

C. N. R.

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

**GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DALLE CATASTROFI
IDROGEOLOGICHE**

Progetto 15, RIAS - Coordinatore: Prof. M. Civita

U.O. 4.6: Rischio di depauperamento del sistema idrico sotterraneo del Veneto - Resp. G. Mozzi

Progetto COST - Coordinatore P. Canuti

U.O. 2.8: Vulnerabilità delle aree costiere - Responsabile: G. Gatto

Pubblicazione n. 2064

CITTÀ DI VENEZIA

COMPRENSORIO LAGUNARE VENEZIANO

**STABILITÀ DEL SUOLO: SITUAZIONE
ATTUALE E PROSPETTIVE FUTURE**

Dazzi R., Gatto G., Mozzi G., Zambon G., Conchetto E.

C.N.R. - I.S.D.G.M. - Venezia

VENEZIA 1999



316049

La foto di copertina è stata tratta da:

MIOZZI E. - *Venezia nei secoli*. Vol. III. Casa Ed. Libeccio, Venezia, 1980

© Copyright 2000 - Tipografia Moro - Cassola (Vi)

INDICE

	pag.
1 - PREMESSA	5
2 - IL PATRIMONIO IDRICO SOTTERRANEO DEL VENETO	5
3 - LE CAUSE DEL DEPAUPERAMENTO IN ATTO	6
CAUSE NATURALI	7
a) Diminuzione della piovosità	7
b) Limitazioni nelle dispersioni in alveo	8
c) Contributo delle pratiche agricole esercitate nella fascia pedemontana di alimentazione	9
CAUSE DOVUTE ALL'ATTIVITÀ ANTROPICA: EMUNGIMENTI FREATICI ED ARTESIANI	10
4 - LA SITUAZIONE ALTIMETRICA DEL SUOLO	10
5 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	12
6 - BIBLIOGRAFIA	14
7 - FIGURE	15

1 - Premessa

Come noto, la depressurizzazione operata in passato negli acquiferi del sottosuolo veneziano ha indotto, sull'ambiente lagunare, numerosi scompensi; il maggior disagio che ne è derivato è stato sicuramente l'abbassamento del suolo che, seppur di limitata entità, assieme al continuo innalzamento del livello del mare ha esaltato e reso più frequente il noto fenomeno delle "acque alte".

La drastica riduzione degli emungimenti operata negli anni settanta ha determinato un parziale recupero locale delle pressioni di strato e l'arresto della subsidenza indotta da tale attività, permanendo peraltro sempre attiva quella dovuta ai fattori naturali.

Nella presente nota vengono illustrate le variazioni piezometriche ed altimetriche intervenute in questi ultimi tre decenni e la loro tendenza evolutiva. Oltre agli emungimenti locali, preoccupa il lento depauperamento che interessa le riserve idriche sotterranee del Veneto: il suo perdurare, riflettendosi negativamente negli acquiferi artesiani del comprensorio veneziano, potrebbe infatti vanificare l'equilibrio raggiunto e determinare nuovi scompensi altimetrici del suolo.

2 - Il patrimonio idrico sotterraneo del Veneto

La Pianura Veneta racchiude enormi riserve idriche che hanno sicuramente contribuito, in modo rilevante, allo sviluppo socio-economico della regione.

Le acque del sistema idrico sotterraneo, che sgorgano spontaneamente al limite tra l'Alta e la Media Pianura tramite le "risorgive" (emergenze che funzionano da "valvole di troppo pieno"), danno luogo a vaste "zone umide" caratterizzate da associazioni faunistiche e floristiche peculiari ed alimentano fiumi perenni, ricchi di acque anche nei periodi più siccitosi.

La crescente importanza dell'attività agricola che, nel Veneto, viene condotta in modo intensivo, da tempo ha spinto ad utilizzare l'acqua del sottosuolo. L'industrializzazione post-bellica ed il migliorato tenore di vita hanno, dal canto loro, comportato maggiori richieste d'acqua; l'impossibilità di utilizzare, a scopo potabile ed igienico, le acque di superficie perchè spesso inquinate da reflui civili e industriali ha, di conseguenza, fatto aumentare lo sfruttamento degli acquiferi sotterranei.

L'apertura, con inizio dagli anni '80, di un numero spropositato di nuove utenze (si valuta che, nella Media e Bassa Pianura Veneta, i pozzi ad erogazione spontanea siano attualmente ben oltre 100.000), ha contribuito a modificare notevolmente il regime naturale di tali acquiferi.

3 - Le cause del depauperamento in atto

Considerato che le acque esistenti nel sottosuolo della Pianura Veneta costituiscono un sistema unico e continuo, l'indagine, volta a definire il comportamento futuro del suolo lagunare in conseguenza dei mutamenti introdotti dagli interventi antropici, non può prescindere da un attento esame sul comportamento dell'intero sistema idrico sotterraneo del Veneto: dall'inizio del secolo questo va, infatti, lentamente depauperandosi. Tale processo, dovuto a varie cause, nell'area lagunare è stato, in passato, reso più evidente da un intenso emungimento locale a carattere industriale attivo fino dal 1930. Il cono di depressione indotto da questo fenomeno ha coinvolto il Centro Storico di Venezia, l'intera laguna ed i litorali, creando gravi disagi all'ambiente e all'economia. La chiusura forzata dei pozzi afferenti al comprensorio veneziano ha permesso un veloce ricupero (Figg. 1, 2, 3 e 4), ma solo parziale, delle pressioni in precedenza abbattute: la falda veneziana mira, ora, a raggiungere un equilibrio con la nuova situazione venutasi a creare nell'intero sistema idrico sotterraneo del Veneto che, nella zona indifferenziata dell'Alta Pianura, denuncia abbattimenti massimi di 4-5 metri nel dominio del Piave e dell'Astico e di oltre 7 metri in quello del Brenta. Sebbene in qualche punto della Zona Industriale di Porto Marghera (Fig. 5), del Centro Storico (Fig. 6) e del Lido di Venezia (Fig. 7) i livelli delle falde (poste tra quelle di pianura in rapido depauperamento e quelle a mare, rimaste indisturbate) tendano lentamente ad aumentare, mancano ancora alcuni metri per riportare tali livelli ai valori esistenti all'inizio del secolo (Figg. 1 e 2). A Burano (Fig. 8) un pozzo, che nel 1926 possedeva una pressione di oltre 11 metri sopra il l.m.m. [4], ora è confinato a soli 2 metri sopra tale livello.

Anche lungo il Litorale del Cavallino la chiusura dei pozzi di Marghera ha determinato un rapido miglioramento: tutte le falde, come visto, hanno avuto un buon ricupero, ma sono ancora carenti di alcuni metri rispetto alla situazione iniziale (Fig. 9). In tale zona, nei primi anni del '90 ha, peraltro, preso corpo un'agricoltura altamente specializzata; l'acqua richiesta per la coltivazione in serra di ortaggi precoci viene, necessariamente, prelevata dal sottosuolo. I nuovi progressivi abbattimenti registrati nelle falde più superficiali (II e IV acquifero), conseguenti agli emungimenti stagionali, sono invero modesti (Figg. 10 e 11), ma sufficienti a provocare processi di costipamento nei sedimenti più recenti poco compattati.

Preoccupa, ora, questo fenomeno, anche se localizzato; ma fa ancor più meditare il continuo depauperamento che colpisce l'intero sistema idrico sotterraneo del Veneto: esso crea già gravi danni all'ambiente (scomparsa di molte "zone umide" e drastica riduzione delle portate dei fiumi di "risorgiva") e all'economia (necessità di approfondire i pozzi rimasti senza acqua, di sostenere spese più consistenti per sollevare le acque da maggiori profondità, ecc.). Un suo aggravarsi, coinvolgendo gli acquiferi di tutta l'area lagunare, verrebbe ad innescare nuovamente la subsidenza in laguna e lungo i litorali, vanificando l'equilibrio ambientale oggi esistente e gli stessi interventi di salvaguardia programmati.

Al fine di poter suggerire le necessarie azioni migliorative e di prevenzione, si è reso, pertanto, necessario individuare le cause del citato depauperamento a carattere regionale. Di seguito vengono brevemente evidenziati i principali fattori del fenomeno in atto e riassunti i risultati delle indagini condotte su incarico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione [1] e della Regione del Veneto [2], indagini rese possibili grazie ai dati storici messi a disposizione dal Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale di Venezia [7] e da altri Enti.

Cause naturali

Come noto, ad alimentare il sistema idrico sotterraneo del Veneto contribuiscono, come risulta da recenti indagini [3], le precipitazioni dirette (20%), le pratiche irrigue (34%) e le dispersioni in alveo dei corsi d'acqua di superficie (46%). Poichè anche questi due ultimi fattori sono condizionati, direttamente o indirettamente, dall'entità delle precipitazioni, una prima causa del segnalato depauperamento delle falde può essere ricercata in una eventuale riduzione generalizzata delle precipitazioni.

a) Diminuzione della piovosità

Come primo approccio al problema sono state analizzate le variazioni di piovosità che hanno interessato, negli ultimi sessant'anni, la fascia di pianura posta ai piedi dei rilievi montuosi, zona da cui il sistema idrico sotterraneo del Veneto trae alimentazione. Tale indagine si è basata, come accennato, sulle registrazioni effettuate dal Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali [7] tramite 14 stazioni pluviometriche ubicate nell'Alta Pianura Veneta; essa ha evidenziato una generale diminuzione di piovosità, anche se contenuta e caratterizzata da fasi alterne.

Questo graduale impoverimento delle precipitazioni fa parte di una fenomenologia più generale che, fino dall'inizio di questo secolo, ha investito il Mediterraneo, in particolare la sua parte centro-occidentale. Secondo un'indagine condotta dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e dal Climate Analysis Centre di Washington [5], l'indice di caduta di pioggia SAI (*Standardized Anomaly Index*), calcolato per una cinquantina di stazioni meteorologiche distribuite su tale area, appare molto significativo (Fig. 12), pur con una sensibile variabilità da anno ad anno. Nel nostro Paese il decremento delle precipitazioni, divenuto più frequente a partire dagli anni '40 (Fig. 13) ma molto sensibile nel periodo compreso tra il 1980 e il 1990 (Fig. 14), viene ricondotto all'aumento della pressione atmosferica, a sua volta determinato dalla maggiore frequenza e persistenza di episodi anticiclonici, notoriamente inibitori

delle precipitazioni. Questa situazione è stata accompagnata [5], inoltre, da temperature superiori alla media pluriennale. La concomitanza dei citati fenomeni ha comportato, in prossimità del suolo, una maggiore insolazione e ventosità, fattori che hanno determinato aumenti considerevoli nell'evapotraspirazione dei terreni e una diminuzione nell'apporto meteorico efficace alle falde. Bisognerebbe, invero, tenere conto anche della intensità, durata e periodicità dei singoli eventi piovosi: piogge intense di limitata durata favoriscono, infatti, lo scorrimento in superficie delle acque piovane, mentre eventi prolungati, anche se di debole intensità, ne favoriscono la penetrazione nei terreni.

Ma la diminuzione di piovosità ha interessato anche i bacini montani (Figg. 15, 16, 17) con la conseguente diminuzione delle portate dei fiumi (Figg. 18, 19) che, per la zona in esame, rappresentano il principale fattore di alimentazione delle falde stesse [3].

Anche una recente indagine, condotta dall'Istituto di Fisica dell'Atmosfera del C.N.R. nell'ambito dei Progetti Speciali "MAP" e "Ambiente e Territorio" [5], evidenzia l'andamento evolutivo della piovosità in Italia: successivamente al 1950, questa ha registrato una riduzione di 3,4 mm/anno corrispondente, per l'intero periodo, a 150,8 mm. Secondo gli Autori dell'indagine, l'indice SAI dimostra che questa riduzione è statisticamente significativa e rappresenta, quindi, un cambiamento climatico importante.

Si sottolinea, infine, che a limitare notevolmente l'alimentazione naturale del sistema idrico sotterraneo ha contribuito anche l'allontanamento delle acque meteoriche tramite fognatura in aree urbanizzate sempre più vaste.

b) Limitazioni nelle dispersioni in alveo

Come visto, le stime [3] indicano che, nell'Alta Pianura Veneta, il contributo dei fiumi Brenta e Piave alla ricarica delle falde è dell'ordine dei 20-25 m³/s (circa il 46% del totale).

La diminuita piovosità che, come visto, ha coinvolto anche i bacini idrografici montani spiega in modo esauriente la diminuita portata di tali fiumi (con il conseguente minore apporto diretto alle falde), delle sorgenti poste ai piedi dei rilievi carsici e delle "risorgive" stesse, che sgorgano tra l'Alta e la Media Pianura. A limitare tale processo di alimentazione ha contribuito, in questi ultimi decenni, anche la regimazione dei corsi d'acqua, processo che, con la realizzazione di vasti bacini di ritenuta, mira a trattenere la maggior quantità d'acqua da utilizzare, in tempi differiti, per gli usi idroelettrici ed irrigui. Essendo venuti a mancare, per effetto dei processi di laminazione, gli eventi di piena che sconvolgono e mantengono pulito il letto dei fiumi preservandone la permeabilità, viene a prevalere il processo di lento deposito del materiale più sottile trasportato in sospensione dalle acque; questo, in tempi brevi, limita la permeabilità del fondo degli alvei, da tempo non più sottoposti a lavori periodici di manutenzione e di bonifica, ostacolando notevolmente la dispersione, in profondità, delle acque fluviali.

c) Contributo delle pratiche agricole esercitate nella fascia pedemontana di alimentazione

Nell'Alta Pianura, laddove prevalgono terreni ad elevata permeabilità, le perdite dei canali adduttori a fondo non impermeabilizzato (*rogge*) ed, in genere, di quelle che derivano dai sistemi irrigui, non sono certo da sottovalutare: le stesse indagini richiamate in precedenza [3] stimano che, per la fascia pedemontana compresa tra il Brenta ed il Piave, l'apporto complessivo alle falde sia pari a circa 15-18 m³/s (34% del totale), valori, quindi, cospicui e prossimi all'apporto dei corsi d'acqua fluviali. La sola rete di adduzione e di distribuzione, costituita da canali non rivestiti, copre una lunghezza totale di 1.150 km, con una superficie filtrante perennemente sommersa che ammonta a 2.551.000 m². Le aree irrigate a scorrimento coprono, a loro volta, una superficie di circa 435 km²: Brentella 140 km², Destra Piave 180 km², Pedemontano Brenta 115 km². Con una dotazione irrigua di (1,3 l/s)/ha, la portata di scorrimento immessa è di circa 13,5 m³/s, il 50-60% della quale si infiltrerebbe in falda (portata dispersa pari a circa 7-8 m³/s).

Secondo la citata indagine [3], l'immissione totale in falda nell'area d'Alta Pianura compresa tra Brenta e Piave ammonterebbe, quindi, a 44-53 m³/s:

- dispersioni dei fiumi Brenta e Piave	20 - 25 m ³ /s
- infiltrazione da afflussi meteorici	9 - 10 m ³ /s
- perdite da canali di irrigazione non rivestiti	8 - 10 m ³ /s
- dispersione da aree irrigate a scorrimento	7 - 8 m ³ /s.

In tempi recenti, molti canali di derivazione e di distribuzione sono stati, peraltro, impermeabilizzati; inoltre è stata attivata, in vaste zone, la sostituzione del *sistema a scorrimento* o ad *immersione* con quello *a pioggia*. Quest'ultimo sistema, che mira ad irrigare solo lo strato coltivato più superficiale, ha una esigenza d'acqua molto più limitata ed il vantaggio di non trasferire in falda i pesticidi, i diserbanti ed i fertilizzanti in eccesso, che il processo vegetativo non è stato in grado di assorbire. L'introduzione di questo sistema è sicuramente valido per i motivi evidenziati, ma interclude ogni tipo di apporto alle falde.

La segnalata minore piovosità, che ha caratterizzato questi ultimi decenni, si è riflessa in modo negativo, come visto, sulle portate dei fiumi montani e, quindi, sul processo di alimentazione delle falde sotterranee. Con la diminuzione delle portate dei fiumi, sono diminuite anche le disponibilità idriche per l'agricoltura che, a causa delle precarie condizioni meteo-climatiche venute ad instaurarsi (temperature medie più elevate, prolungate insolazioni e maggiore ventosità) e delle specializzazioni raggiunte dalle nuove pratiche *intensive*, esige una più consistente disponibilità d'acqua. Per soddisfare le esigenze dell'agricoltura è stato, pertanto, necessario ricorrere massicciamente alle falde sotterranee, e questo ha sicuramente contribuito, in modo determinante, al loro depauperamento.

Cause dovute all'attività antropica: emungimenti freatici ed artesiani

Le cause naturali del segnalato depauperamento sono, dunque, da attribuire al calo di piovosità verificatosi nella fascia pedemontana e nei bacini montani, da cui si originano i principali fiumi. La diminuita alimentazione di questi ultimi ha, in particolare, fatto diminuire l'apporto al sistema idrico sotterraneo che si realizza, soprattutto, tramite le dispersioni d'alveo e le pratiche irrigue.

