

ANALISI DELLA CONTAMINAZIONE DA MACROPLASTICHE LUNGO DIVERSI SENTIERI ESCURSIONISTICI DEL PARCO NAZIONALE DELLO STELVIO

TECLA GASTALDI¹, ANTONELLA SENESE¹, BEATRICE DE FELICE¹, STEFANO GAZZOTTI², ROBERTO AMBROSINI^{1,3,4}, MARCO PAROLINI¹

Parole chiave – macroplastica, inquinamento ambientale, caratterizzazione polimerica.

Key words – words: macroplastics, environmental contamination, polymer characterization.

Riassunto – Le materie plastiche, la cui produzione è cresciuta rapidamente negli ultimi decenni, generano quantità di rifiuti difficili da gestire, soprattutto a causa della plastica monouso. La loro dispersione nell'ambiente è ormai diffusa a livello globale, dai mari alle aree montane remote, dove possono degradarsi in microplastiche e accumularsi negli ecosistemi. Per questo lavoro di tesi è stata studiata la presenza, la tipologia e la distribuzione delle macroplastiche nel Parco Nazionale dello Stelvio.

Abstract – *Analysis of macroplastic contamination along various hiking trails in the Stelvio National Park.* The massive production and use of plastics, especially single-use items, have caused a serious environmental issue connected to waste dispersion and fragmentation, resulting in a widespread plastic contamination. Nowadays, plastic is found everywhere, even in remote ecosystems such as mountains. For this reason, this study was aimed at investigate the presence of macroplastics in the Stelvio National Park, analysing their origin, composition, and distribution.

INTRODUZIONE

Le materie plastiche, note più semplicemente come plastica, sono materiali sintetici aventi proprietà chimico-fisiche, meccaniche ed economiche che le rendono adatte all'impiego in molteplici settori della società moderna, motivo della loro onnipresenza nella nostra vita quotidiana. La produzione di materie plastiche è cresciuta di 20 volte negli ultimi 50 anni e nel 2021 è stata registrata una produzione globale che ha raggiunto i 390,7 milioni di tonnellate (PLASTICSEUROPE, 2022). I tassi di produzione e d'uso attuali, soprattutto legati alla plastica monouso, hanno portato alla generazione di quantitativi di rifiuti insostenibili (BORRELLE *et al.*, 2020). Nel dettaglio, la loro mala gestione è una delle principali cause della problematica della dispersione ambientale delle materie plastiche (GEYER *et al.*, 2017; HOSEINI *et al.*, 2022). La loro presenza negli ecosistemi è stata confermata a livello globale: a partire dagli ecosistemi marini (ERIKSEN *et al.*, 2014; JAMBECK *et al.*, 2015; THUSHARI & SENEVIRATHNA, 2020), come risultato del trasporto in mare dai fiumi e dagli ecosistemi terrestri (BOOKMAN *et al.*, 1999; ERIKSEN *et al.*, 2013), fino alle aree remote (es. ambiente montano) e scarsamente abitate, lontane da fonti di emissione, come risultato del trasporto atmosferico (ALLEN *et al.*, 2019; AMBROSINI, 2019; LECHTHALER, 2020). La problematica principale riguardo all'abbandono di questi materiali in ambiente consiste nei processi di alterazione e rottura delle macroplastiche ad opera degli agenti atmosferici che portano alla formazione di microplastiche (PAROLINI *et al.*, 2021a). La presenza di macroplastiche in ambiente, non solo è antiestetica, ma negli ultimi anni sono state sollevate preoccupazioni sui potenziali impatti sugli ecosistemi, infatti, queste materie essendo persistenti, possono facilmente accumularsi nell'ambiente ed entrare nella catena trofica (AMBROSINI *et al.*, 2019). Data la loro ubiquità si

è ritenuto ottimale investigare l'entità della contaminazione da macroplastiche nel parco montano Nazionale dello Stelvio con l'obiettivo di identificarne la categoria d'uso, la caratterizzazione polimerica e la diffusione di questi contaminanti nel parco.

METODI

L'area di studio si colloca nel settore lombardo del Parco Nazionale dello Stelvio (Fig. 1).

