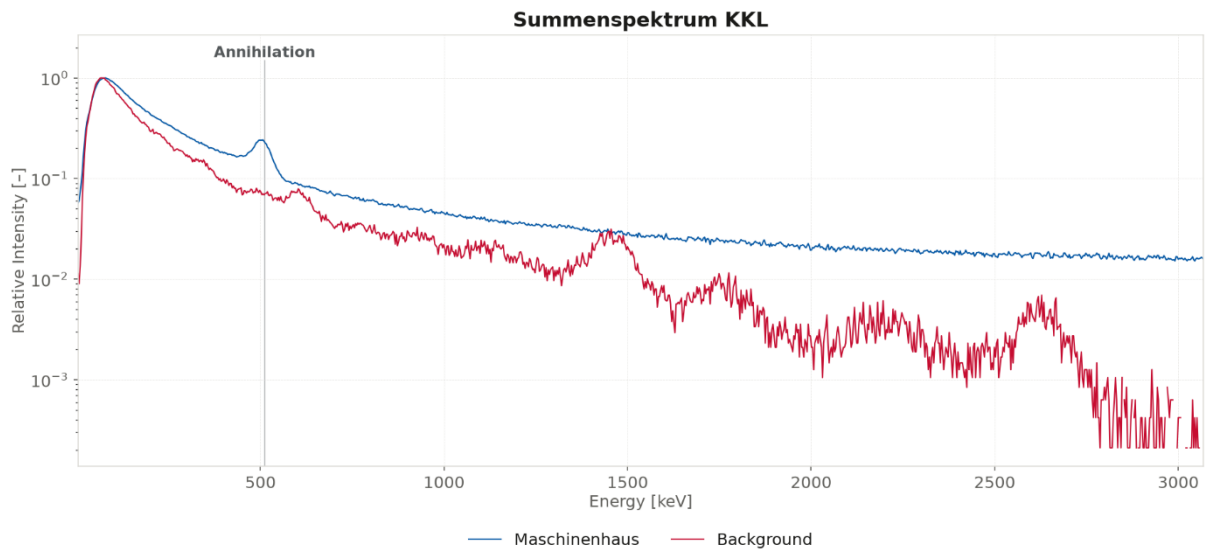


Figura 18: Spettro energetico delle misurazioni effettuate sopra la sala macchine della CNL (linea blu), con uno spettro di fondo e un picco di annichilazione a 511 keV nettamente più elevati rispetto alla figura 17. La linea rossa mostra, a titolo di confronto, lo spettro energetico di un'area tipica nei dintorni della CNL.

3.3.4 CNL, CNB, PSI e ZWILAG: torio-232

La distribuzione delle concentrazioni di Th-232 è rappresentata nella mappa della Figura 19. L'anomalia naturale del torio menzionata nel capitolo 3.3.2 corrisponde alle macchie turchesi visibili nei dintorni di Mandach, a sud-ovest di Böttstein. Le concentrazioni tipiche di Th-232 in Svizzera variano da 20 a 30 Bq/kg; nei dintorni di Mandach sono stati misurati valori fino a 75 Bq/kg (vedi rapporto scientifico: Rapporto PSI n° 15-02, ISSN 1019-0643, pag. 8-11 e 20-23).

Il valore superiore alla norma rilevato presso la CNL non è dovuto a una maggiore concentrazione del Th-232. Il decadimento dell'azoto-16 prodotto per attivazione, citato nel capitolo 3.3.2, determina, come descritto nel capitolo 3.3.3, un aumento dei conteggi sull'intero spettro energetico. Per diversi radionuclidi, ciò comporta un aumento apparente dei valori misurati, come avviene anche nel caso del Th-232.

