

Capitolo Quinto  
**CALCOLO DEI TASSI DI SOLLEVAMENTO**

L'analisi qualitativa dell'andamento delle paleolinee di costa (Allegati - Tavola. 2) ci mostra che l'andamento di questi elementi lineari non è orizzontale ma è inclinato verso NE. Questa tendenza indica che il sollevamento, a cui l'area di studio è stata soggetta negli ultimi 400 ka, è stato maggiore nelle aree meridionali che in quelle settentrionali. Questo ha portato alla geometria "a ventaglio" osservabile se si seguono le linee da sud-ovest verso nord-est. Questo effetto lo possiamo stimare quantitativamente solo attribuendo un'età ai terrazzi e la quota iniziale della loro formazione rispetto al livello del mare attuale, ricavabile dalle curve eustatiche di riferimento.

Secondo la metodologia seguita in questo studio, è stato possibile determinare sia le età sia le quote iniziali di formazione dei diversi ordini di terrazzi marini ed il loro grado di incertezza dovuto alle differenze osservabili: tra le diverse curve RSL e tra le datazioni note in letteratura. Gli intervalli forniti, dalle datazioni considerate trovano una buona corrispondenza con gli intervalli che confinano i differenti MIS delle curve eustatiche di riferimento.

L'intervallo di incertezza, quindi, permette ugualmente di associare ad ogni evento di alto stazionamento marino una paleolinea di costa che delimita a monte un terrazzo marino. Si sono definiti con un certo grado di accuratezza gli stadi MIS, corrispondenti alle paleolinee, in quanto ogni stadio isotopico è comunque compreso in un intervallo spazio-temporale abbastanza ampio, osservabile se si confrontano le quote e le età dei picchi eustatici dei differenti modelli di curve RSL. La decisione di non optare per una sola curva eustatica di riferimento è indotta dall'impossibilità di operare la scelta di nessuna curva specifica, in quanto non ne possiamo accertare la validità assoluta, quindi il primato di una sull'altra (capitolo 2).

### **5.1 - Stima dei tassi di sollevamento**

Per la stima dei tassi di sollevamento medi è stato utilizzato il metodo illustrato nel capitolo 2 e basato sull'attribuzione degli stadi MIS effettuata nel capitolo 4.

Le quote delle paleolinee, sono riferite a tre transetti rappresentativi dei settori meridionale, centrale e settentrionale dell'area investigata.

### 5.1.1 - Transetto A

Questo transetto è localizzato al km 10,5 sul profilo delle proiezioni delle paleolinee di costa lungo una direzione NNE-SSO (Allegati - Tavola 2).

Gli estremi in altezza del transetto considerato sono definiti dal *T. Montalbano inferiore* a quota 405 m s.l.m., e dal *T. Metaponto 1* a quota 16 m s.l.m. In questo settore sono presenti dei terrazzi intermedi che scompaiono verso NE.

Le attribuzioni delle paleolinee ai rispettivi picchi (fig. 5.1) sono state eseguite vincolando i terrazzi *T. Metaponto 1*, *T. Policoro*, *T. San Teodoro 1* e *T. San Basilio*, datati da altri Autori (capitolo 4), ai loro rispettivi MIS, ricavati dagli intervalli di età che risultano dalle datazioni. Pertanto si è potuto procedere alle correlazioni dei bordi interni dei terrazzi a quote superiori cercando di rispettare il parallelismo tra le rette che collegano ogni paleolina al rispettivo picco eustatico (fig. 5.1). Dalla correlazione risulta che le differenti rette hanno un valore medio di pendenza corrispondente a 1,9 mm/a.