Scelta delle aree

Nello specifico, sono stati individuati 10 transetti corrispondenti a 10 sentieri (Fig. 1) del Parco equamente ripartiti in: 5 maggiormente interessati dalla presenza di escursionisti e 5 con minor affluenza. L'affluenza è stata definita sulla base di accessibilità, presenza di parcheggi o altre strutture e complessità dei sentieri stessi in termini di durata e dislivello.

Metodi di campionamento

Per ogni sentiero, su un'area *buffer* di 2 m per lato, sono stati campionati tutti i rifiuti plastici visibili a occhio nudo. Essi singolarmente sono stati geolocalizzati, raccolti, fotografati e registrati in una scheda di campo. È stato eseguito un secondo campionamento per il sentiero "Ghiacciaio dei Forni" per valutare l'accumulo di rifiuti plastici nelle 24 ore.

Analisi dei campioni

Successivamente in laboratorio, a seguito dell'esclusione dei campioni inferiori alle dimensioni di 5 mm (microplastiche), per ogni campione si è proceduto con la misurazione di lunghezza e peso (Fig. 2), caratterizzazione d'uso e caratterizzazione polimerica secondo PAROLINI *et al.* (2021a), quest'ultima determinata con il metodo di spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR).

¹ Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, via Celoria 26, I-20133 Milano, Italia;

✉ teclagastaldi@gmail.com

² Università degli Studi di Milano, Laboratorio di Materiali e Polimeri (LaMPo), Dipartimento di Chimica, via Golgi 19, I-20133 Milano, Italia;

³ Centro di Studi Applicati per la Gestione Sostenibile e la Difesa della Montagna (CRC Ge.S.Di.Mont.), Università degli Studi di Milano, Via Morino 8, 25048 Edolo;

⁴ Department of Civil and Environmental Engineer, São Paulo State University, Av. Eng. Luis Edmundo C. Coube, n. 14-01 Bauru-SP – Brazil

TRANSETTO	ID	LUNGHEZZA	DISLIVELLO	TEMPO DI PERCORRENZA	PERSONE A PIEDI	MOUNTAIN BIKE	MACROPLASTICHE RACCOLTE	DENSITA'
		km	m	h				campioni/km
Ghiacciaio dei Forni	T1	7,92	430	5:15	120	0	89	11,2
Ghiacciaio dei Forni (2° giorno)	T1.1	7,92	430	3:20	24	0	8	1,0
Valle delle Messi	T2	6,44	680	5:00	354	14	70	10,9
Val Grande	T3	8,93	820	3:40	96	10	90	10,1
Sentiero Case di Viso	T4	6,51	690	2:30	269	48	71	10,9
Val di Rezzalo	T7	7,4	690	3:30	39	25	80	10,8
							Media= 68,00	Dev.st. = 30,6006
Escursione verso Punta Rims	T8	3,97	420	1:40	8	4	9	2,3
Valle Alpisella	T9	9,56	470	3:45	17	6	40	4,2
Villa Dalegno	T10	4,23	380	1:45	4	8	34	8,0
Sentiero del Pino Silvestre	T5	5,36	500	3:30	22	29	20	3,7
Valle Forcola	T6	8,65	870	4:00	6	10	33	3,8
							Media=27,20	Dev.st. = 12,5179