PSI, ZWILAG, KKB & KKL

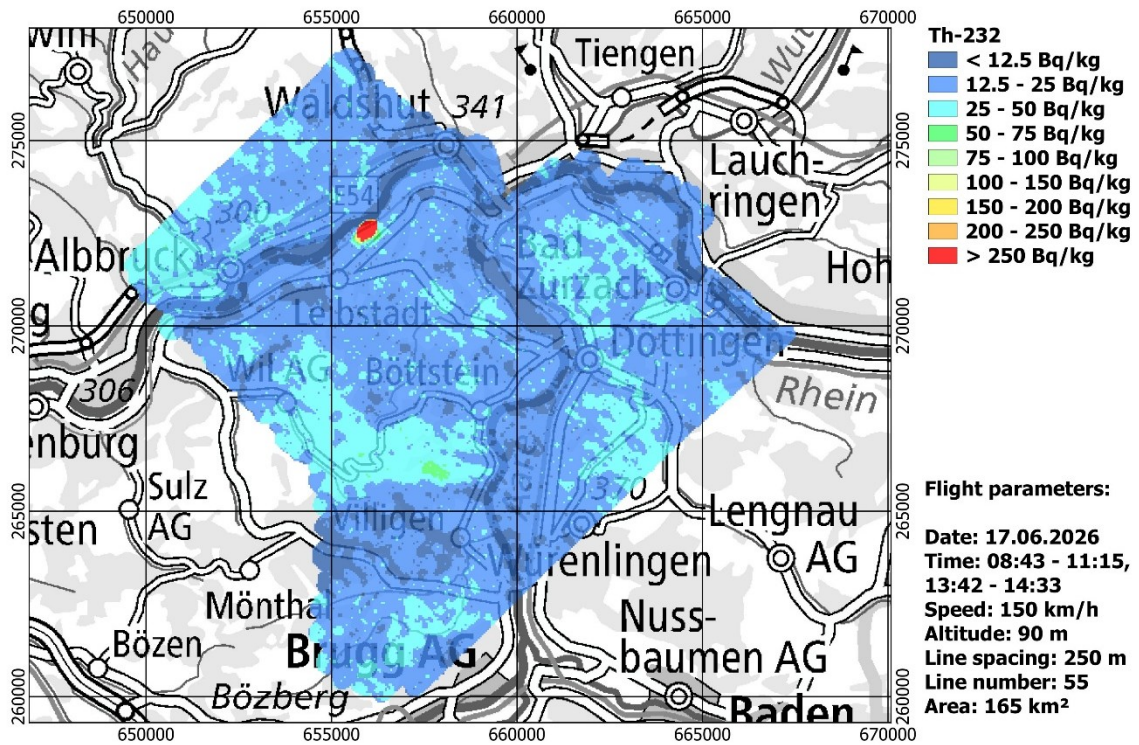


Figura 19: Mappa del Th-232 nei dintorni degli impianti nucleari di CNB, CNL, PSI e ZWILAG

3.4 Valori di misurazione nelle aree di Mandach/Rotbergegg (AG) e Berg/Schwaderloh (TG)

3.4.1 Mandach/Rotbergegg e Berg/Schwaderloh: dati dei voli di misurazione

Mandach/Rotbergegg

Data / Orario:	17.06.2026, 14:45 – 15:01	Tempo di volo:	0 h 16 min
Rotte di volo:	3 serie di 4 rotte equidistanti 250 m Area sorvolata:		4 km ²
Quote di volo:	2 volte a 90 m dal suolo e 1 volta a 740 m s.l.m.		

Berg/Schwaderloh

Data / Orario:	18.06.2026, 13:43 – 14:47	Tempo di volo:	1 h 04 min
Rotte di volo:	3 serie di 9 rotte equidistanti 250 m Area sorvolata:		15 km ²
Quote di volo:	2 volte a 90 m dal suolo e 1 volta a 710 m s.l.m.		

3.4.2 Mandach/Rotbergegg e Berg/Schwaderloh: correzione dell'altitudine

Le due aree sono state scelte per verificare l'algoritmo di correzione dell'altitudine. In ciascuna area sono stati effettuati tre voli: due a quota costante di 90 m dal suolo (PH, AGL Above Ground Level) e uno a quota costante rispetto al livello del mare (PZ, MSL Mean Sea Level). I due voli a quota costante di 90 m dal suolo sono stati effettuati per verificare la riproducibilità delle misurazioni. Successivamente, i risultati ottenuti con le due modalità di volo sono stati confrontati. Le misurazioni mostrano un'ottima corrispondenza per quote di volo inferiori ai 200 metri dal suolo. Le deviazioni più significative si osservano soltanto a partire da quote superiori ai 300 metri dal suolo.

