

OBER DIE ERGEBNISSE EINIGER BLOCKAUSGLEICHUNGEN VON GEBIRGIGEM GELÄNDE

L. Mussio, Mailand

1. Einleitung

Die Erstellung von Grundkarten im Maßstab 1:5000 von ganzen Regionen Italiens setzt voraus, daß sämtliche dafür erforderliche Arbeiten auch in gebirgigen Gebieten durchgeführt werden können.

Bei solchen Gebieten, wo die geodätischen Hauptnetze nicht sehr dicht sind, erlangen Aerotriangulation und Blockausgleichung eine besondere Wichtigkeit.

Man hat mit dieser Arbeit das Verhalten der Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen nach Ackermann bei Reduzierung der Höhen- und Lagepaßpunkte überprüft. Zu diesem Zweck wurde ein Block aus einem stark unebenen Gelände der Halbinsel von Sorrento in Kampanien verwendet, der zur Erstellung der Grundkarte 1:5000 der betreffenden Region bestimmt war.

2. Lage und Eigenschaften des Geländes

Block-, Streifen- und Netzgestaltung

Relative Orientierung der Modelle

Die Halbinsel von Sorrento und die benachbarte Gegend von Amalfi strecken sich in das Tirrenische Meer zwischen den Golfen von Neapel und Salerno aus. Das ganze Gebiet ist dreieckförmig und als Dreieck weist es eine Höhe von 40 km und eine zur Höhe senkrechte Seite von 20 km auf. Die eigentliche Halbinsel erstreckt sich über etwa 20 km und wird nie breiter als 8 km. Die gesamte Oberfläche beträgt rund 400 km². Es handelt sich hierbei um eine stark unebene Gegend, die in kurzer Entfernung vom Meeresspiegel zum 1.443 m hohen Monte Sant'Angelo Tre Pizzi steigt (Bild 1).

Die photogrammetrische Überdeckung des Gebietes wurde im November 1974 aus einer Flughöhe von 2.200 bis 2.700 Metern erstellt.

Der Gesamtblock besteht aus 13 Streifen. Einer davon wurde im Juli 1975 wegen der zu starken Schattenausdehnung auf den nördlichen Hängen des Monte Faito zum Teil wiederholt. Die Form des Blocks ist also ziemlich unregelmäßig (Bild 2). Die Lagepaßpunkte wurden durch technische Triangulation und einige Polygonzüge, die Höhenpaßpunkte durch Nivellements entlang der Küstenstraße und durch trigonometrische Bestimmungen im Landesinnern aufgenommen. Die Geländekoordinaten der Paßpunkte wurden mit empirischen Ausgleichungsmethoden bestimmt.

Die Verknüpfungspunkte zwischen benachbarten Streifen wurden so gewählt, daß sie mit leicht erkennbaren Geländekennzeichen übereinstimmen und außerdem sowohl in der Lage als auch in der Höhe eine genügende Meßbarkeit aufweisen (natürliche Verknüpfungspunkte). Die relative, symmetrische Orientierung wurde mit einem Auswertegerät Stereosimplex III der Officine Galileo/Florenz durchgeführt. Da eine automatische Registrieranlage fehlte, wurden die Modellkoordinaten der Paß- und Verknüpfungspunkte direkt abgelesen. Diese Arbeit wurde von der Firma ALISUD aus Neapel durchgeführt, die für die Erstellung der Kartenwerke verantwortlich ist.

3. Ausgleichung und Berechnung

Danach ist man zur Ausgleichung des aus 13 Streifen bestehenden Blocks für insgesamt 166 Modelle nach der Methode der unabhängigen Modelle anhand des von der Stuttgarter Universität gefertigten Programms PAT M 43 übergegangen. Die Aerotriangulation wurde mit einem Rechner UNIVAC 1108 durchgeführt.

Als Anfangs - Modellgruppe (für minimale Bandbreite) wurden die drei Modelle der Spitze der Halbinsel von Sorrento gewählt. Wie gewöhnlich, wurde den photogrammetrischen Beobachtungen ein einheitliches Gewicht und den terrestrischen ein praktisch unendliches Gewicht zugeschrieben, mit Ausnahme der Lagekoordinaten, die das Gewicht 0,25 erhielten.

Die Anzahl der nacheinander durchgeführten Lage- und Höheniterationen wurde auf 8¹⁾ in einer Zeitspanne von etwa 6 Minuten (CPU) festgelegt.

Einige Versuche wurden mit 20 Iterationen in einer Zeitspanne von etwa 12 Minuten CPU durchgeführt. Dadurch wurde bewiesen, daß sich die Koordinaten der photographischen Paßpunkte zwischen der achten und der zwanzigsten Iteration nicht wesentlich modifizierten, auch wenn sich die Restfehler zwischen der zwölften und der sechzehnten Iteration beheben.

Es wurden somit die aus den Geländekoordinaten der Verknüpfungs- und Aufnahme-punkte sowie die aus den Parametern der absoluten Orientierung jedes Modells bestehenden Unbekannten festgelegt. Der in sich 166 Modelle mit 2086 photogrammetrischen Beobachtungen und mit 123 Lagepaßpunkten und 220 Höhenpaßpunkten umfassende Block hat m. q. Fehler der Gewichtseinheit von $\mp 0,383$ m in der Lage und von $\pm 0,471$ m in der Höhe und m. q. Werte der Restfehler (RMS) der Paßpunkte in den Modellen von etwa $\pm 0,40$ m und der Verknüpfungspunkte von etwa $\pm 0,30$ m aufgewiesen. Diese Ergebnisse wurden als akzeptabel zur Erstellung der Karte im Maßstab 1:5000, nach den von der Italienischen Geodätischen Kommission empfohlenen Normen, anerkannt.

Die in dieser Arbeit aufgeführten Untersuchungen wurden mit dem oben erwähnten Block durchgeführt.

4. Versuche zur Reduzierung der Lagepaßpunkte

Zunächst wurden Versuche zur Verringerung der Lagepaßpunkte durch anfängliche Eliminierung der Innenpunkte im Block, danach durch Beibehaltung von Punkten nur am Streifenanfang und an den weiteren Seiten des Blocks bei jedem vierten Modell und zuletzt durch Beibehaltung von Punkten nur am Anfang der äußersten Streifen angestellt. Somit ging die Anzahl der Punkte von 123 auf 74, dann auf 31 und zuletzt auf 10 zurück.

Bei Betrachtung der nach der Ausgleichung ausgearbeiteten Statistiken (Tabelle 1) wird eine leichte Reduzierung des m. q. Fehlers der Lagegewichtseinheit bei zunehmender Reduzierung der Lagepaßpunkte und die Beibehaltung des m. q. Fehlers der Höhengewichtseinheit festgestellt. Es wird auch eine Reduzierung der Lage-RMS der in den darauf folgenden Versuchen eliminierten Paßpunkte vermerkt.

Die weiteren am Ende der Ausgleichung bearbeiteten statistischen Daten bleiben dagegen unverändert.

Nach Kennzeichnung der Vektoren, die die Lageabweichungen der im Modell und auf dem Gelände eliminierten Paßpunkte darstellen, sind diese in den zwei ersten Reduzierungen (Bild 3 u. 4) fast zufällig erschienen, haben eine leichte Zunahme von der ersten zur zweiten aufgewiesen und ein leichtes systematisches Verhalten, Zeichen einer allmählichen Blockverbiegung, in der dritten Reduzierung gezeigt (Bild 5).

¹⁾ Hier werden Lageausgleichung und Höhenausgleichung stets als getrennte Iteration gezählt. Beide zusammen entsprechen jeweils einer Iteration im Sinne einer räumlichen Blockausgleichung.

5. Versuche zur Reduzierung der Höhenpaßpunkte

Auf dem Block mit 31 Lagepaßpunkten (zweite Reduzierung) wurden Versuche zur Reduzierung der Höhenpaßpunkte gemacht. Man hat zunächst die im Block zerstreuten Punkte und dann zahlreiche am Rand sehr dichte Punkte eliminiert, danach wurden Punkte nur am Streifenanfang, an den weiteren Seiten des Blocks bei jedem vierten Modell und an den Überlappungszonen bei nah liegenden Streifen gelassen, wo die Punkte sieben Querketten bildeten. Auf dem Block mit 10 Lagepaßpunkten (dritte Reduzierung) wurde anschließend ein letzter Versuch zur Reduzierung der Höhenpaßpunkte durch Beibehaltung von Punkten nur am Anfang der äußersten Streifen und auf einigen Seiten- bzw. Überlappungszonen zwischen nah liegenden Streifen gemacht. Dadurch ging die Anzahl der Punkte von 220 auf 168, dann auf 97, auf 66 und schließlich auf 30 zurück.

Bei Betrachtung der nach der Ausgleichung ausgearbeiteten Statistiken (Tabelle 2) wird eine leichte Reduzierung der Höhenpaßpunkte und das Verbleiben des m. q. Fehlers der Lagegewichtseinheit festgestellt. Es wird auch eine Reduzierung der Höhen-RMS der Paßpunkte in den Modellen vermerkt, die jedoch nicht einer kontinuierlichen Zunahme der Höhen-RMS der bei den nachfolgend durchgeführten Versuchen eliminierten Paßpunkte entspricht. Diese RMS treten jedoch nach dem ersten Reduzierungsversuch zunächst abnehmend und erst später zunehmend in Erscheinung. Die weiteren nach den Ausgleichungen bearbeiteten Statistiken blieben unverändert.

Nach Kennzeichnung der Vektoren, die die Lageabweichungen der im Modell und im Gelände eliminierten Paßpunkte darstellen, durch Kreise, deren Radius der Abweichung proportional ist, und mit Angabe des Vorzeichens daneben, haben sich diese als schwer interpretierbar und als sehr zahlreich bei der ersten Reduzierung (Bild 6), als vermutlich zufällig in der zweiten und in der dritten Reduzierung (Bild 7 u. 8) und als leicht zunehmend von der ersten zur zweiten erwiesen; haben dann ein leichtes systematisches Verhalten, Zeichen einer allmählichen Blockverbiegung, in der vierten Reduzierung gezeigt (Bild 9).

6. Empirische Filtrierung der photogrammetrischen Beobachtungen und der Geländepaßpunkte

Die Zunahme der Vektoren der Lage- und Höhenabweichungen unter den im Gelände und in den Modellen eliminierten Punkten bei Abnahme der Geländepaßpunkte hätte insgesamt als leichte, jedoch progressive Verbiegung des Streifenblocks interpretiert werden können, wenigstens unter der Voraussetzung einer hohen Genauigkeit bei der Bestimmung der Geländekoordinaten der Paßpunkte sowie ohne größere Fehler in der Messung der Modellkoordinaten der Paß- und Verknüpfungspunkte. Da aber bekanntlich keine rigorose Ausgleichung der Lage- und Höhenetze sowie keine Markierung von künstlichen Bildpunkten zur Bestimmung der Verknüpfungspunkte und keine automatische Erfassung der Modellkoordinaten erfolgt war, wurde die Voraussetzung einer hohen Genauigkeit der Verknüpfungs- und der Paßpunkte nicht angenommen und die erfaßten Abweichungen nicht auf eine leichte, jedoch progressive Verbiegung des Streifenblocks zurückgeführt.