Tab.1- Dettaglio quantità di macroplastiche raccolte per transetto

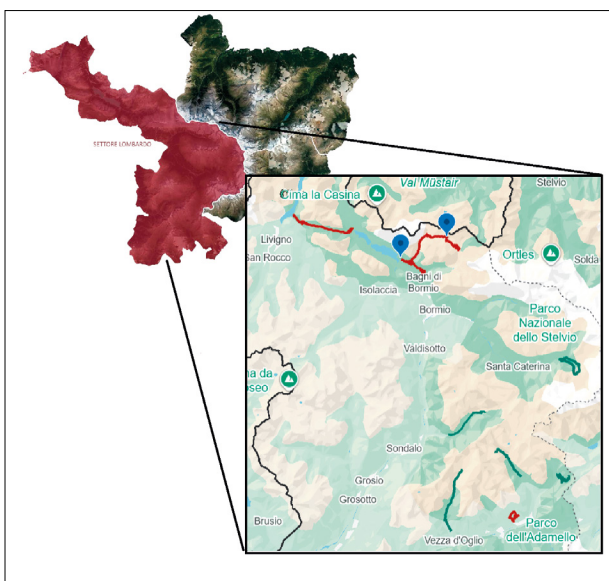


Fig.1 – Confini settore lombardo del Parco Nazionale dello Stelvio e focus sui sentieri, 5 più frequentati (verde) e 5 meno frequentati (rosso)

RISULTATI

In totale sono state raccolte 544 macroplastiche.

Dimensione media: $7,93 \pm 7,46$ cm, compresi in un *range* dimensionale tra 0,6 e 59 cm, e il valore medio di peso (\pm deviazione standard) è di $2,26 \pm 12,92$ g, compresi in un *range* tra 0,004 e 278 g.

Categorizzazione: il 38,42% è riconducibile alla categoria *food packaging*, il 25,92% ad altre categorie (cavi, fascette, pezzi di biciclette, guaine, fili, ecc.), il 6,25% per abbigliamento tecnico da montagna, 4,04% da equipaggiamento montano, 2,76% da prodotti sanitari e il 22,61% per campioni non identificabili (Fig. 3). Caratterizzazione: 26,1% polipropilene (PP), polietilene (PE) al 14,52%, polietilene teraftalato (PET) al 12,32%, poliuretano (PU) al 9,56% e polivinilcloruro (PVC) al 8,46%. Le altre tipologie di polimeri sono risultate presenti in percentuali minori (Fig. 4). Il 16,73% dei campioni raccolti non è stato identificato.

Diffusione: sui sentieri maggiormente frequentati la diffusione media è di $68 \pm 30,60$ campioni, di cui il secondo giorno di campionamento sul Ghiacciaio dei Forni con 8 campioni e densità di 1,0 campioni/km e Val Grande con 90 campioni e densità di 10,1 campioni/km; sui sentieri meno frequentati la media dei campioni è di $27,2 \pm 12,52$, di cui l'escursione verso

Punta Rims con 9 e densità 2,3 campioni/km e Valle Alpisella con 40 e densità 4,2 campioni/km (Tab. 1).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per questo lavoro di tesi sono state raccolte macroplastiche identificate sia come frammenti sia come materiali integri aventi una variabilità in termini di dimensione e peso molto elevata, come si nota dal *range* dei dati dalla deviazione standard associata.

La categoria d'uso maggiormente rappresentata è quella del *food packaging*, che deriva da un consumo di cibo durante la percorrenza dei sentieri. Questo risultato è evidente soprattutto nei sentieri più frequentati da turisti ed escursionisti ed è attribuibile alla facile percorrenza e accessibilità degli stessi. Analisi effettuate precedentemente nell'area di studio considerata in questo progetto di tesi mostrano risultati simili: le categorie di macroplastiche individuate negli anni precedenti risultano avere un'abbondanza in percentuale del 27% per gli imballaggi alimentari, del 22% per attrezzatura da montagna e dell'8% per abbigliamento tecnico montano (PAROLINI *et al.*, 2021b). Da un altro studio, sul sentiero glaciologico dei Forni, emerse una percentuale del 40% dei rifiuti plastici riconducibili ad altri usi, principalmente derivate dalle attrezzature comuni utilizzate durante le indagini scientifiche condotte sul ghiacciaio del Forni (AMBROSINI *et al.*, 2019).

