

ANALISI PRELIMINARE DI
FATTIBILITA'
IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO

RAFFINERIA 'API' DI FALCONARA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ANCONA
DIPARTIMENTO DI ENERGETICA - DIPARTIMENTO DI MECCANICA

Ancona, 18.04.1992

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. CENNI SUGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO
 - 2.1 GENERALITA'
 - 2.2 CENTRALI DI PRODUZIONE DEL CALORE
 - 2.3 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE
 - 2.4 SOTTOSTAZIONI DI UTENZA
 - 2.5 MACCHINE AD ASSORBIMENTO
3. PARAMETRI TECNICI RELATIVI AGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO
 - 3.1 GENERALITA'
 - 3.2 PARAMETRI RELATIVI AL SISTEMA DI PRODUZIONE DEL CALORE
 - 3.3 PARAMETRI RELATIVI AL TRASPORTO ED ALLA DISTRIBUZIONE DEL CALORE ALLE UTENZE
 - 3.4 PARAMETRI RELATIVI AL FABBISOGNO ENERGETICO
 - 3.4.1 TERRITORIO
 - 3.4.2 CONDIZIONI CLIMATICHE
4. PARAMETRI ECONOMICI RELATIVI AGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO
 - 4.1 COSTI D'INVESTIMENTO
 - 4.2 COSTI DI GESTIONE
 - 4.3 RICAVI

- 4.4 METODI DI VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA ECONOMICA DEGLI INVESTIMENTI
 - 4.4.1 NPV
 - 4.4.2 IRR
 - 4.4.3 LEGAME TRA NPV E IRR
- 4.5 FONTI DI FINANZIAMENTO
 - 4.5.1 LEGGI 9-10 DEL 9 GENNAIO 1991
- 5. **METODOLOGIA DI ANALISI DELL'UTENZA**
 - 5.1 CRITERI E PROCEDURE GENERALI NELL'INDIVIDUAZIONE DEI BACINI NELLA PROVINCIA DI ANCONA SECONDO ANALISI STATISTICA
 - 5.2 ANALISI DI TIPO DIRETTO
- 6. **ALCUNI FATTORI CHE INFLUENZANO LA SCELTA DEL TELERISCALDAMENTO**
 - 6.1 LEGISLAZIONE
 - 6.2 IL METANO
 - 6.3 COGENERAZIONE DIFFUSA
 - 6.4 IL TELERAFFREDDAMENTO
- 7. **LA CENTRALE "API"**
 - 7.1 ANALISI DELLE RISORSE
 - 7.2 ACQUISIZIONE DEI DATI DI PUBBLICA AMMINISTRAZIONE
 - 7.3 ANALISI DEI FABBISOGNI PRESENTI E FUTURI DELLE AREE E DEI POLI
 - 7.4 CONSIDERAZIONI

8. INDICATORI DI COSTO DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

8.1 TUBAZIONI

8.2 SOTTOCENTRALI D'UTENZA

8.3 MACCHINE AD ASSORBIMENTO

9. LA DETERMINAZIONE DI UN IPOTETICO TRACCIATO DELLA RETE DI TELERISCALDAMENTO

9.1 INTRODUZIONE

9.2 OGGETTO DELLA FORNITURA

9.3 CARATTERISTICHE DELLE TUBAZIONI E DEI PEZZI SPECIALI

9.4 CARATTERISTICHE DELLA RETE

10. ANALISI ECONOMICA

10.1 INVESTIMENTI

10.2 SPESE D'ESERCIZIO

10.2.1 COMBUSTIBILE, LUBRIFICANTI ED ADDITIVI

10.2.2 ENERGIA ELETTRICA

10.2.3 PERSONALE

10.2.4 SPESE GENERALI E DI MANUTENZIONE

10.3 RICAVI

10.3.1 CONTRIBUTI D'ALLACCIAMENTO

10.3.2 VENDITA DEL CALORE

10.4 VERIFICA ECONOMICA

1. INTRODUZIONE

Il presente studio si propone di valutare la possibilità di utilizzo nell'ambito del territorio delle potenzialità offerte dalla raffineria "API" di Falconara Marittima (AN), sulla base delle eventuali richieste di poli d'utenza di interesse pubblico e privato.

Dall'analisi dei fabbisogni, presenti e futuri, dei poli d'utenza e della loro distribuzione sul territorio, si evince che, tra le possibili soluzioni proposte dall'"API" che comportano un utilizzo intelligente del calore disponibile, l'alternativa che prevede la costruzione di una nuova centrale termoelettrica per la produzione di energia elettrica, destinata ai consumi interni di raffineria e all'esportazione delle eccedenze, è l'unica che merita di essere presa in debita considerazione.

Le disponibilità di calore espresse dalla raffineria "API" costituiscono le ipotesi di base dalle quali partire per valutare la fattibilità tecnico ed economica di un impianto di teleriscaldamento da installare in una zona della Provincia di Ancona.

La valutazione degli investimenti relativi agli impianti comporta l'analisi accurata di numerosi fattori di natura diversa: tecnica, gestionale, economica e finanziaria.

Fondamentale nella scelta del tipo di investimento che si vuole effettuare è la determinazione del tempo di ritorno dell'investimento (internazionalmente conosciuto come Pay Back Period, PBP), del tasso di redditività interno (internazionalmente noto come Internal Rate of Return, IRR), del risultato economico attualizzato (internazionalmente

noto come Net Present Value, NPV), calcolati sulla base dell'intera vita prevista dell'impianto.

In campo energetico, e per questioni tariffarie, e a causa delle incentivazioni proposte dallo Stato con la recente legge n. 10/91, l'inserimento di un sistema di recupero o cogenerativo in un tessuto industriale o commerciale che assorbe energia termica ed elettrica può consentire di effettuare un notevole risparmio sulla "bolletta energetica". Le condizioni da verificare che strategicamente rendono appetibile l'investimento in un impianto a recupero sono diverse e di diversa natura:

- il vantaggio si ha quando la domanda di calore è a bassa temperatura;
- la cogenerazione è proponibile solo nel caso in cui le due domande di calore e di elettricità sono contemporanee;
- poiché è oneroso trasportare energia termica e poiché si può immettere energia elettrica solo in particolari punti della rete Enel la domanda di calore ed elettricità deve manifestarsi nel luogo di produzione o in prossimità dello stesso;
- dato che la cogenerazione comporta un investimento supplementare non indifferente le due domande energetiche devono presentarsi per un elevato numero di ore all'anno;
- la compensazione necessaria a conservare una certa flessibilità richiesta dalla domanda, che sarebbe penalizzante per l'impianto a recupero, non deve essere eccessivamente onerosa.

Nel caso particolare di recupero finalizzato all'alimentazione di una rete di teleriscaldamento è necessario tener conto che possono presentarsi problemi di natura diversa quali:

- basso fattore di contemporaneità tra domanda (da parte dell'utenza) e produzione di calore (l'attività produttiva di energia elettrica e di calore nel caso specifico è ipotizzata costante nell'arco delle 24 ore, mentre il riscaldamento civile in media parte dalle 7 della mattina fino alle 22 della sera, con gestione diurna di tipo discontinuo);
- distanza tra l'impianto industriale ed il centro abitato servito dall'impianto di teleriscaldamento;
 - aggressività degli effluenti industriali sui recuperatori.

Da quanto esposto emerge che le difficoltà di un intervento di recupero termico per teleriscaldamento sono legate, oltre che a problemi tecnici anche a problemi gestionali (l'incremento del personale impiegato, lo sviluppo della contrattistica, ecc.) e che la soluzione ottimale va studiata caso per caso considerando le esigenze della rete e le caratteristiche dell'impianto dal quale si recupera il calore.

Nel caso particolare di recupero finalizzato all'alimentazione di una rete di raffrescamento il calore integralmente recuperato, o parte di esso, può essere utilizzato per far funzionare dei cicli frigoriferi ad assorbimento al bromuro di litio, monostadio o bistadio a seconda dei livelli di temperatura del fluido vettore.

Gli impianti di raffrescamento dell'aria prevalentemente presenti in edifici ad uso terziario quali i palazzi uffici, edifici pubblici, richiedono apparecchiature con funzionamento silenzioso e di manutenzione facile ed economica, cosa questa che le macchine ad assorbimento permettono di soddisfare completamente con ottime garanzie di affidabilità.

Da quanto sino ad ora detto si evince che i gruppi di refrigerazione ad assorbimento costituiscono un fattore non trascurabile nell'ambito dell'individuazione delle utenze termiche.

Questo tipo di macchina, utilizzata per la produzione di acqua refrigerata a 5-7 °C, produce frigorifici utilizzando energia termica a bassa e media temperatura anziché energia elettrica, come fanno le tradizionali macchine frigorifere a compressione di vapor saturo. Ciò permette di allargare il campo di utilizzazione del calore di recupero, estendendolo alla produzione di freddo industriale.

Mediamente per la produzione di 1000 frigorifici in un gruppo frigorifero con motore elettrico si ha un consumo di circa 0,33 kWh, per produrre i quali sono di norma necessarie circa 730 kcal (0,85 kWh termici) di energia primaria, mentre in un assorbitore monostadio necessitano circa 1500 kcal (1,75 kWh termici) a media o bassa temperatura.

2 CENNI SUGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO

2.1 GENERALITA'

Il termine "teleriscaldamento" sta ad intendere un sistema che provvede alla produzione ed alla distribuzione a distanza di calore, mediante l'uso di un adatto fluido vettore.

La riduzione dei consumi energetici ottenibile con l'adozione di impianti di teleriscaldamento è dovuta sia ad un maggior valore del rendimento globale dell'impianto (rispetto ad un equivalente parco di impianti autonomi), sia alla possibilità di conseguire una gestione ottimizzata del sistema.

Altro vantaggio è quello di poter alimentare la rete di teleriscaldamento con un combustibile tradizionale al momento più conveniente con la possibilità di sfruttare in altri momenti fonti di calore non tradizionali come l'incenerimento dei rifiuti, le fonti geotermiche, il calore di scarto da una centrale elettrica o da un impianto industriale.

Sono da valutare inoltre i benefici derivanti dal minor grado di inquinamento ambientale dovuto ad un impianto di teleriscaldamento rispetto a quello relativo ad un corrispondente parco di caldaie condominiali per la maggiore efficienza globale ottenibile con generatori di media e grande taglia e per la possibilità d'installazione degli opportuni sistemi di controllo delle condizioni di esercizio, particolarmente al fine di minimizzare le emissioni.

Per contro il teleriscaldamento comporta maggiori investimenti iniziali, per questo la convenienza di un impianto di teleriscaldamento va verificata sotto l'aspetto dell'ottimizzazione e del risparmio energetico.

La scelta del fluido vettore di un sistema di teleriscaldamento scaturisce da una serie di considerazioni progettuali di natura tecnica-economica. I fluidi che attualmente si utilizzano negli impianti di teleriscaldamento sono: vapore, acqua calda o pressurizzata, liquidi diatermici.