AGL vs. MSL: Relative Abweichung der ODL

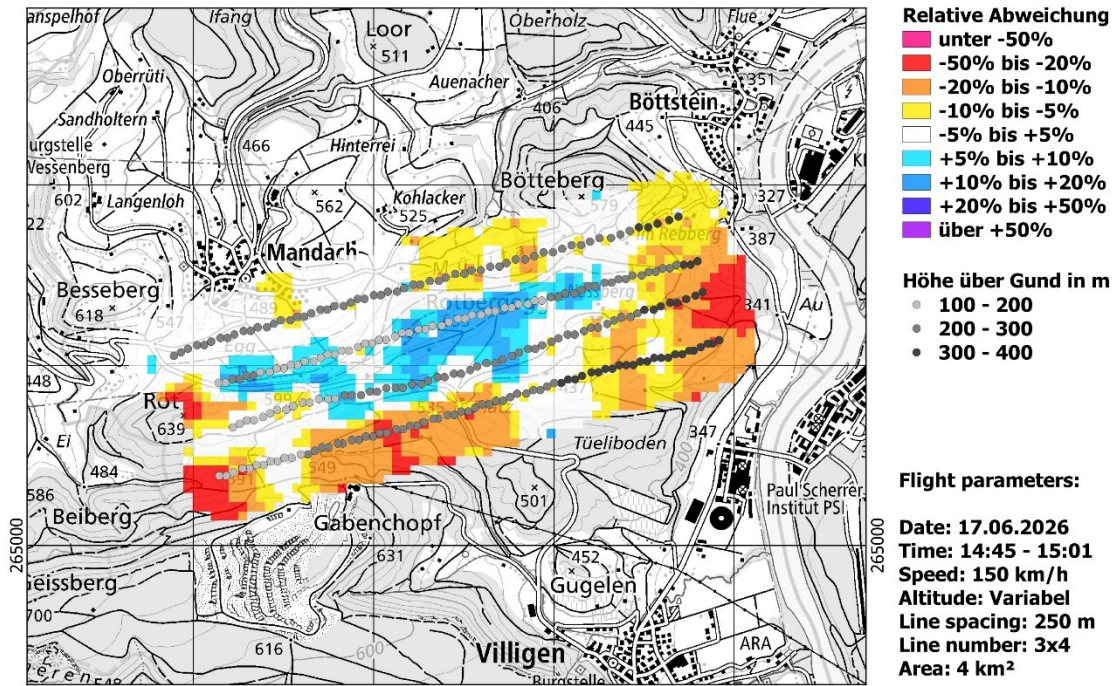


Figura 20: Deviazione percentuale dell'IDA tra le due modalità di volo nell'area di Mandach/Rotbergegg

AGL vs. MSL: Relative Abweichung der ODL

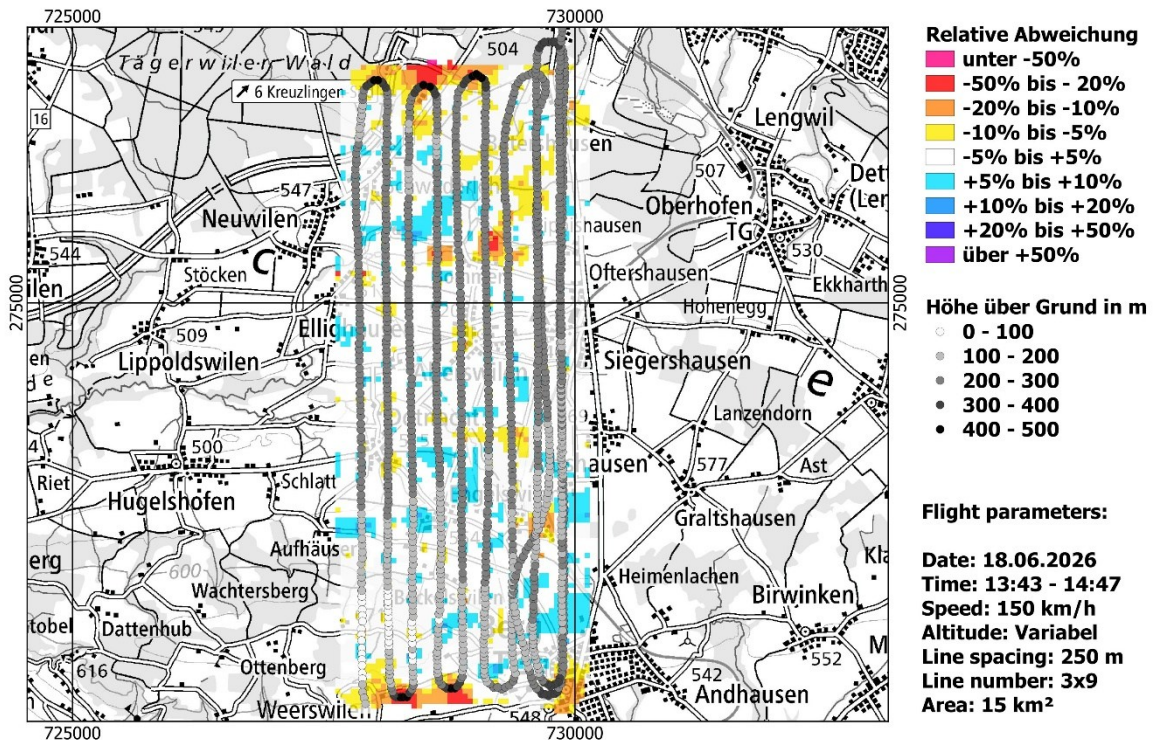


Figura 21: Deviazione percentuale dell'IDA tra le due modalità di volo nell'area di Berg/Schwaderloh

3.4.3 Mandach/Rotbergegg: anomalia del torio

Il volo di misurazione dettagliato nell'area di Mandach/Rotbergegg ha permesso di ottenere una mappatura più precisa della distribuzione del torio. Nella figura 22 si distinguono chiaramente le elevate concentrazioni di Th-232. Come già descritto nel capitolo 3.3.4, le concentrazioni tipiche di Th-232 in Svizzera variano da 20 a 30 Bq/kg, mentre nell'area di Rotbergegg si rilevano valori superiori a 70 Bq/kg.