I risultati ottenuti in merito alla caratterizzazione polimerica di questo studio sono in accordo con quelli di precedenti studi in ambiente montano (PAROLINI *et al.*, 2021b, LITHOLDO *et al.*, 2025) i quali denotano una marcata prevalenza di polimeri appartenenti alla macrocategoria delle poliolefine e dei poliesteri, i polimeri utilizzati principalmente per il *food packaging* e *snack* energetici che vengono consumati da escursionisti e turisti lungo i sentieri montani. In generale i risultati di questo studio dimostrano come la presenza di macroplastiche sia stata riscontrata in tutti e dieci i percorsi escursionistici del Parco Nazionale dello Stelvio. Nello specifico, i sentieri più frequentati risultano avere una maggiore abbondanza e diffusione: la facile tracciabilità, la presenza di parcheggi, zone picnic organizzate e almeno un rifugio alpino lungo il sentiero rendono questi sentieri più accessibili a molte tipologie di escursionismo (Fig. 5). Al contrario, i sentieri di maggiore difficoltà e con meno servizi (parcheggi, punti ristoro, ecc.) presentano percentuali proporzionate all'eterogeneità delle categorie d'uso rinvenute. Purtroppo i processi di alterazione di questi materiali in ambiente di alta montagna ad opera degli agenti atmosferici e la rottura



Fig.2 – Macroplastiche rinvenute durante la fase di rilevamento sul sentiero Case di Viso

delle macroplastiche hanno concorso alla mancata identificazione della composizione polimerica di circa il 16,73% dei campioni raccolti per questo lavoro, unitamente al fatto che questi materiali possano essere materiali poliaccoppiati.

È chiaro come dai risultati di questo lavoro la maggior parte delle materie plastiche trovate lungo i sentieri derivi da alimenti confezionati e consumati dai turisti durante un'escursione che accidentalmente o volontariamente abbandonano come rifiuti. Per affrontare il problema della dispersione delle macroplastiche in ambiente gioca un ruolo importante la sensibilizzazione all'inqui-

namento da plastica e l'educazione ambientale verso i consumatori. L'installazione di contenitori per i rifiuti nelle aree picnic e nei parcheggi associata ad una regolare e periodica pulizia e smaltimento degli stessi, corredata inoltre ad aree di segnaletica e cartelli espositivi possono essere metodologie per raccomandare l'attuazione di comportamenti più virtuosi ai visitatori della montagna. Inoltre, anche l'attivazione di progetti e campagne volontarie per la pulizia dei sentieri di montagna e delle aree circostanti potrebbe essere una via verso una sensibilizzazione della società verso queste tematiche.

C'è ancora molto lavoro da fare sulla questione: a partire dall'utilizzo di imballaggi per gli alimenti più sostenibili o che evitino una facile dispersione nell'ambiente (come nel caso degli attuali tappi saldati alle bottigliette di plastica in commercio) fino ad un'efficace gestione e riciclaggio dei rifiuti post-consumo. Tuttavia l'introduzione di un'educazione ambientale e l'attuazione di comportamenti più virtuosi da parte di tutti i cittadini, rappresentano i punti fondamentali per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità che garantiscono la coesistenza tra uomo e natura.

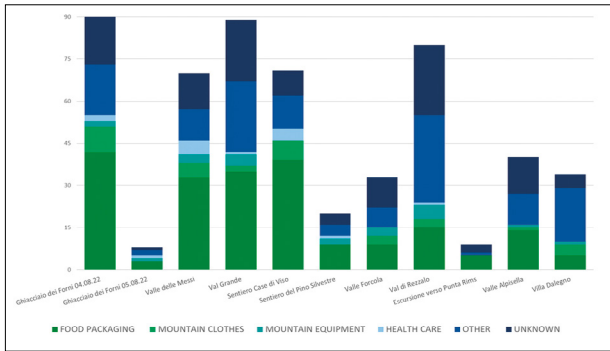


Fig.3 - Contributo del numero di ogni frammento di macroplastica per ogni categoria d'uso alla contaminazione di ogni specifico transetto.