Il vapore presenta il vantaggio di una maggiore capacità di trasporto del calore. Il principale svantaggio è quello di avere un elevato volume specifico che comporta dimensioni della rete di trasporto del vapore molto superiori a quelle di un'analoga rete ad acqua sottoraffreddata, con conseguenti maggiori oneri d'investimento. Inoltre il vapore pone il problema dell'eliminazione della condensa formatasi nei punti freddi dell'impianto e limita l'impiego dei materiali coibentanti le tubazioni a causa dell'alta temperatura di mandata. L'uso del vapore è conveniente nel caso di diretto utilizzo dello stesso in processi industriali.

L'acqua calda o sottoraffreddata è considerata il fluido ideale per il teleriscaldamento ambientale, in quanto presenta una buona capacità di trasporto del calore, non crea problemi di regolazione e consente l'accumulo termico diretto del calore di recupero.

I liquidi diatermici, rispetto all'acqua, presentano il vantaggio di essere caratterizzati da basse tensioni di vapore sino ad elevate temperature consentendo quindi ridotti costi d'investimento per la realizzazione della rete di distribuzione a bassa pressione. Nonostante ciò i fluidi diatermici non hanno trovato grande applicazione come fluidi vettori negli impianti di teleriscaldamento a causa della loro tossicità, dell'elevato costo e dei costi energetici legati all'elevata viscosità.

2.2 CENTRALI DI PRODUZIONE DEL CALORE

Una centrale di produzione del calore può essere a produzione semplice o a produzione combinata. Una centrale del primo tipo è equipaggiata con caldaie a vapore o ad acqua calda o pressurizzata che produce direttamente il calore necessario all'utenza. Una centrale del secondo tipo, di cui la centrale cogenerativa rappresenta un tipico esempio, produce contemporaneamente calore ed energia elettrica. L'applicazione di sistemi cogenerativi al teleriscaldamento richiede un'attenta verifica della corrispondenza tra la produzione e la domanda sia dal punto di vista termico che elettrico. Infatti le curve di carico caratteristiche dell'utenza elettrica e dell'utenza riscaldamento sono generalmente sfasate temporalmente. Questo sfasamento comporta la necessità della flessibilità della configurazione impiantistica del sistema, in modo da consentire una rapida commutazione tra la configurazione di massima produzione elettrica e quella di massima produzione termica, (con possibilità di configurazioni intermedie) privilegiando l'una o l'altra in relazione all'andamento della richiesta d'utenza. Le possibilità di attuazione della cogenerazione sono legate, attualmente, all'utilizzo dei seguenti motori primi: turbine a vapore, turbine a gas, motori endotermici alternativi.

La soluzione con turbina a vapore prevede due alternative: l'utilizzo di una turbina a contropressione o di una turbina a spillamento. Nell'impianto a contropressione l'espansione in turbina viene fatta fino alla pressione di 1-3 bar per avere al condensatore calore ad una temperatura utile alla rete. La riduzione del salto entalpico disponibile in turbina comporta una riduzione della potenza elettrica prodotta.

D'altra parte la convertibilità in energia elettrica dell'energia termica sottratta è estremamente bassa.

Nell'impianto a spillamento la turbina espande il vapore sino a pressioni inferiori a quella atmosferica, ma è caratterizzata da prese ove effettuare opportuni spillamenti di vapore che consentono di avere a disposizione acqua calda di alimentazione dell'utenza termica. Tale sistema risulta più flessibile del precedente nella produzione di calore per teleriscaldamento. La convertibilità dell'energia termica sottratta alla produzione di energia elettrica è in questo caso più alta che nel caso precedente.

La soluzione con turbina a gas permette in genere di svincolare il ciclo termodinamico della turbina dal processo di recupero del calore.

La turbina a gas è caratterizzata da:

- una grande flessibilità di funzionamento;
- una sensibile riduzione del rendimento ai carichi parziali;
- elevati costi di gestione dovuti alla necessità di un combustibile più pregiato.

La soluzione con motori alternativi a combustione interna è attuata in centrali di potenza medio-piccola.

Le caratteristiche fondamentali di tali motori sono:

- tempi di risposta molto brevi nel seguire le variazioni del carico;
- elevato rendimento anche ai carichi parziali;
- possibilità di utilizzare diversi combustibili;
- elevati oneri di manutenzione.

2.3 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Il sistema di distribuzione del vettore fluido comprende la rete di distribuzione e la stazione di pompaggio.

La rete di distribuzione, costituita dall'insieme delle tubazioni principali e secondarie che convogliano il fluido dalla centrale di produzione alle sottostazioni di utenza, può essere di tre tipologie differenti: ramificata, ad anello, a maglia. Essa può essere posata in superficie od in sottosuolo. Il tracciato in superficie è preferibile per la sua economicità, ma la sua fattibilità deve essere verificata in base a criteri architettonici ed urbanistici. Nel caso più comune di posa sotterranea, i costi sono influenzati dalle caratteristiche del terreno, dal tipo di sovrastruttura stradale e dalla coesistenza di altri servizi interrati. Perciò è impossibile dare un prezzo standard per metro di tubazione, per dimensione e tipo, se non si conoscono a priori le caratteristiche della zona oltreché dell'utenza potenzialmente allacciabile (si possono fare solo ipotesi estreme).

La protezione di tubazioni interrate è realizzata, ove possibile, mediante la sistemazione dei tubi entro appositi cunicoli, oppure le tubazioni possono essere direttamente interrate, isolate con guaine o già precoibentate. Il tubo preisolato per teleriscaldamento è costituito al centro da un tubo di acciaio di alta qualità dove il mezzo fluido, conduttore di calore, circola. La coibentazione di questo tubo di acciaio è fatta con schiuma poliuretanica che combina qualità coibenti con qualità meccaniche particolarmente stabili. All'esterno del poliuretano c'è una guaina costituita normalmente da polietilene ad alta densità. La guaina non ha solo funzione di protezione della coibentazione ma forma

anche un complesso impermeabile. La coibentazione con poliuretano si basa su una reazione chimica tra il poliol e l'isocianato, e può resistere fino ad una temperatura di 120-125 °C. Il poliuretano è composto per più dell'88% di cellule chiuse riempite di gas inattivo ad alto peso molecolare e bassa conduttività termica. La densità è maggiore di 80 kg/m³ con una densità minima al centro dello strato di 60 kg/m³. In tubi nuovi il valore massimo di conducibilità termica è di 0,027 W/m K. La dilatazione termica delle tubazioni ammonta a 1,2 mm/m ogni 100 °C di variazione di temperatura. La dilatazione termica a cui sono sottoposte tali tubazioni impone che per contenere gli effetti meccanici conseguenti alle dilatazioni vengano utilizzati dei compensatori o vengano pretensionate le tubazioni, oppure vengano eseguiti degli opportuni punti fissi. Nonostante la cura posta nel montaggio e nella gestione delle tubazioni di teleriscaldamento, in passato si sono avuti dei problemi di infiltrazione di acqua, causati presumibilmente da ragioni meccaniche. In conseguenza di ciò le infiltrazioni di umidità hanno portato allo sviluppo di differenti sistemi di controllo e di protezione. Nella coibentazione vengono montati dei fili elettrici in modo che un'eventuale infiltrazione d'umidità provoca un cambiamento del campo elettrico che permette in modo semplice di localizzare la zona di avaria. I fili elettrici vengono uniti ad ogni giunzione dei tubi e formano a montaggio terminato un circuito elettrico. Sistemi di controllo di questo tipo funzionano secondo metodi differenti, ma sono tutti diversi dal metodo termico, dove il posto d'avaria viene cercato con raggi infrarossi che osservano passivamente le differenze di temperatura ed in questo modo indicano punti con alta perdita di calore. Quale metodo scegliere dipende da più fattori, tra cui l'importanza del tratto

per il funzionamento dell'intera rete di teleriscaldamento, la velocità con cui si desidera l'avviso dell'avaria, il tipo d'installazione (in superficie, interrata, in cunicolo).

Gli anni passati hanno anche mostrato che la temperatura e la costituzione dell'acqua hanno influenza significativa sulla durata e sulla sicurezza. C'è una differenza notevole tra gli impianti con temperature d'esercizio superiori ai 100 °C, e quelli che funzionano ad una temperatura più bassa. Le ragioni perché impianti a bassa temperatura abbiano maggior durata sono tante. Se si verifica un'avaria con infiltrazione di acqua nel tubo interno si genererà più velocemente uno strato di ruggine ad alta temperatura che a bassa temperatura. Cosa analoga accade se si verifica alterazione della coibentazione poliuretanica. Perciò l'estensione dell'area da riparare dopo un'avaria esterna è spesso maggiore per sistemi ad alta temperatura che non per sistemi a bassa temperatura, per i quali si riducono le perdite delle tubazioni in modo significativo. Per le tubazioni di trasporto e le tubazioni principali nelle dimensioni da 400-1200 mm di diametro è meno vantaggioso abbassare la temperatura, poiché il volume d'acqua è grande in relazione alla superficie, e perciò le relative perdite di calore sono minori. La temperatura dell'acqua vettore potrà variare dai 100 ai 130 °C.

La rete di distribuzione è alimentata tramite una stazione di pompaggio costituita da un sistema di pompaggio, filtri, vaso di espansione, serbatoio di riserva dell'acqua, organi di regolazione e di sicurezza ed impianto di trattamento acqua. Qualora la rete di riscaldamento abbia una configurazione che presenti notevoli dislivelli di quote o forti

distanze può risultare conveniente inserire delle stazioni di pompaggio intermedie.

2.4 SOTTOSTAZIONI DI UTENZA

Per il collegamento della rete principale di distribuzione alle utenze vengono utilizzati due sistemi: il sistema diretto ed il sistema indiretto.

La caratteristica principale del sistema indiretto è quella di interporre uno scambiatore di calore tra la rete e le utenze. Il vantaggio di disgiungere i due circuiti permette di gestire il sistema in qualsiasi condizione, di non dover controllare le perdite sul circuito secondario e di risentire solo indirettamente di malfunzionamenti del circuito secondario.

Un ulteriore vantaggio del sistema indiretto è nella semplicità di contabilizzare il calore.

Particolare attenzione va invece posta nella limitazione massima del fluido vettore per questioni di sicurezza del circuito, ponendo inoltre cura nell'adottare un circuito secondario chiuso per evitare un eccessivo sporcamento dello scambiatore.

Il sistema diretto utilizzato soprattutto in paesi dell'Europa Orientale, è realizzato inviando il fluido vettore direttamente nei circuiti di riscaldamento dell'utenza. Tale sistema estremamente economico sul piano gestionale consente di mantenere il livello di temperatura della rete di mandata di 10-30 °C più basso rispetto al sistema indiretto con diminuzione dei consumi di centrale. Il sistema diretto comporta però un notevole aumento dei costi di investimento a causa dei maggiori diametri da posare con aumento degli oneri d'investimento ed

impossibilità di collegarsi a reti interne preesistenti progettate a pressioni di esercizio più basse della pressione di esercizio della rete di distribuzione principale.

