

**La distribuzione dell'aggregato *Polypodium vulgare* L. s.l.  
nel Friuli - Venezia Giulia  
alla luce di uno studio ecoclimatico (\*\*)**

1. Introduzione.

Già a partire dalla fine del secolo scorso, il politipismo di *Polypodium vulgare* L. s.l. aveva attratto l'attenzione di vari botanici. Con Rothmaler (1929) vennero individuate le tre entità che sono tuttora alla base della suddivisione dell'aggregato e che ricevettero da Manton (1947, 1950) e Shivas (1961) fondamento citotassonomico.

Dopo questa serie di lavori classici numerose sono state, nelle varie sedi nazionali, le iniziative volte a fornire un primo quadro della sua distribuzione in Europa (Lenski, 1962; Rothmaler & Schneider, 1962; Peterken, 1962; Vida, 1963; Bobrov, 1964; Lenski, 1964; Beckers, 1966; Fernandes, 1968a, 1968b; Eschelmüller, 1969; Pedersen, 1969; Roberts & Synnott, 1972; Rutherford & Stirling, 1972; Zenner, 1972; Nardi & Tommei, 1976; Badré & Prelli, 1978).

Questi studi hanno progressivamente messo a fuoco i caratteri diagnostici di ognuna delle tre specie e ci hanno stimolato a studiare il comportamento dell'aggregato *Polypodium vulgare* L. nel Friuli-Venezia Giulia e nei territori contermini, anche perchè la sua presenza era stata già constatata nel Carso triestino (Nardi & Tommei, 1976) e nelle Prealpi friulane (Melzer, 1975).

Le caratteristiche climatiche dell'area nordadriatica sono tali da permettere la presenza contemporanea delle tre entità in uno spazio molto limitato; questo fatto ci ha indotto pertanto ad approfondire il comportamento delle tre specie pure dal punto di vista ecologico.

---

(\*) Istituto ed Orto Botanico, Università di Trieste, Italia.

(\*\*) Ricerca svolta sul fondo assegnato dal Consiglio di Amministrazione della Università degli Studi di Trieste al Seminario Ecologico della Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali.

## 2. Identificazione delle specie.

Per separare le specie dell'aggregato ci siamo basati sul complesso dei caratteri diagnostici d'uso generalizzato, ai quali ne aggiungiamo alcuni inediti:

— *P. australe* Fée: presenza di parafisi bene sviluppate e ramificate (parafisi dendritiche) all'interno dei sori; cellule dell'*anulus* variabili da (5-) 6-8 (-9); cellule basali dello sporangio variabili da 2 a 3; forma generale della fronda marcatamente deltoide con pinna apicale bene sviluppata e margine crenato; pinne terminali che cessano bruscamente.

— *P. vulgare* L. s.s.: cellule dell'*anulus* sempre superiori a 10; una sola cellula basale dello sporangio; forma generale della fronda marcatamente lineare oblunga con pinna apicale mediamente sviluppata;

— *P. interjectum* Shivas: presenza di tricomi poco numerosi all'interno dei sori (tricomi uniseriati con escrescenze laterali, raramente anche ramificati); cellule dell'*anulus* variabili da (7-) 8 - 10; cellule basali dello sporangio variabili da (2-) 3 - 4; forma generale della fronda da lineare oblunga a oblungo lanceolata, con pinna apicale da poco sviluppata a mediamente sviluppata, da lobata a denticolata; pinne terminali che si attenuano gradatamente.

## 3. Distribuzione geografica.

Le stazioni accertate sono state riportate simbolicamente su tre cartine utilizzando il reticolo internazionale per la cartografia floristica dell'Europa centrale.

Risulta pertanto che *P. australe* è presente solo nell'area carsica. Esso si spinge fino all'abisso 765 VG presso Bonetti (Gorizia), che è il limite settentrionale della distribuzione regionale (Fig. 1). Le stazioni dell'area carsica sono in evidente connessione con quelle della penisola istriana, di cui rappresentano l'estrema prosecuzione settentrionale. In questo caso risulta nuovamente confermato che il territorio carsico ospita specie (sub-) mediterranee, le quali non riescono ad oltrepassare il limite dell'Isonzo.

La distribuzione di *P. interjectum* interessa, oltre al Carso, anche buona parte della zona prealpina friulana (Fig. 2), dove non è legato ai fenomeni carsici epigei e alle manifestazioni ipogee, ma pre-

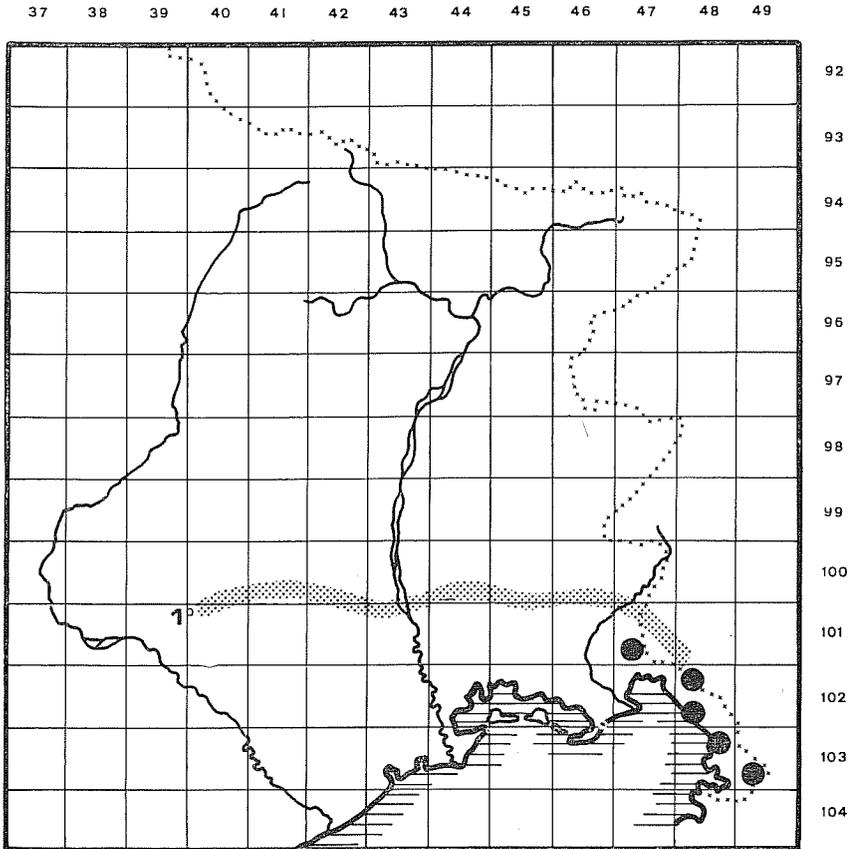


Fig. 1 - Distribuzione di *Polypodium australe* Feé nel Friuli-Venezia Giulia; 1° = isopira di Gams.

dilige ambienti umidi di forra, di fondo valle, su substrati a elevata rocciosità, in boschi ad acero montano e frassino maggiore (*Aceri-Tilietum*, *Phyllitido-Aceretum*), sempre al di sotto dei 600 m slm. Così lo abbiamo visto quasi sempre nella Val Colvera (Prealpi Carniche), nella Stretta di Pradolino (Prealpi Giulie) e nella Valle del Natisone.

*P. vulgare* occupa invece tutta l'estensione regionale ad eccezione della pianura (Fig. 3), ove probabilmente l'assenza dell'intero complesso è dovuto alla mancanza di condizioni stazionali adatte.

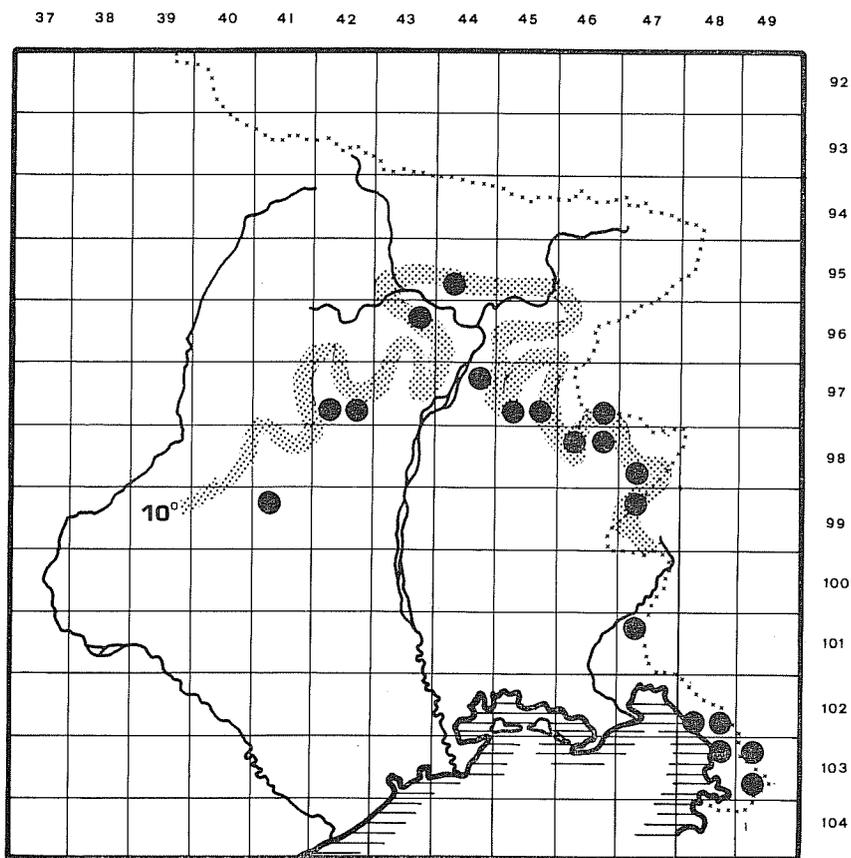


FIG. 2 - Distribuzione di *P. interjectum* Shivas nel Friuli-Venezia Giulia; 10° = isopira di Gams.