Zur Beseitigung der Punkte, deren Modellkoordinaten evtl. außer Toleranz liegende Fehler aufweisen, wurde beschlossen, 28 Bestimmungen von ausgewerteten Punkten zu entfernen. Es wurden dann 12 Lagepaßpunkte und 18 Höhenpaßpunkte auf dem Gelände eliminiert, deren Restfehler nach der Ausgleichung $\pm 0,5$ m überstiegen (Bild 10). Diese Art von Filtrierung wurde als empirisch bezeichnet, weil sie sich auf keine begründete statistische Folgerung stützt. Nach qualitativer Ansicht kann jedoch die angewandte Methode auf nachfolgende Weise begründet werden: Wenn man den photogrammetrischen Messungen das gleiche Gewicht wie den terrestrischen Messungen zuschreibt, so werden die vollständig ausgeglichenen Koordinaten der Paßpunkte als Mittel der Geländekoordinaten und der ausgeglichenen Koordinaten des im betreffenden Modell befindlichen Punktes berechnet. Die Abweichungen zwischen den Geländekoordinaten und den oben erwähnten Mitteln sind nicht null, sondern umso größer, je größer der eigentliche Fehler der Geländekoordinaten dieser Punkte ist.

Die zur Eliminierung der Punkte zugrunde liegenden Toleranzen können also, nach der oben erwähnten Überlegung, aufgrund des m. q. Fehlers der Reste auf den Geländepaßpunkten gewählt werden. Es werden also die Punkte eliminiert, die einen zweifach höheren Rest als den m. q. Fehler aufweisen.

Beim Vergleichen der am Ende der zwei nacheinander durchgeführten Ausgleichungen erarbeiteten Statistiken (Tabelle 3) wird festgestellt, daß die Restfehler nach den Ausgleichungen in beiden Fällen einen Mittelwert fast gleich null und einen praktisch mit dem quadratischen Wert übereinstimmenden m. q. Fehler aufweisen. Solche m. q. Fehler nehmen man bereits vom ersten zum zweiten Fall ab. Die Ausgleichungen wurden vor und nach der Eliminierung von 12 Lagepaßpunkten sowie von 18 Höhenpaßpunkten auf dem Grund und von 28 bereits erwähnten photogrammetrischen Messungen durchgeführt.

Man kann daraus ersehen, daß die als zweifach zum m. q. Fehler angenommene Toleranz etwa auf $\pm 0,5$ m liegt. Dieses Verfahren muß jedoch nach der ersten Iteration unterbrochen werden. Sonst würde man bereits mit wenigen Iterationen eine zu große Anzahl von Punkten beseitigen und somit die innere Geometrie des Blocks verschlechtern mit nachfolgender Verminderung der Ausgleichungsgüte. Trotz des empirischen Verfahrens ist diese Methode zur Eliminierung der unsicheren Paßpunkte besonders geeignet.

Die einzigen auf dem Gelände eliminierten Paßpunkte waren also die mit höheren Restfehlern als $\pm 0,5$ m. Die Restfehler der Punkte hatten einen Mittelwert, der nicht gleich null war, während der m. q. Fehler ziemlich hoch lag (Tabelle 4). Die maximalen Restfehler betrugen ± 1 m in der Lage und $\pm 1,2$ m in der Höhe.

7. Versuche zur gleichzeitigen Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte

In dem durch Eliminierung der Paßpunkte erhaltenen Block wurden Versuche zur gleichzeitigen Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte durchgeführt. Den terrestrischen Messungen wurde das Gewicht unendlich zugeschrieben. Zunächst wurden die in der Blockfläche liegenden Lage- und Höhenpaßpunkte eliminiert. Die zur Berechnung des Blocks verwendeten Punkte waren also die nachfolgenden:

1. Lagepaßpunkte am Anfang der Streifen und an den weiteren Seiten je 4 Modelle (Randpunkte);
2. Höhenpaßpunkte am Anfang der Streifen, an den anderen Seiten im Abstand von je vier Modellen, und in den Überlappungszonen zwischen benachbarten Streifen in Form von 7 Querketten.

Zuletzt wurden lediglich die Lagepaßpunkte am Anfang der Außenstreifen als auch in wenigen Seiten- und Überlappungszonen verwendet. Somit wurde die gesamte Anzahl der Lagepaßpunkte von 111 auf 66, dann auf 30 und schließlich auf 10 und die Anzahl der Höhenpaßpunkte von 202 auf 153, dann auf 65 und schließlich auf 30 reduziert. Die Versuche zur gleichzeitigen Reduzierung haben zuerst einen Lagepaßpunkt im Abstand von je etwa zweieinhalb Modellen und einen Höhenpaßpunkt fast in jedem Modell gelassen, danach einen Lagepaßpunkt in etwa jedem fünften Modell und einen Höhenpaßpunkt auf etwa zweieinhalb Modelle, schließlich einen Lagepaßpunkt im Abstand von etwa fünfzehn Modellen und einen Höhenpaßpunkt etwa in jedem fünften Modell.

Bei Betrachtung der statistischen Daten (Tabelle 5) wird eine geringfügige Reduzierung des m. q. Fehlers der Gewichtseinheit sowohl in der Lage als auch in der Höhe festgestellt. Man stellt auch eine Verringerung der RMS der Paßpunkte in den Modellen fest, während die RMS der auf dem Gelände bei den Reduzierungsversuchen eliminierten Paßpunkte mit Ausnahme des ersten Höhenreduzierungsversuchs eine Zunahme aufweisen. In der Tat erscheinen diese RMS in der Lage stets zunehmend. Dagegen treten nach dem ersten Reduzierungsversuch diese RMS am Anfang in der Höhe abnehmend und nur später zunehmend auf.

Die graphischen Darstellungen der RMS der verschiedenen Koordinaten im Bildmaßstab sind in der Form denen des Versuchs Oberschwaben ähnlich. Das geschieht bei Zunahme der Anzahl der theoretisch in der Lage bzw. in der Höhe von einem Punkt unterstützten Modelle (Bild 11).

Die weiteren am Ende der Ausgleichen erarbeiteten Statistiken bleiben bei den gleichzeitigen Reduzierungsversuchen von Lage- und Höhenpaßpunkten stationär.

Zum besseren Verständnis des Blockverhaltens bei den Reduzierungsversuchen der Lage- und Höhenpaßpunkte auf dem Gelände wurden aus den nach den Ausgleichen verbliebenen Restfehlern einige Statistiken entwickelt (Tabelle 6). Die m. q. Fehler weisen ein dem m. q. Wert ähnliches Verhalten auf. Die Mittelwerte, die bedeutend von Null abweichen, weisen dagegen einen irregulären Verlauf auf. Die Indices der Asymmetrie- bzw. der Schiefe der Verteilung zeigen sehr variable Werte. Das bedeutet, daß die Modes (häufigste Werte) der Restfehler in den verschiedenen Fällen dem mittleren Wert vor- oder nachlaufen und einen spitzen bzw. platten Verlauf aufweisen. Das alles macht eine detaillierte Interpretation der Restfehler sehr schwierig. Die linearen Korrelationskoeffizienten der verschiedenen Koordinaten sind gleichfalls variabel und jedenfalls dem Nullwert nahe. Es wird jedoch eine Abnahme des absoluten Wertes bei Zunahme der Anzahl der Restfehler, aus welchen die Koeffizienten entstammen, vermerkt.

Bei jedem Versuch zur gleichzeitigen Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte wurden die Histogramme der Restfehler jeder Koordinate der eliminierten Lage- und Höhenpaßpunkte gezeichnet. Für die Abbildung der Histogramme wurde ein 0,2 m Abszissen-Intervall gewählt, da sämtliche Werte im Intervall - 2 m, + 2 m enthalten sind. Der Verlauf der somit gebildeten Histogramme bestätigt die bereits gemachten Bemerkungen über die direkt aus den Restfehlern berechneten Statistiken (Bild 12/13/14).

Nach der bereits erwähnten Kennzeichnung der Vektoren, die die Lageabweichungen der im Modell und im Gelände eliminierten Paßpunkte darstellen, sind diese in den zwei ersten Reduzierungen (Bild 15 u. 16) fast zufällig erschienen, haben eine leichte Zunahme in der Lage von der ersten zur zweiten aufgewiesen und sind in der Höhe konstant geblieben, mit einem leicht systematischen Verhalten in der dritten Reduzierung, Zeichen einer allmählichen Blockverbiegung (Bild 17). Eine evtl. Blockverbiegung in den ersten beiden Reduzierungen war aufgrund der Geringfügigkeit der Abweichungen schwer festzustellen.

Bei den drei Versuchen zur gleichzeitigen Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte hat man die eventuelle Korrelation der Restfehler nach der Ausgleichen der Punkte mit ihrer Höhe untersuchen wollen, da das Gebiet, wie bereits erwähnt, sehr uneben war. Die linearen Korrelationskoeffizienten waren immer positiv und jedenfalls ausreichend klein (Tabelle 7). Bei Abnahme der Paßpunkte blieben die Koeffizienten aufgrund der Korrelation zwischen Lage- und Höhen-Restfehlern fast konstant und aufgrund der Korrelation zwischen Höhenfehlern und Höhe deutlich abnehmend. Die jedenfalls kleinen Werte der linearen Korrelation sowie die ausreichende Änderung der Höhe bei den verschiedenen Paßpunkten schließen das Bestehen einer bezeichnenden positiven bzw. negativen Korrelation zwischen ihren Restfehlern nach der Ausgleichen und der Höhe der Punkte aus.

Aus den drei Versuchen zur gleichzeitigen Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte wurden die Änderungen der Geländekoordinaten der Vergleichspunkte im paßpunktfreien Raum berechnet. Da es sich dabei nur um Verknüpfungspunkte handelte, die sich alle in den mittleren Modellen des Blocks befanden, würden evtl. bei Abnahme der Paßpunkte große Änderungen ihrer aus der Ausgleichen stammenden Geländekoordinaten auf eine systematische Blockverbiegung aufgrund der Reduzierung der Paßpunkte hinweisen. Wegen der besonderen Form des Blocks werden zwei einzelne aus je 9 und 6 Modellen bestehende Gebiete ohne Lage- und Höhenpaßpunkte betrachtet. Nach Berechnung in beiden Gebieten der Mittel und der m. q. Fehler (Tabelle 8) der Differenzen in den Geländekoordinaten der Vergleichspunkte bei den nachfolgenden Reduzierungsversuchen wurde eine Zufälligkeit in den mittleren Änderungen bei kleineren Werten festgestellt: unter 0,5 m auf der Lage und 0,7 m in der Höhe mit bei $\pm 0,3$ m festliegendem m. q. Fehler. Diese Feststellungen gelten auch für die dritte gleichzeitige Reduzierung der Lage- und Höhenpaßpunkte auf dem Gelände, die im Vorzeichen der Vektoren der Lage- und Höhenabweichungen ein leichtes systematisches Verhalten zeigte. Aus den Ergebnissen dieser Überprüfungen gewinnt man die Bestätigung, daß der Block auch in den Gebieten ohne Paßpunkte keine Verbiegung aufweist.

8. Schlußfolgerung

Die sich aus den verschiedenen durchgeführten Versuchen ergebenden Resultate gestatten die Behauptung, daß sich die Reduzierung in der Lage auf Randpunkte bis zu einem Lagepaßpunkt am Anfang und Ende jedes Streifens und je einem Lagepaßpunkt an den beiden anderen Seiten des Blocks im Abstand von je 4 Modellen und in der Höhe auf Querketten im Abstand von 8 Modellen in den seitlichen Überlappungszonen benachbarter Streifen erstrecken kann. Hinzu kommen die mit den Lagepaßpunkten zusammenfallenden Punkte. Eventuelle Unregelmäßigkeiten in der Lage der Paßpunkte durch die Unebenheit des Geländes ändern, bei optimaler Gestaltung der Paßpunkte, die mit schematischen Blöcken erreichbaren Resultate nicht, auch wenn sich die angegebenen Schemata ändern. Das Ausbleiben jeder Korrelation zwischen den Abweichungen, den Gelände- bzw. Modellpaßpunkten und der Höhe der Punkte selbst schließt jedes Bedenken hinsichtlich eines unregelmäßigen Verhaltens der Blöcke bei unebenen Geländen auch mit wenigen Lage- und Höhenpaßpunkten aus. Bezeichnend in diesem Sinne, auch wenn sich die Untersuchung nur auf einen Block beschränkt hat, erscheinen die Ähnlichkeiten zwischen den hier und den beim Versuch Oberschwaben experimentell erhaltenen Diagrammen.