Le cause riconducibili all'attività umana sono, invece, da attribuire:

- alla regimazione dei fiumi, che ha limitato i processi di alimentazione per dispersione in alveo, e all'allontanamento, per scopi idroelettrici ed irrigui, di massicci quantitativi d'acqua di superficie dalla fascia di alimentazione nell'Alta Pianura;
- al veloce allontanamento degli afflussi meteorici tramite canalizzazioni impermeabili nelle aree urbanizzate;
- allo sfruttamento, sempre più massiccio, delle acque sotterranee.

Questi interventi hanno sicuramente contribuito, e in modo determinante, ad abbattere i livelli di falda che ora risultano abbassati, come visto, di 3-4 metri nel sistema indifferenziato dell'alto corso dell'Astico (Fig. 20), del Piave (Fig. 21) e di oltre 7 metri in quello del Brenta (Fig. 22).

E' da notare, infatti, che l'acquifero sotterraneo del Veneto, che costituisce un sistema unico e continuo, a fronte dei motivi naturali di degrado sopra citati avrebbe dovuto comportarsi in modo omogeneo ed uniforme, senza variazioni locali degni di nota. La diversa entità degli abbassamenti di falda osservati nelle varie zone evidenzia, pertanto, come questi siano dovuti soprattutto a fattori locali ed, in particolare, agli emungimenti che, in alcune zone, vengono praticati in modo particolarmente intensivo, come è avvenuto, in passato, nella Zona Industriale di Porto Marghera.

Tali abbassamenti, pur modesti in rapporto allo spessore dei sedimenti saturi presenti, hanno generato, come già detto, gravi danni all'economia locale e all'ambiente.

4 - La situazione altimetrica del suolo

La livellazione che, per prima, ha evidenziato un abbassamento anomalo del suolo di Venezia è stata condotta nel 1961; essa ha tratto origine da una base di riferimento posta a Treviso (CS 35/24'), in località considerata stabile.

Le successive livellazioni, realizzate da Enti diversi e tutte condotte con le modalità imposte dalla Commissione Geodetica Italiana per "l'alta precisione", sono state sempre riferite, direttamente o indirettamente, alla quota di tale base, la cui stabilità è stata periodicamente controllata tramite confronto con la quota di caposaldi posti più a Nord, in zone ritenute stabili.

Negli anni '70 il CNR, preoccupato che il punto di riferimento delle livellazioni per il controllo altimetrico di Venezia fosse affidato a caposaldi posti in terreni sciolti di origine alluvionale, istituiva a Rua di Feletto una nuova base con caposaldi ancorati in roccia.

I terremoti del maggio e settembre 1976 che hanno tratto origine, rispettivamente, da una discontinuità "Dinarica" e da quella "Periadriatica", sconvolgevano la situazione altimetrica della pianura veneto-friulana, determinando estesi movimenti verticali del suolo. La livellazione eseguita nel 1977 dall'Istituto Geografico Militare ha, infatti, evidenziato estesi innalzamenti di tutta la pianura friulana con valori massimi (24 cm) in corrispondenza della "Periadriatica" e valori minimi verso la costa.

Anche nelle basi di riferimento di Treviso, Conegliano e Rua di Feletto sono state riscontrate, negli anni 1973, 1974 e 1975 che hanno preceduto il sisma, evidenti anomalie altimetriche dovute all'attività tettonica; non essendo possibile stabilire l'entità dei movimenti assoluti che hanno interessato, in tale periodo, i caposaldi di riferimento, tali livellazioni non possono essere utilizzate per verificare i movimenti altimetrici intervenuti a Venezia. Solo la livellazione del 1977, realizzata dalla Direzione Generale del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali su incarico della Commissione Geodetica Italiana, riscontrava che, esaurite le tensioni che avevano determinato il sisma e contrariamente a quanto avvenuto in Friuli, l'Alta Pianura Veneta aveva riacquisito lo stesso equilibrio strutturale che esisteva prima dei disturbi tettonici (Tav. 1).

Per evidenziare i movimenti altimetrici intervenuti su scala regionale dopo il 1952, con la collaborazione di più Enti veniva organizzata, nel 1985, una nuova livellazione: questa trae origine dall'Area Dolomitica che, trovandosi al di fuori delle principali strutture tettoniche attive del Veneto, poteva essere ritenuta stabile.

Tali rilievi hanno evidenziato (Fig. 23) che:

- la zona montuosa è andata innalzandosi, con valori che aumentano sempre più verso monte: in corrispondenza di Cortina d'Ampezzo l'innalzamento verificatosi tra il 1952 e il 1985 è stato di quasi 9 cm (2,6 mm/anno), valore che ben si inquadra con quello misurato nelle contigue Alpi Svizzere (1,4 mm/anno);

- la zona di pianura ha subito un abbassamento che, gradatamente, aumenta di valore verso mare: tra il 1952 e il 1985 il suolo di Venezia si è abbassato, mediamente, di circa 8 cm;

- la fascia di basculamento, attorno alla quale ruota la bassa pianura e la zona montuosa, si estende da Treviso a Susegana ed il suo punto baricentrale si localizza attorno a Spresiano.

Nel comprensorio veneziano, con l'arresto degli emungimenti, anche la subsidenza dovuta a cause antropiche si è esaurita; rimane, peraltro, sempre attiva la componente naturale, collegata ai movimenti tettonici profondi e al costipamento dei sedimenti più superficiali.

Al fine di evidenziare l'entità di questa componente naturale, sono state prese in esame le livellazioni geometriche "d'alta precisione" realizzate tra il 1968 e il 1998 (Tav. 2). Tali livellazioni sono state condotte con le stesse metodologie e, poichè traggono tutte inizio dal CS

35/24' di Treviso, ritenuto stabile, sono tra loro confrontabili. La figura 24 illustra i movimenti intervenuti, durante tale periodo, nel tratto Treviso-Mestre-Venezia.

Preso come riferimento la livellazione del 1968 ed accantonate le livellazioni condotte nel 1973, 1974 e 1975 per i motivi sopra esposti, sono state analizzate tutte le altre livellazioni realizzate da vari Enti (I.G.M., ENI S.p.A. - Divisione Agip, C.N.R., Servizi Tecnici dello Stato, Regione del Veneto, U.T.E., ecc.). La situazione altimetrica di alcuni caposaldi posti nel Centro Storico di Venezia (Fig. 25) viene ricostruita, in dettaglio, nelle figure 26-29, dalle quali emerge una sostanziale stabilità del suolo: le misure relative ad ogni singolo caposaldo rimangono, infatti, confinate entro l'intervallo di indeterminazione imposto per i singoli rilievi in campo. Quattro caposaldi (Fig. 30-33), ubicati nel lato ovest del Centro Storico, denotano, invece, un certo abbassamento, che non dovrebbe, peraltro, essere dovuto a cause naturali profonde.

La figura 34, relativa al tratto S. Elena-Cavallino-Jesolo, prende, invece, in esame le livellazioni condotte negli anni 1968, 1979, 1992 e 1998 (una livellazione, realizzata nel 1993, è stata accantonata perchè dichiarata priva di riscontri). Tale figura evidenzia alcuni cedimenti locali e sicuri movimenti di abbassamento già attivi nel 1992. Tali movimenti, che escono dall'intervallo di indeterminazione fissato per le misure in campo, sono significativi, in progressivo aumento e, pertanto, da non sottovalutare.

Le misure geodetiche effettuate lungo il litorale del Cavallino hanno, dunque, messo in luce un costante, seppur lento, abbassamento del suolo, collegabile agli abbattimenti locali delle pressioni di strato intervenuti negli acquiferi emunti. La figura 35, che mette a confronto i movimenti del CS CDV4/21 con l'abbassamento del livello di falda intervenuto lungo il litorale del Cavallino nella vicina località Marinona (pozzo *VE LITORALI 81*), fornisce una indicazione molto significativa sulle cause del segnalato scompenso.

5 - Considerazioni conclusive

Con la chiusura di buona parte dei pozzi, tra il 1975 e il 1980 la pressione degli acquiferi artesiani veneziani ha cercato di adeguarsi alla nuova situazione piezometrica venutasi a creare in tutta la Pianura Veneta a causa, soprattutto, dei massicci emungimenti in questa praticati e, in breve, il suolo ha acquisito un nuovo equilibrio altimetrico.

A parte gli squilibri piezometrici che la programmata estrazione di idrocarburi gassosi da giacimenti off-shore potrebbe determinare negli acquiferi sottostanti la laguna veneziana, il massiccio depauperamento in atto in tutta la Pianura Veneta, che ora viene aggravato da emungimenti locali, costituisce motivo di preoccupazione: l'alterazione di un equilibrio già di per se stesso estremamente fragile può, infatti, determinare nuovi riflessi negativi di difficile quantificazione, in ogni modo mal sopportabili all'attuale situazione altimetrica della laguna veneziana e dei suoi litorali.

Poichè, negli anni futuri, è prevedibile un sensibile aumento delle richieste d'acqua, si rende necessario porre riparo, con urgenza, agli sprechi, conseguenza diretta della mancanza di una chiara politica sull'uso delle risorse naturali e dell'errata convinzione della loro inesauribilità. Con appropriate campagne informative bisogna sensibilizzare l'Utente al risparmio: diventa ora improrogabile la pratica del riciclaggio delle acque, soprattutto presso le attività produttive a carattere industriale che ne utilizzano enormi quantitativi. Le stesse acque dei fiumi, che nei periodi autunnali, invernali e primaverili vengono lasciate defluire liberamente al mare, devono essere, invece, recuperate ed immesse nel sottosuolo tramite sistemi disperdenti o di iniezione, in modo da costituire delle riserve idriche da utilizzare in tempi differiti ed in luoghi diversi, e contribuire a ripristinare le scorte iniziali. Ma si rende, soprattutto, indispensabile e quanto mai urgente interrompere e controllare il flusso dei pozzi ad erogazione spontanea che, sicuramente, costituiscono la causa principale del depauperamento in atto. Tali pozzi, lasciati defluire notte e giorno senza alcun controllo e limitazione, stanno disperdendo inutilmente enormi quantitativi d'acqua che potrebbero, invece, trovare ben più utili applicazioni. Tutte queste iniziative sono ampiamente previste dalle normative di Legge in vigore: art. 105 e 106 del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775; art. 5 e 10, punto 2, del D.L. 12 luglio 1993, n. 275; art. 18, 22, 23, 25, 26 del D.L. 11 maggio 1999, n. 152.

Preso atto che:

- il ricupero delle pressioni di strato registrato nel comprensorio veneziano rappresenta solo una parte (circa 1/3) del calo piezometrico dovuto alle cause, naturali ed antropiche, più sopra illustrate;
- un ulteriore abbassamento dei livelli di falda nel sistema idrico sotterraneo del Veneto è destinato a riflettersi negativamente negli acquiferi sottostanti il comprensorio lagunare, innescando nuovamente la subsidenza;
- un ulteriore depauperamento degli acquiferi nel bacino del Piave potrebbe far scomparire, come già avvenuto nel bacino del Brenta, buona parte dei fiumi di risorgiva e, fra questi, il Sile che, attualmente, rappresenta una fonte importante per l'approvvigionamento idrico della Zona Industriale di Porto Marghera e di Venezia stessa;
- gli emungimenti praticati lungo il litorale del Cavallino, pur determinando abbattimenti stagionali di falda di qualche metro, sono in continuo aumento e si riflettono negativamente sulla stabilità del suolo, anche se limitatamente alle aree depressurizzate;

appare urgente adottare i provvedimenti restrittivi sopra evidenziati e gestire in modo corretto l'intero sistema idrico sotterraneo del Veneto. Solo così potrà essere tenuto attivo, per gli usi acquedottistici e produttivi, l'emungimento di acque sotterranee e raggiungere un giusto equilibrio tra sviluppo socio-economico, protezione dell'ambiente e salvaguardia del comprensorio lagunare.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - AA.VV.: **“Salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del Veneto: cause del depauperamento in atto e provvedimenti urgenti da adottare”**. Autorità di Bacino Fiumi Isonzo, Tagl., Liv., Piave, Brenta-Bacch.; Pres. Cons. Min. - Dip. Serv: Tecn. Naz.; C.N.R. - G.N.D.C.I.. Venezia, 2000 (in stampa)
- 2 - AA.VV.: **“Controllo di eventuali danni ambientali determinati dagli emungimenti praticati nelle aree di Cavallino, Treporti, Punta Sabbioni e Isola di Sant’Erasmo (Prov. di Venezia)”**. Reg. del Veneto - Segreteria Regionale per l’Ambiente; C.N.R. - G.N.D.C.I., Venezia, 1999 (in stampa)
- 3 - DAL PRA’ A., MARTIGNAGO G., NICEFORO U., TAMARO M., VIELMO A., ZANNIN A.: **“Il contributo delle acque irrigue alla ricarica delle falde nella pianura alluvionale tra Brenta e Piave”**. L’Acqua, Ass. Idrotecnica It., 4, 1996
- 4 - MIOZZI E.: **“Venezia nei secoli”**. Voll. 1-4. Casa Ed. Libeccio, Venezia, 1980
- 5 - PIERVITALI E., COLACINO M., CONTE M.: **“Rainfall over the Central-Western Mediterranean basin in the period 1951-1995. Part I: precipitation trends”**. Il Nuovo Cimento Soc. It. Fisica, Vol. 21 C, anno 20, serie 2, num. 3, Bologna, 1998
- 6 - PRESIDENZA CONSIGLIO MINISTRI: **“La siccità in Italia - 1988-1990”**. Dip. Protez. Civile, Roma, 1994
- 7 - UFFICIO IDROGRAFICO DEL MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA: **“Annali idrologici”**. Ministero LL.PP. Serv. Idrogr. Roma

FIGURE

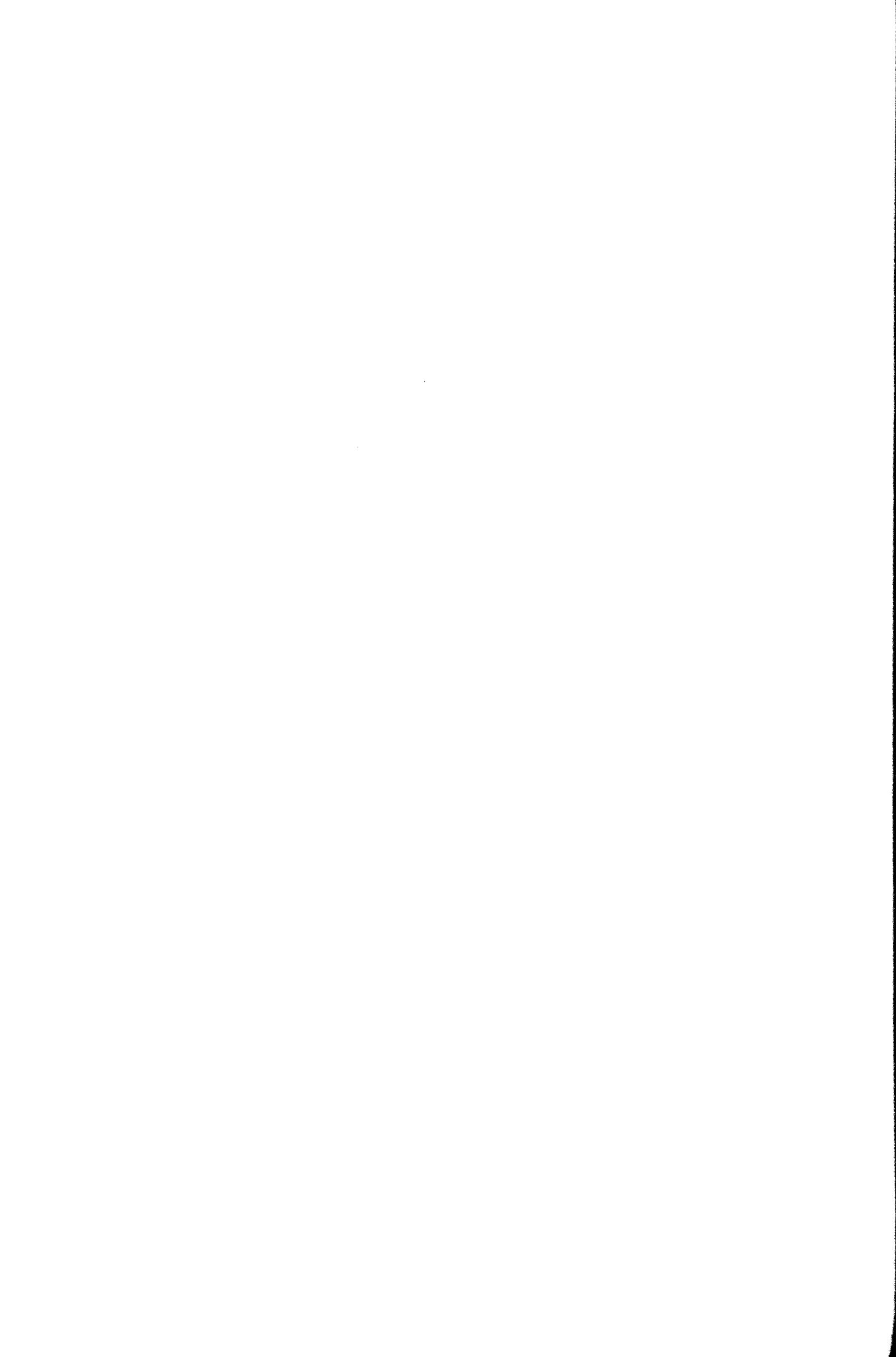


Fig. 1 - ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
 Variazioni piezometriche dei principali acquiferi