Nell'area carsica, spesso epifitico, è quasi esclusivo di dolina mentre in Friuli e nell'area alpina passa apofitico su muretti a secco, dimostrando una volta di più che l'assenza di concorrenti fa sì che l'optimum ecologico tenda a coincidere con l'optimum fisiologico.

Dalla rappresentazione delle isoporie (Fig. 4) appare pertanto che:

— nella zona carsica sono presenti tutte tre le specie;

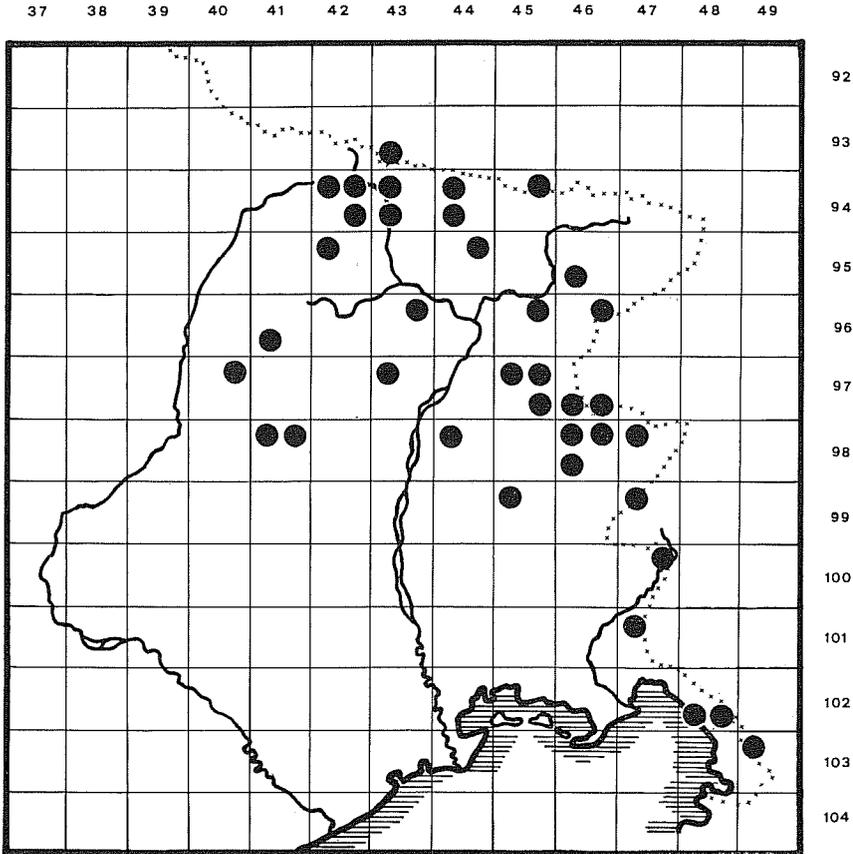


FIG. 3 - Distribuzione di *P. vulgare* L.s.s. nel Friuli-Venezia Giulia.

— nell'area friulana, con esclusione della fascia alpina, esistono *P. vulgare* e *P. interjectum*;

— nel settore endoalpico è presente solo *P. vulgare*.

Queste condizioni riproducono fedelmente su scala regionale la distribuzione zonale in Europa.

Al fine di motivare su base climatica la distribuzione così differenziata delle specie di *P. vulgare* s.l. nel Friuli-Venezia Giulia ci siamo riferiti all'indice di continentalità igrica di Gams, che esprime

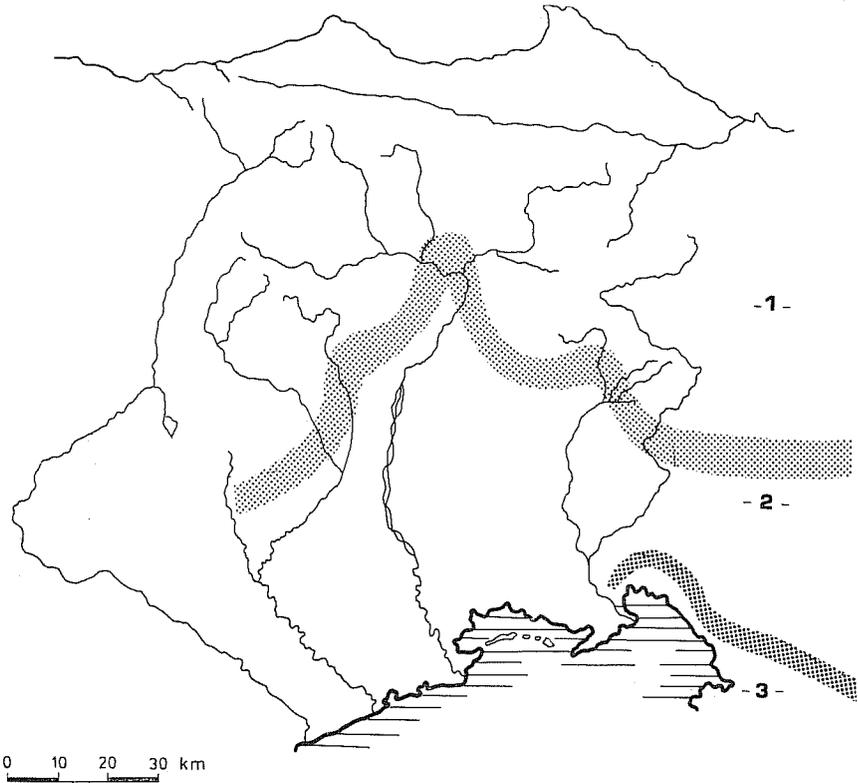


FIG. 4 - Rappresentazione delle isoporie; area 1: presente *P. vulgare*; area 2: presenti *P. vulgare* e *P. interjectum*; area 3: presenti *P. vulgare*, *P. interjectum* e *P. australe*.

la variazione di temperatura in funzione dell'altitudine, utilizzando il fattore pluvio-altimetrico  $\cotg \frac{P}{Alt}$ , dove P indica la quantità di precipitazioni in mm e Alt. l'altitudine in m).

Due sono le isopire che spiegano il comportamento delle specie in esame:

- una meridionale che interseca la pianura e corrisponde ad 1° di continentalità igrica (Fig. 1);
- una settentrionale che penetra all'interno della zona alpina e, non superando i 600 m slm., corrisponde a 10° di continentalità igrica (Fig. 2).

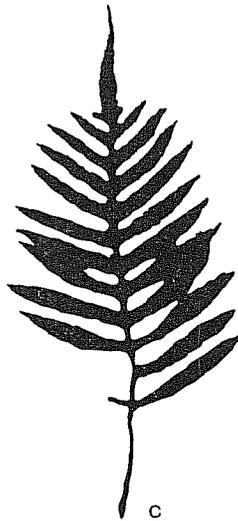
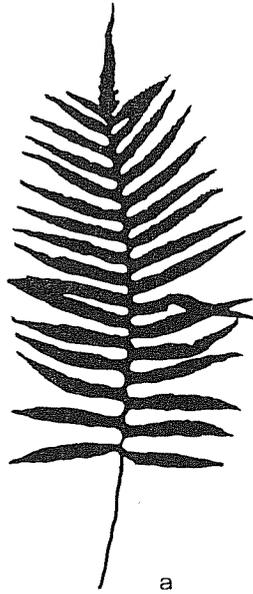
La fascia al di sotto dell'isopira 10° dà ragione della reale distribuzione di *P. interjectum* al margine meridionale delle Alpi e alla sua penetrazione lungo i principali assi vallivi.

