

# **Curriculum Vitae**

## **Giuseppe Protano**

### **Ricercatore (RTI) e Professore Aggregato**

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente (DSFTA)

Università degli Studi di Siena

Via del Laterino 8 - 53100 Siena

Tel. 0577-232248

e-mail [giuseppe.protano@unisi.it](mailto:giuseppe.protano@unisi.it)

### **Pagine personali**

<https://docenti.unisi.it/it/protano>

<https://www.unisi.it/ugov/person/9166>

<https://www.dsfta.unisi.it/it/dipartimento/personale/docenti/protano-giuseppe>

### **Posizione accademica**

- Dal 2002 è ricercatore a tempo indeterminato (RTI) nel Settore Scientifico Disciplinare GEO/08 - Geochimica e Vulcanologia (attualmente GEOS-01/C - Geochimica e vulcanologia) presso l'Università di Siena.
- Dall'a.a. 2011/12 è professore aggregato presso l'Università di Siena.
- Dal 2012 afferisce al Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.

### **Attività di ricerca**

- Svolge attività di ricerca nel campo della geochimica ambientale incentrata principalmente sullo studio dell'abbondanza, della distribuzione e del comportamento degli elementi in traccia nell'ambiente di superficie.

Le principali linee di ricerca sono:

- contaminazione da elementi potenzialmente tossici nell'aria (particolato atmosferico e licheni), nel suolo, nei sedimenti fluviali e nelle acque superficiali e sotterranee in aree urbane e in siti minerari, industriali e agricoli
- valutazione del fondo naturale di elementi potenzialmente tossici in geomateriali (suolo e sedimento fluviale)
- comportamento di elementi in traccia nel suolo e nel sistema suolo-pianta
- valutazione della qualità dell'aria e del suolo attraverso l'uso di bioindicatori
- chimica e tracciabilità di piante ed alimenti di origine vegetale

- utilizzo di nanoparticelle in applicazioni ambientali.
- È stato responsabile scientifico e/o coordinatore di unità di ricerca in progetti di ricerca finanziati da Enti pubblici quali: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), Regione Toscana, Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo e Forestale (ARSA) della Regione Toscana, Università di Siena.
- È stato responsabile scientifico di progetti di ricerca e/o responsabile scientifico di unità di ricerca in progetti di ricerca finanziati da società ed aziende private.
- Ha partecipato a progetti di ricerca finanziati da Enti pubblici quali: Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (MURST), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero della Difesa, Association of Geological Surveys of Europe, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Regione Toscana, Università di Siena, Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo (ISSDS).
- Ha partecipato a progetti di ricerca finanziati da società ed aziende private.

### **Attività didattica**

- È stato docente dei seguenti insegnamenti in Corsi di Laurea triennale dell'Università di Siena:
  - Geochimica – Corso di Laurea in Scienze Geologiche (dall'a.a. 2009/10 all'a.a. 2012/13; nell'a.a. 2014/15; dall'a.a. 2018/19 all'a.a. 2024/25)
  - Geochimica – Corso di Laurea in Geologia per l'Ambiente e il Territorio (dall'a.a. 2015/16 all'a.a. 2017/18)
  - Geochimica – Corso di Laurea in Geotecnologie (dall'a.a. 2003/04 all'a.a. 2008/09)
  - Laboratorio di geochimica – Corso di Laurea in Scienze Geologiche (dall'a.a. 2002/03 all'a.a. 2007/08).
- È stato docente dei seguenti insegnamenti in Corsi di Laurea specialistica e magistrale dell'Università di Siena:
  - Geochimica ambientale – Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche (dall'a.a. 2021/22 all'a.a. 2023/24)
  - Geochimica dei contaminanti – Corso di Laurea magistrale in Ecotossicologia e Sostenibilità Ambientale (dall'a.a. 2009/10 all'a.a. 2024/25)
  - Geochimica dei contaminanti – Corso di Laurea magistrale in Risorse e Pericolosità Geologiche del Territorio (a.a. 2024/25)
  - Campionamento e analisi di acque superficiali - Corso di Laurea magistrale in Ecotossicologia e Sostenibilità Ambientale (a.a. 2024/25)