2.5 MACCHINE AD ASSORBIMENTO

L'integrazione raffrescamento-cogenerazione è assai razionale e può risultare energeticamente conveniente: l'energia termica, spesso inutilizzata nel periodo estivo, può alimentare macchine frigorifere ad assorbimento, essere utilizzata per una produzione elettrica aggiuntiva oppure può essere impiegata in alternativa al trascinamento meccanico-elettrico dei compressori di impianti frigoriferi tradizionali.

L'impiego delle macchine ad assorbimento negli impianti di raffrescamento risale agli inizi del 1960, la loro diffusione è stata però modesta. I motivi di ciò sono stati fondamentalmente di carattere economico per gli elevati costi energetici, aldilà degli inconvenienti tecnici (cristallizzazione e scarsa tenuta al vuoto) manifestatesi nelle prime applicazioni.

Le implicazioni dell'impiego della macchina ad assorbimento riguardanti il progettista dell'impianto consistono:

- nella necessità di disporre di norma di un fluido a temperatura minima intorno ai 115-120 °C (acqua calda pressurizzata);
- nella necessità dell'impiego del raffreddamento ad acqua (in genere mediante torri evaporative) e con maggior consumo di acqua rispetto ai frigoriferi a compressione;
- nei valori un pò più alti della temperatura cui può essere economicamente disponibile l'acqua refrigerata, rispetto alle macchine a compressione.

La temperatura relativamente elevata del fluido di alimentazione del generatore è dettata da questioni legate alla resa della macchina che dipende da tale parametro. Riducendo infatti la temperatura da 120 a 90 °C la resa frigorifera passa da 1 a 0,4 circa.

Dover superare la temperatura di 100 °C nel generatore di calore, comporta significativi problemi progettuali e di costo dovendo ricorrere ad acqua calda pressurizzata o vapore.

La necessità dell'impiego della condensazione ad acqua può costituire un problema non indifferente: attualmente, infatti, nel campo dell'edilizia in genere, la possibilità di avere a disposizione i quantitativi di acqua necessari (circa 7-8 l/h kW installato, a meno che non si usi una torre a circuito chiuso) si fa sempre più difficile. Ciò vale daltronde anche per le macchine frigorifere a compressione per le quali è sempre più frequente il ricorso alla condensazione ad aria, malgrado la penalizzazione energetica che essa comporta, oltretutto in un periodo di alti costi dell'energia.

Va tuttavia osservato che l'impiego della condensazione ad acqua è, in pratica, obbligatorio, anche per le macchine a compressione quando si superano potenze frigorifere di macchina dell'ordine di 800-1000 kW, che rappresenta il limite superiore di quanto di norma disponibile attualmente nel campo della condensazione ad aria.

Resta comunque il fatto che il quantitativo di acqua occorrente per gli assorbitori è circa 2,1 volte quello necessario con le macchine a compressione, di uguale potenza frigorifera.

3. PARAMETRI TECNICI RELATIVI AGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO

3.1 GENERALITA'

Al fine di valutare le dimensioni della rete di teleriscaldamento occorre dapprima stabilire quali utenti allacciare alla rete stessa. Nota l'utenza, le caratteristiche climatiche del luogo, quelle organizzative, abitative, si può valutare in quali condizioni sia tecnicamente fattibile l'impianto di teleriscaldamento ed eventualmente l'alimentazione termica del sistema di raffrescamento con macchine ad assorbimento.

E' evidente che sebbene la valutazione ultima sia fatta essenzialmente su base economica i parametri che per primi devono essere analizzati sono quelli tecnici, tra i quali non bisogna dimenticare di inserire quelli inerenti l'impatto ambientale ed urbanistico che comportano degli oneri non trascurabili rispetto ai costi d'investimento e conduzione dell'impianto.

In definitiva i parametri prioritari che interessano tale studio sono relativi:

- al sistema di produzione del calore;
- all'impianto di trasporto e distribuzione del calore alle utenze;
- al fabbisogno energetico dell'utenza.

3.2 PARAMETRI RELATIVI AL SISTEMA DI PRODUZIONE DEL CALORE

Le variabili relative al sistema di produzione del calore sono:

- tipo di combustibile;
- potenza termica ed elettrica;

- quota termica da coprire;
- efficienza;
- eventuale perdita di potenza elettrica.

Per il primo punto ci si deve orientare preferibilmente verso un sistema policombustibile, non perdendo però di vista i problemi d'inquinamento connessi all'utilizzo di alcuni di essi, considerando che la centrale di produzione è ubicata di norma nelle vicinanze del centro abitato.

Il gas naturale grazie ai suoi vantaggi in termini di disponibilità immediata e continua al punto di utilizzo, facilità di combustione, assenza dei composti solforati nei prodotti della combustione, minor contributo all'effetto serra, assenza di serbatoi di stoccaggio, ridotta manutenzione e maggiore durata degli impianti, restando peraltro più accentuato che per gli altri combustibili il problema della formazione degli NO_x , è il combustibile ideale per applicazioni di cogenerazione. La disponibilità sempre maggiore di questa fonte energetica risulta un fattore che agevola fortemente la scelta cogenerativa. Ove sia possibile l'alternativa tra gas naturale e olio combustibile bisogna essere consapevoli comunque che provvedimenti di risparmio connessi con le trasformazioni possono rendere più conveniente l'uso del gas naturale.

Il sistema cogenerativo si presta particolarmente all'impiego di quelle situazioni che obbligano alla produzione esuberante di energia all'interno di sistemi industriali che dispongono di grandi quantitativi di sottoprodotti e/o scarti combustibili rispettivamente di difficile collocazione sul mercato e di problematico smaltimento e/o scarti e rifiuti combustibili. E' il caso delle raffinerie e del problema legato alla

produzione di combustibili, ormai con mercato in contrazione, ed ai residui pesanti. In questo caso la soluzione preferibile non è quella della combustione diretta ma piuttosto quella della gassificazione di tali prodotti e della combustione del combustibile gassoso ottenuto.

La determinazione della potenza termica ed elettrica consente un'iniziale classificazione dei sistemi cogenerativi sulla base del valore dell'indice elettrico, inteso come rapporto tra l'energia elettrica prodotta e l'energia totale prodotta. Esso non ci fornisce alcuna indicazione sul valore termodinamico del calore recuperabile e sulla sua provenienza, per cui le considerazioni che se ne possono trarre devono essere integrate con altre più specifiche informazioni legate al processo. Dato che inoltre l'efficienza dei gruppi cogenerativi diminuisce al variare del carico effettivo rispetto a quello di progetto si ha la tendenza ad utilizzare il sistema cogenerativo con indice elettrico fisso pari a quello di progetto coprendo così la base del diagramma di carico, lasciando alle caldaie di integrazione il compito di coprire le richieste di punta.

Un altro parametro interessante ai fini della valutazione della produzione elettrica è l'eventuale perdita di potenza elettrica in una turbina a vapore ove il recupero di calore per teleriscaldamento ad una data temperatura ne determina una riduzione del salto entalpico disponibile.

3.3 PARAMETRI RELATIVI AL TRASPORTO ED ALLA DISTRIBUZIONE DEL CALORE ALLE UTENZE

I parametri fondamentali per la progettazione della rete di trasporto e distribuzione del calore sono:

- potenza richiesta;
- temperatura di mandata;
- temperatura di ritorno;
- pressione di esercizio;
- fattore di contemporaneità;
- localizzazione della centrale;
- localizzazione delle utenze;
- struttura e localizzazione del tracciato;
- dislivello tra centrale ed utenze;
- velocità del fluido.

La localizzazione del tracciato della rete primaria implica la conoscenza dell'utenza oggettivamente allacciabile per la quale deve essere approntata una corretta mappatura. Da essa dipende la scelta delle dorsali su cui si dovrà articolare il tracciato stesso, che potrà essere del tipo ramificato, ad anello o a maglie. La scelta dipenderà da un compromesso tra la maggior affidabilità di una rete ad anello o a maglie ed il minor costo di una rete ramificata.

Dalla lunghezza dei rami, a parità di altri fattori, dipendono invece le perdite di carico nella rete, per cui si tende all'esclusione di utenze particolarmente distanti che comporterebbero, qualora fossero servite, un'eccessiva incidenza dei costi di pompaggio.

Il dislivello tra centrale ed utenza risulta un fattore molto importante sia nell'ottimizzazione della scelta del tracciato, sia nella determinazione della pressione di esercizio della rete che è determinante ai fini del calcolo delle sollecitazioni a cui è sottoposto il piping, e quindi è

direttamente connesso ai costi della rete. Gli spessori teorici dei tubi si calcolano infatti con la formula:

$$t = \frac{p \cdot D_e}{2 \sigma_{amm}}$$

ove:

t spessore teorico (mm)

p pressione di calcolo (MPa)

D_e diametro esterno (mm)

σ_{amm} carico di snervamento del materiale diviso per il coefficiente di sicurezza (N/mm^2)

La velocità del fluido, legata alla portata del fluido vettore e ai diametri delle tubazioni viene prefissata. Il valore ottimale risulta generalmente da un calcolo economico, anche se il valore di velocità utilizzato nella progettazione di tubazioni che trasportano vapore è inferiore di norma a 50 m/s; per quelle percorse da acqua calda più o meno pressurizzata varia tra 0,6 e 2,5 m/s.

L'attribuzione della portata di acqua assegnata a ciascuna area di utenza viene calcolata con la formula:

$$Q = \frac{P}{C_s \cdot \Delta T} \cdot v_s$$

ove:

Q portata volumetrica dell'acqua (l/s)

P potenza termica assorbita dall'utenza (kW)

C_s calore specifico dell'acqua (kJ/kg K)

ΔT salto di temperatura tra mandata e ritorno in rete (K)

V_s volume specifico dell'acqua (dm^3/kg)

La temperatura di mandata è un parametro da cui dipendono la pressione di esercizio della rete e la sollecitazione termica sui materiali. I valori progettuali che vengono usualmente utilizzati per l'acqua calda pressurizzata del circuito primario sono: 95-120 °C con un salto termico teorico fra mandata e ritorno pari a 25 °C nel caso di temperatura di mandata di 95 °C e di 50 °C nel caso di temperatura di mandata di 120 °C. Rispetto al salto termico teorico disponibile si assume generalmente un margine di sicurezza di 5 °C dovuto sia alla tolleranza sulla temperatura di ritorno, che alle perdite di calore in rete, valutabili nel 3 % per la potenza e nel 10 % per l'energia tenuto conto dell'incidenza diversa per le due grandezze delle fasi transitorie di avviamento, spegnimento, variazione di regime in generale.

Una volta noti i parametri di progetto della rete di trasporto e distribuzione del calore è possibile effettuare una scelta del tracciato. Chiaramente dopo una prima fase di progetto di massima occorre un'operazione di verifica arrivando, dopo una serie di cicli iterativi, alla definizione ottimale della rete sia dal punto di vista idraulico che gestionale ed economico.

3.4 PARAMETRI RELATIVI AL FABBISOGNO ENERGETICO

La valutazione del fabbisogno energetico dell'utenza richiede uno studio accurato del territorio, delle sue caratteristiche topografiche, altimetriche e climatiche, del tipo di edilizia esistente e della sua destinazione d'uso, delle attività produttive con esigenza di calore di processo.