#### 4. Osservazioni ecologiche

Per verificare le esigenze ecologiche delle tre specie esse sono state sottoposte ad una analisi più dettagliata nell'area carsica, ove, pur essendo contemporaneamente presenti, si distribuiscono in maniera selettiva evidenziando le proprie attitudini ecologiche. E' noto infatti che entità affini, qualora coesistano simpatricamente, si smistano in nicchie ecologiche diverse (Fig. 5).

La presenza di tutte e tre le specie nell'area carsica risulta strettamente condizionata dai fattori geomorfologici e da quelli climatici, propri dei fenomeni superficiali ed ipogei dell'area in esame (doline, grotte, voragini, abissi). Si è constatato che:

- *P. vulgare* si rifugia sui versanti meridionali, rivolti a nord, delle doline e talora in boschi di querce molto evoluti, dove si comporta prevalentemente da epifita acidoclina;
- *P. interjectum* colonizza sia i versanti di dolina, sia le pareti di grotte abissi e pozzi in generale; non essendo stato osservato al di fuori di litotipi calcarei si dimostra specie nettamente calcifila;
- *P. australe* nel Carso di Trieste colonizza pareti rocciose e scoese di abissi e voragini esclusivamente di rocce carbonatiche, mentre in Istria è indifferente alla natura del substrato, per cui è da supporre che la preferenza verso le rocce calcaree, al limite settentrionale della distribuzione regionale, sia da ricercarsi nel potere termoriflettente del calcare stesso, sia quindi di natura essenzialmente microclimatica.



scala 1:2,5

FIG. 5 - Silhouettes delle foglie delle tre specie da esemplari viventi: a) *P. australe* e b) *P. interjectum* nella cavità 90 VG; c) *P. australe* e d) *P. vulgare* nella cavità 163 VG.

I fattori che condizionano la presenza delle tre specie in questi ambienti sono di due tipi:

- il fattore geomorfologico che offre numerose occasioni d'insediamento e di rifugio a *P. australe* e *P. interjectum* nelle stazioni rupestri subverticali;

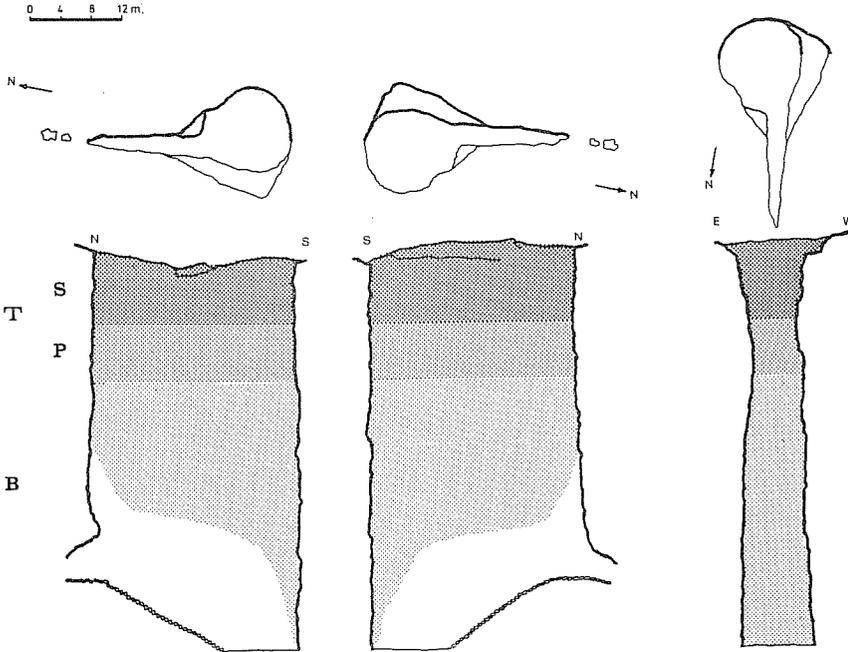


FIG. 6 - Regioni verticali di vegetazione in una cavità carsica (765 VG), in pianta sopra, in profilo sotto; T = Regione a tracheofite, B = Regione a briofite; S = subregione a spermatofite, P = subregione a pteridofite.

- il fattore microclimatico che, manifestandosi con modalità diverse dipendenti dalla morfologia delle doline e delle voragini, consente alle specie concorrenti di sfruttare nicchie ecologiche diverse.

A tale scopo abbiamo intrapreso una serie di misure microecoclimatiche in due voragini carsiche per sottolineare le fini relazioni esistenti fra il microclima e la dislocazione delle specie sui versanti, includendo nelle osservazioni anche il comportamento di *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm. I fattori ecoclimatici studiati sono: temperatura, umidità relativa, radiazione luminosa.

## METODI E STRUMENTI

Dagli studi della meteorologia ipogea è ben noto che le distribuzioni termiche sono rappresentate da una serie di curve chiamate «profili termici», esprimenti le variazioni delle temperature durante l'arco di un anno in una cavità in funzione dei vari livelli di profondità (Pipan, 1954; Cigna, 1978). I profili termici si presentano sempre con curve inizialmente aperte, che ad un dato livello convergono a tal punto da coincidere, qualora la temperatura del fondo rimanga costante nel tempo. Essi possono venir divisi in due zone: la «zona termovariabile», influenzata dalle oscillazioni termiche giornaliere e annuali dell'ambiente esterno; la «zona isotermica» con variazioni annuali lievi o del tutto assenti. L'estensione maggiore o minore di queste due zone è determinata, a parità di condizioni climatiche, dalla morfologia della cavità, ed in particolare dalle dimensioni della apertura.

La radiazione solare è stata valutata tenendo presente che essa costituisce il fattore principale atto a determinare la selezione, in funzione dei vari livelli di profondità, dei vegetali autotrofi che popolano le pareti dei pozzi di accesso delle cavità (Ivancich, 1926; Tosco, 1959; Filippello, 1965). Le curve di luminosità si costruiscono con misurazioni istantanee effettuate durante la discesa o la salita nel pozzo. Esse possono differire notevolmente fra di loro per il variare di numerosi fattori legati in primo luogo alla posizione ed al movimento del sole durante le stagioni e durante le ore di una giornata, condizionati in secondo luogo dal mutare improvviso della situazione meteorologica durante i rilievi, dipendenti in terzo luogo dalla natura litologica della roccia, la quale seleziona la radiazione luminosa riflessa.

Nella interpretazione dei dati relativi alle misurazioni istantanee abbiamo preferito non quantificare i valori limite, bensì adoperare la metodologia adottata per le variazioni termiche in considerazione dei molteplici fattori che agiscono sensibilmente sui valori rilevati. Intenderemo quindi come «zona fotovariabile» quella interessata da sensibili escursioni luminose durante le 24 h; come «zona fotostabile» quella interessata da escursioni assenti oppure molto modeste. Fino a pochi anni fa le misure di radiazione luminosa venivano comunemente effettuate con luxmetri. Le curve di assorbimento di queste fotocellule possiedono una sensibilità spettrale simile a quella dell'occhio umano (curva a campana compresa fra i 400 - 700 nm, con un massimo di assorbimento ai 550 nm; Fig. 7b), mentre lo spettro di azione dei pigmenti fotosintetici dei vegetali autotrofi, pur compreso nella stessa banda di frequenze, prevede due massimi di assorbimento intorno ai 400-510 nm e 610-700 nm (Fig. 7b). Per correggere tali differenze sono stati costruiti appositi «Rivelatori Ph. A. R.» (Photosynthetically Active Radiation) i cui elementi fotosensibili sono rappresentati da fotodiodi al silicio corretti con appositi filtri (Sestak,