Zusammenfassung

Die Erstellung von Regional-Grundkarten im Maßstab 1:5000 in Italien setzt voraus, daß alle erforderlichen Arbeiten auch in gebirgigem Gelände durchgeführt werden.

Bei solchen Gebieten, wo die Punkte der verschiedenen Netze weiter auseinander liegen als üblich, erlangen sowohl die Aerotriangulation als auch die Blockausgleichung eine wichtige Bedeutung.

In dieser Arbeit wurde das Verhalten der Blockausgleichung für unabhängige Bildpaare nach Ackermann bei Verminderung der nötigen Lage- und Höhenpaßpunkte untersucht.

Zu diesem Zweck wurde ein unregelmäßiger und neulich aufgenommener Block von einem stark unebenen Gebiet der Halbinsel von Sorrento in Kampanien genommen.

In diesem Block, wo die Lage- und Höhenpunkte sehr dicht nebeneinander liegen, wurde eine Reihe von Untersuchungen zur Punktverminderung durchgeführt.

Nach Überprüfung der Abweichungen zwischen ausgeglichenen Punkten und Kontrollpunkten, da man grobe Fehler in der Lage einiger Kontrollpunkte vermutete, wurden solche Punkte empirisch gefiltert, um die Abweichungen bedeutend zu reduzieren.

Gleichzeitig wurden Untersuchungen durchgeführt, um auch die Höhen- und Lagepaßpunkte zu vermindern.

Die daraus entstandenen Ergebnisse haben bewiesen, daß sich die Reduzierung bis zur Eliminierung eines Lagepaßpunktes am Anfang jeder Schleife und eines weiteren Punktes auf den anderen Seiten des Blocks bei jedem vierten Modell erstrecken kann, ohne daß erhebliche Verformungen im Block entstehen. Außerdem wurde ein Höhenpaßpunkt bei jedem achten Modell in den Querüberlappungszonen zwischen anliegenden Streifen beseitigt und dazu die mit den Lagepaßpunkten fast zusammenfallenden Höhenpaßpunkte.

Das Verhalten der m. q. Werte der Abweichungen zwischen ausgeglichenen Punkten und Kontrollpunkten ist dem der beim Oberschwaben-Versuch ermittelten Werte ähnlich. Jede Korrelation zwischen solchen Abweichungen und der Höhe der Punkte ist jedoch ausgeschlossen.

Abstract

The production of 1:5000 scale regional base maps in Italy requires all necessary phases of the work to be performed also in mountainous terrain. In areas of this type, where the points of different networks are more widely spaced than is usual, both aerial triangulation and block adjustment are of great importance.

The behavior of block adjustment for independent photo pairs after Ackermann in response to a reduction of the necessary horizontal and vertical control points was studied in this type of work. A recently taken, irregular block of very rough terrain on the Sorrento peninsula in Campania was used for the purpose. In this block with very closely spaced vertical and horizontal control, various approaches to a reduction of points were investigated.

First, the deviations between adjusted points and control points were checked. Since gross horizontal-position errors of certain control points were suspected, these points were empirically filtered in order to reduce the deviations to the largest possible extent. At the same time, a study of a reduction in horizontal and vertical control was made.

The results have shown that the elimination may go as far as reduction to a horizontal control point at the beginning of every strip and an additional point on the other sides of the block in every fourth model without giving rise to noticeable deformation of the block. In addition, a spot height was used in every eighth model in the overlap area between adjacent strips, in addition to the spot heights more or less coinciding with the horizontal control points.

The behavior of the rms deviations between adjusted points and control points is similar to the one found in the Oberschwaben test. However, there is definitely no correlation between these deviations and the height of the points.

Résumé

En Italie, tous les travaux nécessaires à la confection de cartes de base régionales à l'échelle 1:5000 s'effectuent généralement en terrains montagneux. Pour de tels terrains où les points des différents canevas sont plus distants les uns des autres que dans des conditions habituelles, l'aérottriangulation et la compensation sur blocs de bandes prennent une grande importance.

L'exposé examine les résultats donnés par la compensation sur blocs de bandes avec des couples de photographies indépendants (selon Ackermann), après la réduction du nombre des points de canevas horizontaux et verticaux nécessaires.

A cet effet, on a adopté un bloc de bandes irrégulier, provenant du levé aérien récent d'un territoire fortement accidenté, situé dans la presqu'île de Sorrente, au sud de Naples.

Avec ce bloc où les points de canevas verticaux et horizontaux étaient très proches les uns des autres, on a procédé à une série d'investigations portant sur la réduction du nombre des points.

On a tout d'abord vérifié les erreurs entre les points compensés et les points de contrôle, car on supposait des erreurs de position grossières pour quelques points de contrôle. Ces points furent alors supprimés empiriquement, afin d'amoindrir sensiblement les erreurs. En même temps, on se livra à des études visant la réduction des points de canevas verticaux et horizontaux.

Les résultats ont prouvé qu'un point de canevas horizontal pouvait être éliminé au début de chaque bande et sur le côté opposé respectif du bloc dans chaque quatrième modèle, sans entraîner de fortes déformations à l'intérieur du bloc. On a en outre supprimé un point de canevas dans chaque huitième modèle, à savoir dans la zone de recouvrement latérale entre les bandes adjacentes, ainsi que les points de canevas verticaux qui coïncidaient approximativement avec les points de canevas horizontaux.

Le comportement de l'erreur moyenne quadratique entre les points compensés et les points de contrôle est semblable à celui des valeurs relevées sur le terrain de test de la Haute-Souabe. Aucune corrélation n'existe toutefois entre cette erreur et la hauteur des points.

Resumen

La confección de mapas básicos regionales a la escala de 1:5000 en Italia presupone que se ejecuten todos los trabajos necesarios también en terreno montañoso. En tales zonas, donde los puntos de las distintas redes distan entre sí más de lo corriente, tanto la triangulación aérea como la compensación de bloques adquieren una gran importancia.

En estos trabajos se investigó el comportamiento de la compensación de bloques para pares de fotos independientes según Ackermann a la reducción de los puntos planimétricos y altimétricos necesarios. Para este fin se eligió un bloque de un terreno muy accidentado de la península de Sorrento en Campania, tomado recientemente y de forma irregular. En este bloque, en el cual los puntos altimétricos y los planimétricos se encuentran muy agrupados, se hizo una serie de investigaciones respecto a una reducción de los puntos.

Suponiéndose graves errores planimétricos de algunos puntos de apoyo, después de comprobar las desviaciones entre puntos compensados y puntos de apoyo, se filtraron empíricamente tales puntos para reducir considerablemente tales desviaciones. Al mismo tiempo se hicieron ensayos para disminuir también los puntos altimétricos y planimétricos.

Los resultados mostraron que la reducción puede llegar hasta eliminar un punto planimétrico al comienzo de cada lazo y otro punto en los otros lados del bloque en cada cuarto modelo, sin que se originen deformaciones considerables en el bloque. Además, se eliminó un punto altimétrico en cada octavo modelo en las zonas de recubrimiento transversal entre fajas adyacentes, así como los puntos altimétricos casi coincidentes con los planimétricos.

Las medias geométricas de las desviaciones entre los puntos compensados y de apoyo se comportan de una manera parecida al ensayo Oberschwaben. Sin embargo, se excluye cualquier correlación entre tales desviaciones y la altura de los puntos.

Dr.-Ing. Luigi Mussio,
Istituto di Topografia e Fotogrammetria Politecnico di Milano,
I 20133 Milano, Piazza Leonardo Da Vinci, 32

LEGENDE

P.Hz	Lagepaßpunkte
P.V.	Höhepaßpunkte
P.HV	Lage- u. höhepaßpunkte
MP	Modellpunkte
CP (Mod.)	Kontrollpunkte (in den Modellen)
CP (W=)	Kontrollpunkte (auf dem Grund)
TP (in)	Bandpunkte (in den im Block liegenden Punkten)

$$RMS = m_{2\theta} = \sqrt{\Sigma \theta^2 / n}$$

$$m_{\theta} = \Sigma \theta / n$$

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\Sigma (\theta - m_{\theta})^2 / (n-1)}$$

$$\gamma_{\theta} = \Sigma (\theta - m_{\theta})^3 / \sigma_{\theta}^3$$

$$\beta_{2\theta} = \Sigma (\theta - m_{\theta})^4 / \sigma_{\theta}^4$$

$$r_{\theta\varphi} = \Sigma (\theta - m_{\theta})(\varphi - m_{\varphi}) / n \sigma_{\theta} \sigma_{\varphi}$$

TAB. 1

	0	1a	2a	3a
σ_0 (Hz)	$\pm 0.383 \text{ m}$	$\pm 0.369 \text{ m}$	$\pm 0.350 \text{ m}$	$\pm 0.344 \text{ m}$
σ_0 (V)	$\pm 0.471 \text{ m}$	$\pm 0.470 \text{ m}$	$\pm 0.468 \text{ m}$	$\pm 0.467 \text{ m}$
MP	0	1a	2a	3a
RMS_x	$\pm 0.296 \text{ m}$	$\pm 0.280 \text{ m}$	$\pm 0.259 \text{ m}$	$\pm 0.250 \text{ m}$
RMS_y	$\pm 0.256 \text{ m}$	$\pm 0.237 \text{ m}$	$\pm 0.219 \text{ m}$	$\pm 0.213 \text{ m}$
RMS_z	$\pm 0.333 \text{ m}$	$\pm 0.333 \text{ m}$	$\pm 0.333 \text{ m}$	$\pm 0.333 \text{ m}$
CP (Mod.)	0	1a	2a	3a
RMS_x	$\pm 0.411 \text{ m}$	$\pm 0.361 \text{ m}$	$\pm 0.266 \text{ m}$	$\pm 0.232 \text{ m}$
RMS_y	$\pm 0.376 \text{ m}$	$\pm 0.296 \text{ m}$	$\pm 0.218 \text{ m}$	$\pm 0.192 \text{ m}$
RMS_z	$\pm 0.395 \text{ m}$	$\pm 0.396 \text{ m}$	$\pm 0.396 \text{ m}$	$\pm 0.395 \text{ m}$
CP (W=0)	0	1a	2a	3a
RMS_x		OPHz $\pm 0.462 \text{ m}$	49 P.Hz $\pm 0.600 \text{ m}$	92 P.Hz $\pm 0.747 \text{ m}$ 113 P.Hz
RMS_y		OPHz $\pm 0.519 \text{ m}$	49 P.Hz $\pm 0.531 \text{ m}$	92 P.Hz $\pm 0.699 \text{ m}$ 113 P.Hz
RMS_z		OP.V	OP.V	OP.V OP.V