Per il contesto edilizio, in particolare nel caso di un'utenza disponibile sufficiente solo per una frazione dell'utenza possibile, occorre un'accurata analisi relativamente alla volumetria, alla teleriscaldabilità, alla densità edilizia.

Per quello produttivo occorre valutare il livello di temperatura delle esigenze termiche, la forma del diagramma di carico, l'eventuale stagionalità e così via.

3.4.1 TERRITORIO

L'area totale (A_T) è un parametro utile poiché quantizza la dispersione dell'utenza termica sul territorio, una volta definito il rapporto con il volume edificato.

L'area totale edificata (A_E), intesa come superficie di territorio su cui insistono gli edifici, costituisce un indice dell'urbanizzazione del territorio interessato. All'aumentare del rapporto tra A_T e A_E a parità di altezza costruita diminuisce l'interesse della zona servibile dal teleriscaldamento.

La volumetria edilizia allacciabile (V_A) fornisce un'indicazione sulla reale teleriscaldabilità della zona. Naturalmente a parità del rapporto di volumetrie una edificazione per piccole utenze uniformemente distribuite ha una teleriscaldabilità minore di quella relativa ad una edificazione per isole di elevata densità dislocate sulla stessa area territoriale. La valutazione di V_A va fatta comunque sulla base di un'indagine urbanistica escludendo le utenze che per motivi tecnico-economici non sono allacciabili alla rete di teleriscaldamento. Non sono considerati allacciabili gli stabili non riscaldati e quelli con

Il riscaldamento autonomo unifamiliare di recente realizzazione, per i quali la riconversione da impianto autonomo a teleriscaldamento potrebbe comportare eccessivi oneri.

La densità edilizia teleriscaldabile è definita in prima approssimazione come il rapporto tra V_A ed A_E . È un parametro che dà la precisa sensazione dell'urbanizzazione della zona con caratteristiche di teleriscaldabilità.

La volumetria edilizia in costruzione (V_C) è un parametro importante soprattutto alla luce di iniziative programmate di sviluppo della rete.

La densità lineare (D_L) è un parametro che definisce il rapporto limite di fattibilità economica tra la volumetria allacciabile e la lunghezza del tratto di rete necessario per collegarla alla centrale termica. Esiste una curva limite ad andamento iperbolico (la densità lineare è data funzione dei gradi giorno) che ci indica per il parametro citato le condizioni limite al di sotto delle quali non è conveniente porsi.

3.4.2 CONDIZIONI CLIMATICHE

La ventosità è un parametro importante nella definizione del coefficiente medio di dispersione termica, il quale aumenta all'aumentare della stessa.

L'insolazione è un parametro che permette di calcolare la temperatura degli involucri degli edifici, e, di conseguenza, il reale flusso termico tra l'ambiente interno e l'esterno.

La temperatura esterna minima di progetto (uguale a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ per la città di Ancona) è un dato essenziale nella progettazione in quanto ad essa è legato il fabbisogno termico dell'utenza. Talvolta per definire il fabbisogno termico dell'utenza si ricorre all'espressione dei gradi giorno ($1590\text{ }^{\circ}\text{C gg}$ per la città di Ancona) relativi alla località in esame.

La potenza specifica P_s è data dal rapporto tra la potenza termica richiesta dall'utenza, determinata da un'analisi energetica del volume allacciabile, e la volumetria dell'utenza. La determinazione di tale parametro è importante per valutare la teleriscaldabilità della zona. Nel caso specifico, sulla base di calcoli di massima effettuati su edifici standard, il parametro P_s assume i valori:

$$P_s = 20 - 30 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^3} \quad \left(23 - 35 \frac{\text{W}}{\text{h m}^3} \right)$$

Tale valore dipende da una serie di fattori quali la disposizione dell'edificio, l'anno di costruzione, il rapporto tra le superfici disperdenti ed il volume riscaldato, la temperatura interna, la qualità delle superfici disperdenti, i serramenti, e così via.

Un coefficiente utile nella verifica delle dispersioni termiche degli edifici, ed utilizzabile, al limite, anche come parametro di progetto, è il coefficiente medio di dispersione termica C_g ($\text{kcal/h m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$, oppure $\text{W/h m}^3\text{ K}$) che esprime la quantità di calore disperso dall'edificio per unità di volume riscaldato e per unità di differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno. Come già detto per P_s il valore di C_g dipende dalla tipologia e dalla destinazione d'uso dell'edificio. Il coefficiente C_g è determinato dalla somma di due termini C_d e C_v , ove C_d rappresenta la potenza termica per unità di volume riscaldato e per unità di

differenza di temperatura necessaria per compensare i disperdimenti per trasmissione attraverso le pareti opache e trasparenti della struttura edilizia, mentre C_v rappresenta la potenza termica per unità di volume e per unità di differenza di temperatura necessaria per riscaldare l'aria di rinnovo degli ambienti.

La determinazione di C_d è legata al coefficiente di forma dell'edificio S/V ove S rappresenta la superficie esterna disperdente che racchiude il volume V delle parti di edificio riscaldate, ed il suo limite massimo ammissibile per le nuove costruzioni o per le ristrutturazioni e riqualificazioni edilizie è funzione della zona climatica.

C_v viene determinato nel modo seguente:

$$C_v = 0,3 \, n \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h m}^3 \text{°C}} \right) = 0,35 \, n \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^3 \text{K}} \right)$$

ove "n" è il numero di ricambi d'aria (m^3 d'aria/h per ogni m^3 di appartamento) assunto convenzionalmente uguale a 0,5 per gli edifici residenziali.

Note le caratteristiche degli edifici "tipo" è possibile calcolare il valore medio C_g come media dei valori relativi ai singoli edifici "tipo". La conoscenza del valore medio C_g permetterà di determinare, per quella zona, la richiesta termica massima nel periodo di riscaldamento. Il valore di C_g è limitato, a termine di legge, per motivi di contenimento dei consumi energetici.

La potenza termica di punta è un parametro che può essere stimato o facendo delle considerazioni sui consumi dell'utenza, o andando a verificare, per gli edifici già costruiti, le potenzialità delle caldaie installate, o usando una delle due relazioni sotto riportate:

$$P_{\max 1} = \frac{V_A \cdot C_g \cdot C_c \cdot (T_a - T_{\min})}{P_{\%}}$$

$$P_{\max 2} = \frac{V_A \cdot P_s \cdot C_c}{P_{\%}}$$

ove:

V_A volume allacciato

C_g coefficiente medio di dispersione termica degli edifici

C_c coefficiente di contemporaneità, definito come rapporto tra la massima potenza utilizzata e la somma delle singole potenze allacciate generalmente posto pari a 0,75

T_a temperatura ambiente = 20 °C

T_{\min} temperatura esterna minima di progetto (per Ancona = -2 °C)

$P_{\%}$ fattore $\cong 0,97$ che esprime le perdite di calore in rete ($\cong 3\%$) in termini di potenza

P_s potenza specifica

In sede di studio di pre-fattibilità ha senso stimare la potenza di punta andando a verificare le potenze installate negli edifici già dotati di impianto di riscaldamento. Per gli edifici di futura costruzione è possibile stimare la potenza di punta utilizzando una delle due formule precedentemente proposte, o quelle che venissero introdotte come limite da aggiornamenti normativi.

Uno studio di fattibilità tecnica dell'impianto richiede, invece, una calcolazione più accurata del fabbisogno tecnico della zona allacciabile. Ciò è ottenibile facendo ricorso ad un'analisi puntuale.

Per determinare l'andamento delle richieste termiche in funzione del tempo si utilizzano generalmente dei codici di calcolo che, sulla base di dati in ingresso, termici, tipologico-costruttivi, e così via, permettono di

ricavare la potenza termica richiesta. Il tracciamento dei diagrammi permette di conoscere la percentuale di tempo di impiego dei diversi regimi di potenza. Da tale curva è possibile ricavare la richiesta globale di energia termica del sistema utile nella verifica della fattibilità economica del progetto di teleriscaldamento.

Considerando la zona di Ancona-Falconara, ipotizzando un periodo effettivo di riscaldamento di 166 gg (1 Novembre - 15 Aprile) ed una potenza specifica netta di 20-30 kcal/h m³ (23-35 W/h m³), si ricava un consumo specifico annuo di prima approssimazione di 25-35 Mcal/anno m³ (30-40 kWh/anno m³). Tale consumo è comprensivo della quota di consumo per acqua calda ad uso igienico sanitario mediamente stimata pari a 4-5 Mcal/anno m³. Tali valori sono indicativi. Per una stima più accurata del consumo annuo bisogna utilizzare il diagramma di durata delle potenze termiche relativo alla effettiva situazione delle utenze.

4. PARAMETRI ECONOMICI RELATIVI AGLI IMPIANTI DI TELERISCALDAMENTO

4.1 COSTI D'INVESTIMENTO

In generale i costi d'investimento riguardano la realizzazione di:

- centrale di produzione termica e relativi ausiliari;
- sistema di trasporto e distribuzione del calore;
- sottostazioni di utenza;
- eventuali impianti frigoriferi ad assorbimento.

I costi degli impianti ausiliari comprendono anche i costi per le apparecchiature di regolazione e controllo, il costo del sistema per la demineralizzazione delle acqua, il costo dei sistemi di pompaggio, ecc..

I costi di costruzione della rete di trasporto e distribuzione dipendono dalla tipologia e dai diametri delle condotte (esprimibili in £/m di doppia condotta) e sono comprensivi di progettazione, fornitura, opere civili, montaggi meccanici, posa in opera, protezione catodica, sistemi di allarme.

I costi delle sottostazioni di utenza, così come i costi degli eventuali sistemi ad assorbimento, possono essere a carico di chi gestisce l'impianto di teleriscaldamento o parzialmente o totalmente a carico dell'utente. Essi sono comprensivi di progettazione, fornitura e posa in opera.

4.2 COSTI DI GESTIONE

I costi di gestione si dividono in costi d'esercizio variabili, cioè proporzionali all'andamento della produzione, e costi d'esercizio fissi.

I costi del combustibile, i costi relativi al consumo d'energia elettrica, dei lubrificanti, degli additivi per l'acqua, i costi di manutenzione, costituiscono i costi d'esercizio variabili.

Sono da considerare costi d'esercizio fissi i costi per il personale, le spese generali, gli oneri finanziari.

4.3 RICAVI

I ricavi ottenibili da un impianto di teleriscaldamento dipendono dalla quantità di energia termica venduta e dalla tariffa di vendita. La tariffa di vendita della Mcal o del MWh termico deve consentire, da un lato, insieme a quella di vendita del kWh elettrico (kWh_e) il rientro dell'investimento sostenuto, dall'altro deve risultare concorrenziale con i vettori energetici convenzionali nel settore del riscaldamento urbano.