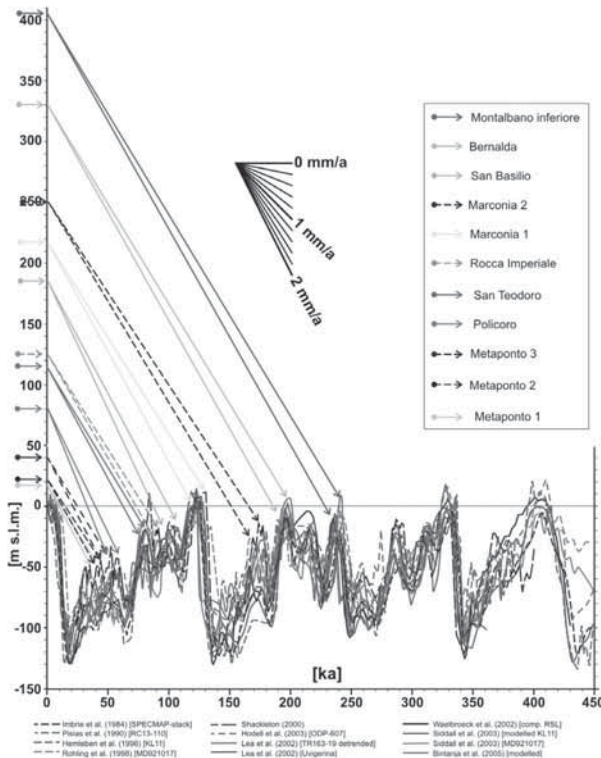


Figura 5.1 - Correlazione grafica tra le quote dei bordi interni dei terrazzi, misurate lungo il transetto A, e i picchi eustatici delle curve RSL di riferimento.

I valori maggiori si osservano soprattutto per i terrazzi più recenti della serie ma con valori non molto dissimili.

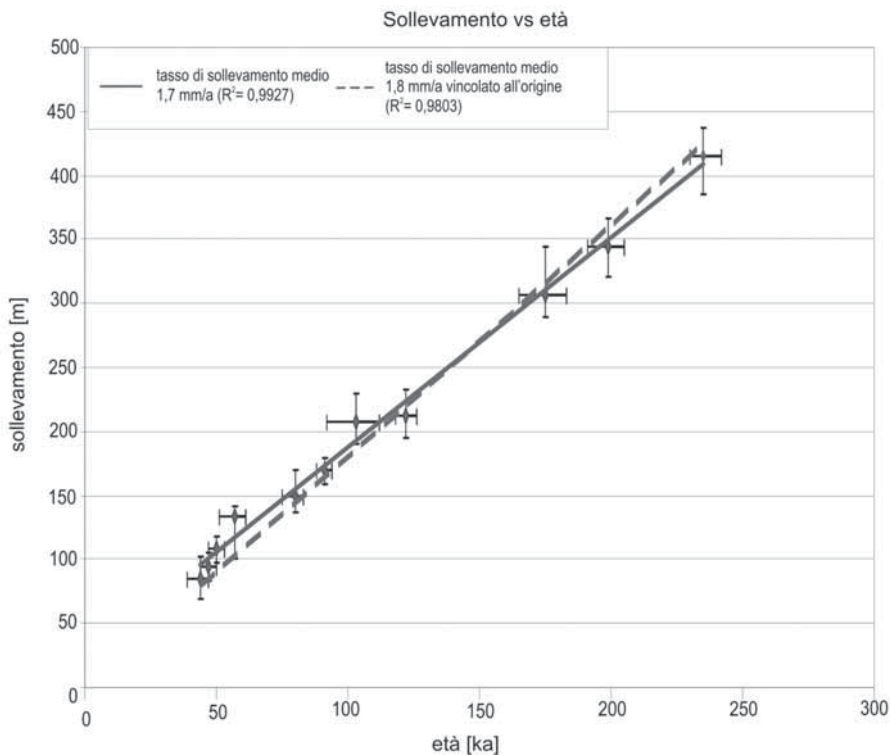
L'intera serie è così correlata:

- *T. Montalbano inferiore* (MIS 7.5) = 1,8 mm/a;
- *T. Bernalda* (MIS 7.1) = 1,7 mm/a;
- *T. Marconia 2* (MIS 6.5) = 1,8 mm/a;
- *T. Marconia 1* (MIS 5.5) = 1,7 mm/a;
- *T. San Basilio* (MIS 5.3) = 1,9 mm/a;
- *T. Rocca Imperiale* (picco secondario del MIS 5.1) = 1,9 mm/a;
- *T. San Teodoro 1* (picco secondario del MIS 5.1) = 1,9 mm/a;
- *T. Policoro* (MIS 3.3) = 2,3 mm/a;
- *T. Metaponto 3* (picco secondario del MIS 3.1) = 2,2 mm/a;
- *T. Metaponto 2* (picco secondario del MIS 3.1) = 2,0 mm/a;
- *T. Metaponto 1* (picco secondario del MIS 3.1) = 1,9 mm/a.

Il *T. San Teodoro 2* non è stato rappresentato nella correlazione grafica in quanto si unisce al *T. San Teodoro 1* poche centinaia di metri dopo il km 10, riferito al profilo (Tavola 2). Il *T. San Teodoro 2*, dato che risulta intermedio al *T. San Teodoro 1* e al *T. Rocca Imperiale* corrisponde allo stadio MIS 5.1, rappresentandone un picco secondario. La sua presenza, quindi, è giustificabile solo per valori del tasso di sollevamento maggiori della media calcolata nel transetto.