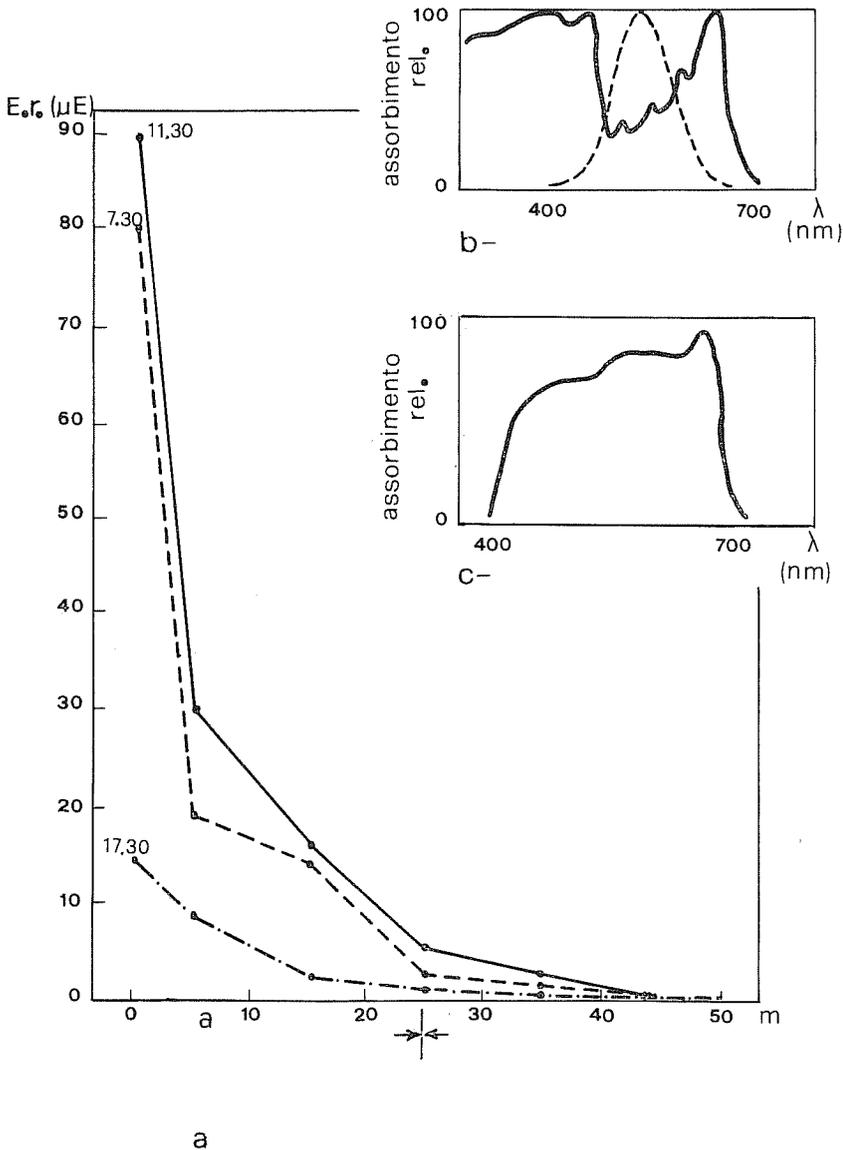


FIG. 7 - a) Variazioni dell'energia radiante (E.r.) durante le 24 h in una cavità carsica (765 VG) in funzione di vari livelli di profondità;

b) spettro di assorbimento dei pigmenti fotosintetici (linea in grassetto) e dell'occhio umano (linea tratteggiata), (da Sestak, Catsky et Yarvis, 1971);

c) spettro di assorbimento del «Quantum Sensor» Li Cor Li 185.

Catsky et Jarvis, 1971). E' stato utilizzato il «Quantum sensor» Li- Cor Li 185 della Lambda I. C., che è appunto un Rivelatore Ph. A. R.» e fornisce valori espressi in microeinstein  $m^{-2} sec^{-1}$ , dove  $1 \mu E = 6.02 \cdot 10^{17}$  fotoni, ovvero fornisce i valori dell'Energia radiante assorbita dai vegetali autotrofi (Fig. 7c).

Le misurazioni dell'energia radiante sono state effettuate con la fotocellula in posizione orizzontale per rilevare i valori di luminosità diffusa esistente a vari livelli di profondità del pozzo, ed a differenti inclinazioni allo scopo di consentire anche il rilevamento dei valori di radiazione incidente o riflessa eventualmente presenti a varie profondità. Le misurazioni riportate si riferiscono sempre a rilievi eseguiti nelle stesse condizioni generali di illuminazione.

La temperatura e l'umidità relativa sono state misurate con lo psicrometro ad aspirazione di Asmann (di costruzione S.I.A.P.).

Per determinare le caratteristiche microclimatiche relative a stazioni scelte sui vari versanti della medesima imboccatura oppure sulle pareti più profonde, abbiamo effettuato misurazioni relative allo strato d'aria attiguo al suolo (Geiger, 1961). Infatti quando è presente una copertura vegetale erbacea il massimo scambio termico avviene in corrispondenza di questo strato giacente sulla roccia. Sullo strato roccioso sono stati installati termoigrografi registranti le oscillazioni della temperatura e della umidità relativa durante le 24 h, mentre con lo psicrometro, diretto a pochi cm dal suolo, sono state rilevate le variazioni di questi fattori climatici sui vari versanti, in funzione della profondità del pozzo. I termoigrografi (di costruzione S.I.A.P.) sono strumenti che registrano la temperatura e l'umidità relativa su appositi fogli di carta diagrammale giornaliera graduata al grado. Dati i problemi di installazione di questi strumenti sulle pareti spesso verticali dei pozzi, si sono sfruttati i gradini e le anfrattuosità presenti in loco. Ai termoigrografi sono stati associati termometri di massima e minima di tipo Six, necessari per le correzioni dei diagrammi.

## RISULTATI

Le cavità studiate, 90 e 765 VG, sono state scelte per la loro morfologia simile: entrambe possiedono un pozzo iniziale di dimensioni notevoli (sezione d'imbocco:  $600 m^2$ ,  $100 m^2$ ; profondità 60 m, 50 m) che continua con gallerie suborizzontali. Le due cavità si aprono su aree di tavolato carsico al primo gradino altitudinale (150-180 m slm.) e sono caratterizzate dalla presenza del bosco carsico-illirico (*Ostryo-Quercetum pubescentis*): una boscaglia non molto alta della quale *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus* sono i rappresentanti più comuni con *Quercus pubescens* e *Acer monspessulanum*.

Essa riesce a penetrare nelle ampie imboccature di quelle voragini in cui esiste un tratto a pendio dolce oppure a gradini sopra i quali riesce a formarsi il suolo.

E' questa la situazione delle due cavità prescelte in cui, secondo uno schema comunemente accettato, si osserva una prima fascia definita «zona delle fanerogame» che raggiunge i 15 m di profondità e comprende in prevalenza le specie dell'associazione propria dell'altipiano, a questa segue una seconda fascia definita «zona delle crittogame», successiva e più profonda dai 15-20 m al fondo del pozzo, comprendente la flora comunemente nota come cavernicola. In riferimento a quest'ultima ricordiamo che vari Autori hanno confermato a più riprese l'assenza di vegetali autotrofi autenticamente troglobi (Ivancich, 1926; Giacomini, 1937; Tosco, 1959). La flora comunemente nota come cavernicola è costituita nella grande maggioranza da specie troglofile sciafile, presenti anche in doline, forre, gole; soltanto una piccola parte degli organismi eterotrofi è autenticamente troglobia.

Misure istantanee dei tre fattori micro-ecoclimatici (energia radiante, temperatura, umidità relativa) sono state eseguite in tre momenti diversi della giornata (primo mattino, pieno giorno, imbrunire) per mettere in evidenza le relazioni fra le oscillazioni di questi tre fattori considerati in funzione delle diverse profondità e la distribuzione vegetazionale sulla parete verticale dei pozzi, («regioni verticali»).

Sono state eseguite misurazioni nel pozzo di accesso della cavità 765 VG alle ore 17.30, 7.30, 11.30 delle giornate 15-16/9/1979, caratterizzate da un cielo costantemente sereno, una leggera foschia verso il tramonto e l'accentuarsi del vento ENE nella seconda giornata. Misurazioni della temperatura ed umidità relativa sono state effettuate nel pozzo della cavità 90 VG alle ore 11 del 2/9/1979; accanto a queste sono state eseguite misurazioni relativamente allo strato d'aria vicino alla roccia dei versanti occidentale e settentrionale.

Le misure di energia radiante (Fig. 7a) sono state riportate su un grafico in rapporto ai vari livelli di profondità: le tre curve rappresentano altrettante variazioni della radiazione luminosa in funzione della posizione solare. I valori minimi sono quelli relativi al fondo del pozzo (0.6 uE): la presenza sulla parete sud-est di *Thamniium alopecurum* indica che valori pur minimi, minori di 1  $\mu$ E, sono sufficienti per la sopravvivenza di questa specie.

Interpretando queste curve si individuano nel pozzo due zone:

- la prima superficiale, «fotovariabile», si estende dall'imboccatura ai 25 m di profondità ed è caratterizzata da oscillazioni anche notevoli dell'energia radiante ( $90 \mu\text{E} > \text{E.r.} > 5 \mu\text{E}$ ); essa corrisponde alla «regione a tracheofite» (piante vascolari).