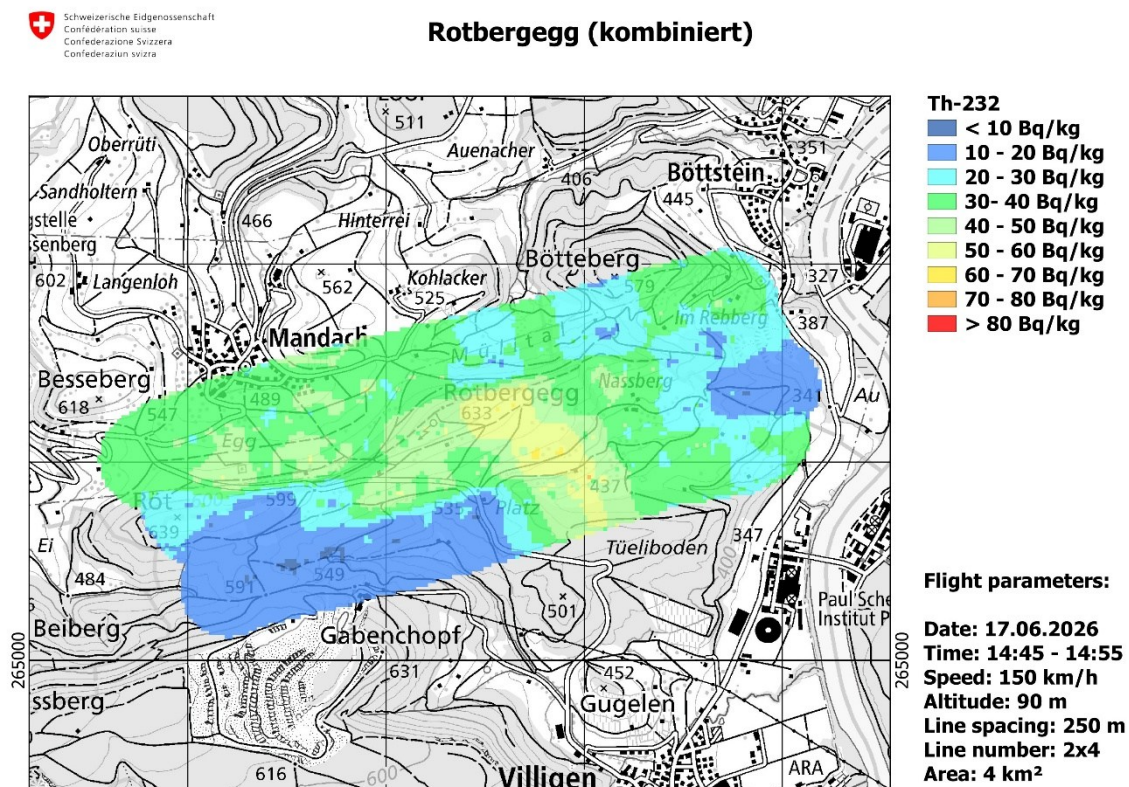


Figura 22: Mappa del Th-232 nell'area di Mandach/Rotbergegg. Nota: la scala cromatica è stata affinata rispetto a quella utilizzata nelle altre mappe del Th-232.

3.5 Volo di particolare interesse radiometrico intorno al «Chrüz» nella Prettigovia (GR)

Le regioni alpine caratterizzate da forti dislivelli e pendenze rappresentano una grande sfida per le procedure di misurazione e la valutazione dei dati aeroradiometrici. In caso di evento radiologico, per individuare eventuali contaminazioni, in particolare su superfici agricole come i prati alpini, vengono valutate diverse strategie di misurazione, considerando sia la loro fattibilità dal punto di vista della tecnica di volo e sia il loro impatto sulla qualità dei risultati. Nel 2023, in quest'area è stata applicata una strategia di misurazione basata sul seguire, per quanto possibile, le curve di livello del terreno. Quest'anno la stessa area è stata nuovamente sorvolata con la strategia standard (linee di volo parallele), al fine di confrontare i risultati ottenuti con le due modalità di volo.

3.5.1 «Chrüz» nella regione Prettigovia (GR): dati del volo di misurazione

Data / Orario:	18.06.2026, 08:59 – 10:05	Tempo di volo:	1 h 06 min
Rotte di volo:	21 linee equidistanti 250 m	Area sorvolata:	45 km ²
Quota di volo:	90 m		

Il volo è stato effettuato seguendo linee parallele predefinite. La rotta di volo è rappresentata con una linea grigio chiaro nella mappa della Figura 23.