Una stima del tasso di sollevamento medio in quest'area è stata effettuata analiticamente, attraverso la definizione degli intervalli di errore in termini di sollevamento e di età, relativamente ad ogni paleolina, dovuti all'incertezza della quota iniziale di formazione del terrazzo e incertezza dell'età di ogni picco, intervalli dedotti dalle curve eustatiche di riferimento; inoltre è stato considerato l'errore nella misura della quota finale.

Il diagramma della retta cumulativa sollevamento/età, quindi ci porta a stimare il valore medio del tasso di sollevamento, definito dal coefficiente angolare della retta di tendenza (fig. 5.2).



**Figura 5.2** - Tasso di sollevamento medio (rappresentato dalla pendenza delle rette) calcolato lungo il transetto A. Sul diagramma sono riportati valori di sollevamento e di età calcolati entro intervalli di tempo e di spazio dedotti dall'incertezza della misura delle quote attuali e dal confronto tra le curve RSL da cui si ricavano le incertezze in termini di quota iniziale, e; in termini di tempo, riferita all'età dei picchi

Dal diagramma emerge un tasso di sollevamento medio osservato nell'area di 1,7 mm/a, tendenza confermata dai terrazzi più antichi. Mentre l'inclinazione della retta vincolata all'origine presenta un coefficiente angolare maggiore. La tendenza osservata comunque porta a considerare un'eventuale accelerazione nell'ultimo periodo di tempo, vale a dire per un periodo inferiore agli 80 ka, ma non definibile con precisione. Questa accelerazione sembra aver portato alla formazione dei terrazzi più recenti, caratterizzati da valori più alti dei relativi tassi di sollevamento rispetto a quelli più antichi. A supporto di questa ipotesi risulta che per gli ultimi 80 ka, la media delle velocità si stima su valori che arrivano a circa 2 mm/a.

### 5.1.2 - *Transetto C*

Il transetto è localizzato al km 22,5 sul profilo delle proiezioni delle paleolinee di costa lungo una direzione NNE-SSO (Allegati - Tavola 2).

Gli estremi in altezza del transetto considerato sono definiti dalle paleolinee di costa del *T. Montalbano superiore* a quota 305 m s.l.m., e dal *T. Metaponto 1* a quota 10 m s.l.m. In questo settore non sono presenti i terrazzi intermedi *T. Marconia 2*, *T. Rocca Imperiale* e *T. Metaponto 2* presenti nel transetto A.

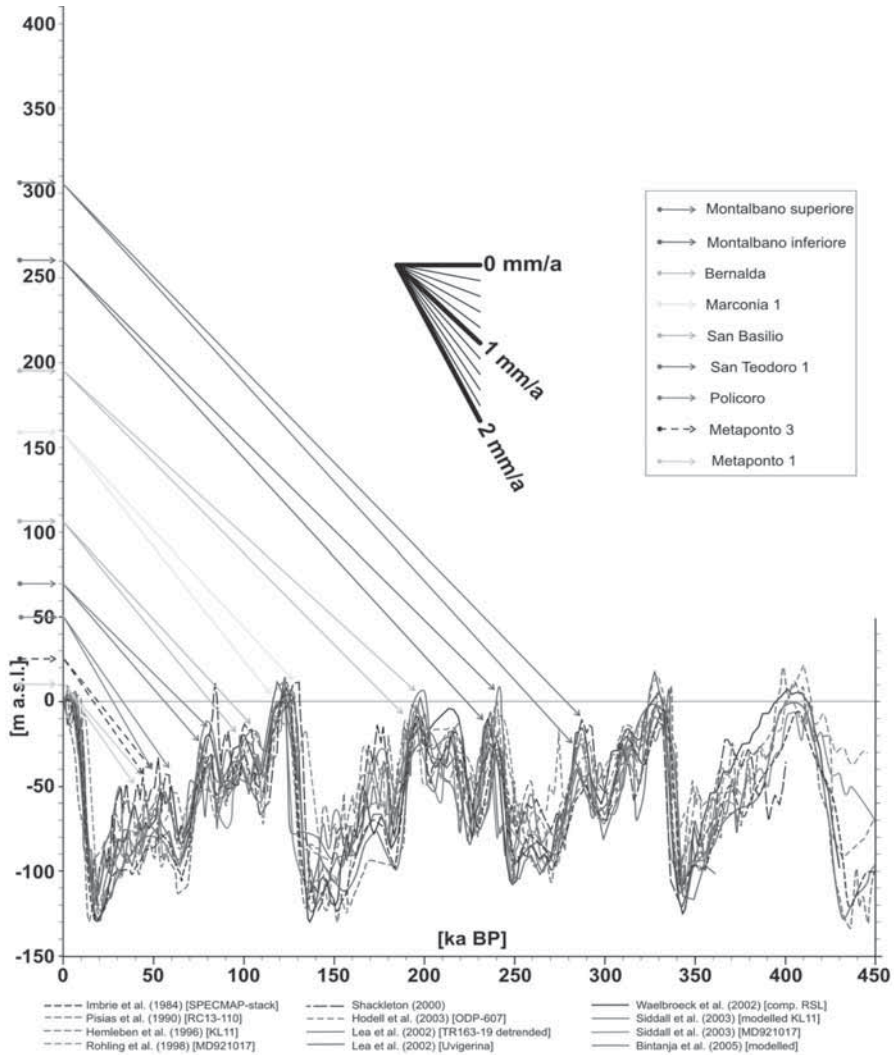
Nella parte bassa della serie considerata, invece, è presente il *T. Metaponto 3* che converge con il *T. Metaponto 1* nei pressi di Scanzano Ionico.