TAB. 2

	2a	1b	2b	3b	(3a)	4b
σ_0 (Hz)	$\pm 0.350 m$	$\pm 0.351 m$	$\pm 0.350 m$	$\pm 0.351 m$	$\pm 0.344 m$	$\pm 0.344 m$
σ_0 (V)	$\pm 0.468 m$	$\pm 0.460 m$	$\pm 0.451 m$	$\pm 0.447 m$	$\pm 0.467 m$	$\pm 0.440 m$
MP	2a	1b	2b	3b	(3a)	4b
RMS _x	$\pm 0.259 m$	$\pm 0.259 m$	$\pm 0.258 m$	$\pm 0.259 m$	$\pm 0.250 m$	$\pm 0.250 m$
RMS _y	$\pm 0.219 m$	$\pm 0.220 m$	$\pm 0.220 m$	$\pm 0.220 m$	$\pm 0.213 m$	$\pm 0.214 m$
RMS _z	$\pm 0.333 m$	$\pm 0.314 m$	$\pm 0.291 m$	$\pm 0.283 m$	$\pm 0.333 m$	$\pm 0.273 m$
CP (Mod.)	2a	1b	2b	3b	(3a)	4b
RMS _x	$\pm 0.266 m$	$\pm 0.265 m$	$\pm 0.264 m$	$\pm 0.266 m$	$\pm 0.232 m$	$\pm 0.229 m$
RMS _y	$\pm 0.218 m$	$\pm 0.218 m$	$\pm 0.218 m$	$\pm 0.219 m$	$\pm 0.192 m$	$\pm 0.194 m$
RMS _z	$\pm 0.396 m$	$\pm 0.357 m$	$\pm 0.294 m$	$\pm 0.270 m$	$\pm 0.395 m$	$\pm 0.238 m$
CP (W=0)	2a	1b	2b			
RMS _x	$\pm 0.600 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.621 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.614 m$ 92 P.Hz			
RMS _y	$\pm 0.531 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.540 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.544 m$ 92 P.Hz			
RMS _z		0 P.V	$\pm 0.822 m$ 52 P.V	$\pm 0.667 m$ 123 P.V		
	3b	(3a)	4b			
RMS _x	$\pm 0.611 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.747 m$ 113 P.Hz	$\pm 0.735 m$ 113 P.Hz			
RMS _y	$\pm 0.542 m$ 92 P.Hz	$\pm 0.699 m$ 113 P.Hz	$\pm 0.713 m$ 113 P.Hz			
RMS _z	$\pm 0.709 m$ 154 P.V		0 P.V	$\pm 0.724 m$ 190 P.V		

TAB. 3

CP (W=1)	0	1c
RMS _x	$\pm 0.268 m$ 123 P.Hz	$\pm 0.205 m$ 111 P.Hz
RMS _y	$\pm 0.260 m$ 123 P.Hz	$\pm 0.198 m$ 111 P.Hz
RMS _z	$\pm 0.264 m$ 220 P.V	$\pm 0.198 m$ 202 P.V

TAB. 4

$CP(W=1)$	0
$m_x; \sigma_x$	0.400 m ± 0.664 m 12 P.Hz
$m_y; \sigma_y$	0.354 m ± 0.747 m 12 P.Hz
$m_z; \sigma_z$	-0.200 m ± 0.618 m 18 P.V

TAB. 5

	1d	2d	3d	4d
σ_0 (Hz)	± 0.319 m	± 0.312 m	± 0.303 m	± 0.300 m
σ_0 (V)	± 0.408 m	± 0.402 m	± 0.398 m	± 0.397 m
MP	1d	2d	3d	4d
RMS_x	± 0.240 m	± 0.229 m	± 0.217 m	± 0.213 m
RMS_y	± 0.216 m	± 0.205 m	± 0.194 m	± 0.190 m
RMS_z	± 0.276 m	± 0.260 m	± 0.243 m	± 0.239 m
CP (Mod.)	1d	2d	3d	4d
RMS_x	± 0.317 m	± 0.274 m	± 0.215 m	± 0.206 m
RMS_y	± 0.299 m	± 0.253 m	± 0.196 m	± 0.177 m
RMS_z	± 0.313 m	± 0.276 m	± 0.226 m	± 0.217 m
CP (W=0)	1d	2d	3d	4d
RMS_x	0 P.Hz	± 0.488 m 45 P.Hz	± 0.563 m 81 P.Hz	± 0.669 m 101 P.Hz
RMS_y	0 P.Hz	± 0.352 m 45 P.Hz	± 0.481 m 81 P.Hz	± 0.579 m 101 P.Hz
RMS_z	0 P.V	± 0.762 m 49 P.V	± 0.583 m 137 P.V	± 0.639 m 172 P.V

TAB. 6

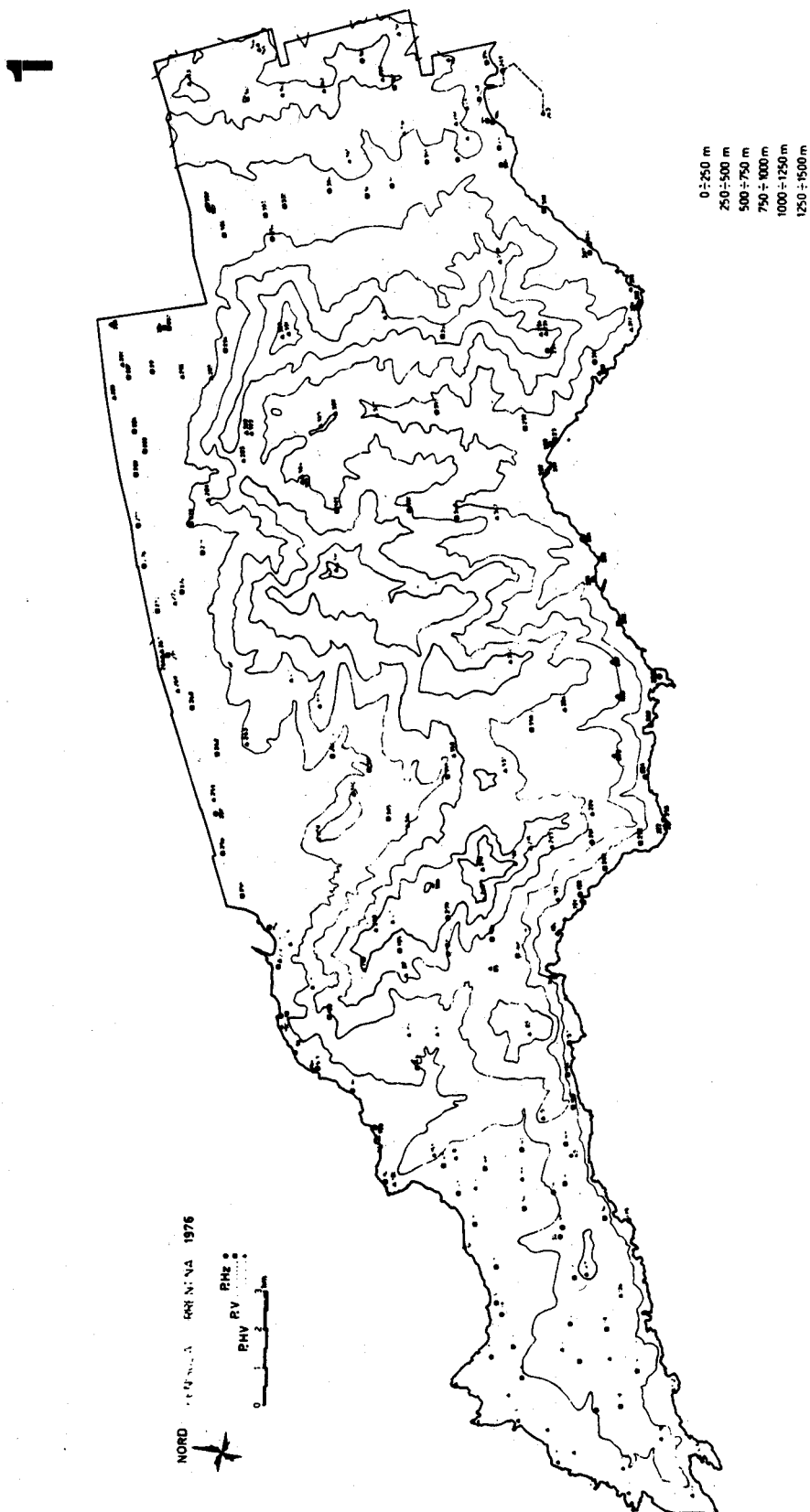
CP(W=0)	2d		3d		4d	
$m_x; \sigma_x$	0.307m	$\pm 0.383m$	0.183m	$\pm 0.536m$	-0.219m	$\pm 0.635m$
$m_y; \sigma_y$	0.032m	$\pm 0.355m$	0.132m	$\pm 0.465m$	0.118m	$\pm 0.571m$
$m_z; \sigma_z$	0.414m	$\pm 0.647m$	0.040m	$\pm 0.583m$	0.102m	$\pm 0.639m$
	2d		3d		4d	
$\gamma_x; \beta_{2x}$	-0.114m	1.990m	0.007m	2.090m	0.187m	2.526m
$\gamma_y; \beta_{2y}$	0.111m	1.947m	-0.326m	2.494m	0.202m	3.093m
$\gamma_z; \beta_{2z}$	0.343m	2.417m	-0.198m	3.837m	0.408m	2.717m
	2d		3d		4d	
r_{xy}	-0.018m	45 P.Hz	0.271m	81 P.Hz	0.089m	101 P.Hz
r_{yz}	0.349m	24 P.HV	0.164m	55 P.HV	0.125m	74 P.HV
r_{zx}	-0.135m	24 P.HV	-0.036m	55 P.HV	0.002m	74 P.HV

TAB. 7

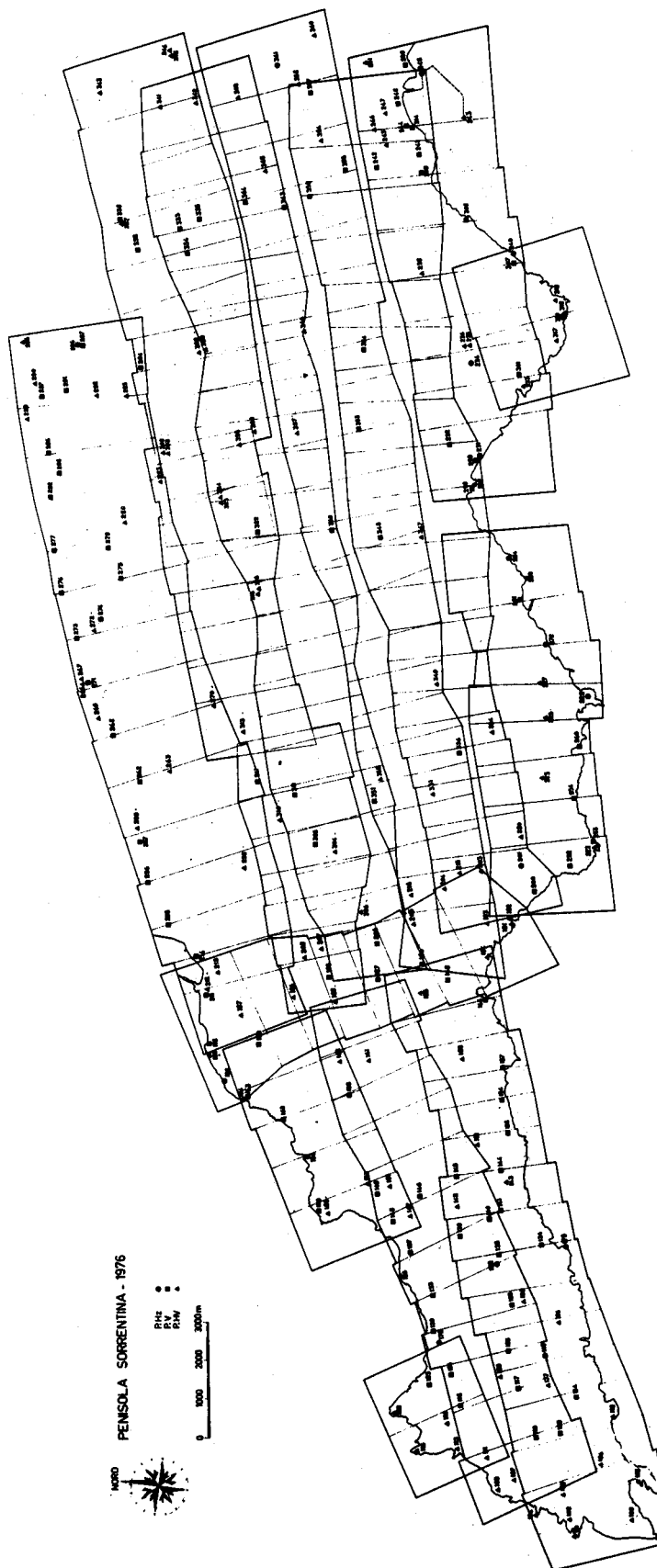
CP(W=0)	2d		3d		4d	
r_{xH}	0.264		0.344		0.163	
r_{yH}	0.142		0.221		0.231	
$(m_H; \sigma_H)$	722.308m	$\pm 363.556m$	533.220m	$\pm 383.899m$	475.277m	$\pm 381.821m$
r_{zH}	0.348		0.123		-0.012	
$(m_H; \sigma_H)$	600.556m	$\pm 394.843m$	352.997m	$\pm 353.155m$	350.899m	$\pm 341.140m$