A titolo di confronto, nella Figura 24 è riportata la rotta di volo (linea nera) della campagna di misurazione del 2023.

Chrüz

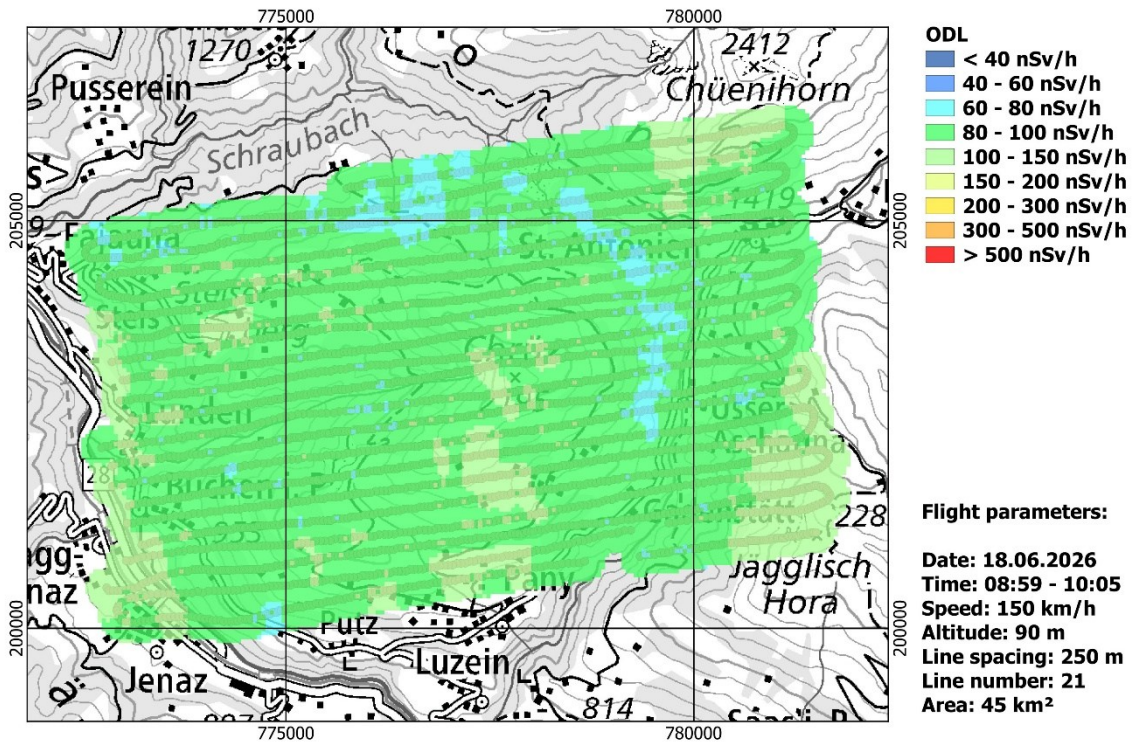


Figura 23: Mappa dell'IDA e della rotta di volo (linea gigio chiaro) del 2026

Chrüz

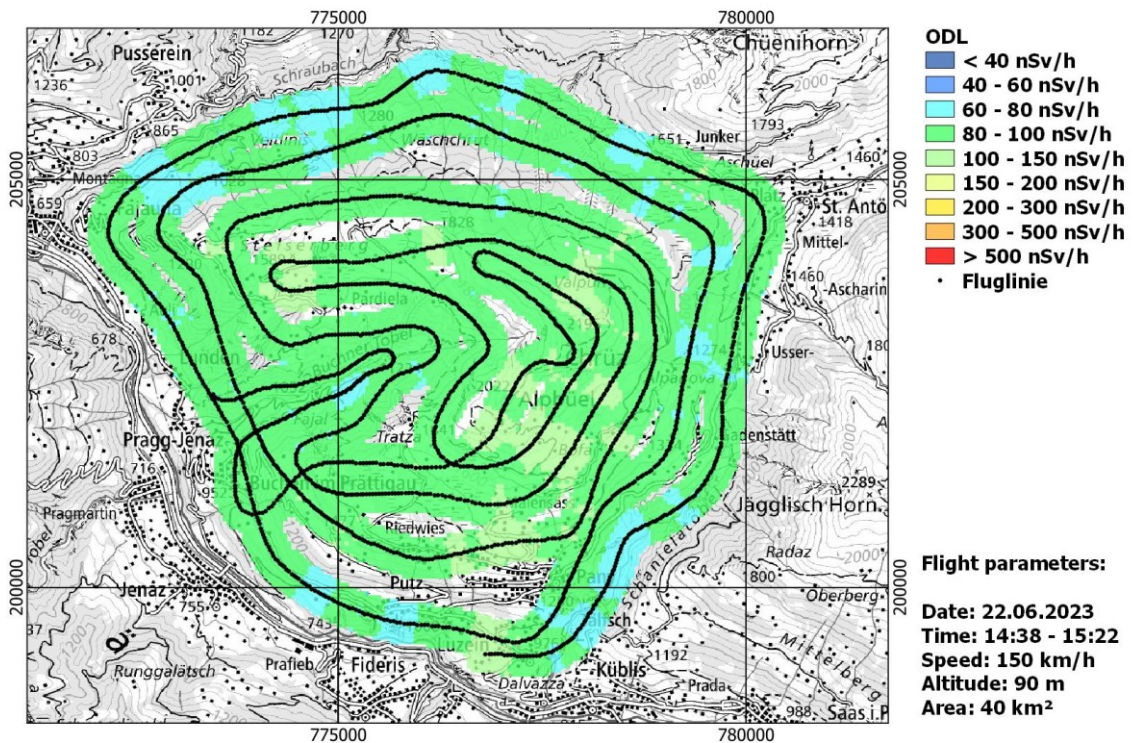


Figura 24: Mappa dell'IDA e della rotta di volo (linea nera) del 2023

3.5.2 «Chrüz» nella regione Prettigovia (GR): intensità di dose ambientale

I risultati delle misurazioni ottenuti con i due metodi presentano complessivamente una buona corrispondenza (Figura 25 e Figura 26) e sono pertanto confrontabili. Va tuttavia tenuto presente che tra i due voli sono trascorsi due anni e le aree rilevate non coincidono completamente. Dal punto di vista della tecnica di volo, la strategia di misurazione lungo le curve di livello si è dimostrata più adatta. La misurazione lungo linee parallele è particolarmente impegnativa, soprattutto su terreni scoscesi, e può portare l'elicottero al limite delle sue capacità operative. Una possibile ottimizzazione consiste nel seguire principalmente le curve di livello e nel prevedere linee supplementari equidistanti almeno 250 metri.