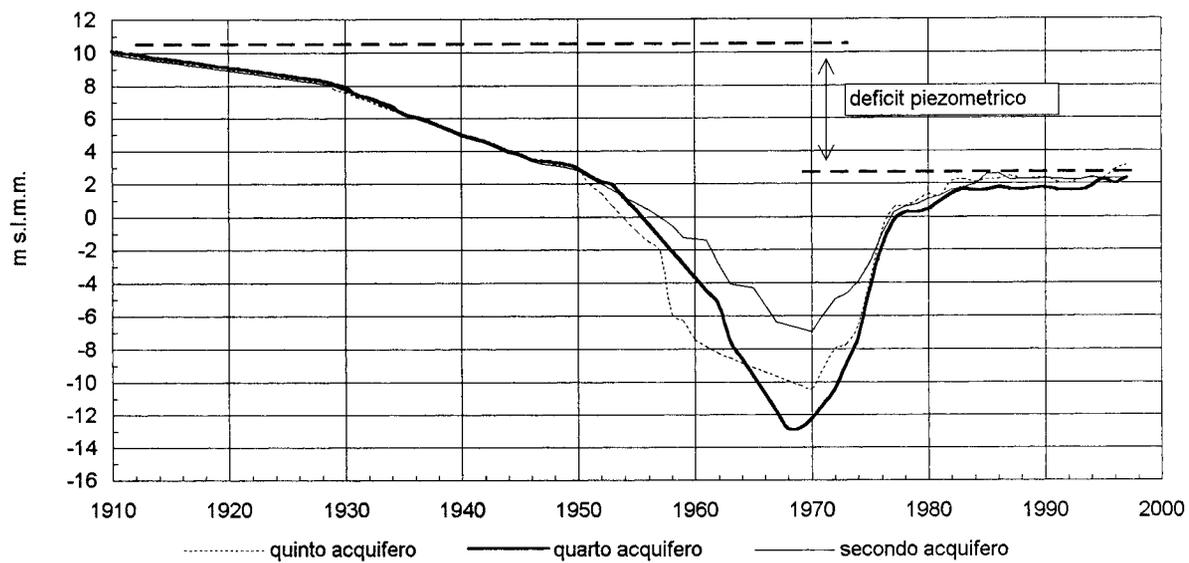
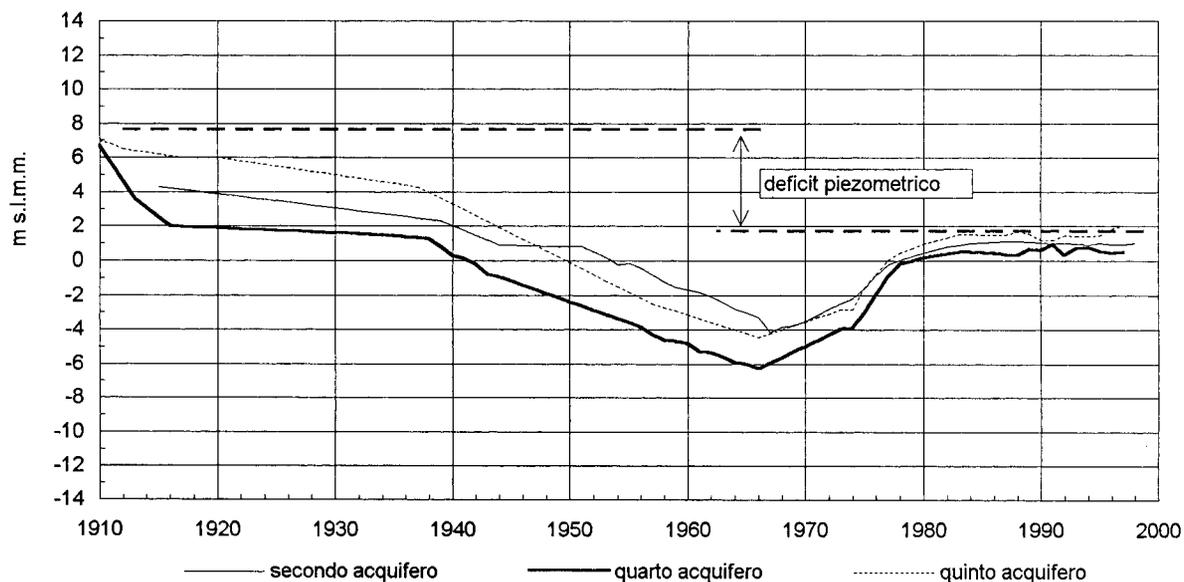
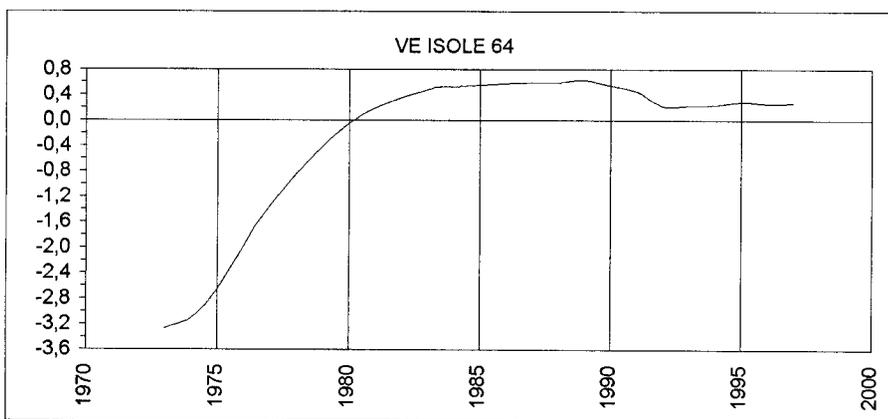
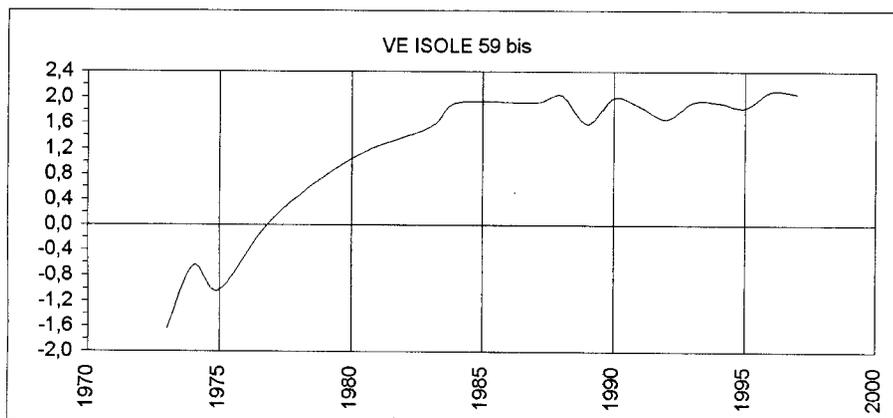


Fig. 2 - VENEZIA - CENTRO STORICO
 Variazioni piezometriche dei principali acquiferi

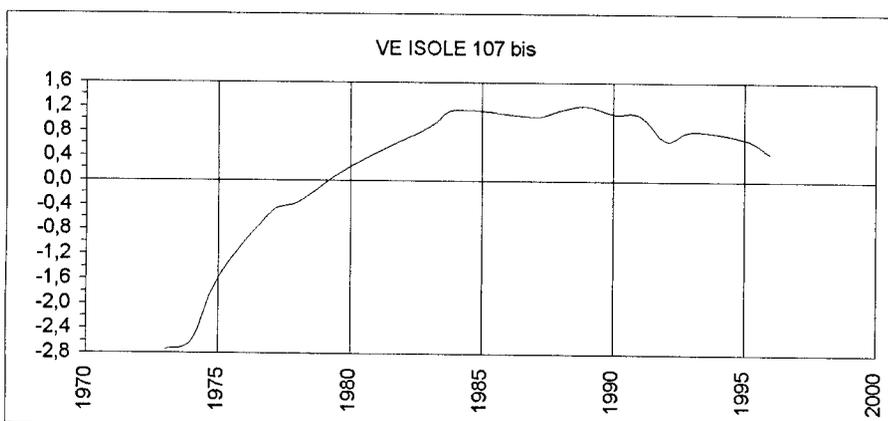




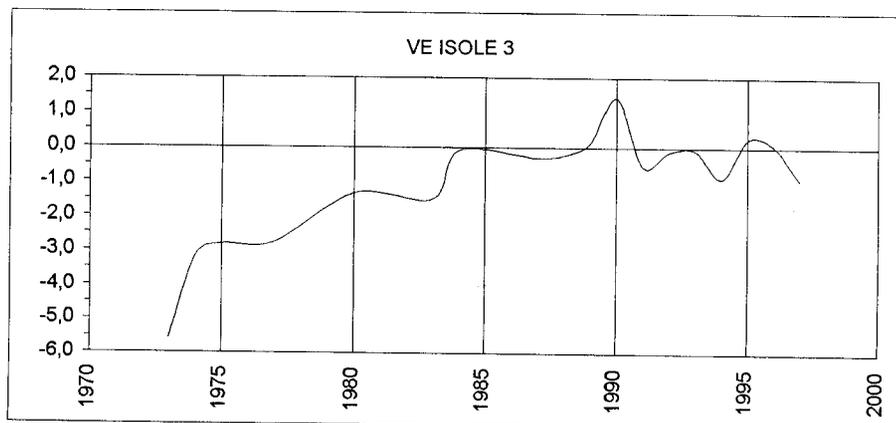
Venezia
Castello - Campo S. Pietro
II Acquifero



Venezia
S. Elena
IV Acquifero

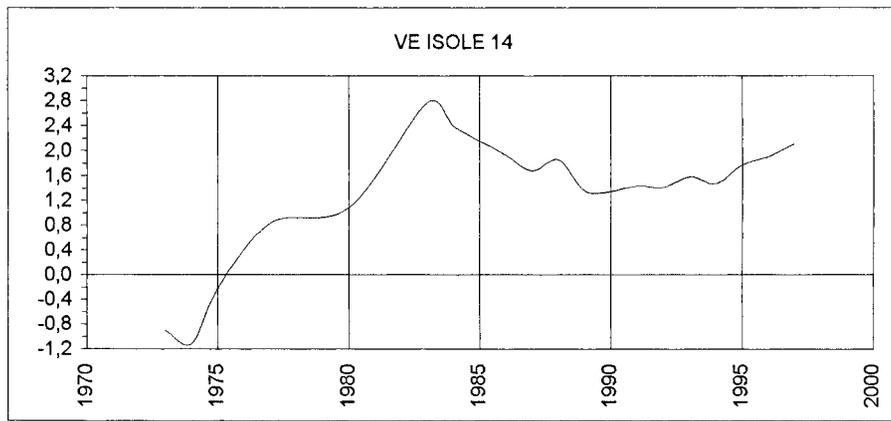


Venezia
Campo S. Polo
IV Acquifero

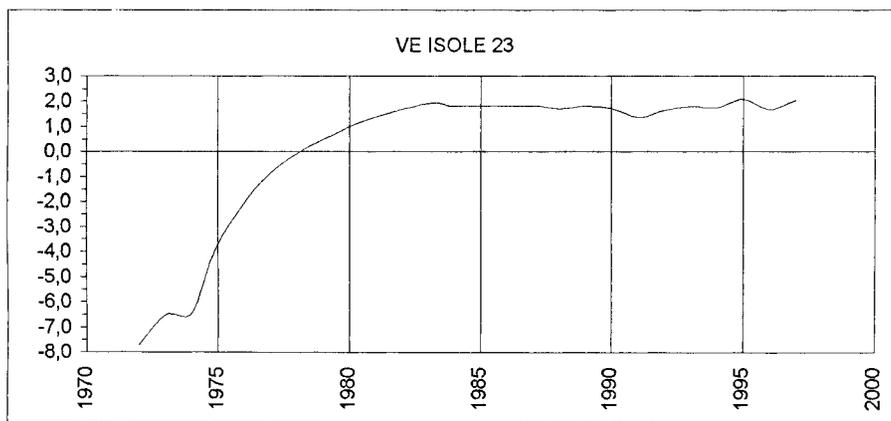


Isola di Torcello
V Acquifero

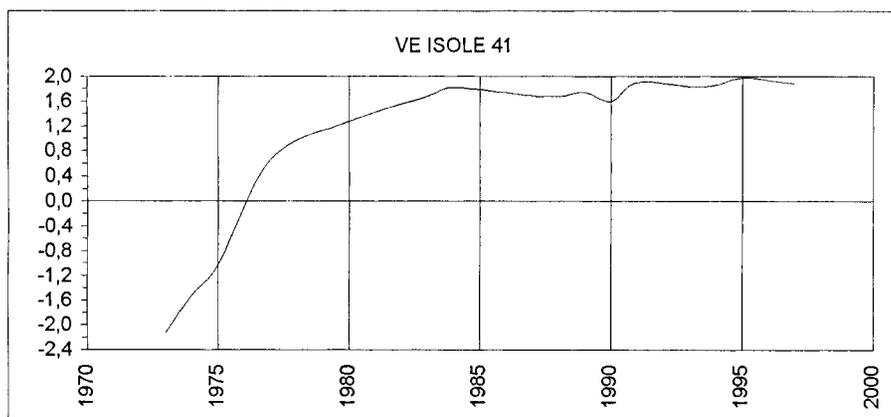
Fig. 3 - Evoluzione piezometrica (m) del II, IV e V acquifero di Venezia-Centro Storico e di Torcello



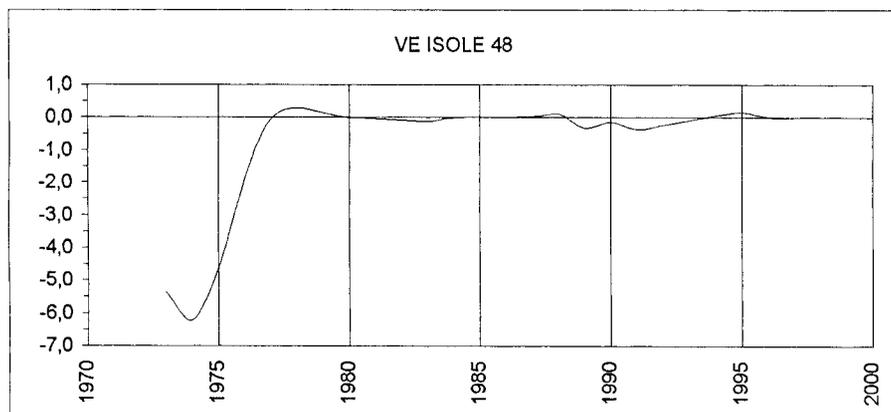
Burano
IV Acquifero



Murano
Campo S. Stefano
IV Acquifero

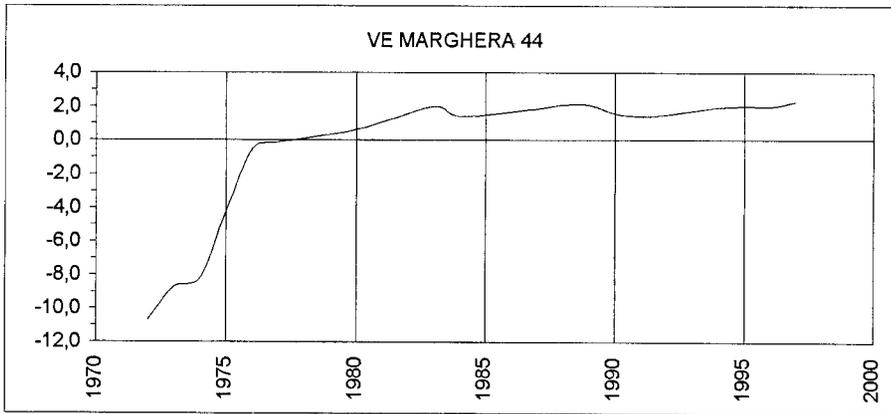


Sant' Erasmo
Ca' Mulachiè
V Acquifero

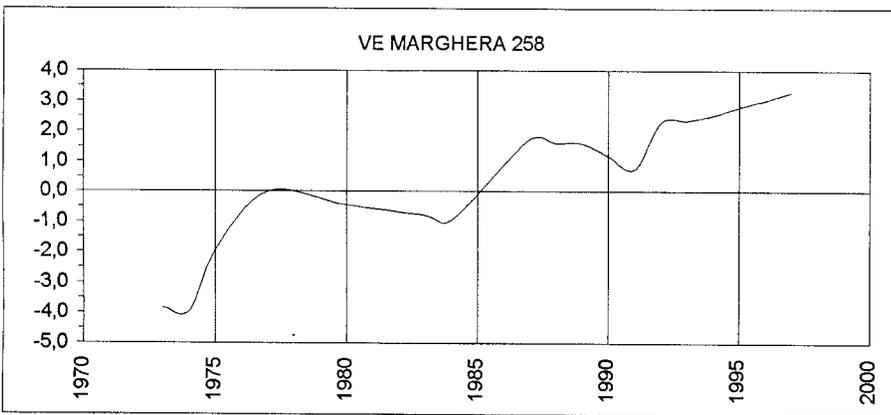


Vignole
Case Boscolo
V Acquifero

Fig. 4 - Evoluzione piezometrica (m) del IV e V acquifero in alcune isole della laguna settentrionale