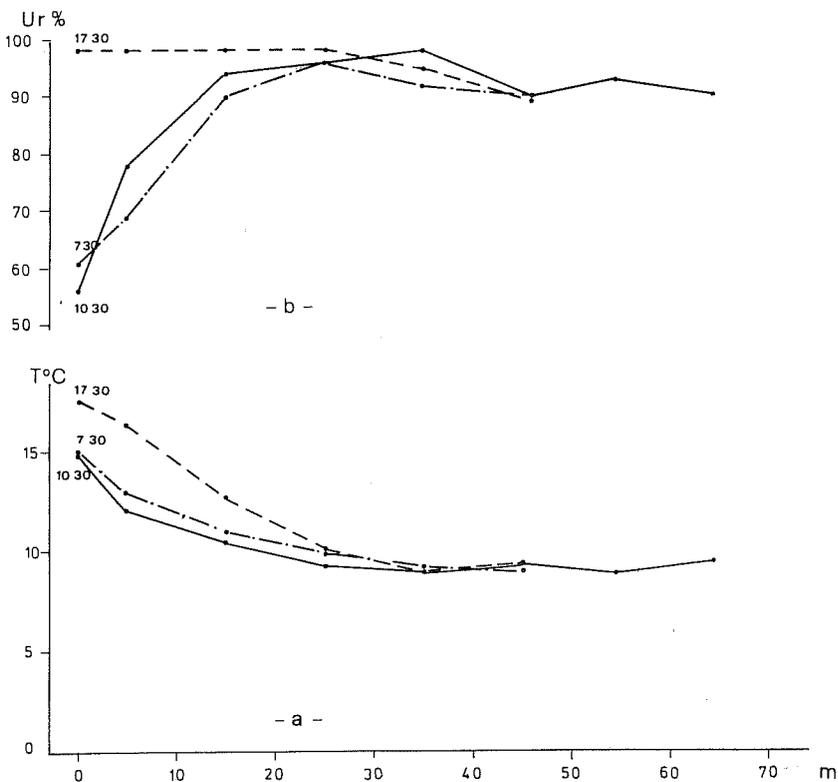


FIG. 8 - a) Variazioni della temperatura nella cavità 765 VG durante le 24 h in funzione delle profondità;

b) variazione dell'umidità relativa nella medesima cavità durante le 24 h in funzione delle varie profondità.

- la seconda profonda, «fotostabile», si estende dai 25 m al fondo della voragine iniziale ed è caratterizzata da oscillazioni molto scarse durante le 24 h, anche considerando che durante le ore notturne l'energia radiante attiva per la fotosintesi è nulla ( $0 \mu\text{E} \leq \text{E.r.} \leq 5 \mu\text{E}$ ); essa corrisponde alla «regione a briofite».

Le misure di temperatura hanno permesso di costruire i profili termici (Fig. 8a, 9a) relativi al periodo estivo; essi confermano un dato già noto per l'area carsica triestina (Pipan, 1954): durante la stagione estiva il punto più freddo tende a spostarsi verso il basso, cioè verso il fondo del pozzo iniziale oppure verso le gallerie suborizzontali.

Esaminando le oscillazioni della temperatura in funzione della profondità si individuano due fasce:

- una prima fascia di «allacciamento climatico» fra il clima dell'altopiano circostante e quello esistente all'interno della cavità, estendentesi fino ai 25-30 m, che indica come le oscillazioni tendano a smorzarsi progressivamente con l'aumentare della profondità;
- una seconda fascia «isotermica», estendentesi dai 25-30 m al fondo del pozzo nella quale le oscillazioni termiche sono quasi completamente assenti.

Le misure di umidità relativa ci hanno permesso di costruire i profili anche di questo importante fattore climatico (Fig. 8b, 9b); essi confermano la tendenza progressiva alla saturazione dell'aria interna alla cavità; oscillazioni sensibili permangono soltanto fino ai primi 15-20 m.

Interpretando i diagrammi dell'umidità relativa emergono due fatti:

- i valori di  $U_r \geq 90\%$ , a partire da 15-20 m, motivano la vigorosa crescita della flora crittogamica per la quale la presenza dell'acqua è indispensabile in alcune fasi dei cicli biologici;
- le variazioni sensibili che si riscontrano intorno ai 35 m (Fig. 8b) vanno interpretate come il risultato del movimento per convezione di masse d'aria fredda ed umida durante il giorno.

La conoscenza delle escursioni giornaliere della temperatura e dell'umidità è di estrema importanza per poter valutare le variazioni dei profili termici e dell'umidità nelle 24 h. Sono state installate di conseguenza due stazioni termoigrografiche, poste a diversi livelli di profondità (S. e P). La scelta della loro localizzazione sui vari versanti e a varie profondità si è basata in primo luogo sulla corrispondenza con il comportamento delle specie dell'aggregato *P. vulgare* e *Phyllitis scolopendrium*.

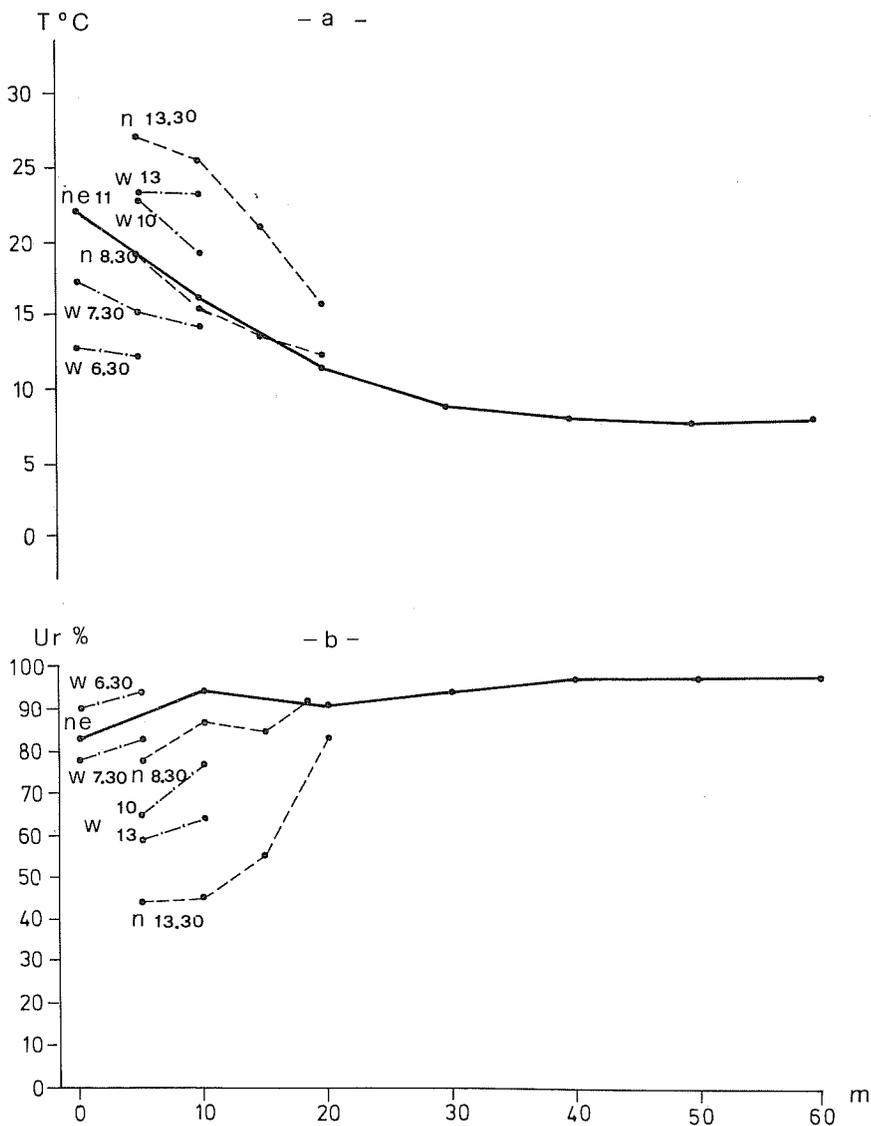


Fig. 9 - a) Variazioni della temperatura su alcuni versanti nella cavità 90 VG in funzione di varie profondità;

b) variazione dell'umidità relativa su alcuni versanti della medesima cavità in funzione di varie profondità.

Nella cavità 765 VG *Polypodium australe* e *Phyllitis scolopendrium* sono presenti nel pozzo di accesso a diversi livelli di profondità: il primo raggiunge il punto più superficiale nella posizione S (corrispondente alla stazione termoisografica) sul versante settentrionale, rivolto a sud, ed il livello più profondo nella posizione P (corrispondente alla stazione termoisografica), sul versante orientale; il secondo occupa un'area compresa fra i 15-25 m di profondità e raggiunge il massimo sviluppo vegetativo con sporificazione al livello P. L'andamento della temperatura e dell'umidità relativa nelle 24 h dal 15 al 16/9/1979 rilevate nelle due stazioni S e P ha fornito i seguenti dati significativi:

- stazione S escursione termica 11° Tmax 24° Ur escursione 60%
- stazione P escursione termica 5° Tmax 18° Ur escursione 50%

Nella cavità 90 VG è presente (Fig. 10) *P. australe* dal margine superficiale a 10 m di profondità soltanto sui versanti occidentale e meridionale; *P. interjectum* si distribuisce invece dai 15-20 m fino ai 25 m di tutti i versanti, formando anche limitate aree di contatto con la specie precedente; *Phyllitis scolopendrium* occupa invece un'area più vasta compresa tra i 10-45 m, ma tende principalmente a concentrarsi sui versanti orientale e meridionale; nella fascia più ristretta dei 15-25 m giunge a sporificazione, mentre a maggiori profondità sono presenti rari individui isolati interpretati come possibili «forme giovanili».