Il prezzo medio di vendita in riferimento agli attuali costi del combustibile in impianti di riscaldamento autonomi e centralizzati, alimentati con gas metano, sono calcolati utilizzando una tariffa di tipo binomio che si basa sul prezzo di gas metano (riferito alle condizioni standard).

La quota variabile si ottiene da:

$$C_{\text{Mcal}} = \frac{P_{\text{CH}_4} + I_{\text{CH}_4}}{\eta \cdot \text{P.C.I.}} \text{ (£/Mcal)} \text{ o } C_{\text{kWh}} = \frac{P_{\text{CH}_4} + I_{\text{CH}_4}}{\eta \cdot \text{P.C.I.}} \text{ (£/kWh)}$$

ove:

C_{Mcal} o C_{kWh} costo dell'energia termica venduta (£/Mcal o £/kWh)

P_{CH_4} costo medio del gas metano, I.V.A. ed imposte escluse
(399 £/m³ al 1° marzo 1992)

I_{CH_4} imposte sul gas metano (268 £/m³ al 1° marzo 1992)

η rendimento medio annuo di produzione (75%)

P.C.I. potere calorifico inferiore (8,250 Mcal/m³ o 9,593 kWh/ms³)

Considerando gli attuali costi del gas metano otteniamo:

$$C_{\text{Mcal}} = 107,8 \text{ £/Mcal} = 92,7 \text{ £/kWh}$$

La quota fissa può essere assunta uguale a 2870 £/mese per m³/h impegnato (al 1° marzo 1992) con riferimento alla potenza termica del generatore.

Nell'ipotesi di fornitura di calore per la produzione di freddo con impiego di macchine ad assorbimento la tariffa di vendita della Mcal (o del MWh termico) non deve superare il valore che consente all'utenza di produrre freddo a costi competitivi con quello prodotto con sistemi a compressione di vapori o con macchine ad assorbimento asservite a generatori di calore dell'utenza stessa.

Con riferimento al sistema di compressione meccanica il calcolo del costo della Mcal (o del kWh termico) vendibile per lo scopo si ottiene da:

$$C_{\text{Mcal}} = \frac{C_{\text{kWh}} \cdot \text{COP}_{\text{ass}}}{0,86 \cdot \text{COP}_{\text{frig}}} (\text{£/Mcal})$$

ove:

C_{kWh} costo del kWh elettrico (150£/kWh)

COP_{frig} COP del ciclo frigorifero con compressore (2,6-3,0 kWh di freddo/kWh elettrico)

COP_{ass} COP impianto ad assorbimento (0,67 kWh di freddo/kWh di caldo introdotto)

Alle condizioni di 150 £/kWh elettrico (IVA esclusa) il valore di C_{Mcal} risulta compreso tra 40 e 45 £/Mcal.

Questo valore è da considerare indicativo in uno studio di massima di fattibilità come costo massimo di fornitura, tenuto conto del fatto che per le macchine elettriche il COP può essere assunto ≈ 3 per gruppo condensate ad aria, ≈ 4 per gruppo condensante ad acqua, ≈ 5 per gruppo centrifugo, ed il valore assunto per il calcolo è quello relativo alla macchina meno efficiente.

4.4 METODI DI VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA ECONOMICA DEGLI INVESTIMENTI

Per poter valutare un progetto d'investimento è necessario avere a disposizione delle stime sul flusso degli esborsi (costi) e degli incassi (ricavi), relativi a tempi diversi.

Queste uscite o entrate finanziarie si possono schematicamente rappresentare come flussi di cassa aventi segno opposto.

Ogni investimento ha un caratteristico flusso di cassa proprio che si configura come una sorta di preventivo economico del progetto di investimento, per formulare il quale è necessaria tutta una serie di informazioni che vanno dalla stima della durata dell'investimento, alla stima degli introiti, costi, tempi e modalità di realizzazione.

I criteri di valutazione degli investimenti si possono dividere in due categorie:

- metodi approssimati semplici;
- metodi più precisi basati sul concetto di attualizzazione.

Alla categoria dei metodi approssimati semplici appartengono:

- metodo del periodo di recupero;
- metodo del tasso medio annuo di redditività.

Alla categoria dei metodi più precisi, basati sul concetto di attualizzazione, appartengono:

- metodo del valore attualizzato;
- metodo del valore capitalizzato;
- metodo dell'indice di rendimento attualizzato;
- metodo del tasso di redditività attualizzato;
- metodo del periodo di recupero attualizzato.

Il metodo del valore attualizzato (internazionalmente indicato come Net Present Value) è il criterio che viene maggiormente utilizzato nella valutazione degli investimenti. Nell'attuare tale metodo possono in prima approssimazione essere fatte delle ipotesi:

- che i flussi monetari derivanti dall'investimento non vengano reimpiegati;
- che i risultati economici ottenibili vadano considerati al netto delle imposte sul reddito vista l'indisponibilità, in taluni casi, di dati relativi all'aliquota da assumere, anche se si sa che i redditi ed i risparmi costituenti il flusso di cassa del progetto di investimento sono soggetti alle imposte sul reddito, dal quale è possibile, a fini fiscali, dedurre l'ammortamento.

Il calcolo dei flussi economici dei diversi sistemi può essere fatto utilizzando un indice di aumento dei prezzi dell'energia, h , dell' 8%, un tasso d'inflazione, f , del 6% ed un tasso nominale di sconto, i , del 13%.

Quest'ultimo valore viene ricavato considerando il tasso di rendimento medio di titoli di Stato, a cui è stata aggiunta un'aliquota fissabile in base al grado di rischio dell'investimento (maggiore è il rischio, maggiore è il valore di "i").

4.4.1 NPV

Un'operazione d'investimento si può correttamente rappresentare, come detto, mediante una serie di flussi di cassa, di diverso ammontare e di diversa distribuzione nel tempo, esprimendola sinteticamente con la relazione:

$$S = F_0 + F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_k + \dots + F_n$$

Poiché gli F_k si manifestano in tempi diversi, non possono essere sommati direttamente, ma devono essere prima resi confrontabili, riportandoli tutti ad una stessa data di riferimento, mediante il processo di attualizzazione.

Applicando le formule dell'attualizzazione alla successione di esborsi e di disponibilità relativi all'investimento è possibile calcolare il Valore Attualizzato (Net Present Value, NPV) o Risultato Economico Attualizzato (REA):

$$NPV = F_0 + F_1 / (1+i^*) + F_2 / (1+i^*)^2 + \dots + F_n / (1+i^*)^n$$

Come tasso di attualizzazione "i*" viene preso il tasso tale che:

$$(1+h^*)/(1+i) = 1/(1+i^*)$$

dove: h^* = indice di aumento dei prezzi

i = tasso nominale di sconto

Questo metodo ha come termine per la valutazione dei flussi finanziari, il primo anno di vita economica previsto per l'investimento.

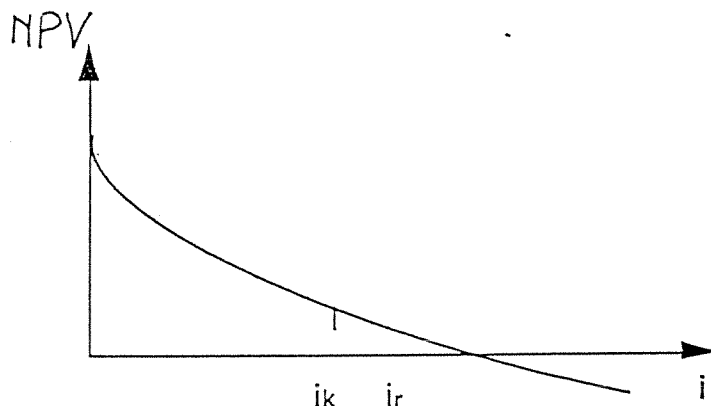
4.4.2 IRR

Lo scopo di questo criterio è quello di determinare quel valore " i_r " di " i " che annulla il NPV della distribuzione dei costi e ricavi degli investimenti in questione. Il parametro " i_r " è chiamato Tasso di Redditività Attualizzato o Interno (internazionalmente indicato come Internal Rate of Return, IRR).

Un progetto di investimento è accettabile se l'IRR relativo è superiore al costo del capitale " i ".

4.4.3 LEGAMI TRA NPV E IRR

Nel caso di valutazione di un unico investimento i due criteri coincidono. Di fatti si sa che l'investimento è accettabile se l'IRR è maggiore di " i_k " assunto come coefficiente di attualizzazione. Dall'esame del grafico in figura, avente in ascissa la " i " ed in ordinata il NPV si vede che, quando si verifica una condizione, è subito verificata l'altra. Per il tasso " i_k " minore di " i_r " il NPV è positivo e viceversa (" i_k " è il coefficiente di attualizzazione).



4.5 FONTI DI FINANZIAMENTO

L'analisi economica di un'iniziativa, pur presentando un bilancio dei flussi di cassa complessivamente favorevole a fine vita degli impianti, può comportare dei flussi di cassa negativi nei primi anni, questo vale soprattutto per quegli interventi che richiedono, nel transitorio, l'esborso di capitali, a fronte dei quali non si acquisiscono adeguati ricavi se non con ritardi di vari anni.

E' ovvio che tali esborsi possono pesare diversamente sul bilancio economico di impresa.

I finanziamenti necessari per le iniziative che comportano risparmio energetico sono previsti dalla legge n° 10/1991, con contributi in conto capitale. Oppure possono essere concessi finanziamenti, per la realizzazione di impianti, da istituti finanziari italiani, come la Cassa Depositi e Prestiti o l'Istituto Mobiliare Italiano, o europei, come la Banca Europea degli Investimenti o altre.

4.5.1 LEGGI 9-10 DEL 9 GENNAIO 1991.

La vera novità della legge n° 9/1991 è introdotta dall'art. 20 che segna la liberalizzazione della produzione di energia elettrica da fonti convenzionali, per uso proprio o per cessione all'Enel. Viene inoltre sanzionata la possibilità di circolazione dell'energia autoprodotta tra le imprese costituite in forma societaria, nell'ambito delle società controllate, della società controllante e delle società controllate dalla medesima società controllante.

La cessione, la produzione per conto dell'Enel, il vettoriamiento e lo scambio saranno regolati da apposite convenzioni da stipulare con l'Enel secondo le condizioni indicate nelle direttive vincolanti che saranno emanate dal Ministero dell'Industria. I relativi prezzi (o i parametri necessari nel caso dello scambio) saranno definiti ed aggiornati dal CIP. Ma l'autoproduzione può contare anche sulle norme contenute nell'altro dispositivo di attuazione del PEN, la legge n° 10/1991 che attiene al risparmio energetico.

L'industria può giovare di contributi in conto capitale per le spese sostenute per la realizzazione degli impianti di produzione dell'energia, senza più limiti di potenza, da fonti rinnovabili, o in cogenerazione, assimilate alle fonti rinnovabili.

La concessione e l'erogazione dei contributi per interventi riguardanti impianti industriali, finalizzati al risparmio di energia attraverso l'utilizzo di fonti rinnovabili e/o un miglior rendimento di macchine ed apparecchiature, con potenza termica fino a 10 MW o potenza elettrica fino a 3 MW, è demandata alle Regioni e alle Province autonome di Trento e Bolzano. L'entità dei contributi è stabilita nel limite massimo del 30% della spesa ammissibile preventivata (art. 10).