Gaslini
Via delle industrie, 54
IV Acquifero



S.A.V.A.
VI Acquifero

Fig. 5 - Evoluzione piezometrica (m) del IV e del VI acquifero a Marghera

Fig. 6 - Pozzo VE ISOLE 333 (Venezia - Carceri)
periodo 1990 - 1998

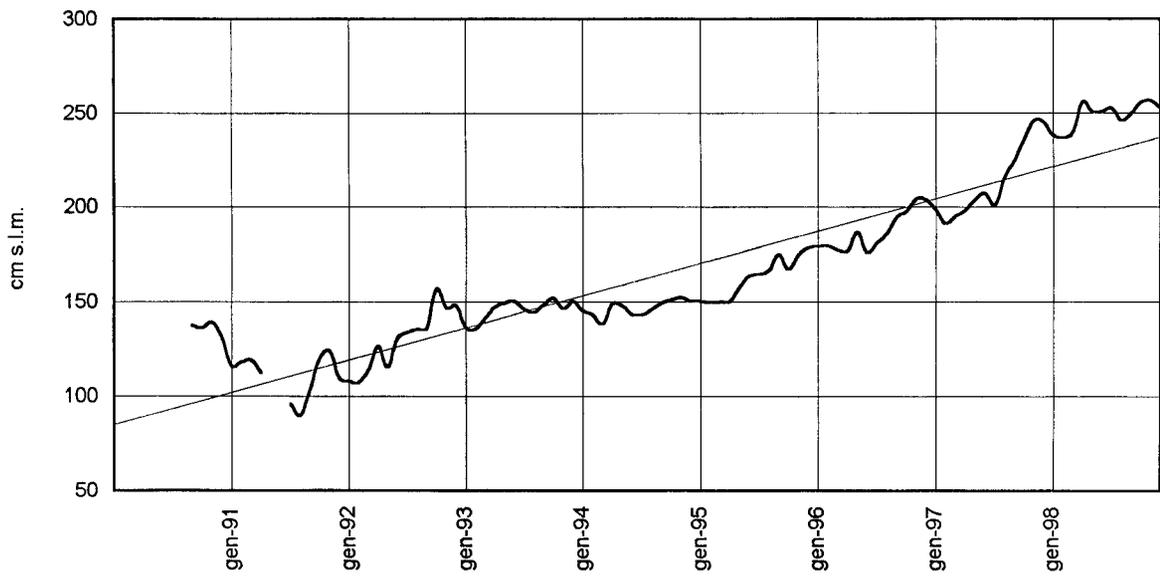
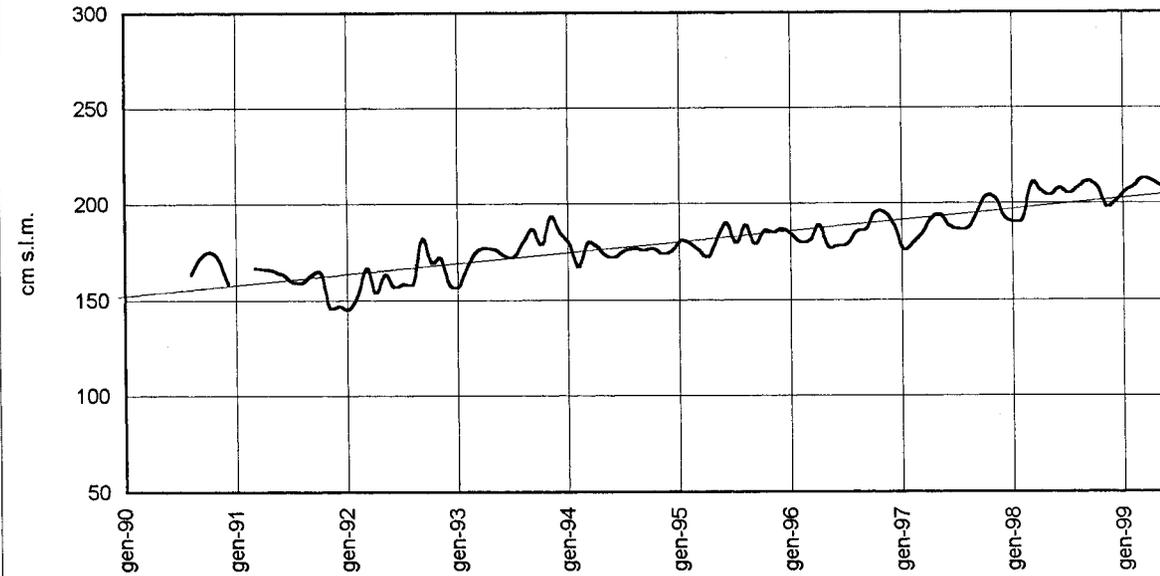


Fig. 7 - Pozzo VE-LITORALI 5 (Lido - Ospedale al mare)
periodo 1990-1999



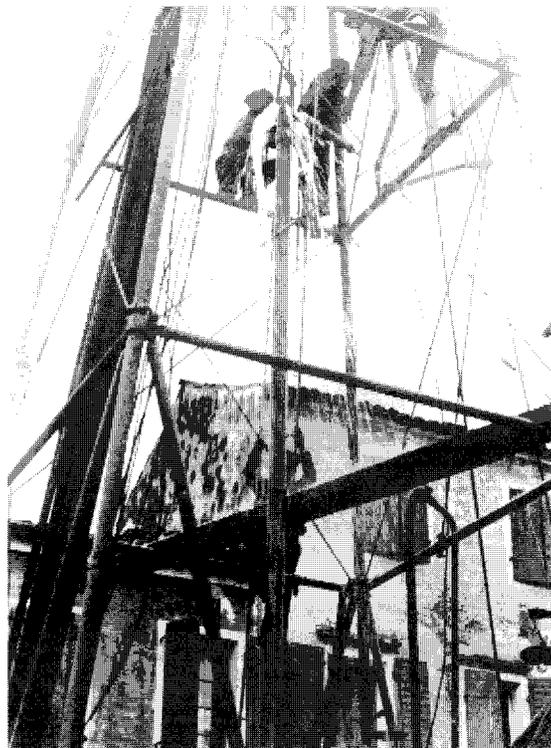


Fig. 8 - Pressione del VI acquifero a Burano nel 1926 (superiore a +11 m s.l.m.m.) [4]

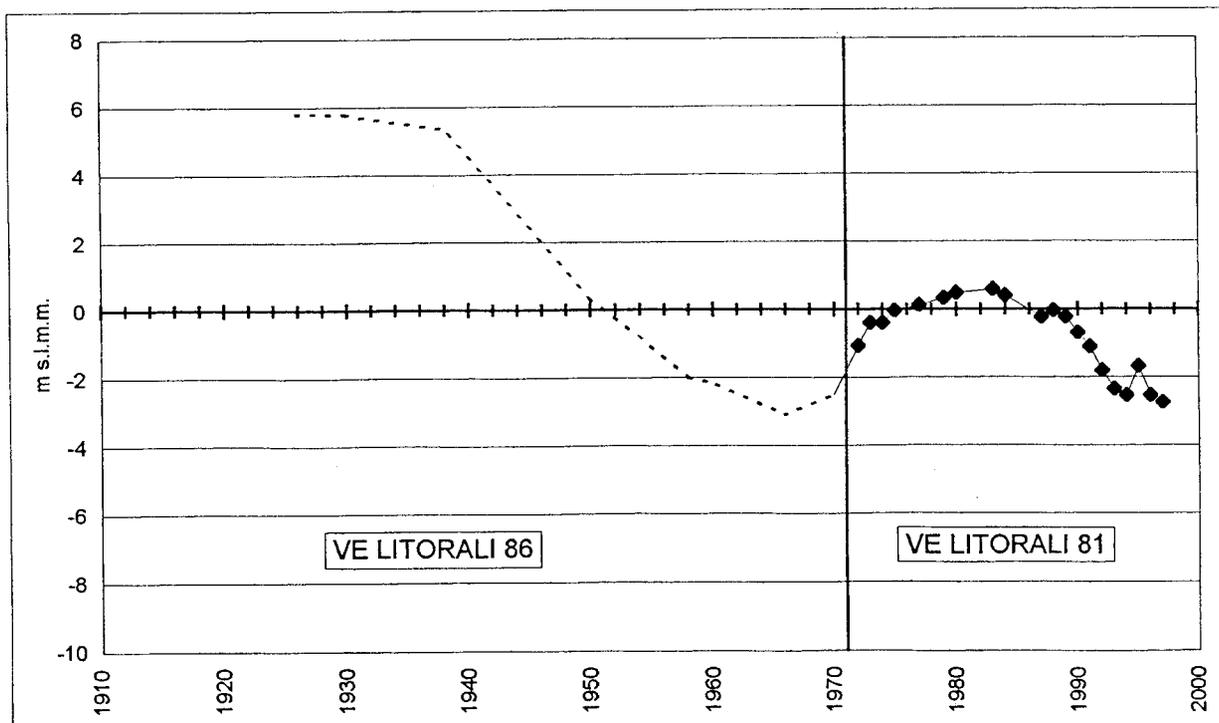
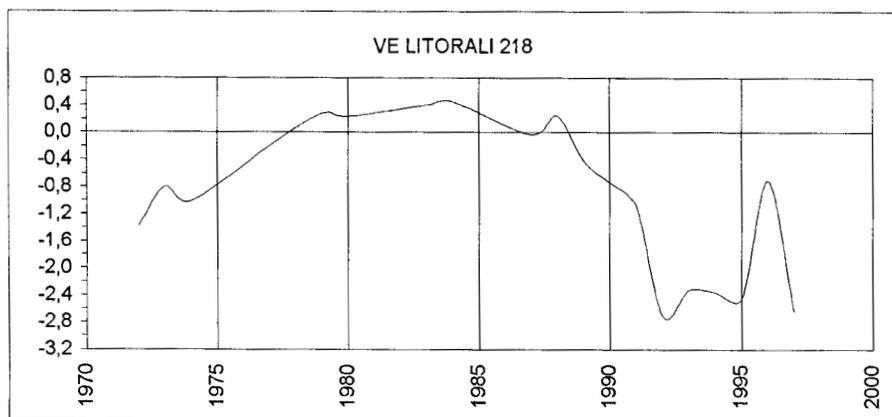
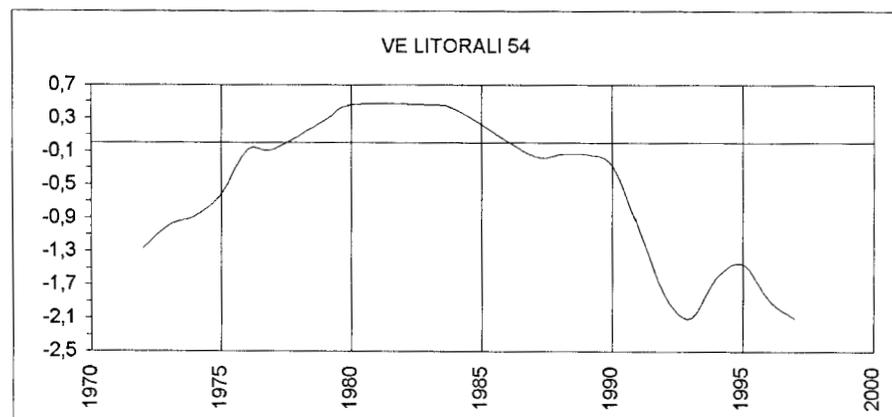


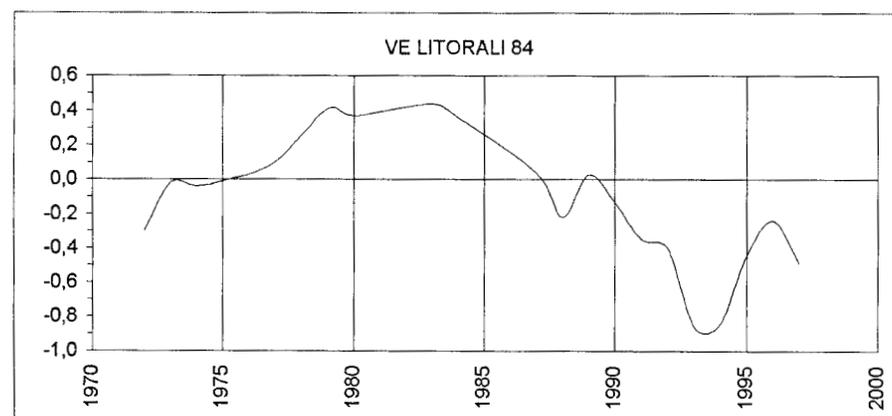
Fig. 9 - Ricostruzione schematica dell'andamento delle pressioni di strato del IV acquifero sulla base dei dati storici del pozzo VE-LITORALI 86 (Portosecco-Treporti) e del pozzo VE-LITORALI 81



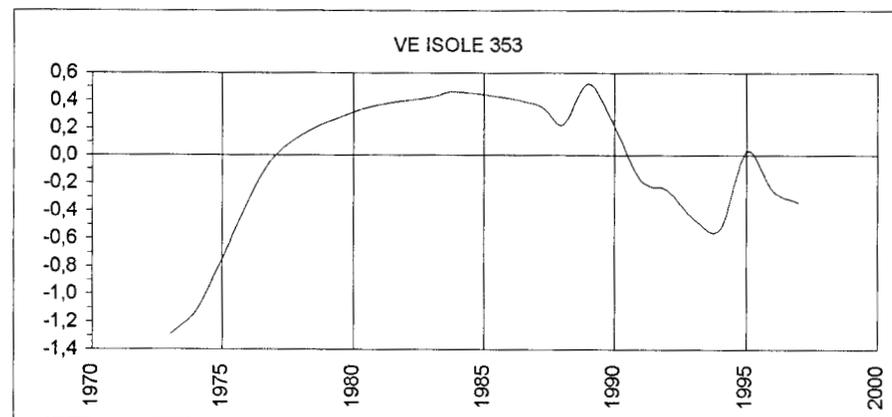
P.ta Sabbioni
II Acquifero



Treporti
Portosecco
II Acquifero

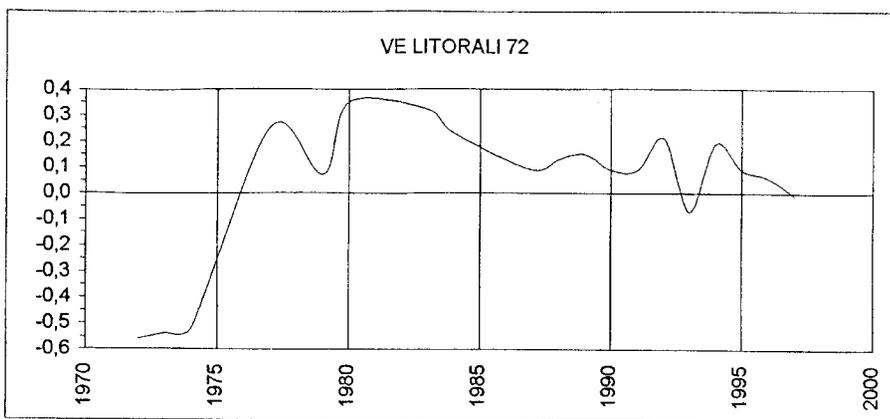


Cavallino
Via del Fante
II Acquifero

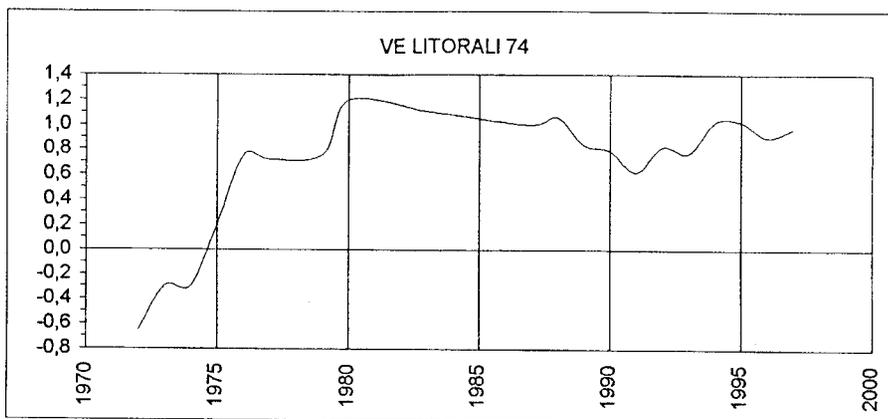


Isola di Mazzorbo
II Acquifero

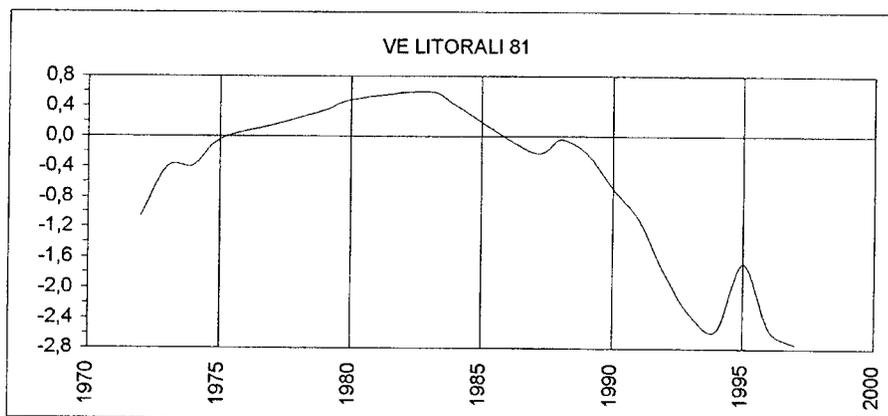
Fig. 10 - Evoluzione piezometrica (m) del II acquifero in alcune località del litorale del Cavallino