L'andamento della temperatura e dell'umidità relativa nelle 24 h dal 1 al 2/9/1979 rilevato nelle due stazioni S e P è stato riportato sulla carta diagrammatica al fine di rendere più evidenti le differenze microclimatiche esistenti (Fig. 11).

Ecco alcuni dati significativi dedotti dall'andamento:

- stazione S escursione termica 13° Tmax 25° Ur escursione 35%
- stazione P escursione termica 5° Tmax 17° Ur escursione 20%

E' stato inoltre notato come la sopravvivenza di organismi vegetali autotrofi sia favorita, entro certi limiti, da particolari morfologie carsiche come gradini, anfrattuosità le quali permettono il formarsi di quel sottile strato di humus indispensabile per l'insestimento di spermatofite e pteridofite principalmente, mentre muschi sono stati osservati crescere su pareti verticali e subverticali.

Correlando fra loro questi dati si deduce che:

1. - fra la «Regione a tracheofite» e quella «a briofite» esiste una soglia di luminosità  $\Delta E.r. > 5 \mu E$ ; all'interno della stessa «Regione a tracheofite» esiste inoltre una soglia di umidità  $Ur = 90\%$  fra la fascia a spermatofite e quella a pteridofite; perciò si propone di distin-

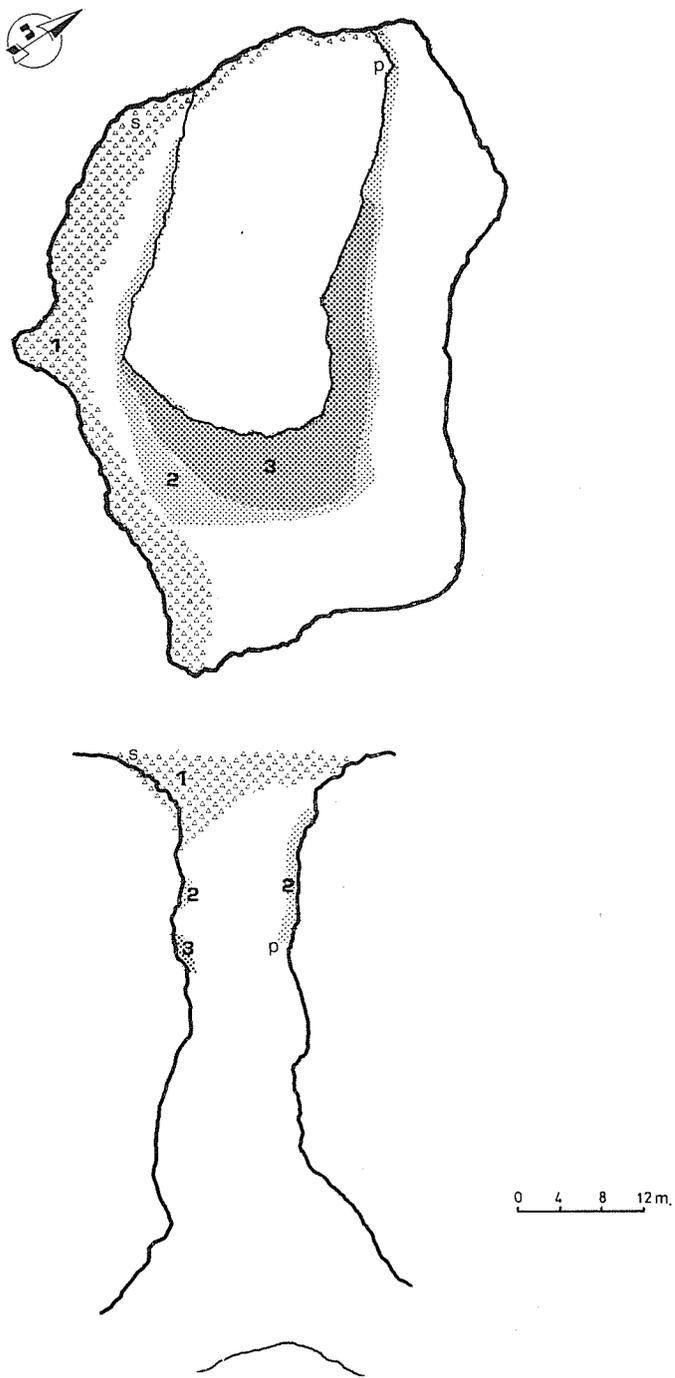
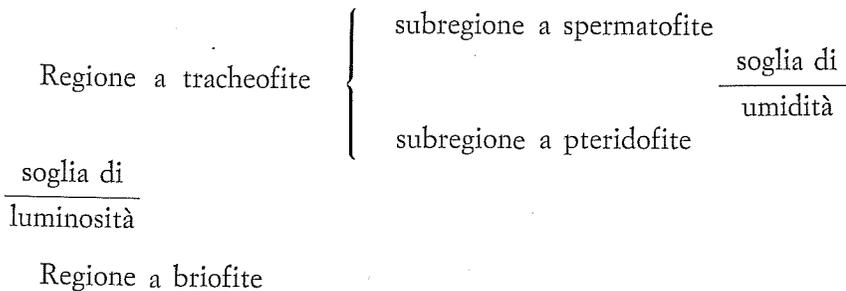


FIG. 10 - Distribuzione di *P. australe*, *P. interjectum* e *Phyllitis scolopendrium* nella cavità 90 VG e localizzazione delle stazioni termoisometriche S e P; in alto in pianta relativa ai 30 m iniziali, in basso in profilo completo in direzione E-W; 1 *P. australe*; 2 *P. interjectum*; 3 *P. interjectum* e *Phyllitis*

guere all'interno della regione a tracheofite la subregione a spermatofite e la subregione a pteridofite in considerazione che la luce rappresenta il fattore ecologico determinante. In conclusione si avrà uno schema del seguente tipo:



2. - *Polypodium australe* colonizza esclusivamente la subregione a spermatofite (stazioni superficiali parzialmente soleggiate, anche con notevoli escursioni termiche e di umidità); *P. interjectum* e *Phyllitis scolopendrium* prediligono la subregione a pteridofite (ambienti ombrosi e freschi con clima tamponato); tutte tre le specie non superano la regione a tracheofite.

Come le pareti soleggiate di abissi e voragini offrono occasioni di insediamento a *P. australe*, similmente i versanti ombrosi rivolti a nord di doline le offrono a *P. vulgare*. Il legame di *P. vulgare* con i versanti rivolti a nord delle doline dimostra la sua tendenza mesofila e microterma rispetto alle altre due specie.

I topoclimi e i microclimi delle doline differiscono anche notevolmente dal clima generale dell'altipiano. Già a partire dai classici lavori di Beck von Mannagetta (1904, 1906) veniva evidenziato il fenomeno dell'«inversione termica» o «stratificazione diretta» della temperatura. Questo fenomeno è stato successivamente descritto dal Polli (1961) sulla base di misurazioni condotte in alcune doline del Carso triestino durante gli anni dal 1957 al 1959. Venivano individuate pure le differenze microclimatiche fra il versante settentrionale, caldo e secco, e quello meridionale, freddo ed umido.