TAB. 8

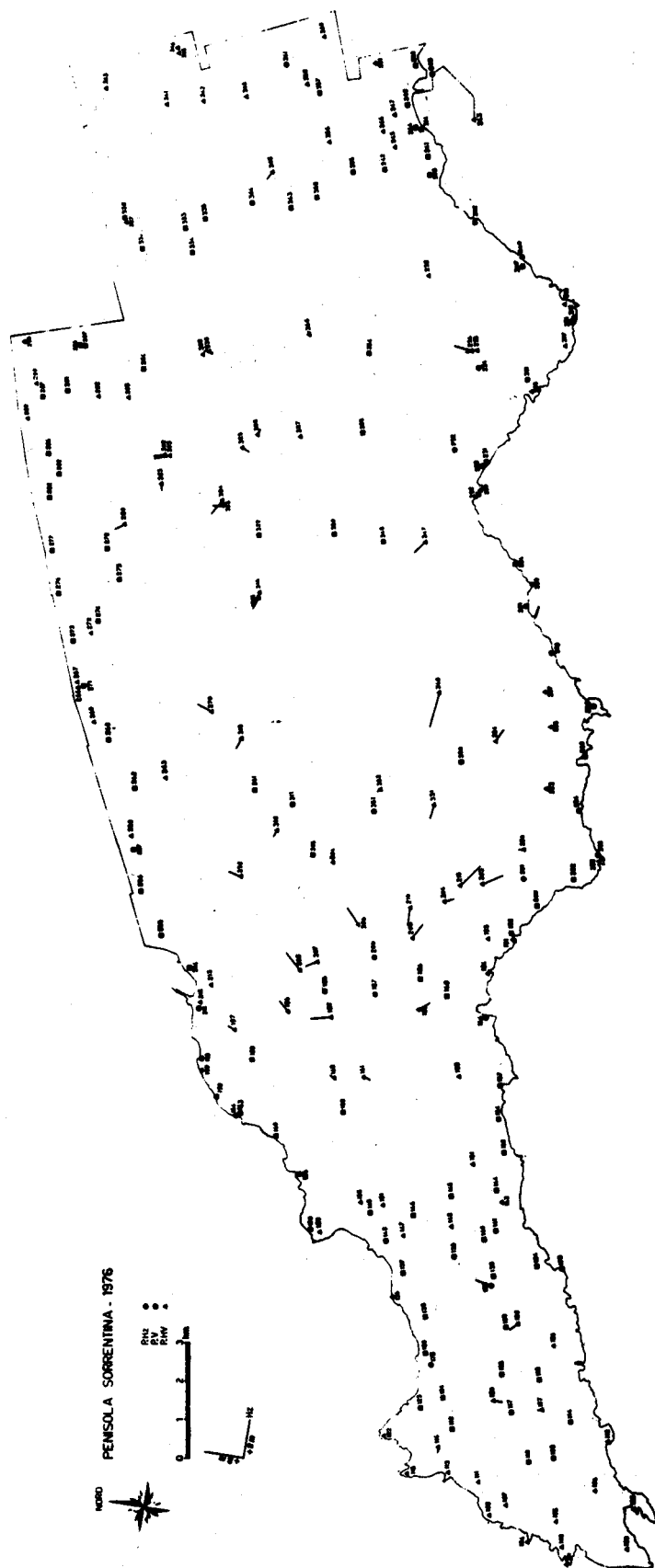
TP(in)	1d-2d		2d-3d		3d-4d	
$m_x; \sigma_x$	-0.437m	$\pm 0.136m$	-0.211m	$\pm 0.096m$	0.072m	$\pm 0.181m$
$m_y; \sigma_y$	0.002m	$\pm 0.189m$	-0.200m	$\pm 0.093m$	-0.093m	$\pm 0.090m$
$m_z; \sigma_z$	-0.136m	$\pm 0.236m$	0.255m	$\pm 0.169m$	0.171m	$\pm 0.114m$
	1d-2d		2d-3d		3d-4d	
$m_x; \sigma_x$	-0.008m	$\pm 0.048m$	0.135m	$\pm 0.052m$	0.121m	$\pm 0.023m$
$m_y; \sigma_y$	-0.148m	$\pm 0.110m$	-0.224m	$\pm 0.055m$	0.036m	$\pm 0.024m$
$m_z; \sigma_z$	-0.655m	$\pm 0.305m$	-0.016m	$\pm 0.120m$	-0.081m	$\pm 0.234m$