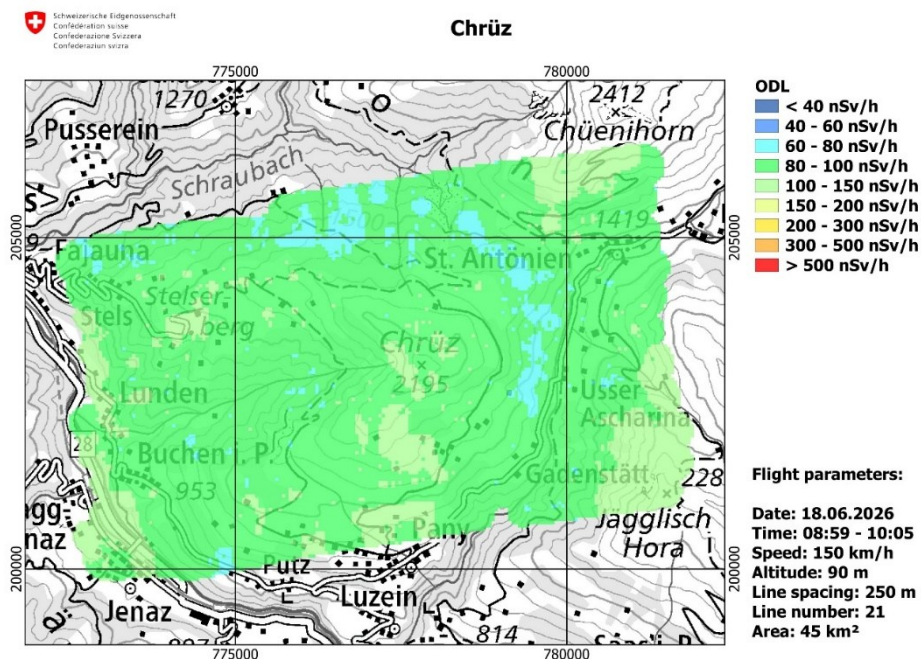


Figura 25: Mappa dell'IDA del 2026

Chrüz

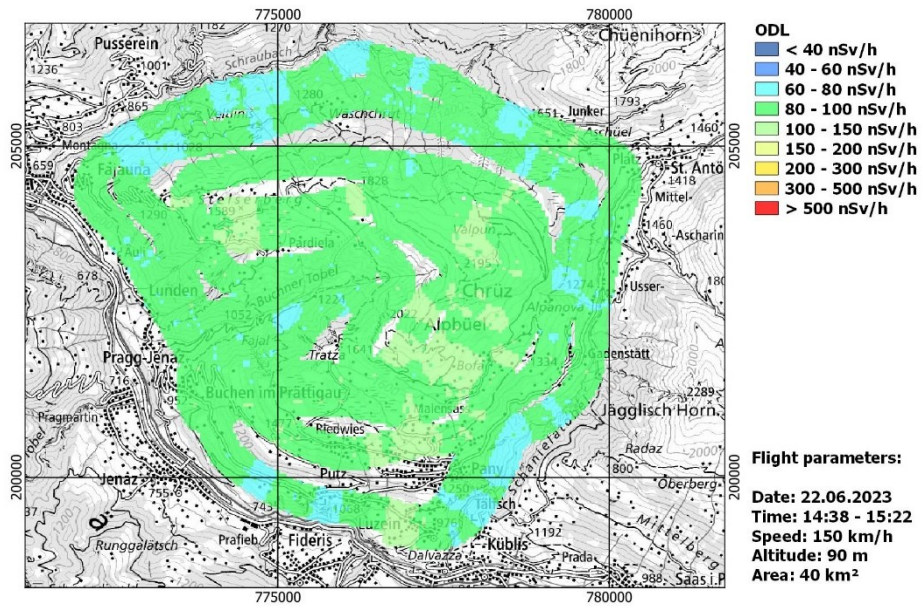


Figura 26: Mappa dell'IDA del 2023

4 Bilancio

- Gli obiettivi fissati per la settimana di aeroradiometria 2026 sono stati raggiunti. Tutte le aree pianificate sono state misurate con successo.
- La misurazione della regione del San Gottardo ha rappresentato una sfida particolare a causa della complessità topografica, degli ostacoli presenti nelle valli e dell'elevata quota di volo. In queste condizioni, inizialmente era difficile definire le aree effettivamente misurabili. Grazie a condizioni meteorologiche favorevoli, a un tempo di volo sufficiente e alla flessibilità nella pianificazione dell'intervento, è stato possibile completare con successo le misurazioni sia nell'area con priorità 1 sia nell'area con priorità 2.
- Un obiettivo importante della campagna di quest'anno è stato il confronto tra due modalità di misurazione. La prima consisteva nel misurare un'area, come di consueto, a una quota costante rispetto al suolo, mentre la seconda prevedeva una quota costante rispetto al livello del mare. Le misurazioni comparative effettuate in due aree scelte hanno fornito risultati positivi: i dati mostrano un'ottima concordanza per quote di volo inferiori a 200 metri dal suolo. Le deviazioni più significative si osservano soltanto a partire da quote di volo superiori a 300 metri dal suolo.
- Un altro obiettivo è stato il confronto tra il «volo lungo le curve di livello topografiche» e il «volo lungo linee parallele». I risultati delle misurazioni effettuate mediante questi due metodi presentano complessivamente una buona corrispondenza e sono pertanto confrontabili. Va tuttavia tenuto presente che tra i due voli sono trascorsi due anni e che le superfici rilevate non coincidono completamente. Dal punto di vista della tecnica di volo, la strategia di misurazione lungo le curve di livello si è dimostrata più adatta. La misurazione lungo linee parallele è particolarmente impegnativa soprattutto su terreni scoscesi, e può portare l'elicottero al limite delle sue capacità operative. Una possibile ottimizzazione consiste nel seguire principalmente le curve di livello e nel prevedere linee supplementari equidistanti almeno 250 metri.