Le attribuzioni delle paleolinee ai rispettivi picchi sono state eseguite secondo lo stesso metodo utilizzato per il transetto precedente (§ 5.1.1): vincolando i terrazzi *T. Metaponto 1*, *T. Policoro*, *T. San Teodoro 1* e *T. San Basilio* ai loro rispettivi MIS e attribuendo alle paleolinee degli altri terrazzi i picchi delle curve eustatiche RSL come nel transetto A (fig. 5.3).

La correlazione grafica delle paleolinee dei terrazzi intersecati dal transetto C (fig. 5.3), evidenzia come i tassi di sollevamento siano più o meno costanti. Anche in questo caso i valori più alti li presentano i terrazzi più recenti: *T. Policoro* e *T. Metaponto 1* che hanno tassi di sollevamento medi di 1,8 mm/a. I tassi di sollevamento medi più bassi sono quelli misurati per il *T. Bernalda* e il *T. Montalbano inferiore* (1,1 mm/a).

I valori per l'intera serie sono:

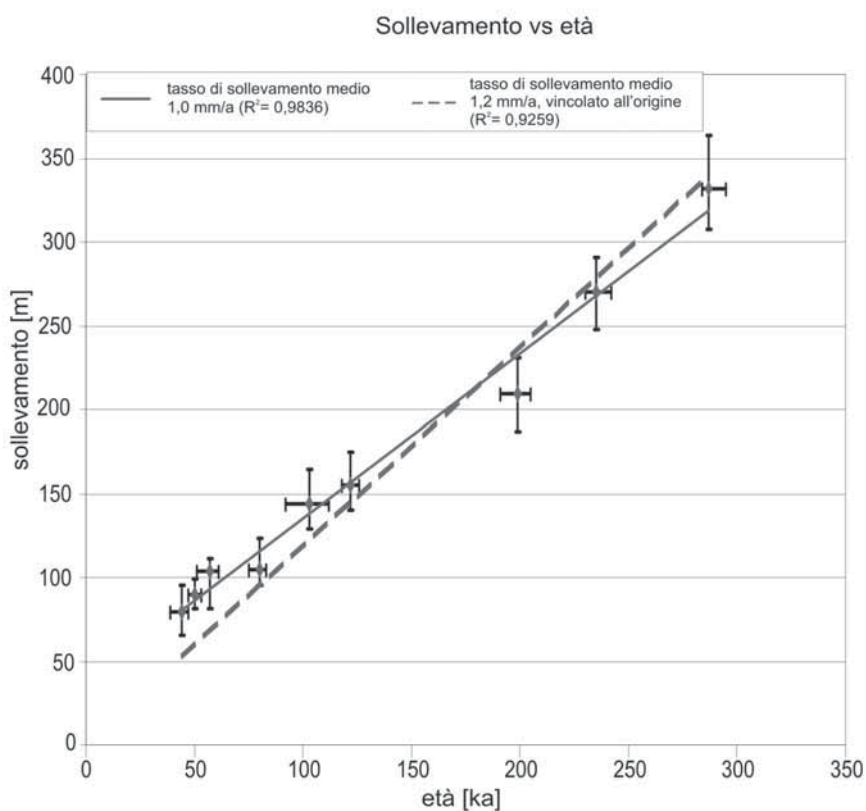
- *T. Montalbano superiore* (MIS 8.3) = 1,2 mm/a;
- *T. Montalbano inferiore* (MIS 7.5) = 1,1 mm/a;
- *T. Bernalda* (MIS 7.1) = 1,1 mm/a;
- *T. Marconia 1* (MIS 5.5) = 1,3 mm/a;
- *T. San Basilio* (MIS 5.3) = 1,4 mm/a;
- *T. San Teodoro 1* (MIS 5.1) = 1,3 mm/a;
- *T. Policoro* (MIS 3.3) = 1,8 mm/a;
- *T. Metaponto 3* (picco secondario del MIS 3.1) = 1,8 mm/a;
- *T. Metaponto 1* (picco secondario del MIS 3.1) = 1,8 mm/a.