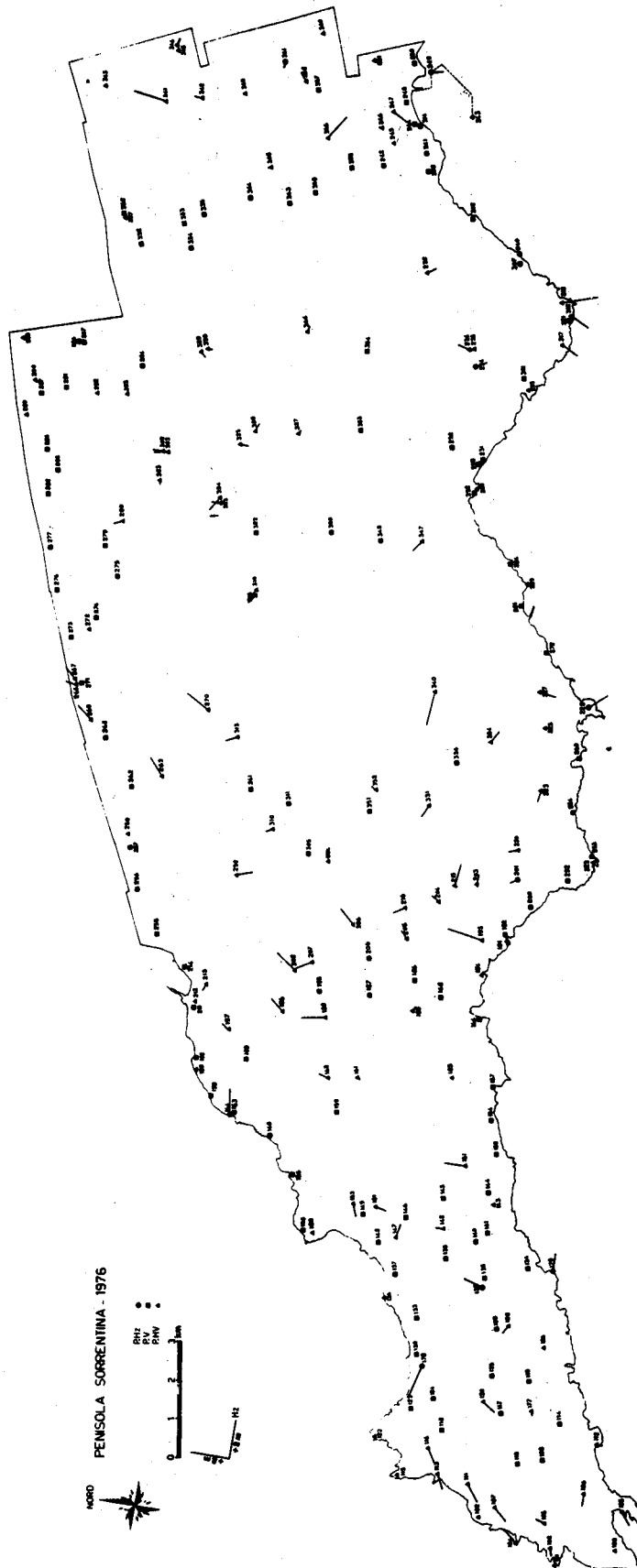
2



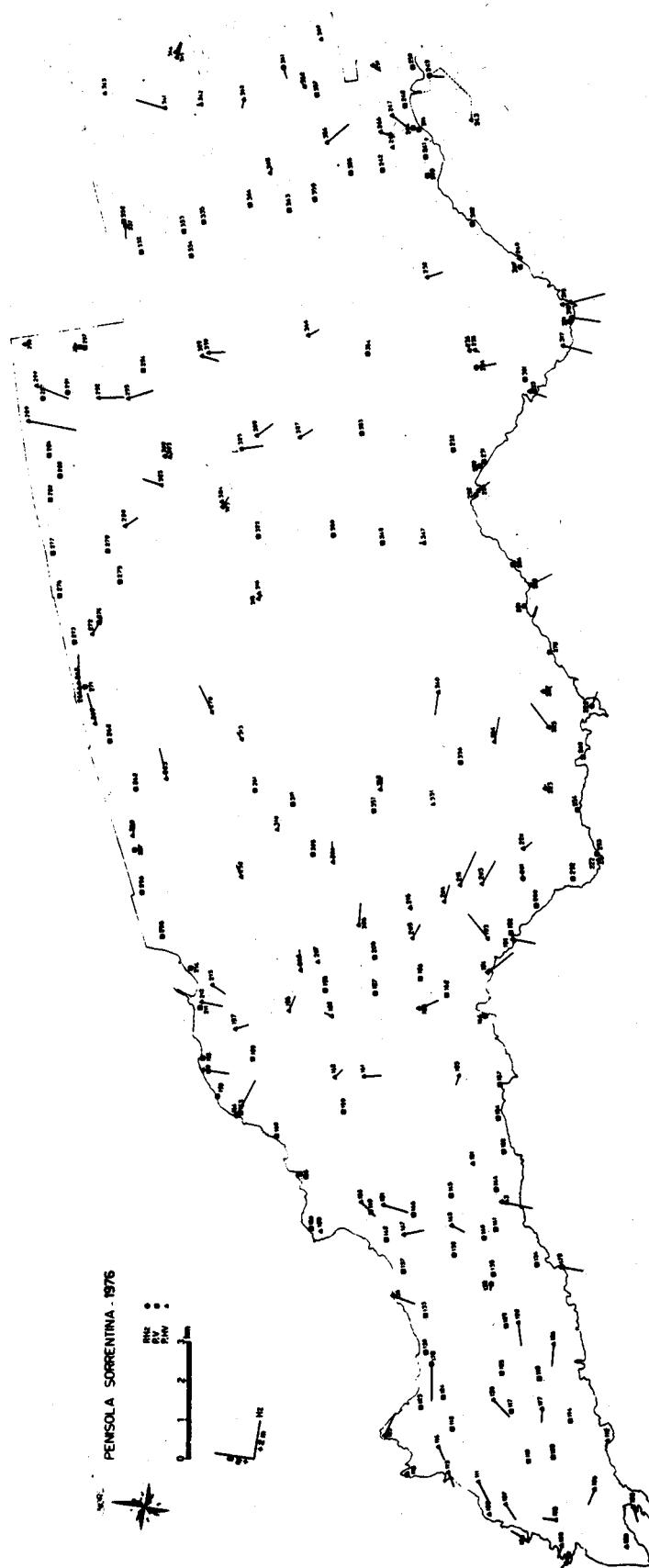
3



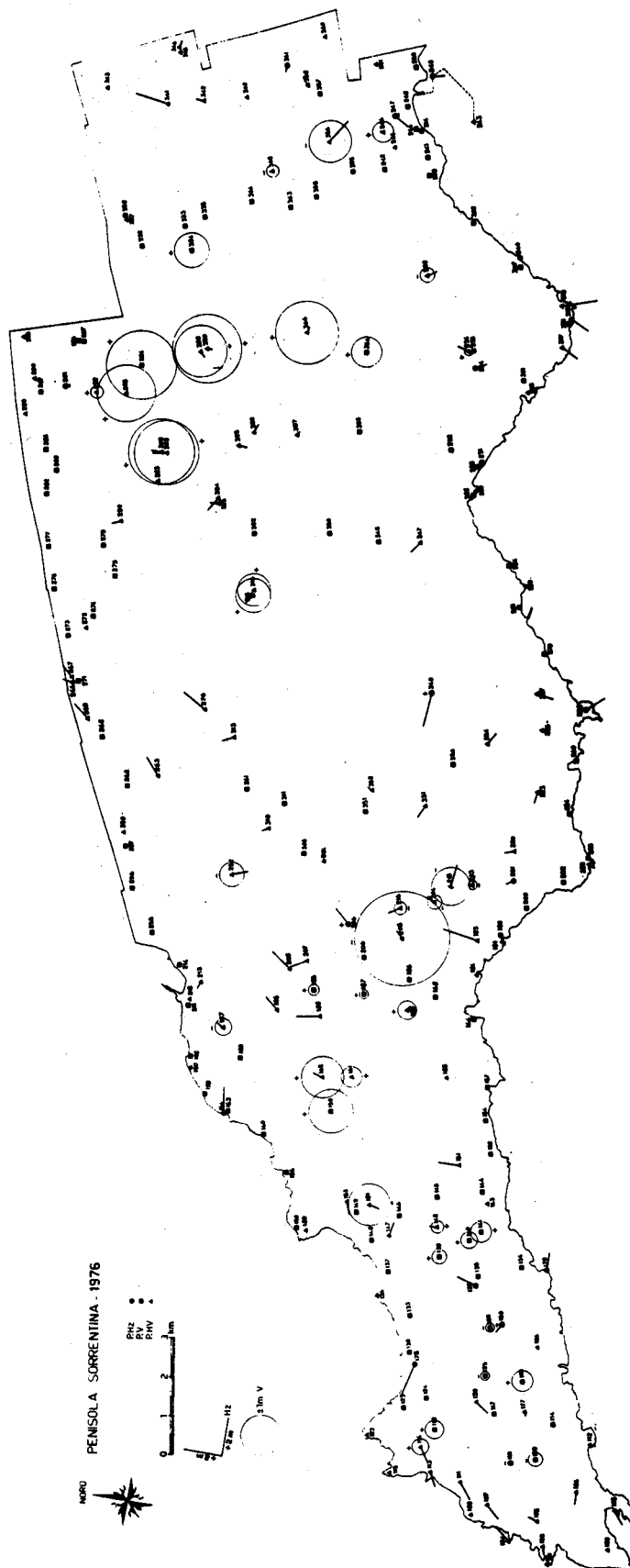
4



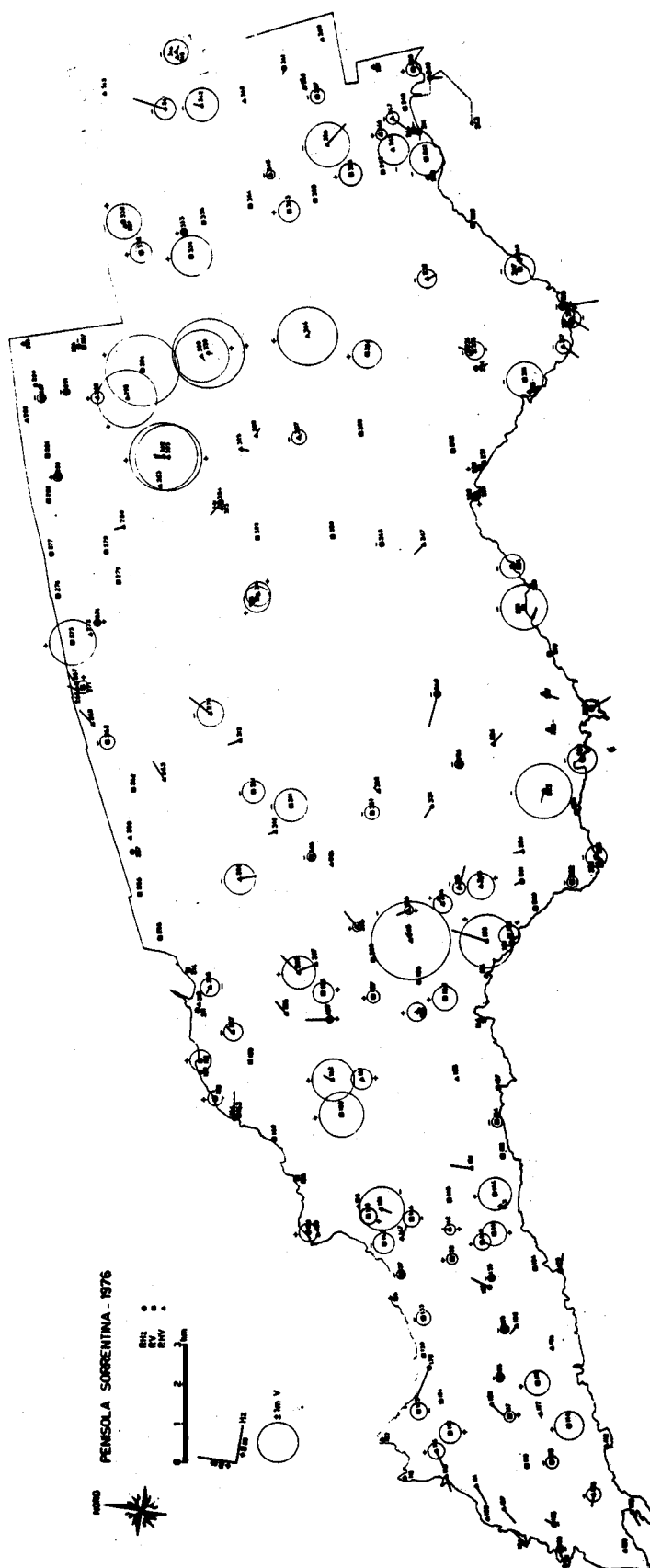
5



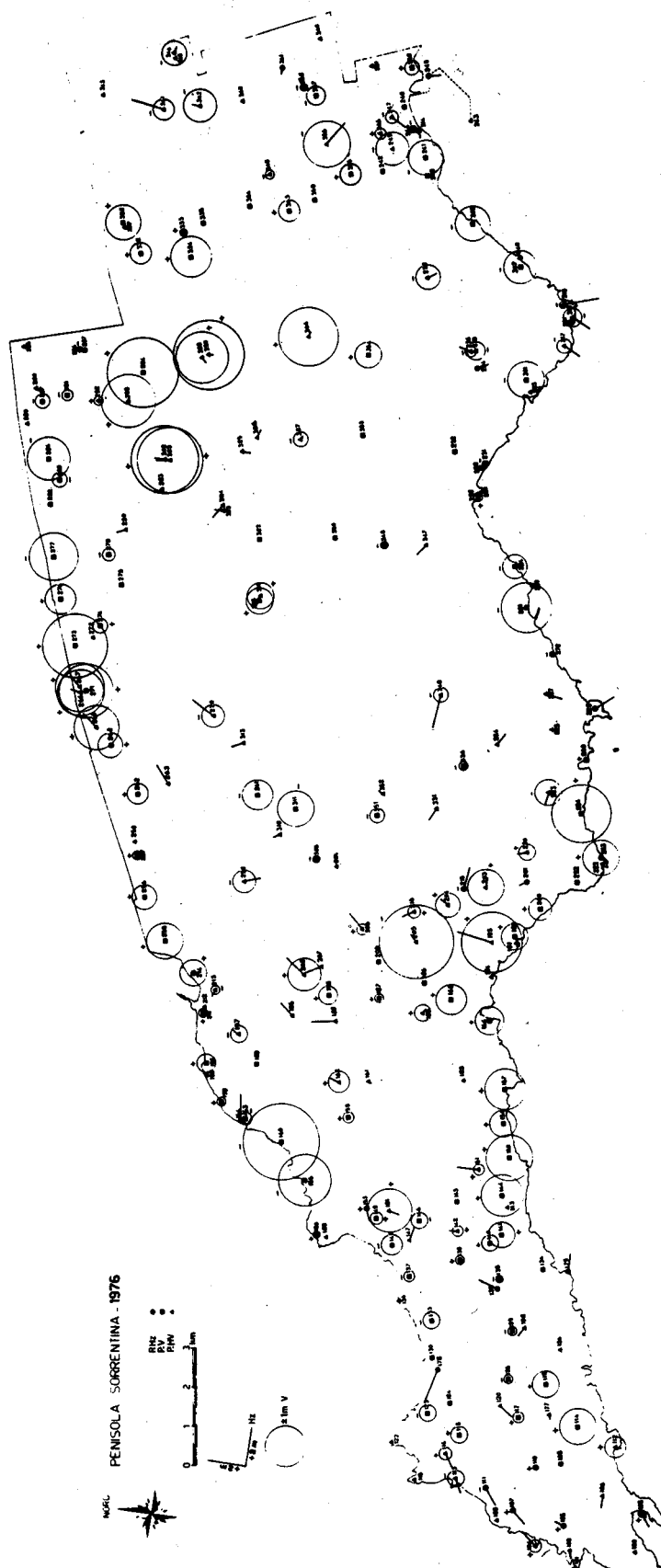
6



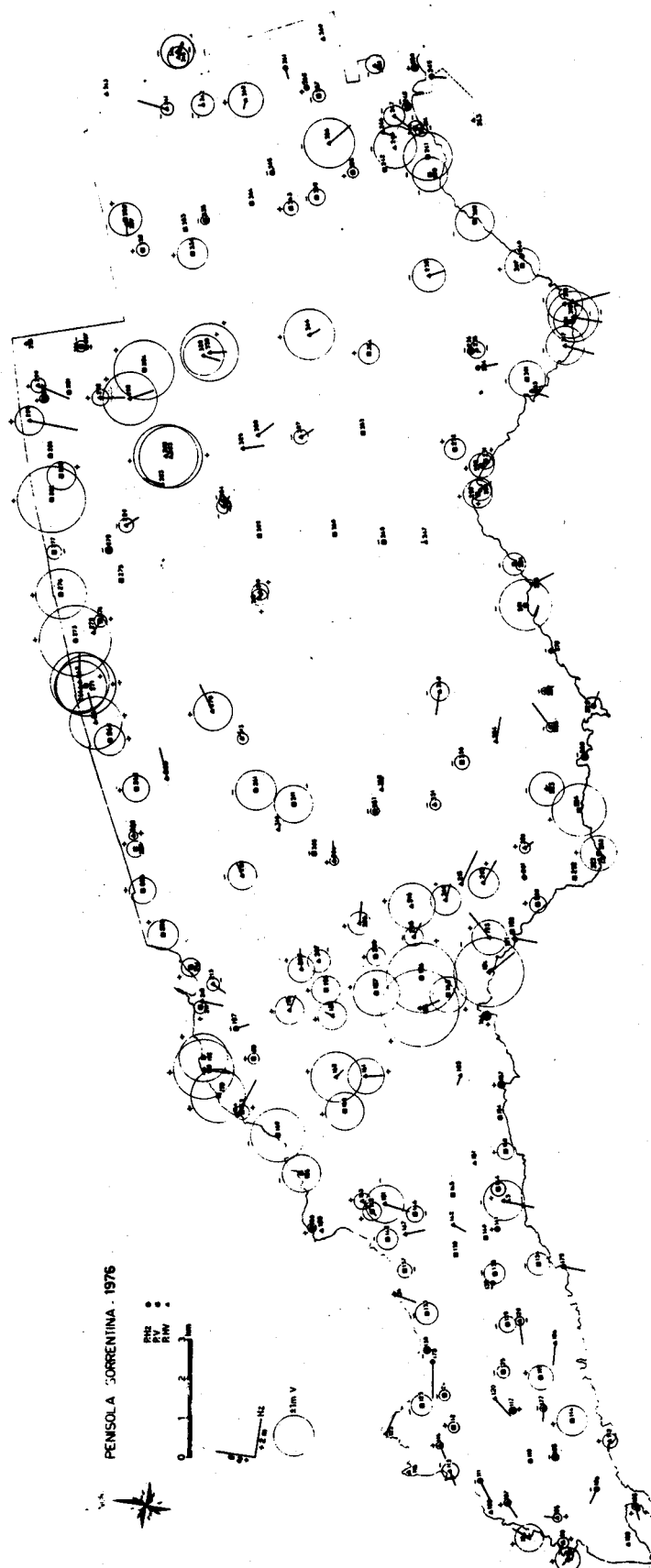