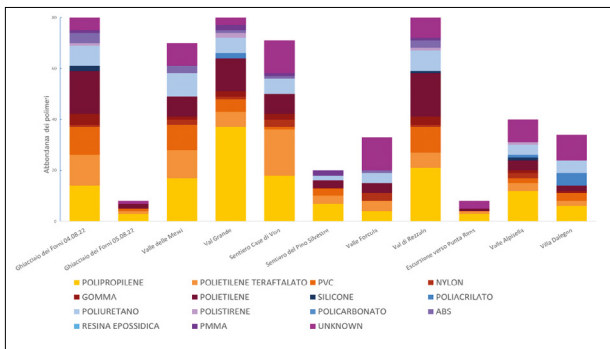


Fig.4 - Contributo del numero di ogni frammento di macroplastica per ogni categoria polimerica riscontrata in ciascun transetto

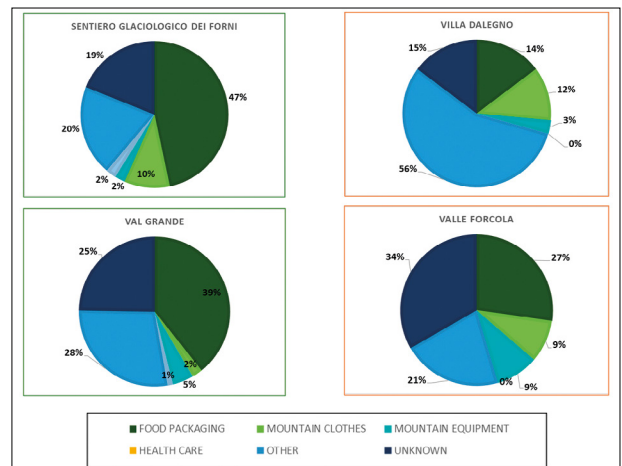


Fig.5 - Confronto tra le quantità di *food packaging* in due sentieri più frequentati, sentiero glaciologico dei Forni e Val Grande, e in due sentieri meno frequentati, Villa Dalegno e Valle Forcola

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN S., ALLEN D., PHOENIX V.R., LE ROUX G., DURÁNTEZ JIMÉNEZ P., SIMONNEAU A., ... E GALOP D., 2019. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339-344.
- AMBROSINI R., AZZONI R.S., PITTINO F., DIOLAIUTI G., FRANZETTI A., E PAROLINI M., 2019. First evidence of microplastic contamination in the supraglacial debris of an alpine glacier. *Environmental pollution*, 253, 297-301.
- BOOKMAN C., CULLITON T. E WARREN M., 1999. Trends in US coastal regions, 1970-1998. *Trends and Future Challenges for US National Ocean and Coastal Policy: Proceedings*, 15.
- BORRELE, S.B., et al., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369.6510: 1515-1518.
- ERIKSEN M., MAXIMENKO N., THIEL M., CUMMINS A., LATTIN G., WILSON S., ... E RIFMAN S., 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1-2), 71-76.
- ERIKSEN M., et al. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 2014, 9.12: e111913.
- GEYER R., JAMBECK, J.R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 2017, 3.7: e1700782.
- HOSEINI M. e BOND T., 2022. Predicting the global environmental distribution of plastic polymers. *Environmental Pollution*, 300: 118966.
- JAMBECK J. R. et al., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347.6223: 768-771.
- LECHTHALER, S., et al. The way of macroplastic through the environment. *Environments*, 2020, 7.10: 73.
- LITHOLDO T., DE FELICE B., GAZZOTTI S., CROSTA A., MINOLFI V., SENESE A., ... e AMBROSINI R., 2025. Geographical distribution of plastic items in the mountains of Lombardy region–Northern Italy. *Journal of Environmental Management*, 387, 125758.
- PAROLINI M., ANTONIOLI D., BORGOGNO F., GIBELLINO M.C., FRESTA J., ALBONICO C., ... E CAVALLO R., 2021a. Microplastic contamination in snow from Western Italian Alps. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 768.
- PAROLINI M., DE FELICE B., LAMONICA C., CIOCCARELLI S., CROSTA A., DIOLAIUTI G., ... E AMBROSINI R., 2021b. Macroplastics contamination on glaciers from Italian Central-Western Alps. *Environmental Advances*, 5, 100084.
- THUSHARI G.G.N, SENEVIRATHNA J.D.M.. Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 2020, 6.8.

SITOGRAFIA

PLASTICS EUROPE, 2022. Plastics – the Facts 2022. Bruxelles: Plastics Europe, ottobre 2022. Disponibile da: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>. Consultato il: novembre 2025.