Al contrario, per interventi del medesimo tipo, riguardanti impianti con potenza termica superiore a 10 MW o elettrica superiore a 3 MW, i contributi sono concessi e liquidati direttamente dal Ministero dell'Industria. Il limite massimo della spesa ammessa a contributo, "preventivata e documentata", è del 30% elevabile al 40% nel caso di impianti di cogenerazione e teleriscaldamento.

I contributi di cui agli art. 8, 10, 11, 12, 13 e 14 della legge n° 10/1991 sono cumulabili con altre incentivazioni eventualmente previste da altre leggi a carico del bilancio dello Stato, fino al 75% dell'investimento complessivo.

5. METODOLOGIE DI ANALISI DI UTENZA

5.1 CRITERI E PROCEDURE GENERALI NELL'INDIVIDUAZIONE DEI BACINI NELLA PROVINCIA DI ANCONA SECONDO ANALISI STATISTICA

Nell'individuazione dei possibili bacini teleriscaldabili nella provincia di Ancona è necessario valutare la domanda potenziale di riscaldamento urbano. Questa valutazione è stata fatta sulla base del documento ENEA (Individuazione di bacini territoriali omogenei per la promozione e la realizzazione di iniziative di riscaldamento urbano - studi preliminari per la Regione Marche - Roma 1991).

Considerando l'ampiezza dell'area d'indagine il processo di stima, fatto su base statistica, considera solo il teleriscaldamento propriamente detto, tralasciando la cogenerazione diffusa.

I dati utilizzati nell'indagine sono:

- di origine ISTAT '81 per quanto concerne la popolazione nei singoli Comuni;
- di origine PFE 2 su base ISTAT '71 per quanto concerne le caratteristiche del parco edilizio e dei relativi impianti connessi.

La procedura di valutazione della domanda nel documento può essere così riassunta:

- vengono presi in considerazione solo i Comuni con popolazione maggiore di 10000 abitanti per avere certezza di considerare solo zone di presumibile elevata densità e con tipologie edilizie sufficientemente dense;
- si tiene conto solo del fabbisogno termico centralizzato;
- non si considerano i fabbisogni industriali;

- si ipotizza di teleriscaldare solo il 50% degli impianti centralizzati. Questo per tener conto staticamente della presenza di situazioni tecnicamente o economicamente non convenienti nell'ambito delle utenze centralizzate;
- come ultimo elemento di cautela a livello tecnico economico si considerano solo le situazioni che generano una potenza termica allacciabile di 3 Gcal/h ed un fabbisogno allacciabile di 5 GWh_t/a.

I risultati analitici della procedura per l'individuazione delle potenzialità di teleriscaldamento sono riportati in tabella 1.

5.2 ANALISI DI TIPO DIRETTO

Accanto all'indagine di tipo statistico ora descritta possono essere utilizzate altre due diverse metodologie di analisi d'utenza:

- indagine di tipo induttivo;
- indagine di tipo diretto.

Si tralascia di descrivere l'indagine di tipo induttivo che è una logica conseguenza dell'indagine di tipo statistico e si focalizza l'attenzione sull'analisi di tipo diretto, che avendo il carattere di approfondimento molto spinto, viene generalmente realizzata solo nella fase di studio esecutivo.

Tale metodo si basa sul contatto con i singoli utenti, i quali debbono fornire:

- l'esatta ubicazione dell'utenza;
- la potenza massima necessaria;
- la temperatura di utilizzazione dell'energia termica;
- il tipo di combustibile impiegato;
- l'energia consumata annualmente;

- le tipologie costruttive degli edifici.

Questo tipo di analisi, data la scarsa possibilità di controllare come l'indagine viene svolta, e poiché l'utente non è sempre in grado di fornire risposte corrette ai quesiti proposti, non è consigliabile effettuarla in questa fase, senza aver prima svolto un'analisi statistica e aver conseguentemente acquisito una sensibilità sui dati che ci si attende dall'indagine.

PROVINCIA DI ANCONA

FABBISOGNO TERMICO CIVILE ACQUISIBILE PER COGENERAZIONE - TELERISCALDAMENTO

N.	Comune	Comune con ab. > 10000	Volume abitazioni residenziali m ³	Volume terziario m ³	Volume residenziale e terziario m ³	Fabbisogno specifico kWh/m ³ a	Fabbisogno termico totale GWh/a	% impianti centralizzati	Fabbisogno term. imp. centralizzati GWh/a	Consumo combustibile impianti centralizzati GWh/a	50% Fabbisogno term. civile centralizzato GWh/a	Fabbisogno term. acquil. (> 5 GWh/a)
1	ANCONA	106498	11802360	6262456	18064816	29,55	533,82	37	199,80	266,40	99,90	99,90
2	CASTELFIDARDO	14302	1508385	496250	2004635	34,55	69,26	16	11,12	14,82	5,56	5,56
3	CHIARAVALLE	13318	1455898	470358	1926256	29,62	57,06	38	21,93	29,24	10,96	10,96
4	FABRIANO	28727	3213731	1272198	4485929	39,69	178,05	27	47,38	63,17	23,69	23,69
5	FALCONARA	29122	3128033	1242134	4370167	29,49	128,88	55	70,84	94,46	35,42	35,42
6	JESI	40594	4421589	1908063	6329652	29,32	185,59	16	29,62	39,50	14,81	14,81
7	OSIMO	26109	2805690	1083694	3890284	33,97	132,15	19	24,52	32,70	12,26	12,26
8	SENIGALLIA	40135	4447634	1908403	6356037	29,19	183,53	34	62,38	83,17	31,19	31,19

TAB. 1

6. ALCUNI FATTORI CHE INFLUENZANO LA SCELTA DEL TELERISCALDAMENTO

6.1 LEGISLAZIONE

Lo sviluppo delle iniziative di riscaldamento urbano e di cogenerazione è oggetto della Legge 9/91 e della Legge 10/91, che in particolare dispongono:

- la prima, al Titolo III inerente l'autoproduzione e le imprese elettriche degli Enti locali, una modifica in senso favorevole del quadro legislativo preesistente in merito alla produzione di energia elettrica;
- la seconda, agli articoli 5 (piani regionali) e 6 (teleriscaldamento), la definizione di strumenti pianificatori energetici specifici per lo sviluppo del teleriscaldamento;
- la legge 10/91, inoltre, introduce elementi di indirizzo generale con rilevanti risvolti applicativi allo scopo di agevolare il superamento delle probabili difficoltà di realizzazione (derivanti tra l'altro dalla stessa Legge che all'articolo 8 incentiva alla trasformazione degli impianti centralizzati di riscaldamento in impianti unifamiliari a gas). Tra tali elementi il più rilevante consiste nell'obbligo di individuare i criteri in base ai quali un gruppo significativo di amministrazioni (Stato, Enti Locali, Enti Pubblici, Istituti previdenziali ed assicurativi, ecc.) debbano privilegiare l'allaccio alle reti di teleriscaldamento, ove possibile.

Si sottolinea quindi la necessità della promozione e della realizzazione di un programma di riscaldamento urbano, che si realizza nel cosiddetto bacino, inteso quale area omogenea d'intervento energetico nel settore.

Tale indirizzo nel campo dei servizi energetici trova infine ulteriore supporto nella congruente logica della Legge 142/90 su "Ordinamento delle autonomie locali". Questa, infatti, recependo alcuni indirizzi della ricerca urbanistica degli ultimi decenni delinea tra l'altro:

- l'opportunità di definire un'entità territoriale prevalentemente caratterizzata da elementi comuni;
- un generale riordino dei Comuni non interessati dal fenomeno metropolitano attraverso eventuali fusioni amministrative, ma soprattutto attraverso l'obiettivo di gestione associata di funzioni e servizi.

6.2 IL METANO

La metanizzazione della Regione Marche è iniziata nel 1970 con l'entrata in esercizio del metanodotto Rimini-Chieti.

Sulla base di dati Snam al 31.12.90 le Marche risultano tra le regioni più fortemente metanizzate al livello della Lombardia, Veneto, Piemonte ed Emilia Romagna (la metanizzazione è elevatissima con valori potenziali al di sopra del 90% della popolazione servita in tutte le province).

In termini di quantità, nell'ultimo decennio (1980-89), il consumo di gas naturale è aumentato di oltre il 56% sul totale regionale, mentre l'uso di tale fonte nel settore civile è aumentato di ben l'81%. Rispetto al 1984 l'incremento nell'uso del gas naturale nella regione per gli usi civili è stato di circa il 41%.

A livello locale, cioè nei siti in cui si realizzano le reti, si verificherebbe una rilevante se non totale insistenza dell'area di teleriscaldamento con l'area del metano; in questo caso l'utilizzazione delle reti capillare di

distribuzione del metano risulterebbe minore. Ciò potrebbe causare delle conflittualità con chi gestisce la rete del metano, considerando anche che le reti di metano sono di più rapida diffusione, con rientro degli investimenti in pochi anni, mentre nel caso di teleriscaldamento si tratta di investimenti più costosi (le sole reti costano 6-7 volte di più).

C'è comunque da tener conto del fatto che:

- gli obiettivi di teleriscaldamento sono ormai una costante dei programmi nazionali dal 1981;
- l'interesse del Paese per la cogenerazione e per la qualità ambientale è notevole;
- l'esperienza circa la presenza in uno stesso centro urbano di rete di metano e teleriscaldamento di città come Brescia, Reggio Emilia e Mantova (in questi casi vi è un gestore unico dell'energia con evidenti vantaggi) è stata positiva.

6.3 COGENERAZIONE DIFFUSA

Oltre all'opportunità per la promozione d'impianti di cogenerazione e teleriscaldamento si potrebbe valutare anche il potenziale complessivo di impianti di cogenerazione diffusi, asserviti cioè o a piccoli gruppi di edifici, estremamente addensati e con potenzialità termica complessiva di almeno 300000 kcal/h, o ad industrie che hanno bisogno di acqua di processo calda o refrigerata o a sistemi misti.

6.4 TELERAFFREDDAMENTO

La scelta di sistemi ad assorbimento, diretta al raffrescamento ambientale, in luogo di quelli elettro-meccanici tradizionali, può essere motivata, oltre che dall'obiettivo del risparmio di gestione, da problematiche connesse con l'approvvigionamento dell'energia elettrica. Logicamente la scelta va valutata nel contesto dei parametri specifici delle utenze da servire.

Risulta però evidente che la scelta di tali sistemi non può prescindere da considerazioni sulla convenienza e la fattibilità dell'installazione; dette considerazioni vanno effettuate attraverso il confronto delle loro prestazioni con quelle dei corrispondenti gruppi tradizionali elettrici.