**Figura 5.3** - Correlazione grafica tra le quote dei bordi interni dei terrazzi, misurate lungo il transetto C, e i picchi eustatici delle curve RSL di riferimento.

La tendenza osservata è che i tassi di sollevamento sono stati maggiori per i terrazzi più recenti, la cui attribuzione è vincolata dalle età assolute, che per i terrazzi più antichi, i quali vengono correlati ammettendo un tasso di sollevamento relativamente costante. Caratteristica meno evidente nel transetto A.

Il tasso di sollevamento medio, durante i singoli periodi tra due picchi eustatici, ricavato per questo transetto secondo il diagramma sollevamento/età è di circa 1,0 mm/a , mentre vincolando all'origine la retta è 1,2 mm/a (fig. 5.4). Dalla retta di tendenza emerge che la pendenza che è grossomodo uniforme per i terrazzi più antichi. La tendenza osservata per il transetto precedente sembra essere confermata: i terrazzi più recenti indicano un tasso maggiore, rispetto a quelli più antichi, che arriva a valori addirittura superiori a 1,8 mm/a per l'associazione *T Policoro*, *T. Metaponto 3* *T. Metaponto 1*.



**Figura 5.4** - Tasso di sollevamento medio (rappresentato dalla pendenza della retta) calcolato lungo il transetto C. Sul diagramma sono riportati valori di sollevamento e di età calcolati entro intervalli di tempo e di spazio dedotti dall'incertezza della misura delle quote attuali e dal confronto tra le curve RSL, in termini di quota iniziale, e; in termini di tempo, dall'età dei picchi

È bene considerare che in questo transetto, dato il valore medio del tasso di sollevamento, minore che nel transetto A, non compaiono i terrazzi intermedi (*T. Marconia 2*; *T. Rocca Imperiale*, *T. Metaponto 2*) chiaro effetto del tasso di sollevamento medio stimato, considerando gli intervalli tra i picchi eustatici, inferiore.

Il discostamento di alcuni intervalli dalla retta è comunque dovuto alle incertezze spazio temporali emerse dalle curve eustatiche e dall'errore della stima delle quote delle paleolinee, anche se di ordine inferiore.

### **5.1.3 - Transetto F**

Il transetto è localizzato al km 50 del profilo ottenuto dalle proiezioni delle paleolinee di costa lungo una direzione NNE-SSO (Tavola 2).

È stato applicato, nella correlazione tra paleolinee di costa e rispettivi picchi eustatici delle curve RSL, lo stesso metodo utilizzato per i precedenti transetti.

La serie intersecata dal transetto è cronologicamente confinata dal *T. Sivilia*, che è il terrazzo più antico dell'intera serie terrazzata, e il *T. Metaponto 1*. Sono stati correlati i bordi interni dei terrazzi dal *T. Armento al T. Metaponto 1* (fig. 5.5), perchè la mancanza di dati certi sulle variazioni eustatiche di età maggiori di 400 ka non permette di correlare i terrazzi *T. Sivilia* e *T. Cappa*, che sono localizzati a quote superiori ai 250 m s.l.m. Dalle correlazioni effettuate comunque emergono differenze tra i tassi di sollevamento medio associati ai terrazzi più antichi di 125 ka, posti a quote superiori al *T. Marconia* (circa 0,6 mm/a), e i valori medi dei terrazzi più bassi della serie (*T. Policoro* e *T. Metaponto 1*) che risentono del vincolo della datazioni. Come nei settori precedentemente descritti i terrazzi più recenti mostrano tassi di sollevamento più elevati.

L'unico terrazzo intermedio di questa serie è il *T. Gaudella*, che tra l'altro scompare, unendosi con il *T. Montalbano superiore*, a pochi chilometri procedendo verso nord-est (Tavole 1; 2), chiaro segno della diminuzione del tasso di sollevamento che induce a una mancata evidenza morfologica del picco dell' MIS 9.1, associato a questo terrazzo.