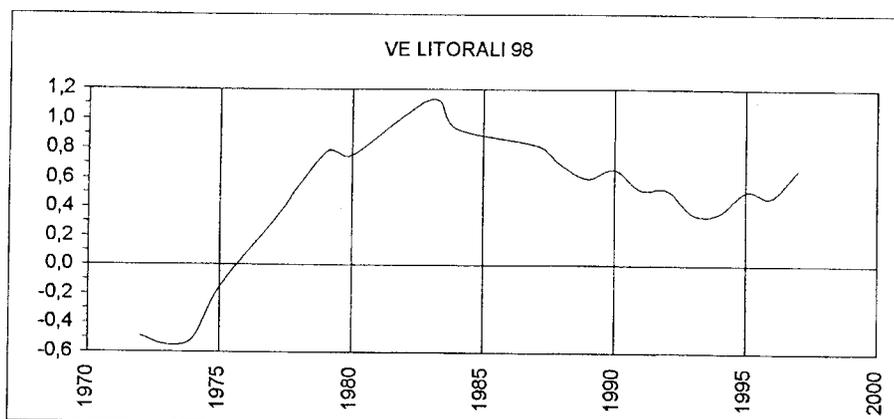
Lio Piccolo
IV Acquifero



Treporti
Piazza Mesole
IV Acquifero



Cavallino - Marinona
Via degli Arditi
IV Acquifero



Cavallino - Ca' Ballarin
Colonia S. Paolo
IV Acquifero

Fig. 11 - Evoluzione piezometrica (m) del IV acquifero in alcune località del litorale del Cavallino

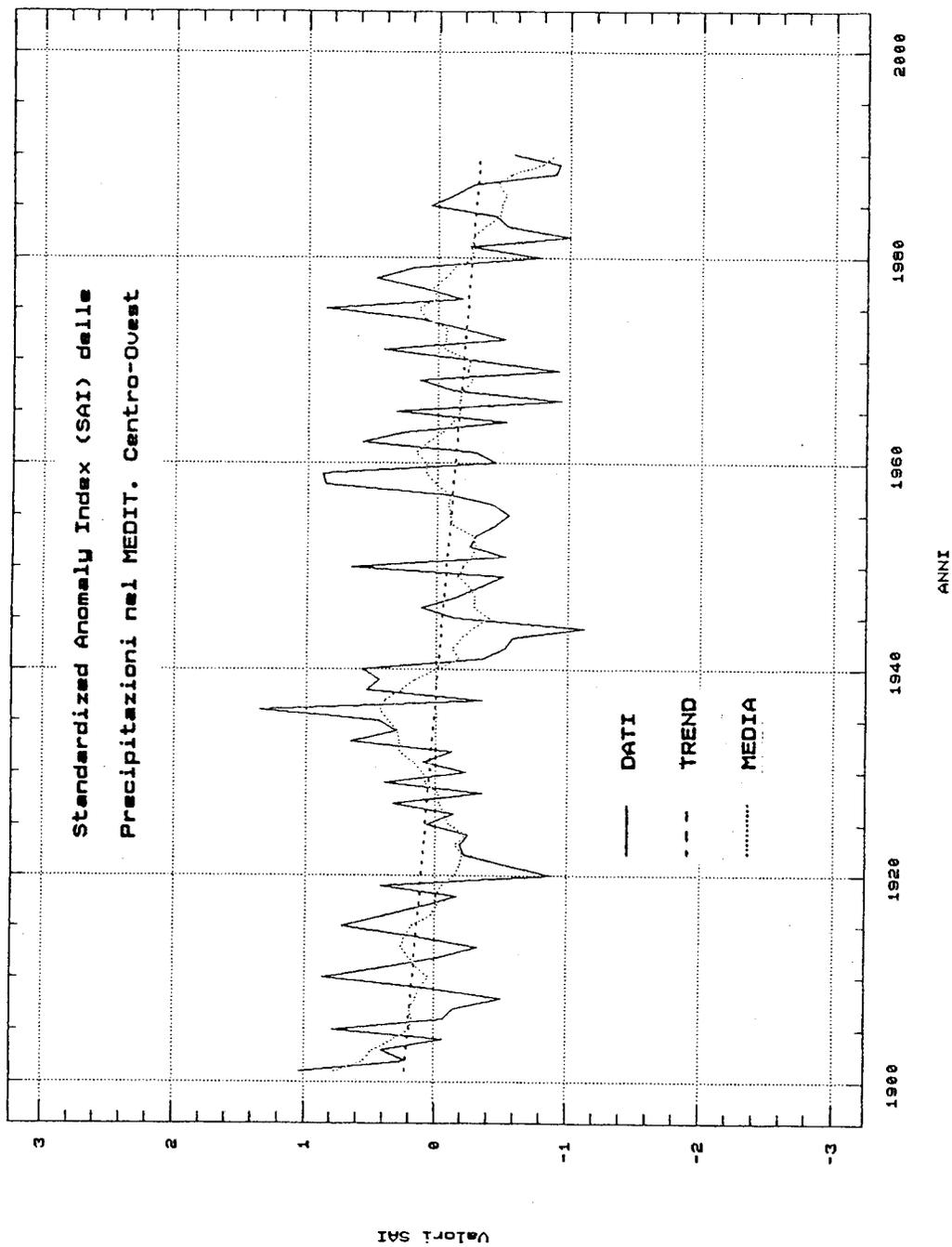


Fig. 12 - Andamento dell'indice SAI della media mobile e del trend nel periodo 1901-1988, Mediterraneo centro-occidentale [5]

PRECIPITAZIONI - S.A.I. per l'Italia

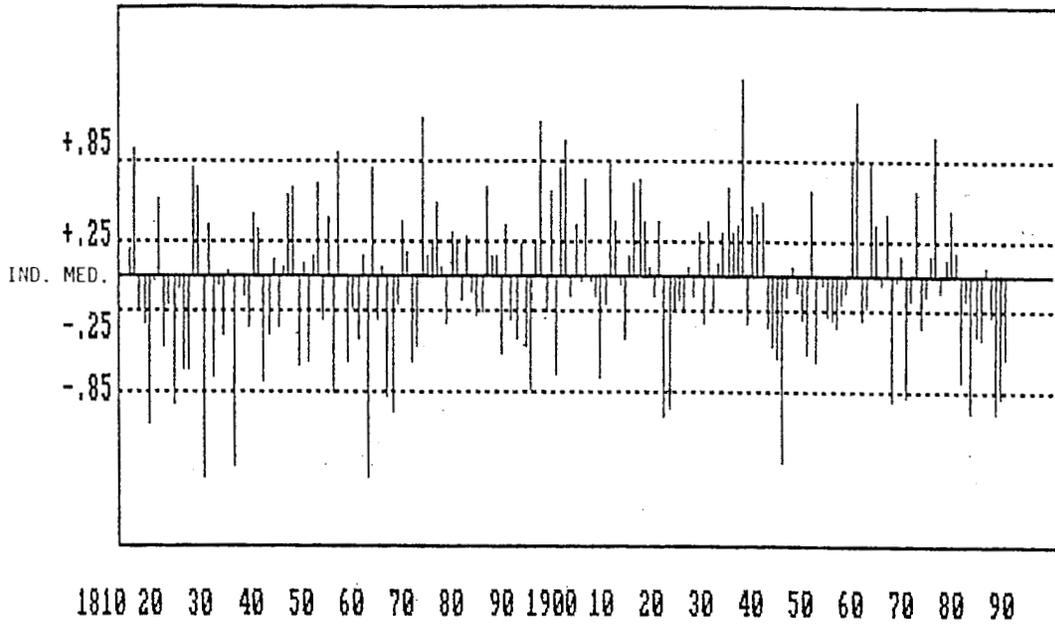


Fig. 13 - Indice SAI sul territorio italiano nel periodo 1813-1990 [5]

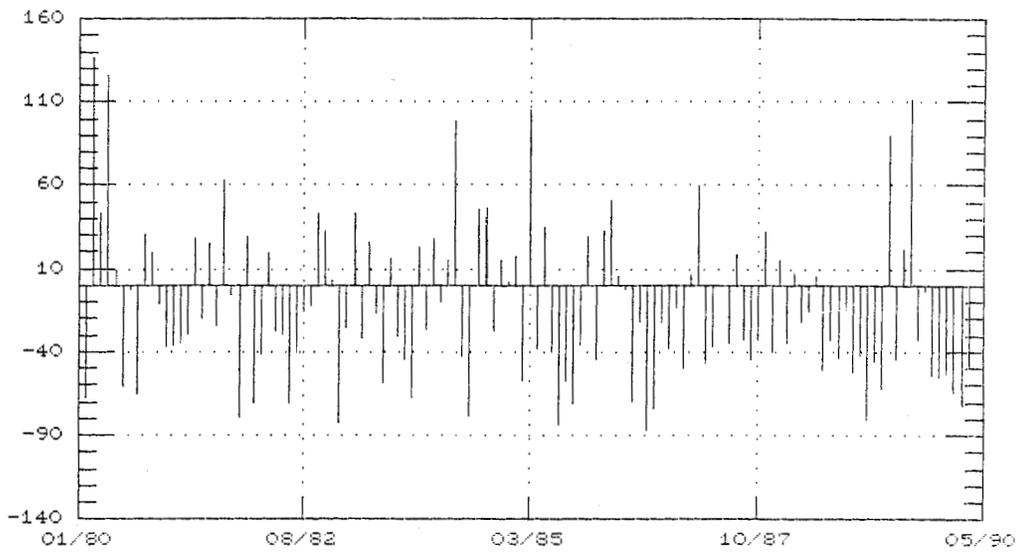


Fig. 14 - Scarti dalla media 1951-80 delle precipitazioni mensili verificatesi nel periodo 1980-90 [5]

Fig. 15 - Brenta a Barziza (1567 km²)
afflussi medi annui nel bacino di appartenenza

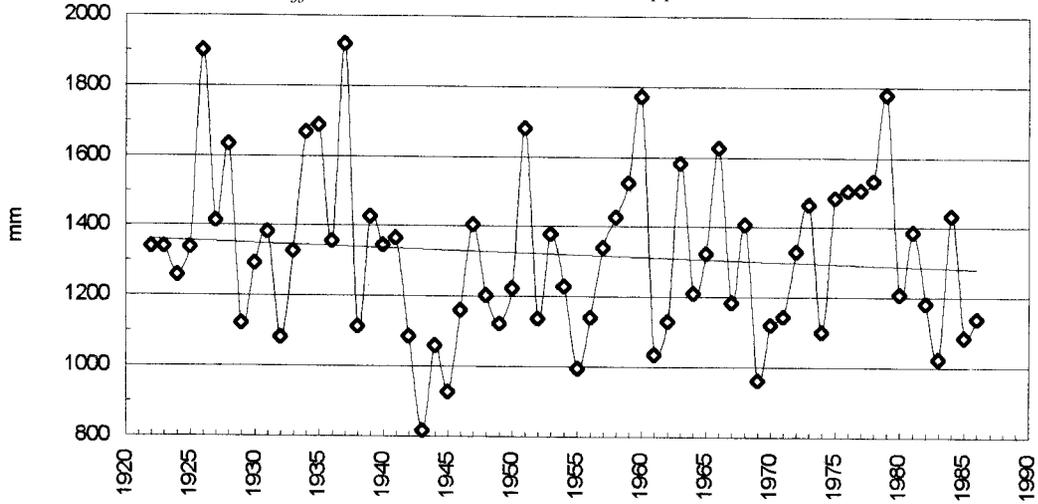


Fig. 16 - Bacchiglione a Montegaldella (1384 km²)
afflussi medi annui nel bacino di appartenenza

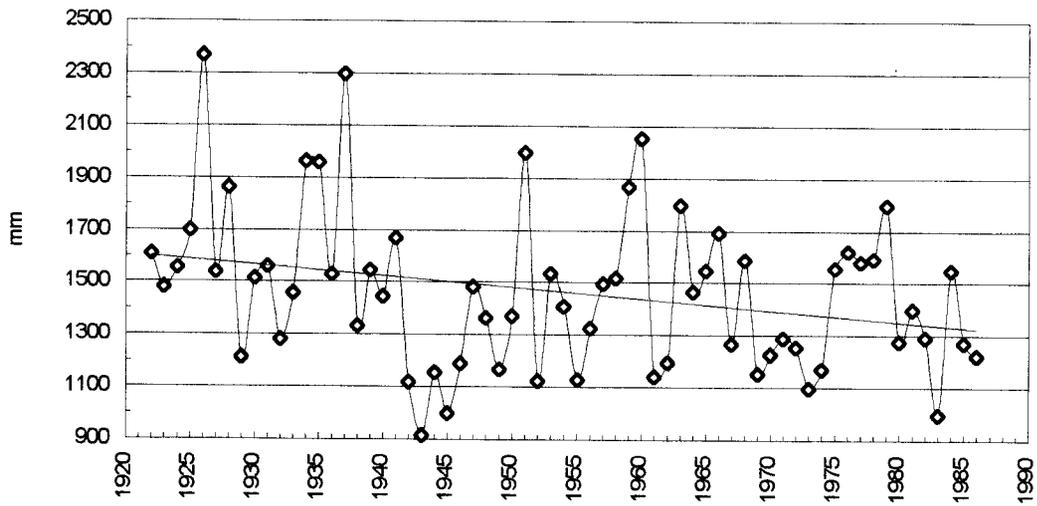


Fig. 17 - Piave a Nervesa della Battaglia (3763 km²)
afflussi medi annui nel bacino di appartenenza