Recentemente sono state intraprese osservazioni eco- e microclimatiche in stretta correlazione con cenosi vegetali arricchendo il metodo classico dell'indagine climatica effettuata con le capannine meteorologiche convenzionali poste ad 1.5 m dal suolo. Questo ulteriore metodo di in-

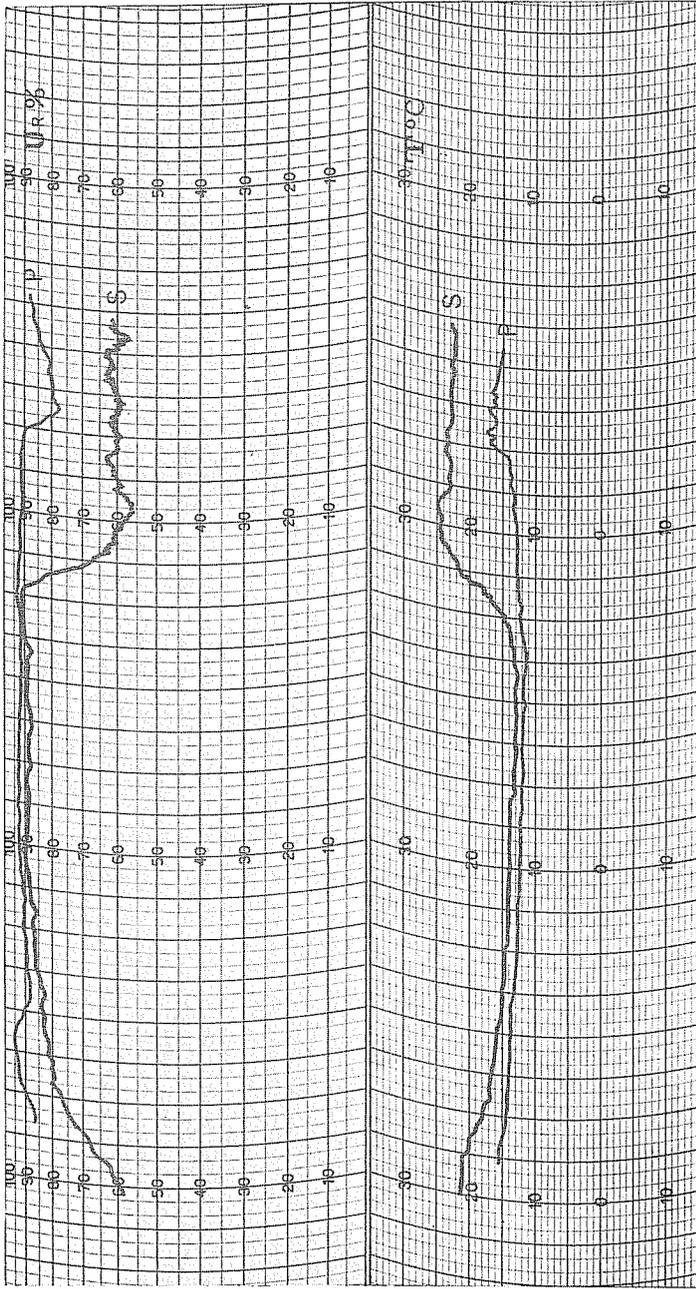


FIG. 11 - Grafico termohigrometrico relativo alle stazioni S e P nella cavità 90 VG; si noti la differenza nelle escursioni della temperatura ed umidità relativa (vedi testo).

dagine ha già dato risultati efficaci e dettagliati quando è stato applicato negli studi sulle doline e sui polje del Carso sloveno (Gams, 1970; Martincic, 1977) e su alcune cenosi vegetali del monte Slavnik (Brandmayr, 1972).

Se *P. vulgare* e *P. interjectum* vengono a trovarsi nella medesima dolina tendono a smistarsi in nicchie ecologiche diverse. Mentre *P. vulgare* si comporta sempre da epifita su versanti esposti a nord, il comportamento di *P. interjectum* è invece più complesso nel senso che può trovarsi, in assenza di *P. vulgare*, su qualsiasi versante di dolina sia epilitico che epifitico (Fig. 12a). Nel caso siano invece presenti sul medesimo versante ambedue le specie, *P. interjectum* si comporta esclusivamente da entità litofila.

## 5. Conclusioni

Il comportamento delle tre specie dell'aggregato *Polypodium vulgare* L. nell'area carsica (microdistribuzione) corrisponde alla distribuzione su base mesoclimatica in ambito regionale (macrodistribuzione).

I fattori ecologici che selezionano la distribuzione delle specie sono:

- la temperatura minima annuale per *Polypodium australe* Feé, che è presente sul territorio regionale unicamente e limitatamente ad alcune stazioni relittiche del Carso triestino-goriziano in cavità epigee comprese fra la isopira 1° di Gams e l'Istria settentrionale. Nell'Istria centrale (Ciceria) si colloca all'esterno alla base di rocce aggettanti, mentre nell'Italia meridionale dimostra una maggiore capacità colonizzatrice trovandosi anche apofitico su muretti a secco di natura arenacea;
- lo stato igrometrico dell'atmosfera per *Polypodium interjectum* Shivas, la cui distribuzione regionale è limitata a nord dall'isopira 10° di continentalità igrica. Nell'area carsica colonizza di preferenza versanti rocciosi di doline che gli consentono di manifestare il suo vigore vegetativo e riproduttivo; nella fascia prealpina friulana esce da questi morfotipi carsici per situarsi in forre o fondovalli di boschi evoluti prediligendo le stazioni rupestri calcaree;

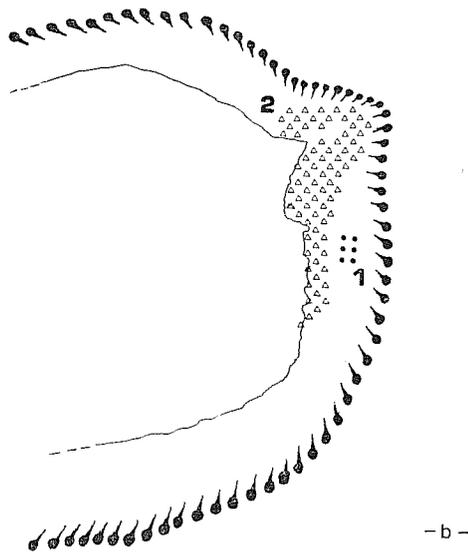
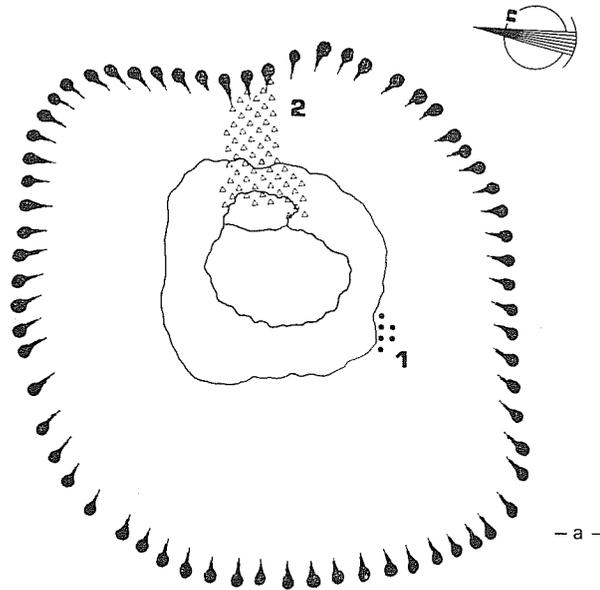


FIG. 12 - Distribuzione di *P. vulgare* (1) e *P. interjectum* (2) in due doline del Carso triestino a illustrazione del comportamento dovuto alla concorrenza interspecifica (vedi testo).

- la concorrenza interspecifica per *Polypodium vulgare* L. s.s. che, pur risultando presente su tutto il territorio regionale, vede limitata la sua capacità colonizzatrice nelle aree 2 e 3 (Fig. 4) comuni a più specie; nell'area 3, in particolare, questa specie si rifugia in ambienti molto limitati che non vengono occupati dalle altre due specie per l'accentuarsi della continentalità eterotopica di queste microstazioni. Nella fascia endoalpica invece (area 1), unica specie presente, dimostra notevole capacità colonizzatrice, comportandosi anche da apofitica su muretti a secco.

#### SUMMARY

This paper deals with the distribution in Friuli-Venezia Giulia (NE - Italy) of *Polypodium vulgare* L. s.l. aggregate (*P. vulgare* L. s.s., *P. australe* Feé, *P. interjectum* Shivas) and its interrelations pointed out by climatic factor analysis, making use of Gams continentality index. In this research microclimatic methodology is used to point out ecological essential features of deep hole entrances of same natural hollows on the Karst of Trieste and Gorizia, in relation to the vertical distribution of plants living on the walls. Therefore, it has been disposed a new methodology operating with «Ph. A.R. Rivelator» a radiant energy instrument calibrated on maximum of absorption active photosynthetically pigments', to individuate plant growth in vertical regions of deep holes. Thus it intends to underline minute relations between microclimate and cryptogamic flora, using the indication of microdistribution of *P. vulgare* L. s.l. and *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm., as indicators of specialized habitat in doline and karst pits.