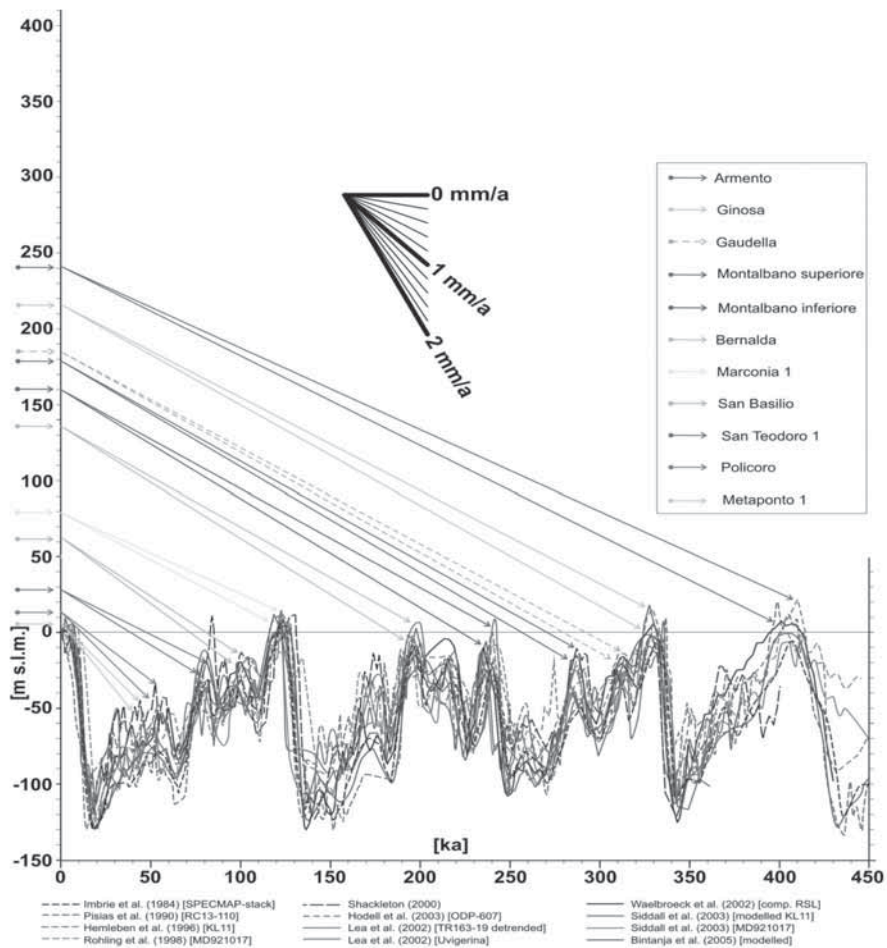


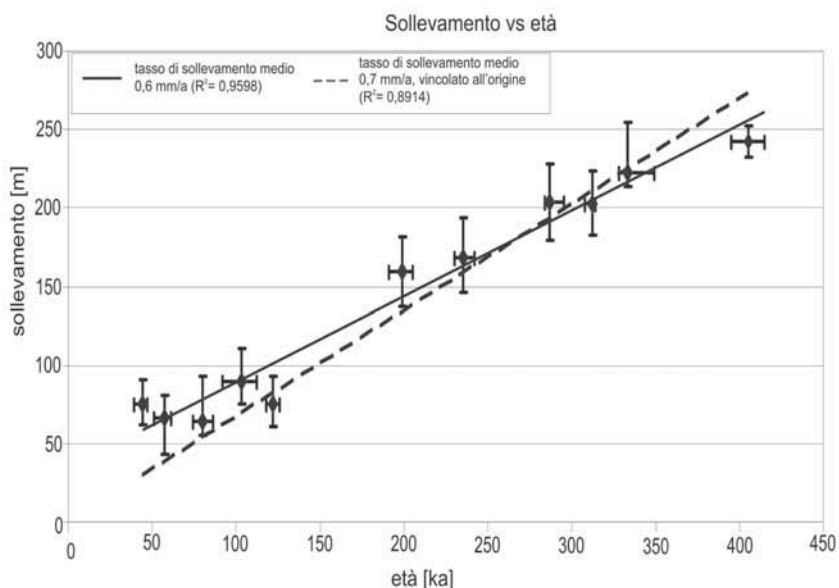
Figura 5.5 - Correlazione grafica tra le quote dei bordi interni dei terrazzi, misurate lungo il transetto F, e i picchi eustatici delle curve RSL di riferimento.