- Geochimica applicata – Corso di Laurea magistrale in Geoscienze e Geologia Applicata (dall'a.a. 2014/15 all'a.a. 2020/21)
- Geochimica applicata – Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche (dall'a.a. 2011/12 all'a.a. 2013/14)
- Geochimica dei suoli, modulo 2 dell'insegnamento di Geochimica applicata – Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche (a.a. 2010/11)
- Geochimica dell'acqua e dei suoli – Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche (dall'a.a. 2009/10 all'a.a. 2010/11)
- Modellistica geochimica – Corso di Laurea specialistica in Tecnologie di Analisi degli Impatti Ecotossicologici (dall'a.a. 2006/07 all'a.a. 2009/10)
- Modellistica geochimica – Corso di Laurea specialistica in Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (dall'a.a. 2006/07 all'a.a. 2008/09)
- Geochimica dei contaminanti – Corso di Laurea specialistica in Tecnologie di Analisi degli Impatti Ecotossicologici (dall'a.a. 2005/06 all'a.a. 2009/10)
- Geochimica dei suoli – Corso di Laurea specialistica in Geologia Applicata (dall'a.a. 2004/05 all'a.a. 2008/09)
- Laboratorio di geochimica ambientale – Corso di Laurea specialistica in Geologia per il Territorio, le Risorse e l'Ambiente (dall'a.a. 2002/03 all'a.a. 2009/10).
- Dall'a.a. 2004/05 all'a.a. 2014/15 è stato responsabile dell'insegnamento “Geochimica ambientale” e docente dell'unità didattica “Geochimica dei suoli” nel Master universitario di II° livello in Geotecnologie Ambientali dell'Università di Siena.
- Dall'a.a. 2005/06 all'a.a. 2007/08 è stato responsabile dell'insegnamento “Prospezioni ed analisi idrogeochimico-ambientali” e docente dell'unità didattica “Geochimica delle acque sotterranee” nel Master universitario di I° livello PAGAS - Prospezioni ed Analisi per la Gestione delle Acque Sotterranee dell'Università di Siena.
- Nell'a.a. 2020/21 è stato docente dell'insegnamento “Chimica delle acque sotterranee” nel Master Executive di I livello in “Gestione delle Risorse Idriche: Sostenibilità, Innovazione e Comunicazione – BEST WATER”.
- Nel 2019 è stato docente nella “Best Water” Summer School: Prepariamo i futuri manager dell'acqua, organizzata dall'Università di Siena e dall'Acquedotto del Fiora.
- Nel 2009, 2019 e 2020 è stato docente in corsi di formazione professionale per geologi e per dipendenti pubblici.

### **Attività di tutoraggio e orientamento**

- È stato tutor (relatore) di:
  - tesi di Dottorato di Ricerca (Dottorato in Scienze e Tecnologie Applicate all'Ambiente, Università di Siena)
  - tesi di Laurea triennale

- tesi di Laurea specialistica e magistrale
- elaborati finali del Master in Geotecnologie Ambientali e del Master PAGAS - Prospezioni ed Analisi per la Gestione delle Acque Sotterranee, Università di Siena.
- È stato tutor universitario di stage e tirocini svolti presso il Gruppo di Ricerca di Geochimica ambientale e il Laboratorio di Geochimica del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- È stato responsabile scientifico (tutor) delle attività svolte nell'ambito di assegni di ricerca, borse di ricerca, borse di studio e contratti di ricerca.
- Dall'a.a. 2015/16 svolge attività di orientamento e di divulgazione per gli studenti di scuole secondarie di secondo grado attraverso seminari, lezioni tematiche e stage realizzati nell'ambito di Scuole del Piano Nazionale Lauree Scientifiche, del Progetto "Alternanza Scuola-Lavoro", del Progetto "Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento" (PCTO), del Progetto "Pianeta Galileo" e di attività proposte dal Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente.

### **Responsabilità ed incarichi scientifici**

- Dall'a.a. 2003/04 all'a.a. 2010/11 è stato membro del Collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in Scienze e Tecnologie Applicate all'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dall'a.a. 2011/12 all'a.a. 2013/14 è stato membro del Collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra, Ambientali e Polari dell'Università di Siena.
- Dall'a.a. 2016/17 è membro del Collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in Scienze e Tecnologie Ambientali, Geologiche e Polari dell'Università di Siena.
- Dal 2011 è responsabile scientifico del Gruppo di Ricerca di Geochimica ambientale del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dal 2011 è responsabile scientifico del Laboratorio di Geochimica del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dal 2021 al 2024 è stato responsabile scientifico del Laboratorio di monitoraggio e preparazione di geomateriali del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dal 2025 è responsabile scientifico del Laboratorio di Microscopia Ottica del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dal 2025 è responsabile scientifico del Laboratorio di Diffrattometria X del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.
- Dal 2025 è responsabile scientifico del Laboratorio di Sezioni Ultrasottili del Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena.