7

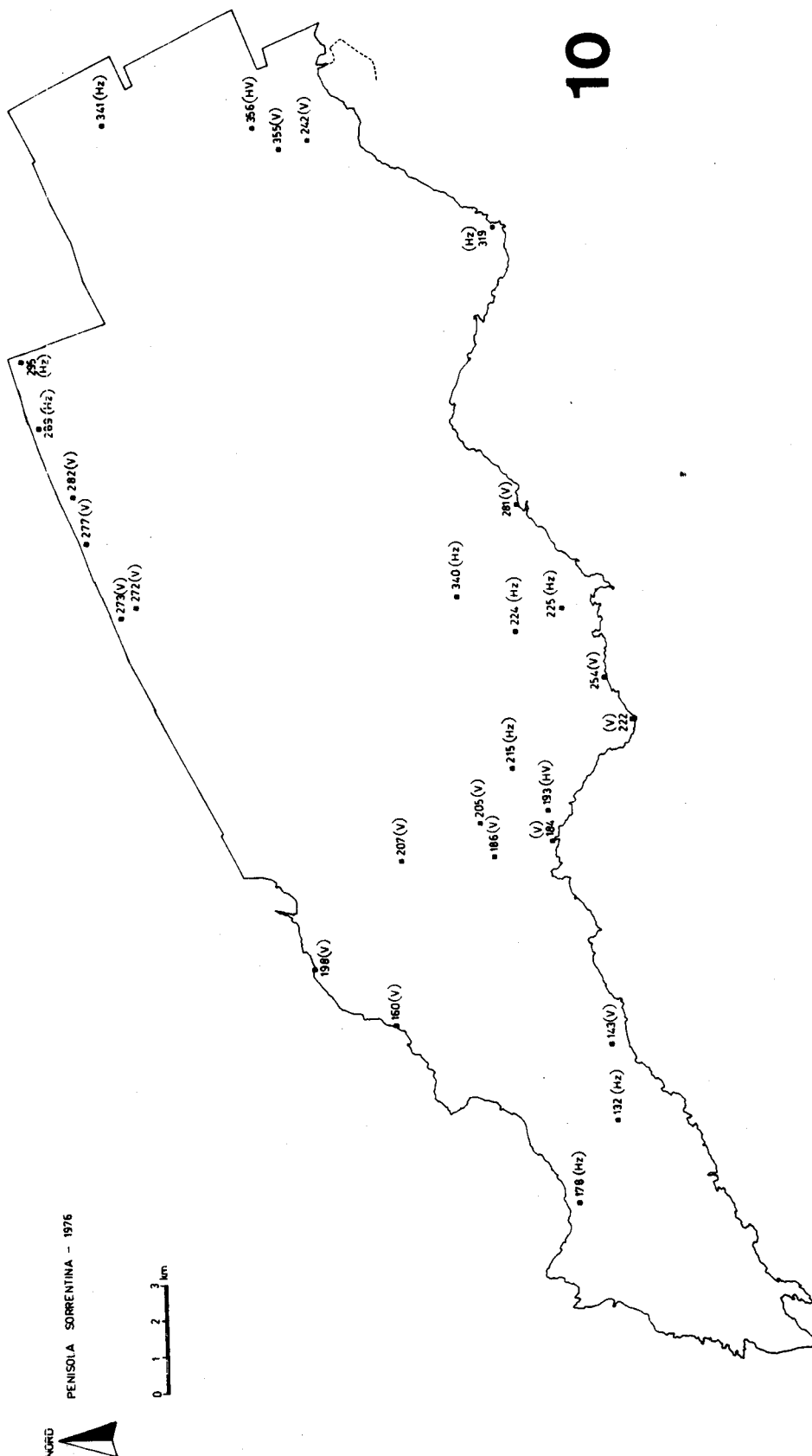


8

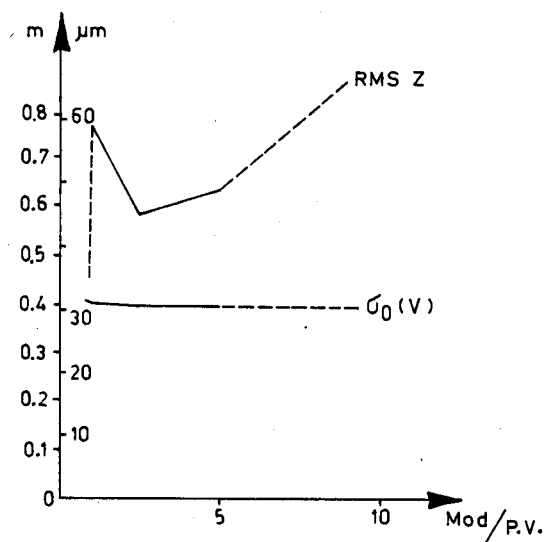
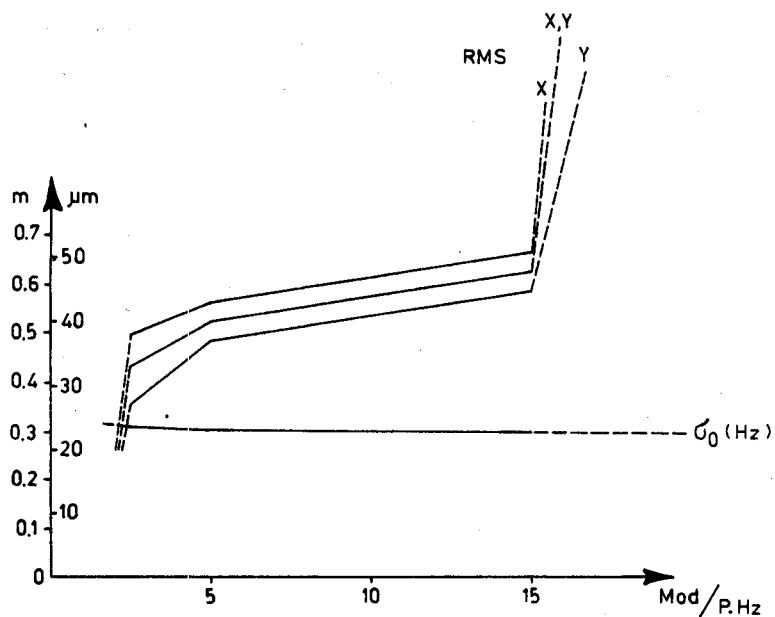


9

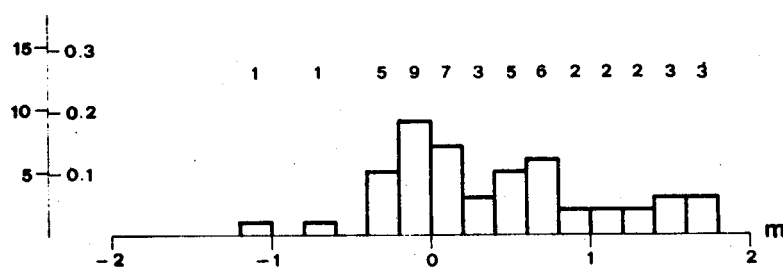
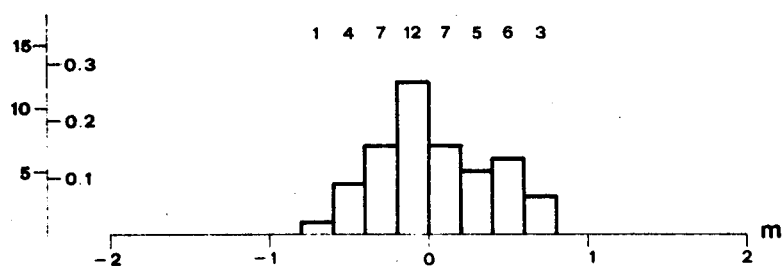
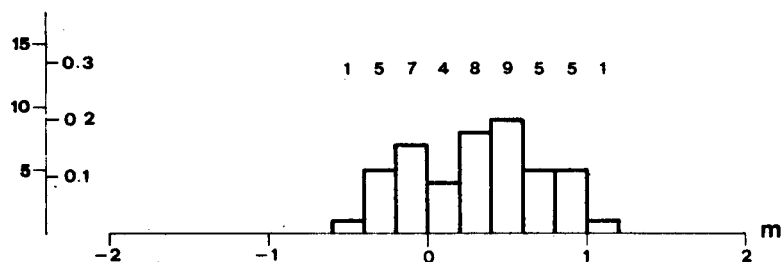