I risultati per ogni singolo terrazzo sono:

- *T. Armento* (MIS 11.3) = 0,6 mm/a;
- *T. Ginosa*: (MIS 9.3) = 0,7 mm/a;
- *T. Gaudella* (MIS 9.1) = 0,7 mm/a;
- *T. Montalbano superiore* (MIS 8.3) = 0,7 mm/a;
- *T. Montalbano inferiore* (MIS 7.5) = 0,7 mm/a;

- *T. Bernalda* (MIS 7.1) = 0,8 mm/a;
- *T. Marconia 1* (MIS 5.5) = 0,6 mm/a;
- *T. San Basilio* (MIS 5.3) = 0,9 mm/a;
- *T. San Teodoro 1* (MIS 5.1) = 0,8 mm/a;
- *T. Policoro* (MIS 3.3) = 1,2 mm/a;
- *T. Metaponto 1* (MIS 3.1) = 1,7 mm/a.

La media del tasso di sollevamento nel tempo, per questo transetto risulta approssimarsi a valori 0,6 mm/a e 0,7 mm/a se vincolato all'origine (fig. 5.6).



**Figura 5.6** - Diagramma sollevamento/età per i terrazzi intersecati dal transetto F. Nella definizione degli intervalli valgono le assunzioni fatte per i transetti A e C (figg. 5.3, 5.6).

Il diagramma e i valori calcolati singolarmente, sembrano confermare la tendenza all'aumento del tasso di sollevamento per i terrazzi inferiori che presentano valori che possono arrivare al doppio del tasso medio, stimato per gli intervalli di tempo tra due picchi eustatici, anche se l'entità della variazione risulta mediamente inferiore a quella osservata nei transetti A e C, analogamente l'intercetta con l'asse delle ordinate risulta maggiore di zero per la retta non vincolata.

## 5.2 - Discussione

I valori calcolati per la stima dei tassi di sollevamento portano a concludere che, nel settore della Fossa Bradanica considerato, la crosta ha subito un sollevamento differenziale procedendo da sud-ovest verso nord-est.

Le differenze tra zona e zona sono evidenziate dall'inclinazione delle paleolinee di costa verso nord-est, e che secondo la stessa direzione mostrano variazioni nell'inclinazione che appare decrescente (Tavola 2).

Questo è il diretto effetto della diminuzione dei tassi di sollevamento medio, che provoca, inoltre, una differenza nel numero di superfici terrazzate associabili ai picchi eustatici.

La stessa serie con gli stessi estremi cronologici, come per esempio quella compresa tra *T. Montalbano inferiore* e *T. Metaponto 1* presenta differenze nel numero di terrazzi che la compongono, se confrontiamo aree diverse. Il numero di terrazzi compresi tra i due estremi è maggiore se maggiore è il tasso di sollevamento della crosta terrestre nell'area considerata. Questa corrispondenza è possibile osservarla in tabella 2 dove è schematizzata la distribuzione dei terrazzi lungo i transetti considerati (A; C; F), che presentano tassi di sollevamento medio differenti.

Questo genere di correlazioni trova una buona convergenza anche con metodi teorici per la formazione di terrazzi (capitolo 2). Infatti, deformando le curve considerate con valori differenti dei tassi di sollevamento si può vedere come le evidenze morfologiche corrispondenti ai relativi MIS trovano una buona corrispondenza con quelle osservate.

Le uniche eccezioni sono rappresentate dai terrazzi appartenenti al MIS 3. Questi ultimi, teoricamente, nelle zone nord-orientali, non dovrebbero risultare se si ammettesse un tasso di sollevamento medio di 0,7 mm/a, ma il vincolo delle datazioni suggerisce la correlazione con i picchi corrispondenti, alzando così il valore medio dei tassi di sollevamento calcolati.

Resta, comunque, che gli stadi MIS che teoricamente dovrebbero essere rappresentati ammettendo un tasso di sollevamento medio di 0,7 mm/a corrispondono con quelli correlati cronologicamente a partire dal MIS 5.5 fino a stadi isotopici più antichi (fig. 5.5; tabella 2).