- Dal 2013 al 2015 è stato membro del Comitato Scientifico dello spin-off EGIS SYSTEM dell'Università degli Studi di Siena.
- Dal 2019 al 2021 è stato membro del Consiglio Scientifico del Laboratorio di ricerca Congiunto per la Petrologia Applicata all'Industria della Calce (LCPAIC) tra Università di Siena, Unicalce S.p.A. e PetroLogic Synergy S.r.l.

### **Incarichi istituzionali**

- Dal 2019 al 2022 è stato membro del Gruppo di Gestione di Assicurazione della Qualità del Corso di Laurea in Scienze Geologiche, del Corso di Laurea magistrale in Geoscienze e Geologia Applicata e del Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche.
- Dal 2019 al 2020 è stato membro del Comitato del Piano Nazionale Lauree Scientifiche-Geologia dell'Università di Siena (PNLS-GEO UNISI).
- Dal 2021 è membro del Comitato Unico per la Didattica dei Corsi di Studio in Scienze della Terra (CUST).

### **Memberships**

- È socio ordinario della Società Geochimica Italiana (SoGel).

### **Altre attività**

- Ha svolto attività di revisione per le seguenti riviste scientifiche internazionali con peer-review: Applied Soil Ecology, Catena, Chemosphere, Environmental Earth Sciences, Environmental Geochemistry and Health, Environmental Geology, Environmental Monitoring and Assessment, Environmental Pollution, Environmental Pollutants and Bioavailability, International Journal of Environmental Science and Technology, Journal of Environmental Science and Health, Journal of Cleaner Production, Journal of Geochemical Exploration, Minerals, Science of the Total Environment, Soil and Sediment Contamination.
- Ha svolto attività di revisione e di valutazione di tesi di dottorato.
- È stato membro di commissioni giudicatrici di procedure di valutazione comparativa per posti di ricercatore universitario.
- È stato membro di commissioni giudicatrici per il conferimento di assegni di ricerca, borse di ricerca ed incarichi didattici.
- È stato membro di commissioni giudicatrici per l'esame di ammissione a Scuole di Dottorato di Ricerca e per l'esame finale di Scuole di Dottorato di Ricerca.
- Ha svolto attività di consulenza per centri di ricerca pubblici e per società e laboratori privati.

## Pubblicazioni

- È autore di circa 190 pubblicazioni.
  - Articoli in riviste internazionali e nazionali: 82
  - Libri/monografie: 1
  - Contributi in volumi collettanei 14
  - Atti/abstract di convegno 94.
- Articoli in riviste internazionali e nazionali (dal 2016 al 2025).

Panza G., Montanari M., Lopez D., Fiorani M., Sisti D., Frontalini F., Pasini G., Papa S., Valentini L., Gobbi P., Bagherlou N., Burattini S., Formica M., Fusi V., **Protano G.**, Nannoni F., Santolini R., Canonico B. (2025). Hepatopancreatic cells of *Armadillidium vulgare*: an integrated, flow cytometric-based biomarker approach to unravel the soil ecological disturbance. *Science of The Total Environment*, 996, 180135. doi: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180135.

Bellingeri A., Ale A., Rusconi T., Scattoni M., Lemaire S., **Protano G.**, Venditti I., Corsi I. (2025). Nanosilver Environmental Safety in Marine Organisms: Ecotoxicological Assessment of a Commercial Nano-Enabled Product vs an Eco-Design Formulation. *Toxics*, 13, 338. doi: doi.org/10.3390/toxics13050338

Grattacaso M., Canali G., Vannini A., **Protano G.**, Nannoni F., De Lucia V., Di Lella L.A., Biagiotti S., Loppl S. (2025). Health and Ecological Risk From Potentially Toxic Elements in Soils and Extra Virgin Olive Oils From Valdichiana Senese, Tuscany (Italy). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 188, 241–250. doi: doi.org/10.1002/jpln.202400312.

Panza G., Frontalini F., Ciacci C., **Protano G.**, Montanari M., Lopez D., Nannoni F., Papa S., Ortolani C., Rebecchi F., Fusi V., Santolini R., Canonico B. (2024). Environmental Diagnosis through a Flow Cytometric Approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 25, 11069. doi: 10.3390/ijms252011069.

Bellingeri A., Bono N., Venditti I., Bertelà F., Burratti LL., Faleri C., **Protano G.**, Paccagnini E., Lupetti P., Candiani G., Corsi I. (2024). Capping drives the behavior, dissolution and (eco)toxicity of silver nanoparticles towards microorganisms and mammalian cells. *Environmental Science: Nano*, 11, 2049-2060. doi: 10.1039/D4EN00063C.