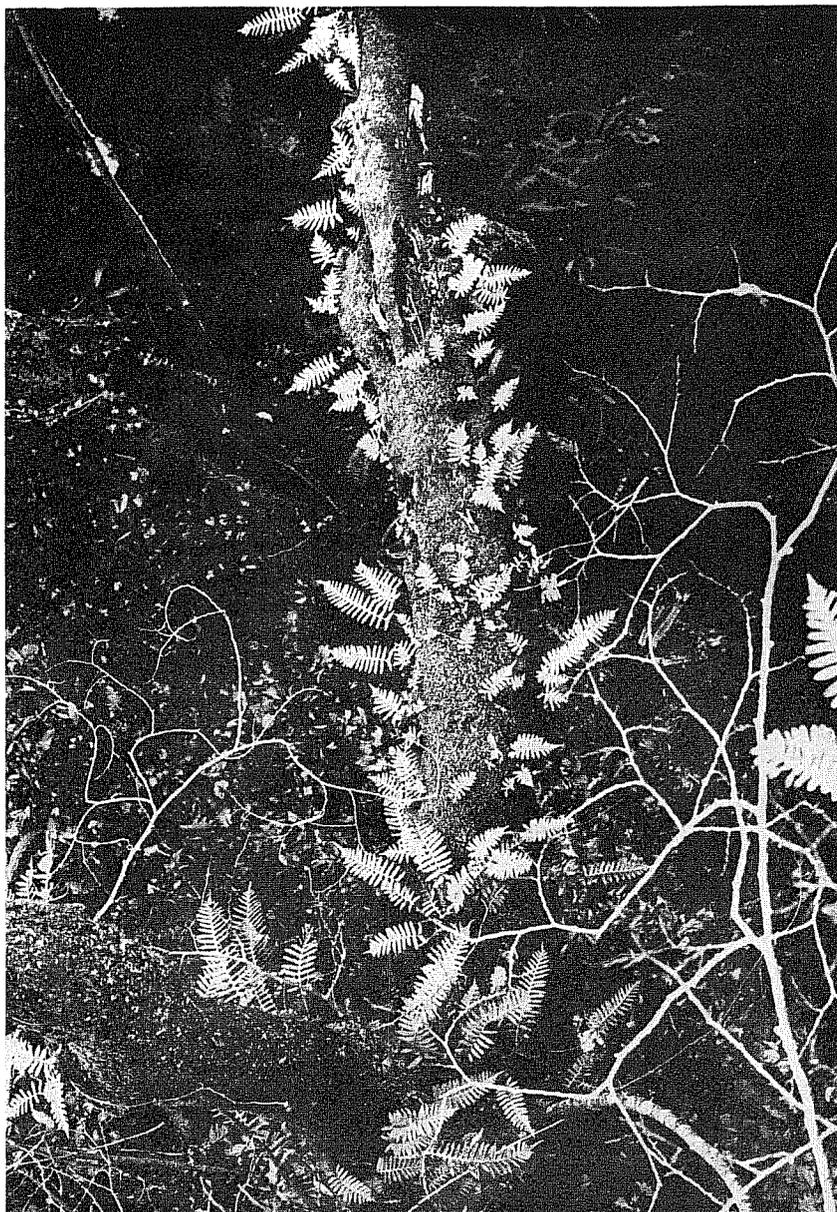
#### BIBLIOGRAFIA

- BADRÉ F. et PRELLI R., 1978 - *Polipodium vulgare* du Massif Armoricain - *Candollea* **33**: 89-106.
- BECKERS B., 1966 - Bijdrage tot de biosystematiek van *Polypodium* L. in België en het Groothertogdom Luxemburg - *Bull. Jard. Bot. État*, **36**: 353-382.
- BECK von MANNAGETTA G., 1906 - Die Umkehrung des Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes. - *Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien Math. ntw. Klasse*, **65**: 3-4.
- BOBROV A.E., 1964 - Sravnitel'nyi morfologo-anatomiceskij analiz vidovroda *Polypodium* L. flory SSSR - *Bot. Zurn. (Leningrad)*, **49**: 534-545.
- BRANDMAYR P., 1972 - Studio dei microclimi di due formazioni vegetali sulla sommità del Monte Taiano (Slavnik in Istria (Jugoslavia) - *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste*, **28**: 167-194.
- CIGNA A.A., 1978 - Meteorologia ipogea - *Manuale di speleologia, S.S.I.*: 341-367.
- ESCHELMÜLLER A., 1969 - Ein Blick in die Farnwelt der Liparischen Inseln (1968). *Mitt. Naturwiss. Arbeitskr. Kempten*, **13**: 77-81.
- FERNANDES R.B., 1968a - O género *Polypodium* L. em Portugal. I. *Bol. Soc. Brot.*, **42**: 35-158.
- FERNANDES R.B., 1968b - Sobre a ocorrência do complexo *Polypodium vulgare* nos Açores. *Bol. Brot.*, **42**: 241-248.
- FILIPPELLO S., 1965 - Florula della grotta del Caudano. *Allione*, **11**: 137-147.

- GAMS I., 1970 - Prispevek k mikroklimatologiji vrtac in kraskih polj, Geograf. Zbornik, **13**: 7-79.
- GEIGER R., 1961 - Das Klima der bodennahen Luftschicht Vieweg- Braunschweig.
- GIACOMINI V., 1937 - Flora della caverna «Buco del Frate», Atti Ist. Bot. Lab. Critt., Pavia, **4**: 227-241.
- IVANCICH A., 1926 - La flora cavernicola - Duemila Grotte. Quarant'anni di esplorazione nella Venezia Giulia: 35-46.
- LENSKI I., 1962 - Nachweis von paraphysenträgenden Polypodien in Deutschland, Ber. Deutsch. Bot. Ges., **57**: 189-192.
- LENSKI I., 1964 - Merkmalsprüfungen an den europäischen Zytotypen von *Polypodium vulgare* L. s. lat., Flora, **154**: 245-266.
- MANTON I., 1947 - Poliploidy in *Polypodium vulgare* - Nature (London), **159**: 136.
- MANTON I., 1950 - Problems of cytology and evolution in the *Pteridophyta* - Cambridge.
- MARTINCIC A., 1977 - Prispevek k poznavanju ekologije mrazisc v Sloveniji. Botanicno-ekoloska skica, S.A.Z.U. Ljubljana. Razprave dissertationes, **20/5**: 230-317.
- MELZER H., 1975 - Neues zur Flora von Kärnten und der Nachbarländer, Salzburg Friaul und Slowenien. Carinthia II, **165/85**: 255-266.
- NARDI E. et TOMMEI A., 1976 - Osservazioni biosistematiche sul genere «*Polypodium*» L. in Italia. - Webbia, **30**: 219-256.
- PEDERSEN A., 1969 - To arter af slægten *Polypodium* i Danmark. Bot. Tidsskr., **64**: 195-204.
- PETERKEN G.F., 1962 - *Polypodium vulgare* L. sensu lato. - Bot. Soc. Brit. Isles Proc., **4**: 413.
- PIPAN L., 1954 - Ricerche preliminari di meteorologia ipogea nelle grotte del Carso triestino. Atti del VI Convegno Nazionale di Speleologia. - Trieste: 225-261.
- POLLI S., 1961 - Il clima delle doline del Carso triestino. - Atti del XVIII Congresso geografico italiano. Trieste: 127-135.
- ROBERTS R.H. et SYNNOTT D.M., 1972 - *Polypodium australe* Fée in Scotland and North-East Ireland. - Watsonia, **9**: 39-41.
- ROTHMALER W., 1929 - Die Pteridophyten Thüringens. - Mitth. Thüring. Bot. Vereins, **38**: 92-118.
- ROTHMALER W. und SCHNEIDER U., 1962 - Die Gattung *Polypodium* in Europa. - Kulturpflanze, Beih, **3**: 234-248.
- RUTHERFORD A. und STIRLING A. Mc G., 1972 - *Polypodium australe* Fée and the tetraploid hybrid in Scotland. - Brit. Fern Gaz., **10**: 233-235.
- SESTAK Z., CATSKY J. et JARVIS P.G., 1971 - Plant photosintetic production, manual and methods.
- SHIVAS M.G., 1961a Contributions to the cytology and taxonomy of species of species of *Polypodium* in Europa and America. I Cytology. Jour. Linn. Soc. Bot., **58**: 13-25.
- SHIVAS M.G., 1961b - Contributions to the cytology and taxonomy of species of *Polypodium* in Europe and America. II Taxonomy. - Jour. Linn. Soc. Bot., **58**: 27-38.
- TOSCO U., 1959 - Contributi alla conoscenza della vegetazione e della flora cavernicola. «Le Grotte d'Italia», **2**: 37-70.
- VIDA G., 1963 - The biosystematics of the Hungarian *Polypodium vulgare* s.l. - Acta Biol. Acad. Sci. Hung. Suppl., **5**: 26-27.
- ZENNER G., 1972 - Beitrag zur Unterscheidung der Arten von *Polypodium vulgare* L. s.l. in Europa. - Göttinger Florist. Rundbr., **6**: 21; 23-62.



FIG. 1 - *Polypodium interjectum* Shivas epilittico su versante di dolina.



Foro 2 - *Polypodium interjectum* Shivas epifitico: comportamento che si manifesta in assenza di concorrenti di altre specie.