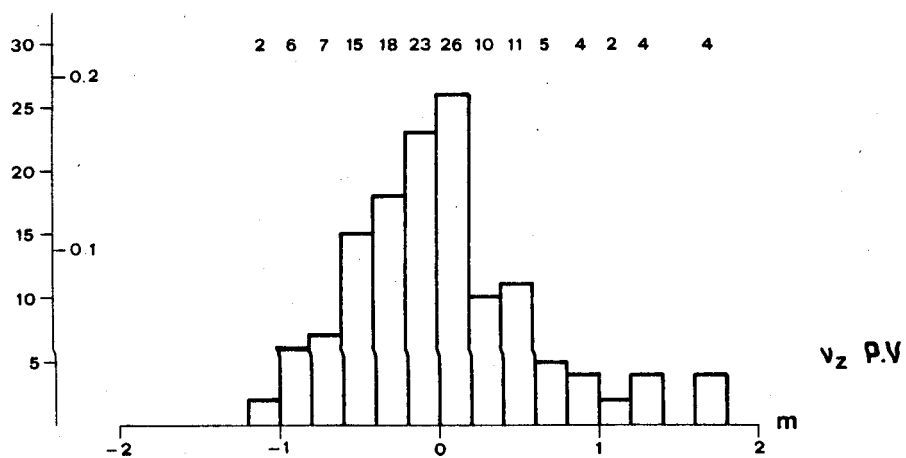
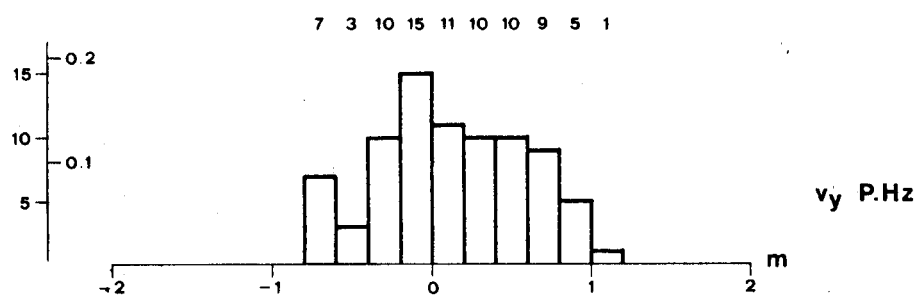
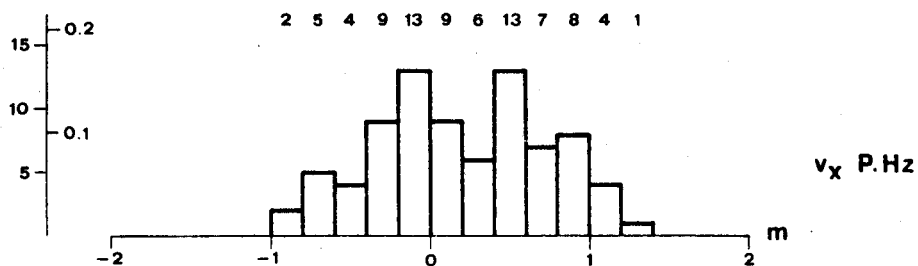
11



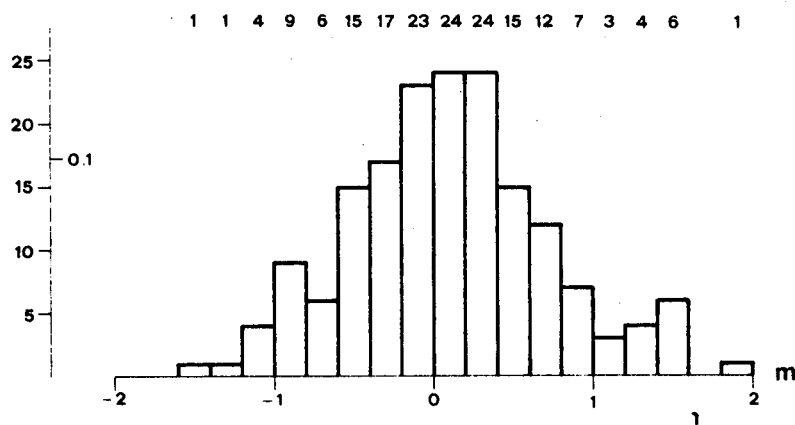
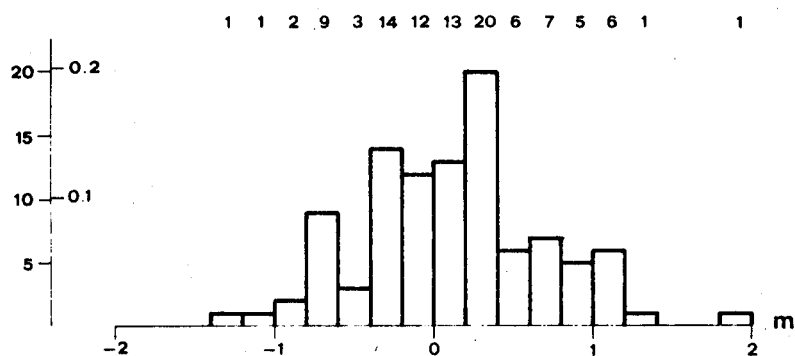
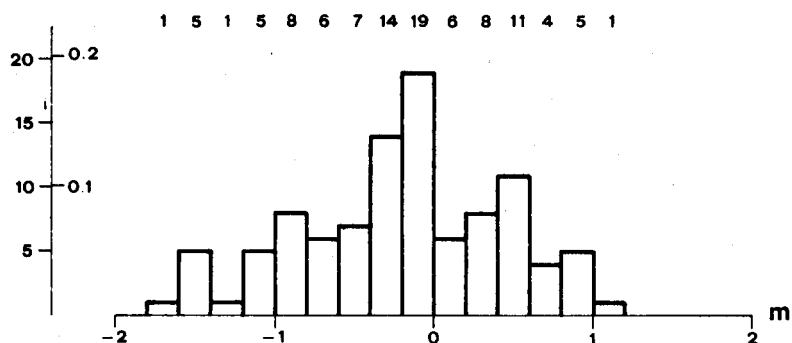
12



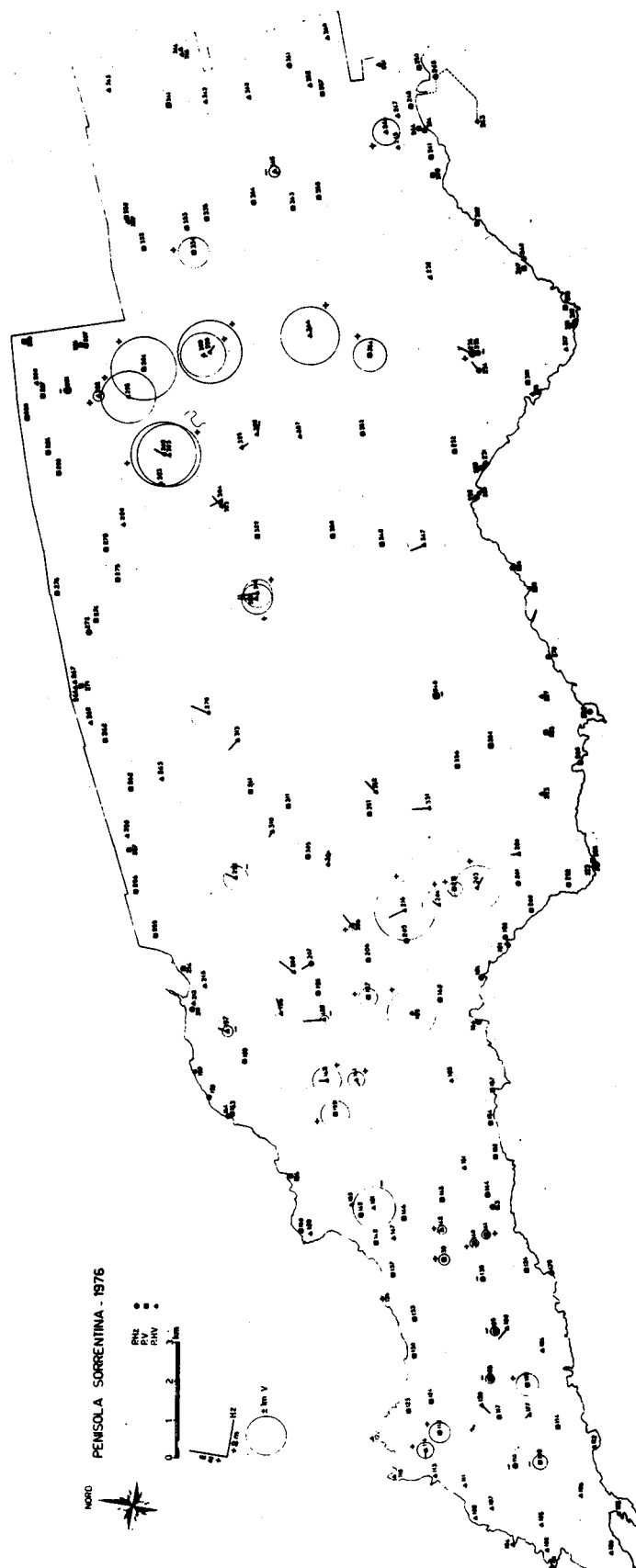
13



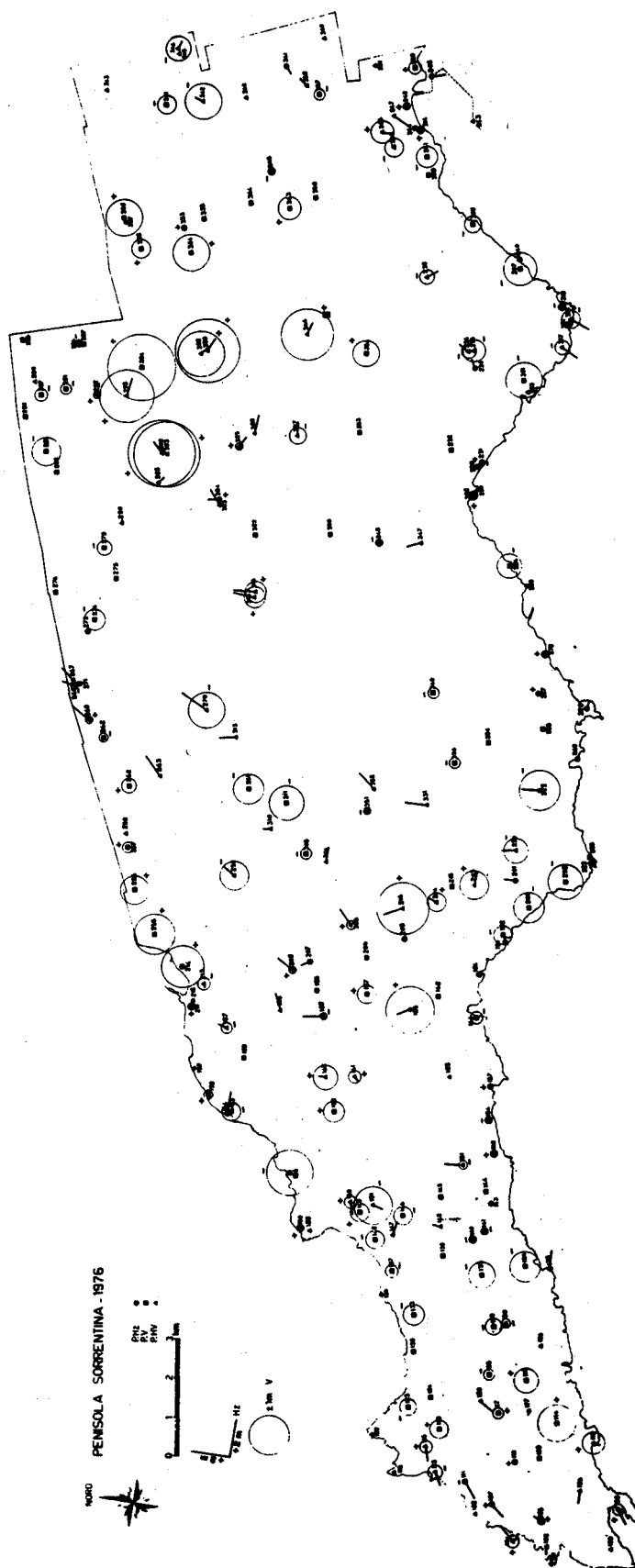
14



15



16



17