- Per la prima volta, un team di analisi e di supporto (Front Office), con operatori di riserva, è stato dislocato presso una sede esterna. Il team ha supportato sul posto la pianificazione della missione e la valutazione dei dati misurati e ha fatto rientro a Dübendorf in aereo al termine degli interventi. L'addestramento nell'ambito della missione «Massiccio del San Gottardo/Surselva», con un team dislocato ad Andermatt, ha dimostrato che sono disponibili le infrastrutture e i mezzi necessari per garantire un supporto efficace al team operativo sul campo.
- Per quanto riguarda la pianificazione delle missioni, è emerso che le rotte di volo molto lunghe non si sono dimostrate ottimali: rappresentano una sfida sia per i piloti che per gli operatori, poiché rendono difficile mantenere la concentrazione per l'intera durata della missione. È inoltre fondamentale discutere fin dall'inizio con i piloti gli obiettivi di misurazione e i requisiti relativi alle aree complesse dal punto di vista topografico e della tecnica di volo. I piloti sono responsabili della strategia di volo, che dovrebbe essere ottimizzata durante la fase di pianificazione della missione e non solo durante il briefing precedente al volo.
- Grazie a un giorno di preparazione supplementare, gli operatori hanno potuto organizzarsi e prepararsi in modo accurato. I rapporti di missione sono stati redatti tempestivamente e con buon livello qualitativo. Inoltre, è stato dedicato tempo ai debriefing, che hanno permesso di raccogliere sistematicamente i risultati. Nell'ambito della prevista salvaguardia del valore del sistema di aeroradiometria a metà del suo ciclo di vita, è stato possibile documentare numerose proposte di miglioramento e individuare diversi errori software.