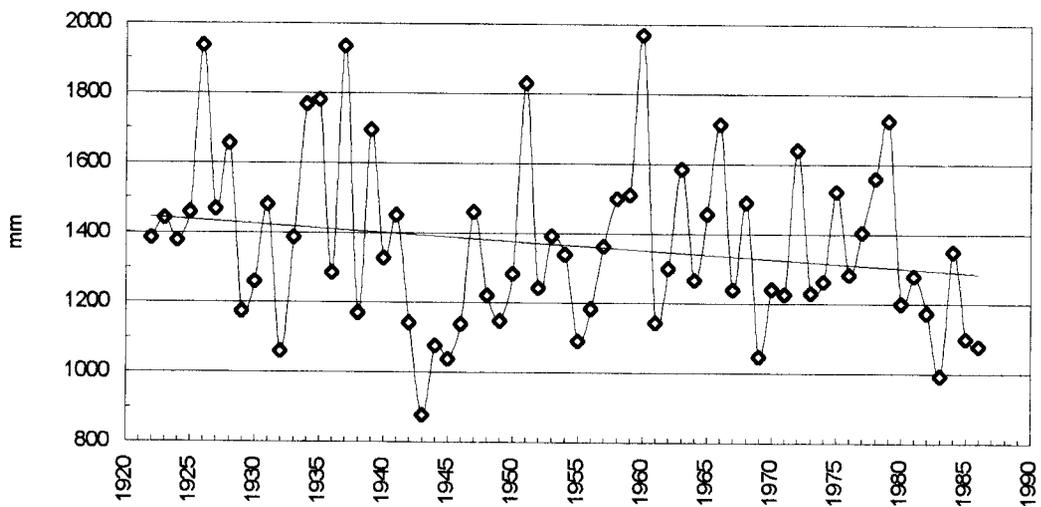


Fig. 18 - Stazione di Mignano
portate medie annue del Brenta

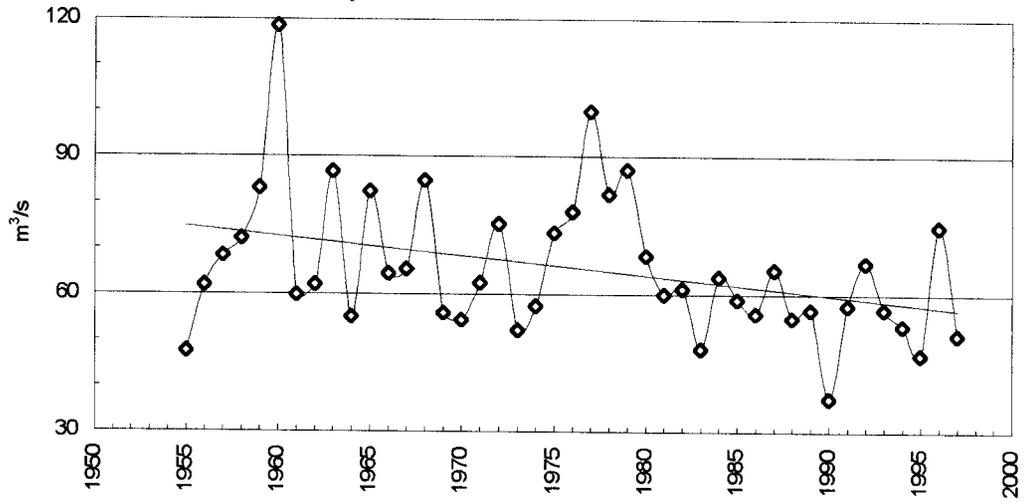


Fig. 19 - Stazione di Nervesa della Battaglia
portate medie annue del Piave

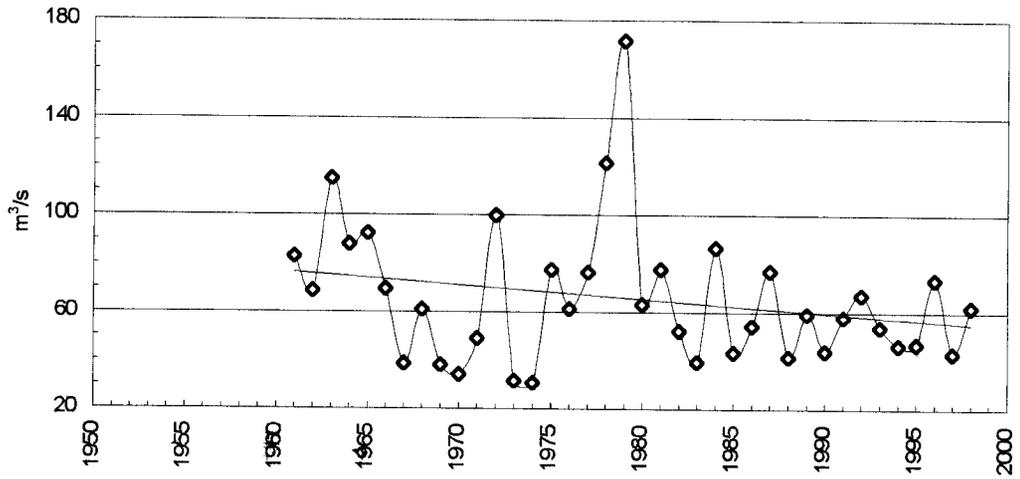


Fig. 20 - Stazione di Cavazzale
livelli freatici medi annui

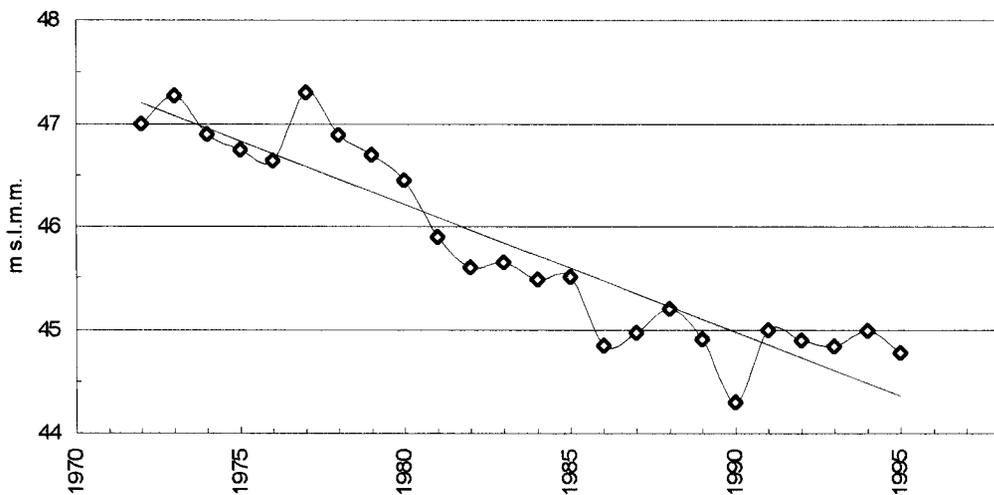


Fig. 21 - Stazione di Vorago
livelli freatici medi annui

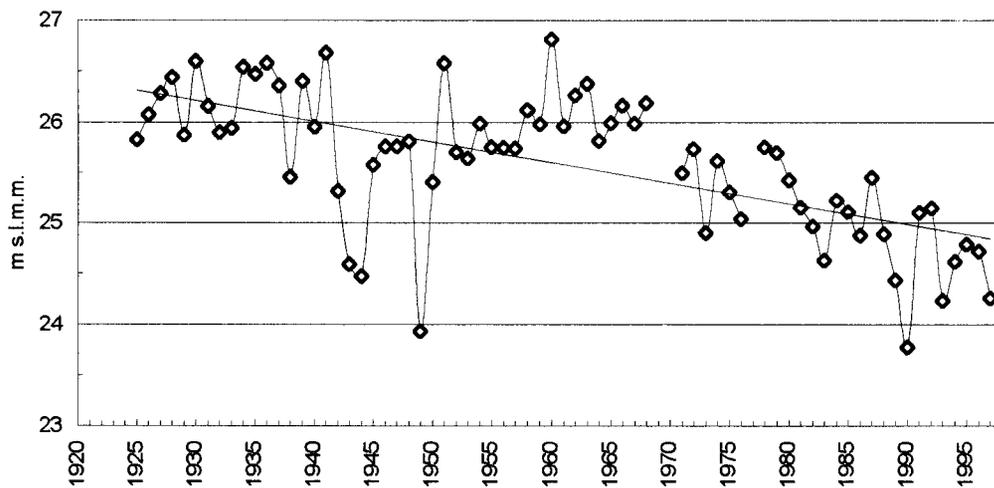
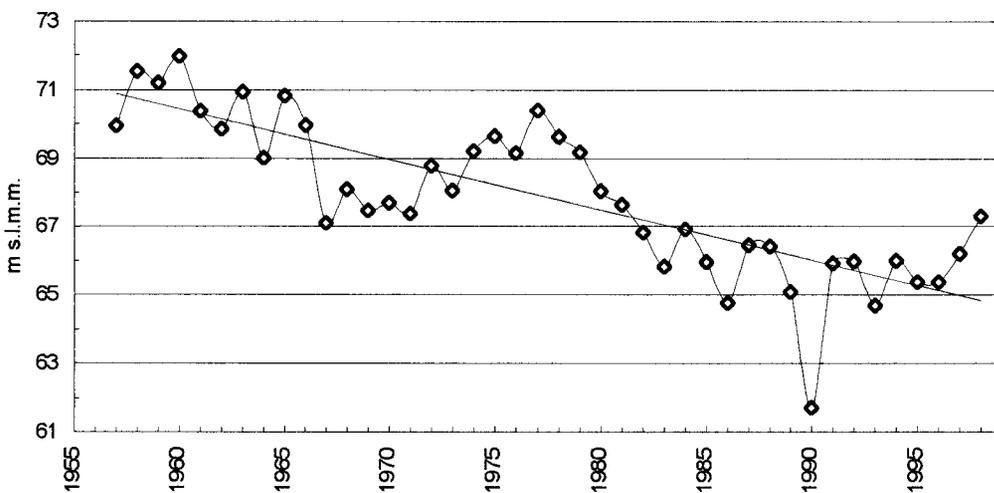


Fig. 22 - Stazione di Crosara di Nove
livelli freatici medi annui



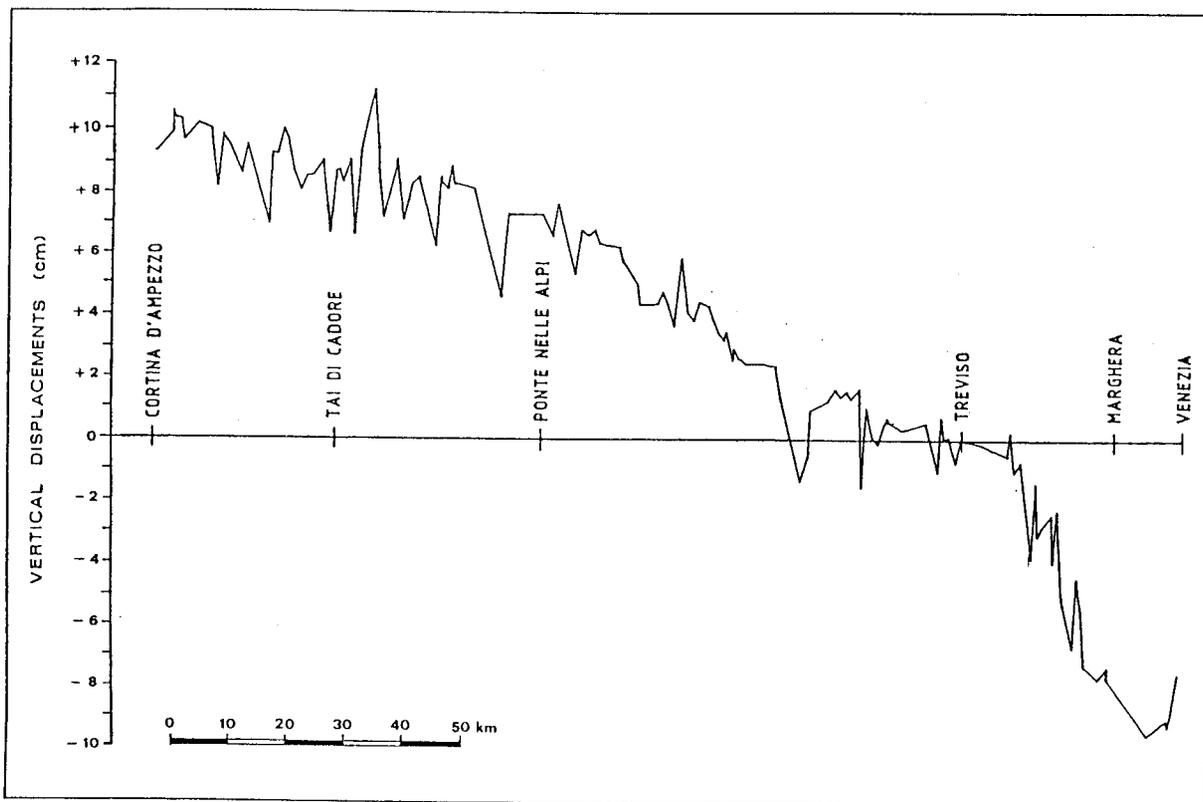


Fig. 23 - Movimenti altimetrici del suolo registrati tra il 1952 e il 1985 lungo la linea Cortina d'Ampezzo - Treviso - Venezia.

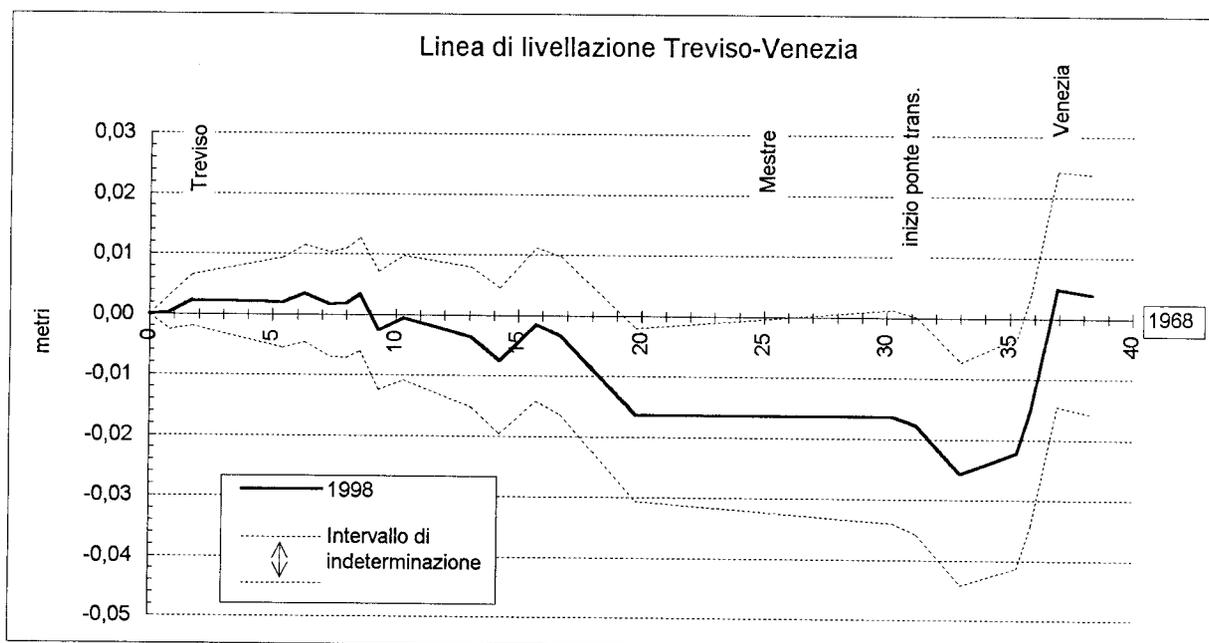


Fig. 24 - Variazioni altimetriche lungo la linea Treviso - Venezia derivanti dal confronto fra la livellazione del 1998 e la livellazione del 1968.

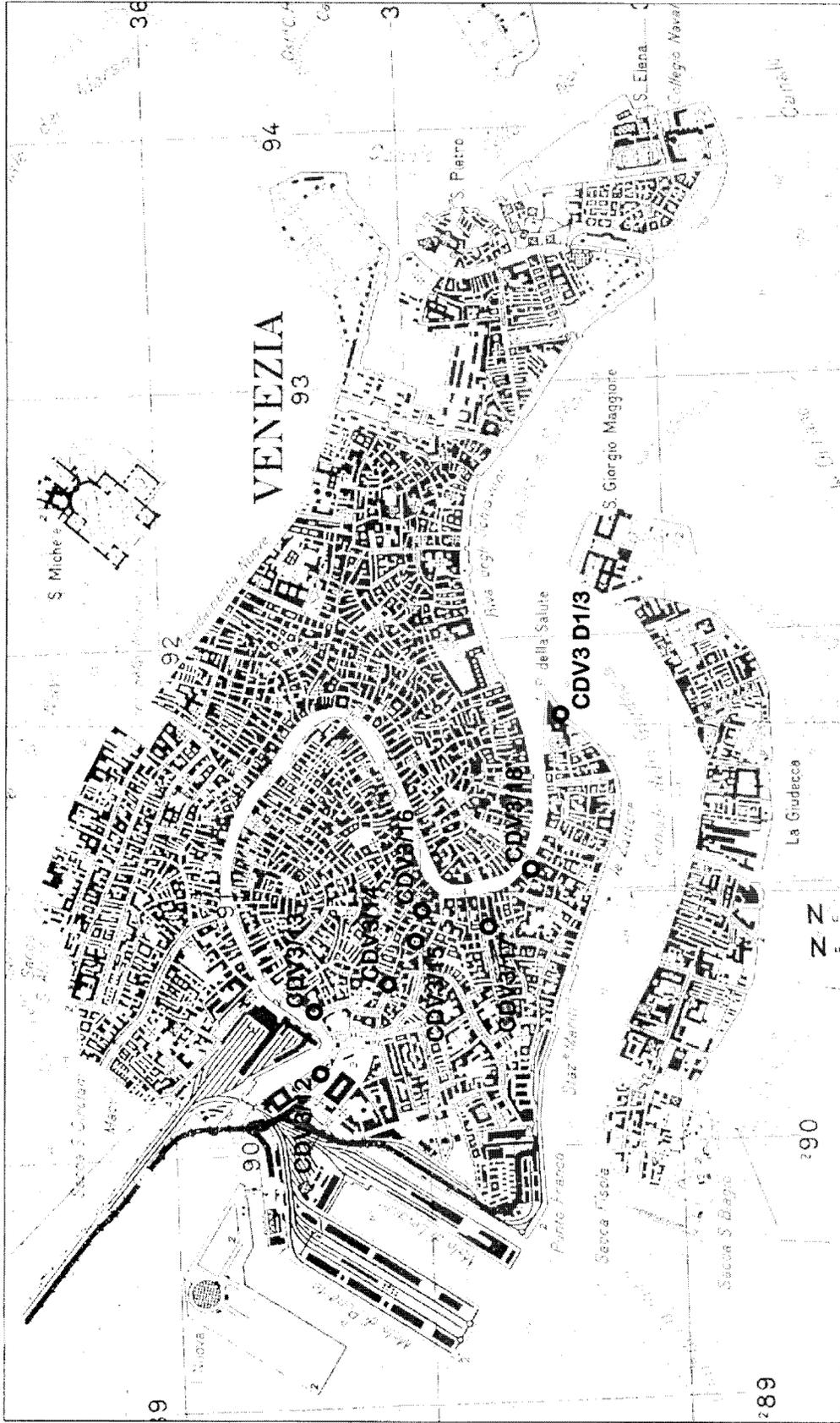


Fig. 25 - Ubicazione dei caposaldi di livellazione della linea CDV3 nel Centro Storico di Venezia.