Menicagli V., Balestri E., Corti S., Arena B., **Protano G.**, Corsi I., Lardicci C. (2023). Effects of TiO<sub>2</sub> ultraviolet filter and sunscreens on coastal dune plant performance and competitive interactions. *Chemosphere*, 343, 140236. doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.140236.

**Protano G.**, Bianchi S., De Santis M., Di Lella L.A., Nannoni F., Salleolini M. (2023). New geochemical data for defining origin and distribution of mercury in groundwater of a coastal area in southern Tuscany (Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 50920-50937. doi: 10.1007/s11356-023-25897-7.

Bellingeri A., Battocchio C., Faleri C., **Protano G.**, Venditti I., Corsi I. (2022). Sensitivity of *Hydra vulgaris* to Nanosilver for Environmental Applications. *Toxics*, 10, 695. doi: 10.3390/toxics10110695.

- Bellingeri A., Scattoni M., Venditti I., Battocchio C., **Protano G.**, Corsi I. (2022). Ecologically based methods for promoting safer nanosilver for environmental applications. *Journal of Hazardous Materials*, 438, 129523. doi: 10.1016/j.jhazmat.2022.129523.
- Nigro L., Freitas R., Maggioni D., Hamza H., Coppola F., **Protano G.**, Della Torre C. (2021). Coating with polysaccharides influences the surface charge of cerium oxide nanoparticles and their effects to *Mytilus galloprovincialis*. *NanoImpact*, 24, 100362. doi: 10.1016/j.impact.2021.100362.
- Vannini A., Bianchi E., Avi D., Damaggio N., Di Lella L.A., Nannoni F., **Protano G.**, Loppi S. (2021). Biochar Amendment Reduces the Availability of Pb in the Soil and Its Uptake in Lettuce. *Toxics*, 9, 268. doi: 10.3390/toxics9100268.
- Guidi P., Bernardeschi M., Palumbo M., Scarcelli V., Genovese M., **Protano G.**, Vitiello V., Pontorno L., Bonciani L., Buttino I., Chiaretti G., Pellegrini D., Fiorati A., Riva L., Punta C., Corsi I., Frenzilli G. (2021). Cellular Responses Induced by Zinc in Zebra Mussel Haemocytes. Loss of DNA Integrity as a Cellular Mechanism to Evaluate the Suitability of Nanocellulose-Based Materials in Nanoremediation. *Nanomaterials*, 11, 2219. doi: 10.3390/nano11092219.
- Vannini A., Grattacaso M., Canali G., Nannoni F., Di Lella L.A., **Protano G.**, Biaggiotti S., Loppi S. (2021). Potentially Toxic Elements (PTEs) in Soils and Bulbs of Elephant Garlic (*Allium ampeloprasum* L.) Grown in Valdichiana, a Traditional Cultivation Area of Tuscany, Italy. *Applied Sciences*, 11, 7023. doi: 10.3390/app11157023.
- Protano G.**, Di Lella L.A., Nannoni F. (2021). Exploring distribution of potentially toxic elements in soil profiles to assess the geochemical background and contamination extent in soils of a metallurgical and industrial area in Kosovo. *Environmental Earth Sciences*, 80, 486. doi: 10.1007/s12665-021-09771-8.
- Della Torre C., Maggioni D., Nigro L., Farè F., Hamza H., **Protano G.**, Magni S., Fontana M., Riccardi N., Chiara M., Caruso D., Binelli A. (2021). Alginate coating modifies the biological effects of cerium oxide nanoparticles to the freshwater bivalve *Dreissena polymorpha*. *Science of the Total Environment*, 773, 145612. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145612. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145612.
- Protano G.**, Baroni D., Bianchi S., Russo C., Salleolini M. (2020). Assessing the impact on groundwater chemistry of an environmental restoration performed using industrial solid waste from TiO<sub>2</sub> production. *Applied Geochemistry*, 120, 104666. doi: 10.1016/j.apgeochem.2020.104666.
- Sturba L., Fattorini N., Liberatori G., Vannuccini M.L., Nannoni F., **Protano G.**, Corsi I. (2020). Multi-model inference analysis of toxicological responses and levels of heavy metals in soft tissue of land snail *Cornu aspersum* caged in proximity to an industrial setting. *Ecological Indicators*, 117, 106688. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106688.
- Protano G.**, Baroni F., Di Lella L.A., Mazzoni A., Nannoni F., Papale A. (2020). How do properties and heavy metal levels change in soils fertilized with regulated doses of urban sewage sludge in the framework of a real agronomic treatment