- Per le valutazioni dettagliate e l'elaborazione dei risultati si è dimostrata particolarmente preziosa l'esperienza dell'Istituto Paul Scherrer e del centro di competenza NBC-KAMIR. Grazie a questa stretta collaborazione, il team ARM ha potuto acquisire nuove conoscenze e ottimizzare ulteriormente le proprie procedure. Ancora una volta, la campagna ha dimostrato che la collaborazione e la condivisione delle competenze tra tutte le persone coinvolte costituiscono un importante fattore di successo.
- Poiché negli ultimi anni si era già dimostrata utile, anche quest'anno è stata allestita una seconda consolle nell'hangar. Gli operatori al suolo hanno quindi potuto familiarizzare con ulteriori funzioni del sistema, esercitarsi nelle procedure e approfondire ulteriormente la conoscenza del sistema.
- Il livello di istruzione e addestramento degli specialisti addetti alla misurazione, dei tecnici e dei piloti del team di aeroradiometria è risultato elevato.

Appendice A: L'aeroradiometria in breve

Come funziona l'aeroradiometria?

La procedura di misurazione e l'equipaggiamento utilizzato sono descritti in dettaglio in questa [scheda informativa](#).

Valutazione dei dati aeroradiometrici

La procedura di valutazione dei dati aeroradiometrici è descritta in G.F. SCHWARZ, 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission).

Nella pratica, si applica spesso un metodo semplice per valutare direttamente sul posto i valori misurati. Due metodi si sono dimostrati particolarmente validi:

1. Rapporto MMGC: si calcola il rapporto tra la componente a bassa energia e quella ad alta energia dello spettro della radiazione gamma. Poiché i radionuclidi artificiali emettono generalmente una radiazione gamma a energia inferiore, questo rapporto corrisponde approssimativamente al rapporto tra la componente artificiale e quella naturale della radiazione rilevata.
2. Stima dell'intensità di dose ambientale (IDA): la somma dei prodotti tra i ratei di conteggio e l'energia dei singoli canali dello spettro energetico, calcolata su tutti i canali, fornisce un valore proporzionale all'intensità di dose nella posizione della sonda. Da questo valore vengono sottratti il fondo strumentale della sonda (ca. 2 nSv/h) e la componente cosmica della radiazione, misurata mediante uno speciale canale di conteggio per fotoni ad alta energia. Si ottiene così l'intensità di dose dovuta alla radiazione terrestre nella posizione della sonda. L'intensità di dose terrestre viene successivamente ricondotta al valore corrispondente a una distanza di un metro dal suolo mediante una correzione esponenziale dell'altitudine. L'intensità di dose ambientale totale (IDA) viene infine determinata aggiungendo la componente cosmica della radiazione riferita a un metro dal suolo, calcolata mediante la formula che descrive la variazione della componente cosmica con l'altitudine.

Per l'interpretazione delle mappe aeroradiometriche è importante considerare che i valori misurati durante il volo a una quota di 90 m rappresentano sempre un valore medio riferito a una superficie di 300 m x 300 m (90 000 m²). A titolo di confronto, le misurazioni effettuate al suolo si riferiscono soltanto a una superficie di circa 80 m².

Voli di misurazione nei dintorni degli impianti nucleari

L'aeroradiometria permette di misurare le radiazioni direttamente emesse dalla maggior parte degli impianti nucleari svizzeri. Fanno eccezione le centrali nucleari di Beznau e Gösgen, dotate di reattori ad acqua pressurizzata, che in genere non sono rilevabili con questa tecnica. Il segnale misurabile è tuttavia limitato al perimetro degli impianti. Nei dintorni non è stata rilevata alcuna radioattività artificiale superiore alla norma.

Presso il PSI vengono rilevate sia la radiazione diffusa generata dall'acceleratore di particelle (PSI-ovest), sia la radiazione emessa dalle scorie radioattive presenti nel Deposito federale intermedio (PSI-est).

Nei reattori ad acqua bollente (CNM e CNL), il prodotto di attivazione N-16 giunge in sala macchine attraverso la condotta del vapore vivo. Poiché il tetto della sala macchine è meno schermato rispetto al resto della centrale, la radiazione gamma emessa dal N-16 può essere misurata chiaramente dall'alto. Le centrali nucleari con reattori ad acqua pressurizzata (CNG e CNB) emettono invece una radiazione gamma complessiva molto bassa e generalmente non sono rilevabili mediante aeroradiometria.

All'esterno del perimetro recintato degli impianti nucleari non è stato rilevato alcun aumento della radioattività artificiale attribuibile agli impianti stessi. La radioattività artificiale residua rilevata è riconducibile esclusivamente al disastro nucleare di Cernobyl del 1986 o ai test con armi nucleari effettuati negli anni Sessanta. Il livello di attività rilevato nei dintorni degli impianti è rimasto costante negli ultimi 15 anni.