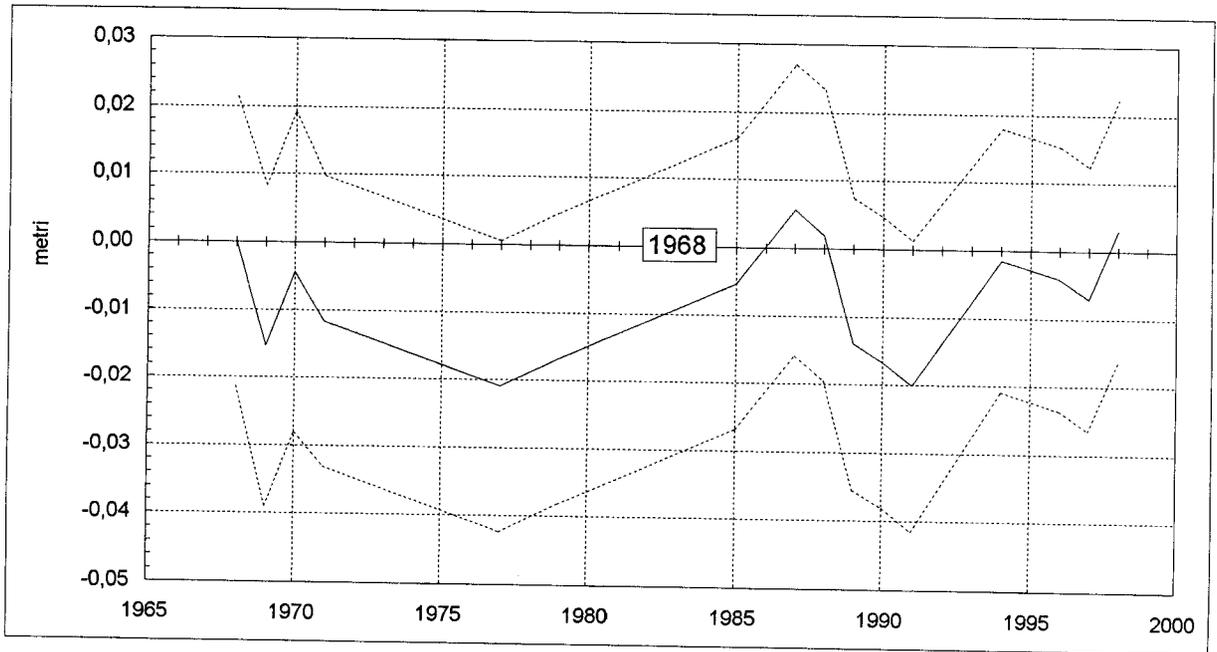


Fig. 26 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/16 (Vigili del Fuoco)

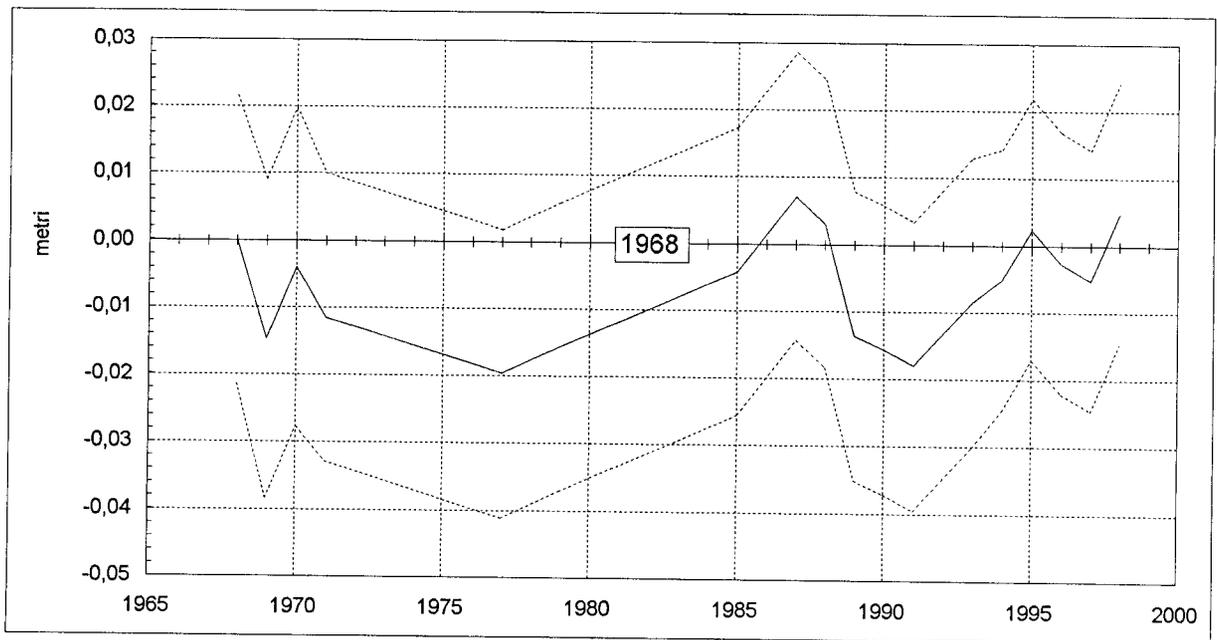


Fig. 27 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/17' (Pozzo Campo S. Barnaba)

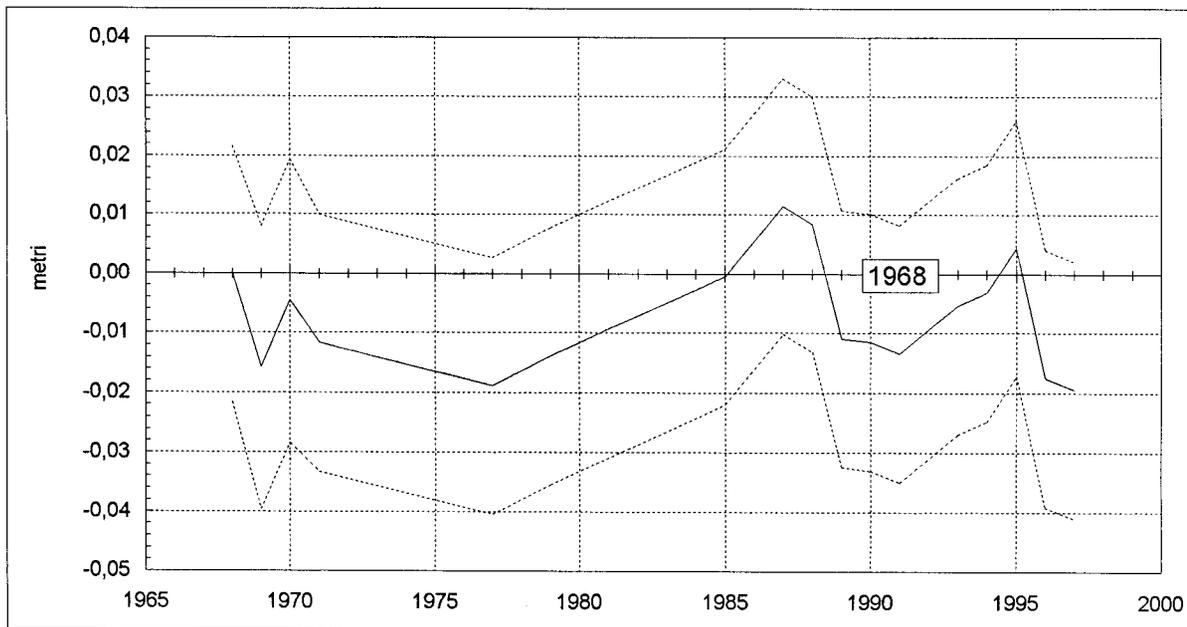


Fig. 28 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/18' (Accademia)

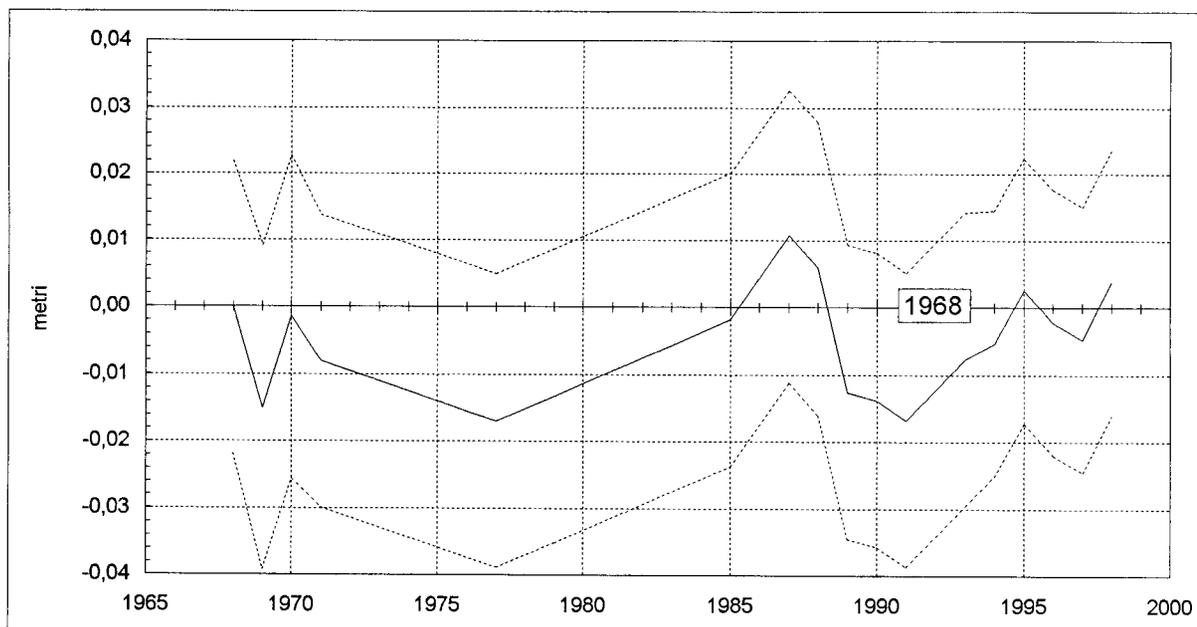


Fig. 29 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3 D1/3 (Punta della Salute)

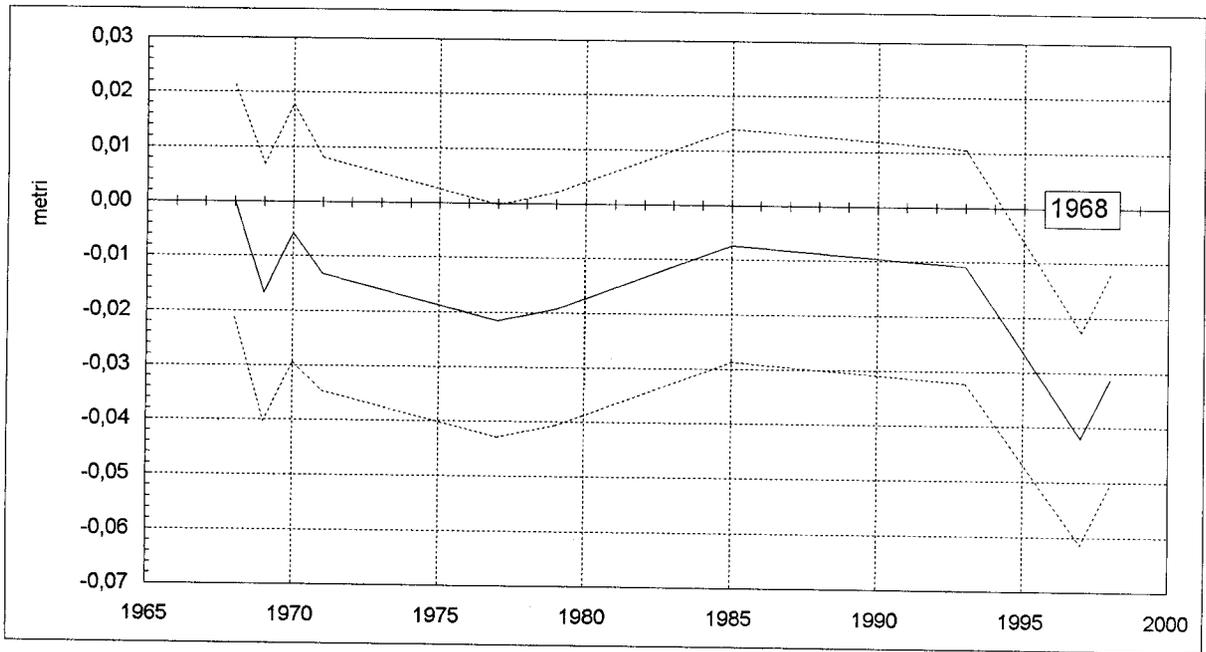


Fig. 30 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/15 (Chiesa S. Pantalon)

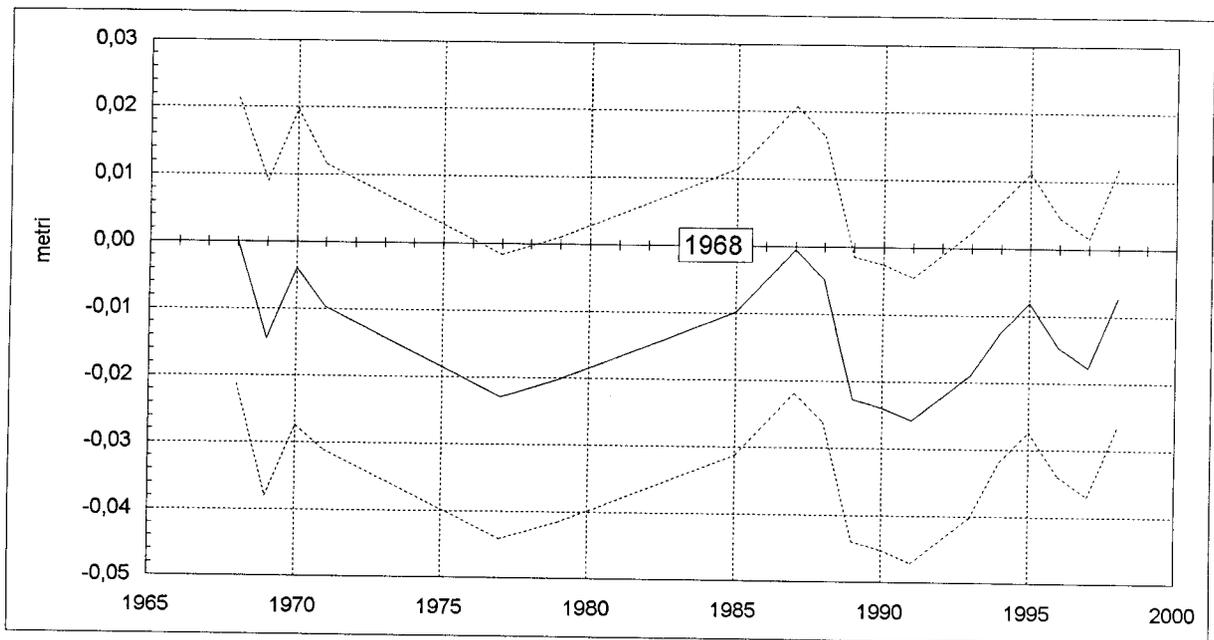


Fig. 31 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/14 (Albergo al Sole)

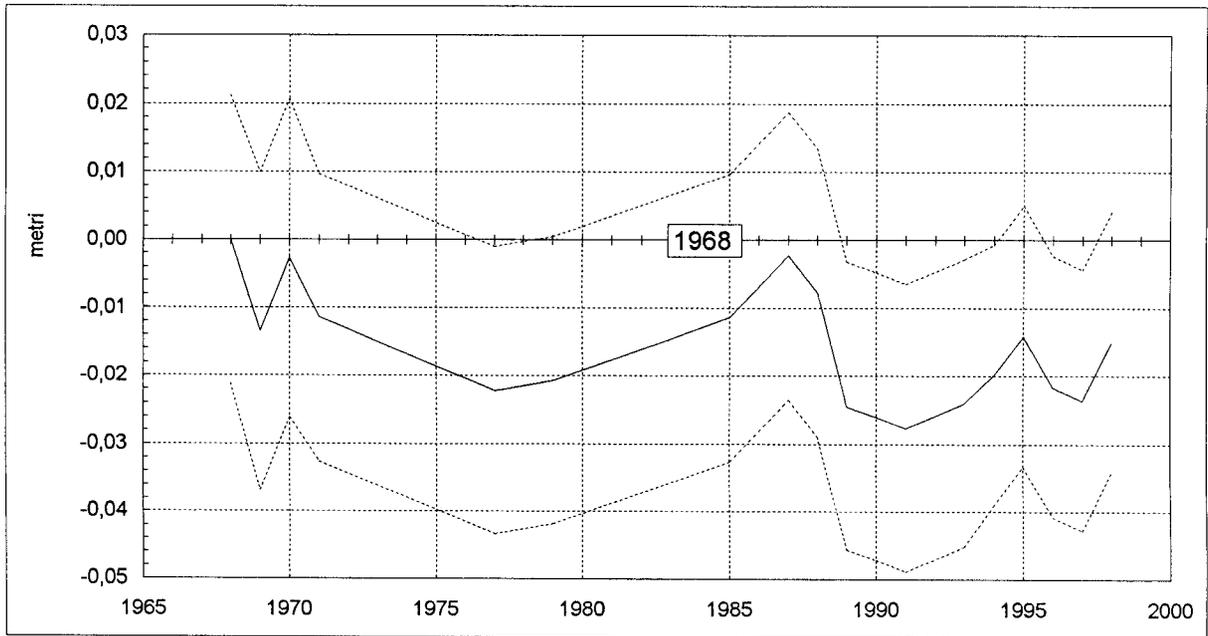


Fig. 32 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/13 (Ponte della Croce)