I motivi che portano a considerare la possibilità d'inserimento della soluzione con macchine ad assorbimento in luogo di quella con gruppi tradizionali elettrici per la climatizzazione ambientale, sono correlati ad aspetti energetico economici così riassumibili:

- l'installazione dei gruppi elettrici richiede, in molte situazioni, l'ampliamento di potenza della cabina elettrica che comporta costi piuttosto sostenuti;
- in alcune zone esistono problematiche di approvvigionamento elettrico correlate a questioni connesse con la capienza delle reti.

Per una valutazione ragionevole comunque è necessario considerare una serie di parametri che contribuiscono a formare con il costo della macchina l'esborso iniziale:

- le macchine ad assorbimento che attualmente sono per la quasi totalità di produzione giapponese o statunitense presentano un costo iniziale piuttosto elevato, decisamente più alto degli equivalenti

sistemi a compressione per motivi legati alla scarsa diffusione e ai ricarichi dovuti per l'importazione e il trasporto;

- costo delle torri di raffreddamento nel caso di condensatore raffreddato ad acqua maggiore per la macchina ad assorbimento;
- costo del vano della centrale frigorifera o del rinforzo del solaio di copertura in caso di installazione sulla stessa.

Dal punto di vista processistico è evidente che l'eventuale scelta della macchina frigorifera ad assorbimento per il raffrescamento estivo è condizionata dal valore della temperatura di alimentazione. Considerando le varie tipologie di macchine ad assorbimento al LiBr che il mercato offre (si escludono le macchine ad ammoniaca per motivi di tossicità e sicurezza) possiamo pensare possibile l'installazione di una macchina frigorifera ad assorbimento monostadio soltanto quando la temperatura dell'acqua calda pressurizzata di alimentazione si aggiri sui 120-140 °C (si può scendere al massimo fino a 115° senza che si abbia un eccessivo peggioramento del COP).

Dall'applicazione restano comunque escluse le macchine frigorifere ad assorbimento bistadio, che richiedono acqua di alimento calda pressurizzata a temperatura notevolmente maggiore).

Considerando che nel caso del teleriscaldamento la variazione di temperatura del fluido vettore all'utenza è ipotizzata in 45°C (120-75) e che per il servizio estivo alla macchina ad assorbimento lo stesso parametro è ridotto a 15°C (120-105), l'impianto di teleriscaldamento è in grado di fornire per l'alimentazione di un parco macchine ad assorbimento una potenza termica all'utenza pari ad 1/3 di quella fornita per il teleriscaldamento invernale. Questo dato corrisponde ad una

potenza frigorifera producibile pari a circa $1/5$ di quella termica disponibile per il teleriscaldamento, considerando un COP delle macchine ad assorbimento monostadio pari a 0,67.

Considerato infine che la potenza frigorifera per il raffrescamento estivo di edifici civili è circa il 20% più elevata della potenza termica richiesta per il riscaldamento invernale, la domanda di raffrescamento che può essere soddisfatta dallo stesso impianto di trasporto di energia termica è valutabile intorno a $1/5,5$ della domanda invernale.

Nell'ipotesi che si desideri fornire refrigerazione alla totalità dell'utenza teleriscaldabile è necessario aumentare di circa 5,5 volte la portata e di circa un fattore 2,3-2,4 il diametro delle tubazioni di teleriscaldamento posate, a parità di velocità massima di progetto.

7. LA CENTRALE "API"

7.1 ANALISI DELLE RISORSE

La disponibilità attuale di potenza termica per teleriscaldamento risulta essere di circa 11 Gcal/h con acqua resa al sistema esterno alla temperatura di 120°C.

Una alternativa può essere rappresentata dal revamping del CTE esistente che potrebbe consentire una disponibilità a terzi di potenza elettrica fino ad un massimo di 10-12 MW ed una disponibilità ulteriore di potenza termica per teleriscaldamento di 18 Gcal/h. Un'altra alternativa è rappresentata dalla costruzione di una nuova CTE in grado di produrre energia elettrica e termica sia per il fabbisogno interno della Raffineria, sia per l'esportazione.

La potenza elettrica disponibile per terzi può essere valutata in 200-220 MW al netto, ovviamente, delle esigenze di Raffineria.

Una CTE del tipo previsto, in cui i recuperi termici sono molto spinti con modesta riduzione della potenza elettrica può fornire potenza termica adeguata per il teleriscaldamento; infatti è possibile estrarre dall'impianto calore per il teleriscaldamento, spillando una certa quantità di vapore a circa 2 bar, sottraendo quindi al processo di conversione termodinamica modeste quantità di energia termica capace di essere convertita in energia meccanica e quindi elettrica con rendimenti di conversione estremamente bassi.

In tale modo si potrebbero ricavare 30-40 Gcal/h senza apportare modifiche sostanziali al sistema.

Secondo le indicazioni del progetto "API" sarebbe possibile in questo modo rendere disponibile per ogni MW di potenza elettrica rinunciata 5

Gcal/h di potenza termica da destinare al teleriscaldamento, con un costo di produzione molto basso; al tempo stesso il sistema di cogenerazione manterrebbe la sua flessibilità in rapporto ai diagrammi della domanda delle utenze esterne.

7.2 ACQUISIZIONE DALLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE DEI DATI SULLE POTENZIALI UTENZE

La determinazione delle aree e dei poli di interesse è stata avviata tenendo ben presente che il limite per il raggio d'azione per un intervento per l'utilizzo delle risorse, rese disponibili dalla Raffineria API, non dovrebbe di norma superare i 10 km.

Con tale ipotesi considerata come vincolante si è provveduto alla raccolta, presso la Pubblica Amministrazione, dei dati relativi alle installazioni classificate secondo la potenza termica, il tipo di combustibile e la dislocazione sul territorio.

Sono stati interpellati:

- la Regione Marche;
- l'Amministrazione Provinciale di Ancona;
- il Comune di Ancona;
- il Comune di Falconara;
- la USL N. 12;
- la USL N. 9.

I dati più significativi raccolti sono riportati nella Tab. 2 e in istogrammi (Figg. 1 - 9), in funzione della distanza dalla Raffineria.

Un'analisi degli istogrammi permette di individuare le utenze che costituiscono poli di interesse attuali e futuri.

7.3 ANALISI DEI FABBISOGNI PRESENTI E FUTURI DELLE AREE E DEI POLI

Da una prima analisi appare chiaro che risulta immediatamente individuabile come un possibile polo di interesse l'area di Torrette, sede dell'Ospedale Regionale, dell'ITIS "Volterra", della costruenda Facoltà di Medicina attualmente in costruzione, della Scuola Materna ed Elementare di Torrette, della Scuola Media "E. Fermi", della Centrale Municipalizzata del Latte che rappresenta, già da sola, una utenza continua sia per il vapore, ad uso tecnologico, sia per il freddo, necessario alla conservazione del latte da trattare e del prodotto finito.

La potenza termica attualmente installata in queste aree per le utenze indicate è di 22,9 Gcal/h che potrebbe essere sostituita dal 50% circa della potenza termica disponibile a seguito della realizzazione del progetto della Raffineria.

Il tracciato del trasporto e della distribuzione avrebbe uno sviluppo particolarmente semplice e con variazioni di livello modeste.

Lungo la congiungente fornitura-polo utenze è presente sul territorio la struttura della ex filiale FIAT di Collemarino, per la quale potrebbe essere di estremo interesse il collegamento; la potenza termica da installare, in rapporto alla sua destinazione d'uso, è quantificabile infatti in circa 6 Gcal/h per l'ipotesi attuale di futura utilizzazione.

Un altro polo di utenza con discreta rilevanza per la potenza installabile è rappresentato dall'ex stabilimento MONTEDISON e dalla sua area che, secondo le previsioni urbanistiche nella variante al Piano Regolatore Generale, ha valenza sia pubblica che privata e prevede destinazioni d'uso per attività ricreative, culturali, di rappresentanza e commerciali.

Sulla base di tali ipotesi è ragionevole ritenere necessario un fabbisogno termico di circa 6 Gcal/h per una utenza dislocata a soli 2 km dalla Raffineria, ancora su terreno facilmente percorribile dal sistema di vettoriamento.

Tra le previsioni della citata variante del Piano Regolatore Generale esiste anche la realizzazione di un Centro Direzionale a Castelferretti per una cubatura di circa 600.000 mc che rappresenta un'utenza di notevole interesse per la potenzialità necessaria.

Una stima indica in 16,8 Gcal/h la potenza termica richiesta; al tempo stesso una utenza di questo tipo rappresenta una richiesta di raffrescamento per il periodo estivo con valori interessanti di potenza termica per l'eventuale alimentazione di macchine frigorifere ad assorbimento (≈ 30 Gcal/h).

L'utenza è dislocata inoltre ad una distanza ritenuta di interesse essendo situata a soli 4 km circa dalla Raffineria.

Del resto un ipotetico braccio di derivazione del teleriscaldamento-raffrescamento verso Castelferretti può consentire, lungo il percorso, il collegamento con utenze anche più modeste come potenzialità termica richiesta.

I poli individuati su tre direttrici semplici e a modesta distanza dalla Raffineria costituiscono utenze per una potenza termica assorbibile superiore a quella disponibile dalla Raffineria.

7.4 CONSIDERAZIONI FINALI

Il recupero termico di calore è finalizzato, come detto, all'alimentazione di una rete di teleriscaldamento. E' evidente che la disponibilità di calore recuperato non presenta sempre il grado di

affidabilità necessario per poter alimentare con continuità una rete di teleriscaldamento. Ciò può derivare da una serie di problemi quali ad esempio la scarsa aderenza dei diagrammi di domanda a quella della produzione del calore, e l'andamento discontinuo della disponibilità di calore di recupero legato a manutenzioni programmate o a fermo impianto.

Per le limitazioni indicate il progetto di una centrale di produzione che recuperi energia termica per teleriscaldamento potrà svilupparsi secondo tre linee principali alternative:

- 1) si prevede di installare nello stabilimento industriale, in parallelo al sistema di recupero una centrale di soccorso di potenza termica pari al 75 - 100 % della potenza recuperabile; in questo caso la gestione del sistema di soccorso è normalmente a cura del gestore del sistema di recupero;
- 2) non si prevedono impegni contrattuali riguardo la potenza termica resa; in questo caso il gestore della rete di teleriscaldamento, che può anche non essere il gestore del sistema di recupero, dovrà prevedere la costruzione di una centrale di integrazione o soccorso dimensionata in base alla potenza totale richiesta dall'utenza, oppure si potrà prevedere di mantenere in esercizio, con funzioni di soccorso, le attuali caldaie attualmente installate presso le varie utenze;
- 3) si prevede di installare nello stabilimento industriale o anche all'esterno un serbatoio di accumulo termico che accumuli il surplus di calore prodotto durante le ore notturne e per integrare il deficit di potenza durante le ore del giorno.

Da quanto esposto emerge che si può prevedere che la gestione della rete di teleriscaldamento sia effettuata o dal gestore dell'impianto produttivo e di recupero termico o da altro ente esterno che si incarica di ritirare il calore e distribuirlo alle utenze. Comunque sia le soluzioni impiantistiche che si possono adottare nell'uno e nell'altro caso sono varie e i tre casi di cui sopra si è data una descrizione sommaria costituiscono una esemplificazione, anche se mirata.