**Tabella 2.** Distribuzione dei terrazzi e delle rispettive paleolinee nei differenti settori della zona di studio.

| Terrazzi                | Transetti e relativo tasso di sollevamento medio calcolato |                      |                      | Stadi MIS corrispondenti ai terrazzi |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                         | Transetto A 1,7 mm/a                                       | Transetto C 1,0 mm/a | Transetto F 0,6 mm/a |                                      |
| T. Sivilia              |  |                      | •                    | >11.3                                |
| T. Cappa                |  |                      | •                    | >11.3                                |
| T. Armento              |  |                      | •                    | 11.3                                 |
| T. Ginosa               |  |                      | •                    | 9.3                                  |
| T. Gaudella             |  |                      | •                    | 9.1                                  |
| T. Montalbano superiore |  | •                    | •                    | 8.3                                  |
| T. Montalbano inferiore | •  | •                    | •                    | 7.5                                  |
| T. Bernalda             | •  | •                    | •                    | 7.1                                  |
| T. Marconia 2           | •  |                      |                      | 5.5                                  |
| T. Marconia 1           | •  | •                    | •                    | 5.5                                  |
| T. San Basilio          | •  | •                    | •                    | 5.3                                  |
| T. Rocca Imperiale      | •  |                      |                      | 5.1                                  |
| T. San Teodoro 2        |  |                      |                      | 5.1                                  |
| T. San Teodoro 1        | •  | •                    | •                    | 5.1                                  |
| T. Policoro             | •  | •                    | •                    | 3.3                                  |
| T. Metaponto 3          | •  | •                    |                      | 3.1                                  |
| T. Metaponto 2          | •  |                      |                      | 3.1                                  |
| T. Metaponto 1          | •  | •                    | •                    | 3.1                                  |

*Si nota che la distribuzione del numero dei terrazzi, rappresentati dai punti, compresa tra il T. Montalbano inferiore e il T. Metaponto 1, sia funzione del tasso di sollevamento medio dell'area in cui compare come un insieme di evidenze morfologiche associate ad un numero maggiore di picchi eustatici. I valori dei tassi di sollevamento riportati sono riferiti ai valori delle medie non vincolate all'origine.*

L'unico stadio isotopico che non è stato osservato è il MIS 7.3, nonostante sia teoricamente previsto deformando solo poche curve, ciò indica una bassa probabilità di formazione del terrazzo. Risulta evidente comunque che è ipotizzabile un'accelerazione almeno per i terrazzi che hanno un'età inferiore ai 60 ka (età ricadente nell'intervallo di formazione del *T. Policoro*), anche se le variazioni sono osservabili anche a partire da terrazzi più antichi, in questo caso l'analisi non trova una buona conferma come invece risulta per i terrazzi della serie compresa tra *T. Policoro* e *T. Metaponto*. L'incremento del tasso di sollevamento osservabile nei periodi compresi

tra i picchi eustatici più recenti, sembra essere la causa, nelle zone in cui si osserva un tasso medio di 1,0 mm/a, che ha portato alla formazione di quei terrazzi che altrimenti, non sarebbero stati rappresentati (*T. Policoro*; *T. Metaponto 3*; *T. Metaponto 1*), in cui il tasso medio di sollevamento compreso tra l'intervallo di formazione del *T. Policoro* e il presente risulta essere di 1,8 mm/a mantenendo una buona costanza nel tempo. Questo incremento risulta in linea, procedendo verso il transetto in cui è stato calcolato il valore minore del tasso di sollevamento medio (transetto F) (0,6 mm/a). Si può osservare che il tasso di sollevamento medio, calcolato vincolando le rette all'origine presenta valori più elevati, corrispondenti al coefficiente angolare della retta di tendenza, con valori, comunque, statisticamente elevati.

Da queste considerazioni risulta, quindi, ipotizzabile una accelerazione del tasso di sollevamento osservata almeno per gli ultimi 60 ka dal presente, specie nei settori centrali. Mentre nei settori meridionali, i valori più alti si osservano solo per il *T. Metaponto 1* che presenta un rapporto sollevamento/età dalla sua formazione al presente di circa 1,9 mm/a nel transetto A e 1,7 mm/a nel transetto F. Valori che comunque confermano una tendenza all'accelerazione.

In conclusione, i risultati prodotti con questo tipo di correlazioni, confermano la presenza del sollevamento differenziale nei settori dell'area investigata che vede le rette approssimare bene le valutazioni fatte, considerazione indotta dal valore elevato dell'indice  $R^2$  a conferma dell'abilità esplicativa del modello stimato. L'affidabilità dei risultati, è dovuta al metodo di correlazione picchi eustatici-terrazzi marini, che prevede l'analisi dei picchi di tutte le curve RSL riducendo ulteriormente l'errore indotto dalle scelte di una sola curva eustatica e quindi una stima, dal valore non statisticamente accettabile.

Il motivo del minore valore  $R^2$  calcolato per i transetti C ed F, rispetto al transetto A, è dovuto sia ai valori dei terrazzi più recenti, che si discostano dalla media calcolata uniforme nel settore meridionale per un'accelerazione a scala regionale, sia alla maggiore presenza dei terrazzi più antichi per i quali c'è più indeterminazione negli intervalli di tempo e di spazio ricavati dalle curve eustatiche: le quali diventano sempre meno precise, man mano che si considerano età crescenti, meno confrontabili con i valori dei terrazzi costruiti in epoche più recenti.