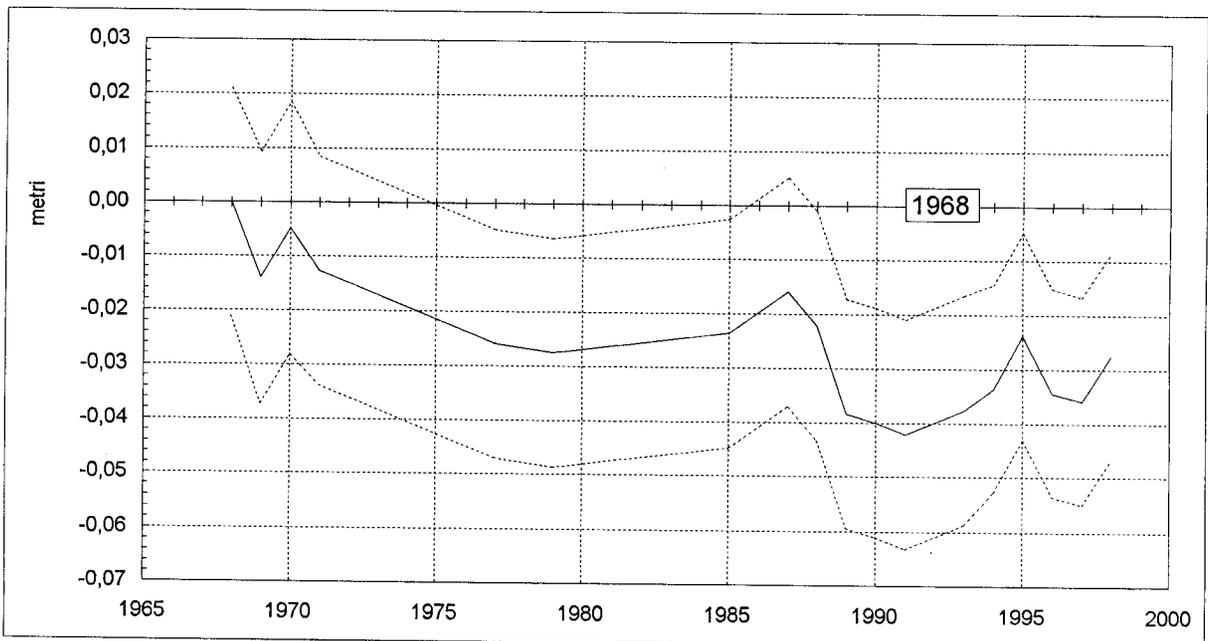


Fig. 33 - Variazioni nel tempo della quota del C.S. CDV3/12 (Calle Testori)

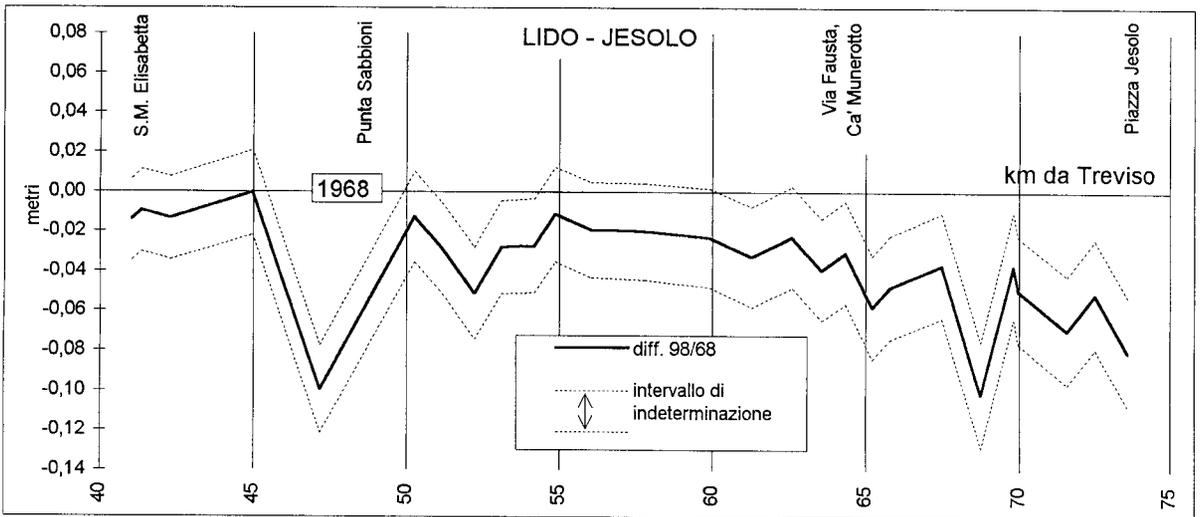
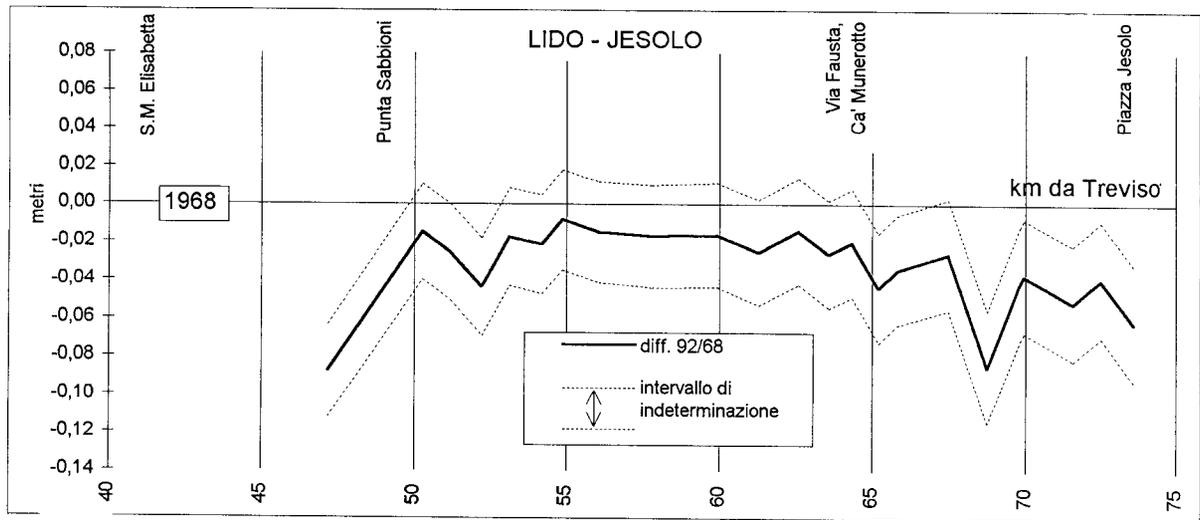
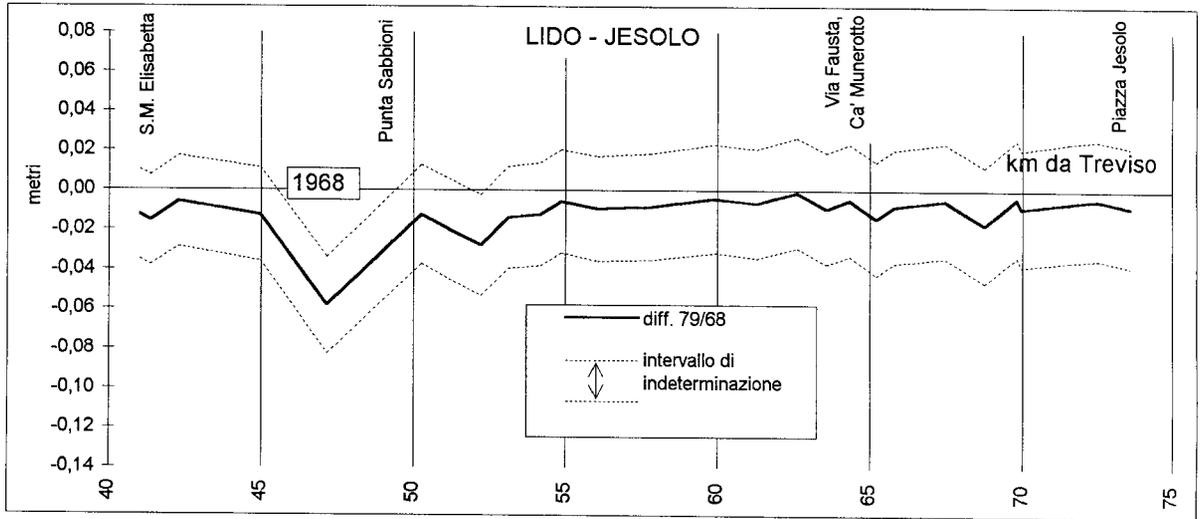


Fig. 34 - Linea di livellazione S.M. Elisabetta-Jesolo: misure altimetriche relative al 1979, 1992, 1998 (rapportate al 1968) con il rispettivo intervallo di indeterminazione

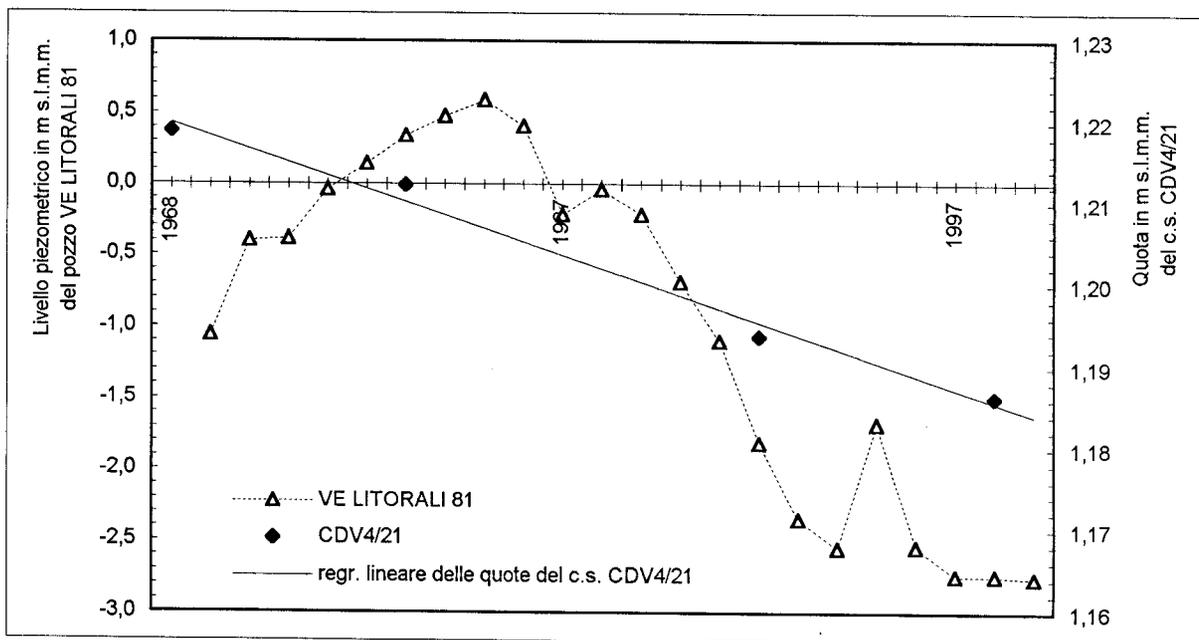
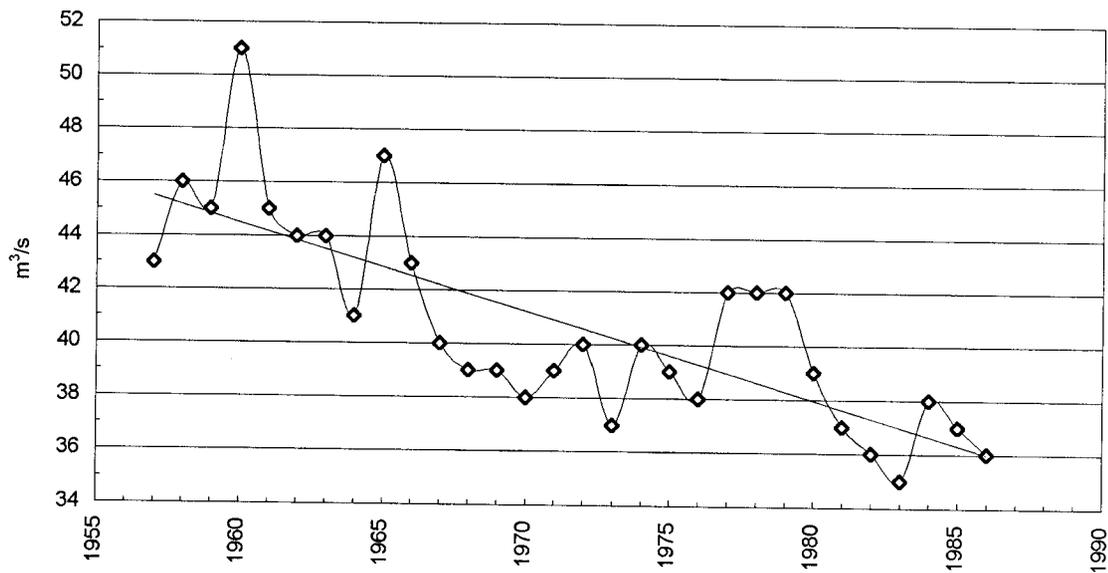


Fig. 35 - Correlazione fra l'andamento della pressione di strato nel IV acquifero e le variazioni altimetriche del suolo in corrispondenza del pozzo VE LITORALI 81

Fig. 36 - Stazione di Casier [6]
portate medie annue del Sile



Linea Treviso - Venezia													
Anno di esecuzione	1952	1961	1968	1969	1970	1971	1973	1974	1975	1977	1985	1993	
Ente promotore	IGM	IVSLLAA	IGM	CNR	IGM	CNR	CNR	CNR	CNR	UTE	REGIONE V.	AGIP	
Tolleranza (+/-mm √D)	2,5	3,5	2,5	1,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	
C.S.													
1/A	-	-	-	-	-	-	-	-	230,1150	230,1152	230,1260	-	-
49/35	57,7394	57,7394	57,7394	-	-	-	57,7200	-	57,7394	57,7379	57,7497	-	-
36/35	18,4302	18,4283	18,4289	-	-	-	-	-	18,4492	18,4302	18,4312	-	-
24/35	13,1970	-	13,1970	-	13,1970	13,1941	13,1976	13,1975	13,2156	13,1965	13,1970	13,1970	-
24/36	16,0511	16,0514	16,0512	16,0511	16,0511	16,0478	16,0511	16,0511	16,0693	16,0509	16,0510	-	-
D1/3 CDV3	-	0,8154	0,8040	0,7889	0,8026	0,7930	0,8019	0,7953	0,8168	0,7865	0,8022	0,7964	-
D1/3 CDV3	-	1,2624	-	1,2400	-	1,2445	1,2546	1,2470	1,2685	1,2348	1,2555	-	-

Tavola 1 - Caratteristiche delle livellazioni della linea Treviso - Venezia

n° C.S.	35/24'	CDV3/12	CDV3/13	CDV3/14	CDV3/15	CDV3/16	CDV3/17'	CDV3/18'	CDV3 D1/3
km da TV	0,000	35,6210	35,8840	36,2600	36,5060	36,6960	36,9200	37,3180	38,3260
ANNO									
1968	13,19700	2,63890	1,24360	1,20110	1,63070	1,53540	1,18670	0,88330	0,80400
1969	13,19700	2,62490	1,23010	1,18660	1,61390	1,52000	1,17200	0,86750	0,78890
1970	13,19700	2,63410	1,24090	1,19720	1,62490	1,53100	1,18270	0,87880	0,80260
1971	13,19700	2,62620	1,23210	1,19130	1,61740	1,52370	1,17520	0,87160	0,79590
1977	13,19700	2,61300	1,22140	1,17820	1,60910	1,51450	1,16700	0,86440	0,78700
1979	13,19700	2,61139	1,22290	1,18086	1,61140	1,51863	1,17105	0,86947	0,79070
1985	13,19700	2,61520	1,23210	1,19120	1,62330	1,53000	1,18250	0,88290	0,80220
1987	13,19700	2,62290	1,24120	1,20060		1,54100	1,19380	0,89470	0,81470
1988	13,19700	2,61670	1,23590	1,19620		1,53730	1,18970	0,89170	0,80990
1989	13,19700	2,60050	1,21910	1,17840		1,52140	1,17300	0,87240	0,79140
1990	13,19700	2,59890	1,21760	1,17720		1,51870	1,17100	0,87180	0,79020
1991	13,19700	2,59680	1,21590	1,17530		1,51530	1,16860	0,86990	0,78720
1993	13,19700	2,60126	1,21954	1,18217	1,61984		1,17812	0,87797	0,79635
1994	13,19700	2,60530	1,22370	1,18860		1,53387	1,18150	0,88020	0,79870
1995	13,19700	2,61502	1,22947	1,19297			1,18900	0,88769	0,80654
1996	13,19700	2,60455	1,22195	1,18634		1,53125	1,18404	0,86575	0,80183
1997	13,19700	2,60305	1,21997	1,18337	1,58863	1,52833	1,18142	0,86375	0,79927
1998	13,19700	2,61146	1,22861	1,19383	1,59945	1,53844	1,19147		0,80789

In grassetto sono riportati i valori calcolati da altro riferimento.

Tavola 2 - Valori altimetrici (in m s.l.m.m.) di alcuni C.S. di Venezia