- program? *Journal of Soils and Sediments*, 20, 1383–1394. doi: 10.1007/s11368-019-02511-3.
- Liberatori G., Grassi G., Guidi P., Bernardeschi M., Fiorati A., Scarcelli V., Genovese M., Faleri C., **Protano G.**, Frenzilli G., Punta C., Corsi I. (2020). Effect-Based Approach to Assess Nanostructured Cellulose Sponge Removal Efficacy of Zinc Ions from Seawater to Prevent Ecological Risks. *Nanomaterials*, 10, 1283 (Special Issue: Nanotechnology for Environmental and Biomedical Research). doi:10.3390/nano10071283.
- Atrei A., Fiorani M., Bellingeri A., **Protano G.**, Corsi I. (2019). Remediation of acid mine drainage-affected stream waters by means of ecofriendly magnetic hydrogels crosslinked with functionalized magnetite nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 12, 100263. doi: 10.1016/j.enmm.2019.100263.
- Proposito P., Burratti L., Bellingeri A., **Protano G.**, Faleri C., Corsi I., Battocchio C., Iucci G., Tortora L., Secchi V., Franchi S., Venditti I. (2019). Bifunctionalized Silver Nanoparticles as Hg<sup>2+</sup> Plasmonic Sensor in Water: Synthesis, Characterizations, and Ecosafety. *Nanomaterials*, 9, 1353. doi: 10.3390/nano9101353.
- Bonari G., Těšitel J., Migliorini M., Angiolini C., **Protano G.**, Nannoni F., Schlaghamerský J., Chytrý M. (2019). Conservation of the Mediterranean coastal pine woodlands: How can management support biodiversity? *Forest Ecology and Management*, 443, 28–35. doi: 10.1016/j.foreco.2019.04.005.
- Bonari G., Monaci F., Nannoni F., Angiolini C., **Protano G.** (2019). Trace Element Uptake and Accumulation in the Medicinal Herb *Hypericum perforatum* L. Across Different Geolithological Settings. *Biological Trace Element Research*, 189, 267–276. doi: 10.1007/s12011-018-1453-4.
- Protano G.**, Nannoni F. (2018). Influence of ore processing activity on Hg, As and Sb contamination and fractionation in soils in a former mining site of Monte Amiata ore district (Italy). *Chemosphere*, 199, 320–330. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.02.051.
- Conti E., Costa G., Liberatori G., Vannuccini M.L., **Protano G.**, Nannoni F., Corsi I. (2018). Ariadna spiders as bioindicator of heavy elements contamination in the Central Namib Desert. *Ecological Indicators*, 95, 663–672. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.08.014.
- Russo C., Bianchi S., **Protano G.**, Salleolini M. (2017). Geochemistry of groundwater in a sector of the Colline Metallifere mining district (Tuscany, Italy). *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 43, 2–10. doi: 10.3301/ROL.2017.29.
- Nannoni F., Mazzeo R., Santolini R., **Protano G.** (2017). Multi-matrix environmental monitoring to assess heavy element distribution around a municipal solid waste landfill in Italy. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 2591–2602. doi: 10.1007/s13762-017-1342-y.
- Uva M., Tambasco M., Grassi G., Corsi I., **Protano G.**, Atrei A. (2017). Carboxymethylcellulose hydrogels cross-linked with magnetite nanoparticles for the removal of organic and inorganic pollutants from water. *Journal of*



- Environmental Chemical Engineering, 5, 3632–3639. doi: 10.1016/j.jece.2017.07.025.
- Bonari G., Migliorini M., Landi M., **Protano G.**, Fanciulli P.P., Angiolini C. (2017). Concordance between plant species, oribatid mites and soil in a Mediterranean stone pine forest. *Arthropod-Plant Interactions*, 11, 61-69. doi: 10.1007/s11829-016-9466-4.
- Nannoni F., **Protano G.** (2016). Chemical and biological methods to evaluate the availability of heavy metals in soils of the Siena urban area (Italy). *Science of the Total Environment*, 568, 1-10. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.208.
- Nannoni F., Rossi S., **Protano G.** (2016). Potentially toxic element contamination in soil and accumulation in maize plants in a smelter area in Kosovo. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(12), 11937-11946. doi: 10.1007/s11356-016-6411-0.
- Raco B., Bucciante A., Corongiu M., Lavorini G., Macera P., Manetti F., Mari R., Masetti G., Menichetti S., Nisi B., **Protano G.**, Romanelli S. (2016). GEOBAS: il Database Geochimico della Regione Toscana. *Il Geologo*, 99, 20-23.