Utenza ex Montedison Rocca Priora

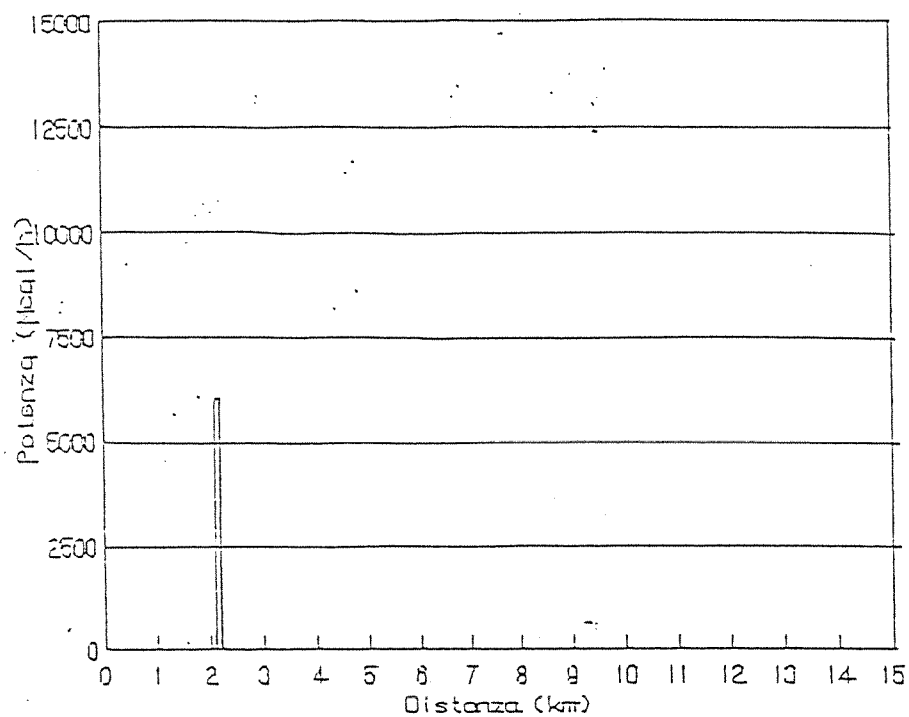


FIG. 1

Centro Direzionale Castelferretti

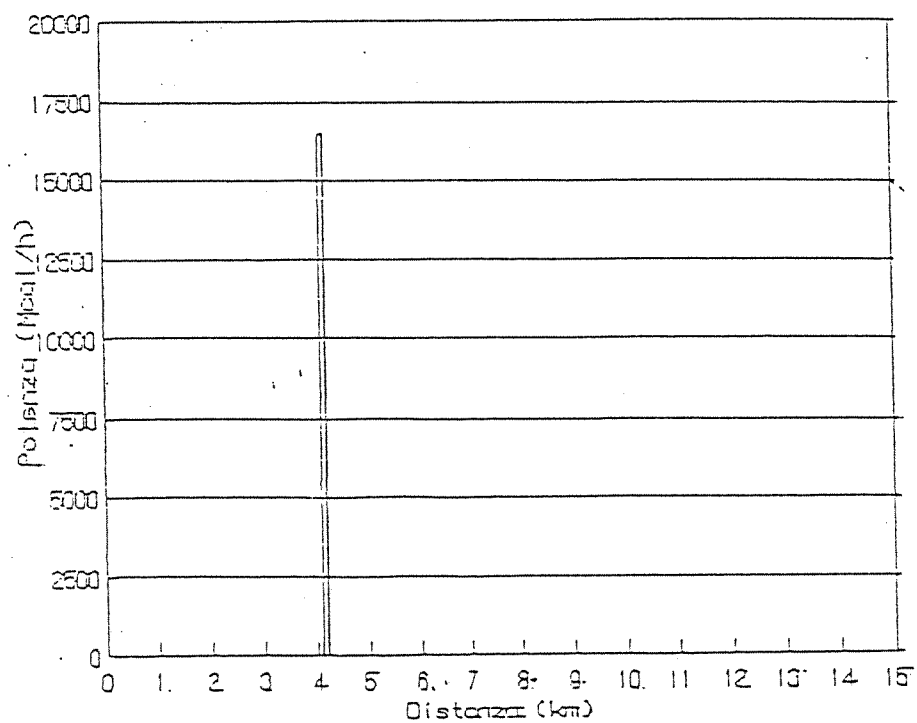


FIG. 2

Utenza ex Filiale FIAT Collemarino

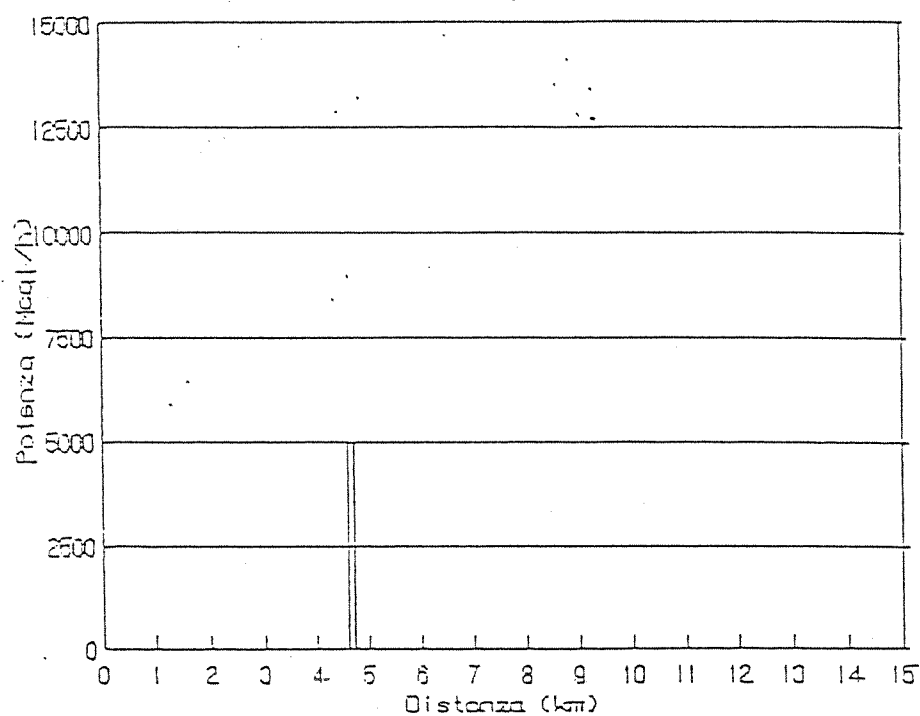


FIG. 3

Utenze Provincia di Ancona

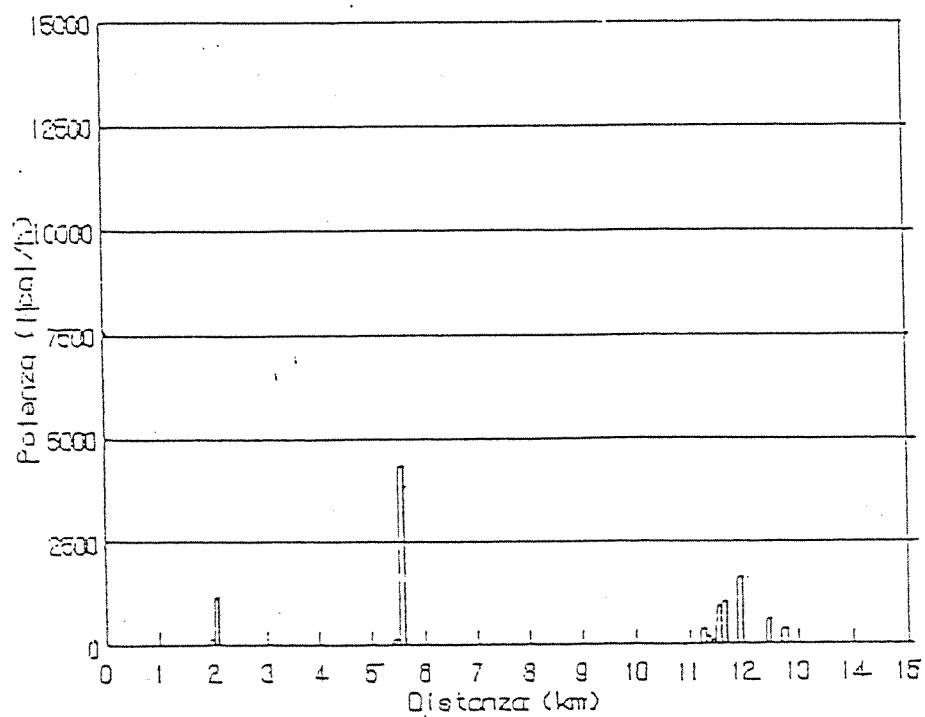


FIG. 4

Utenze Comune di Ancona

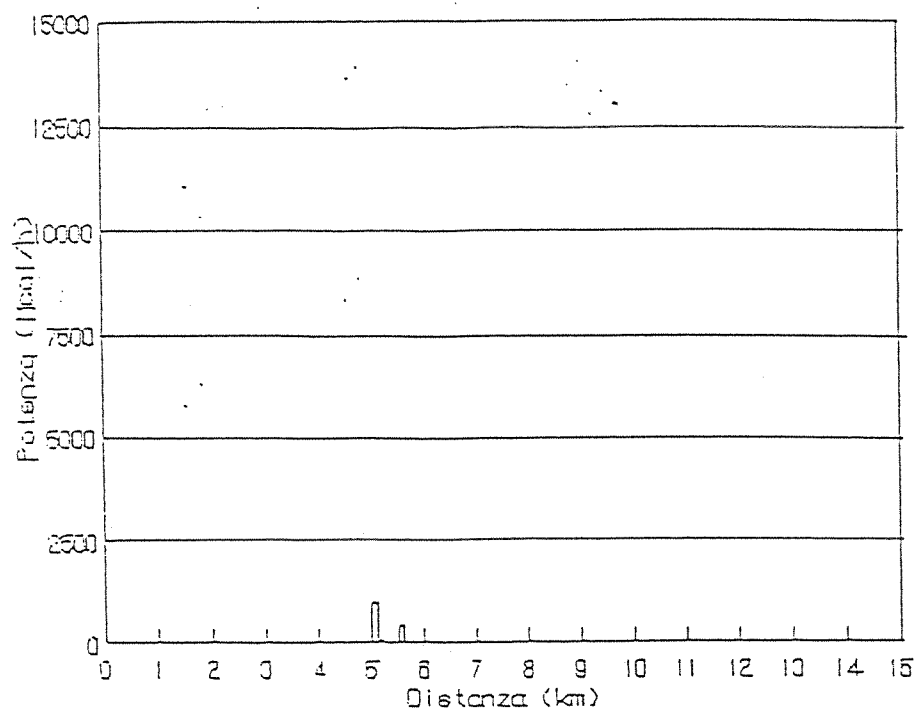


FIG. 5.

Utenze Università' di Ancona

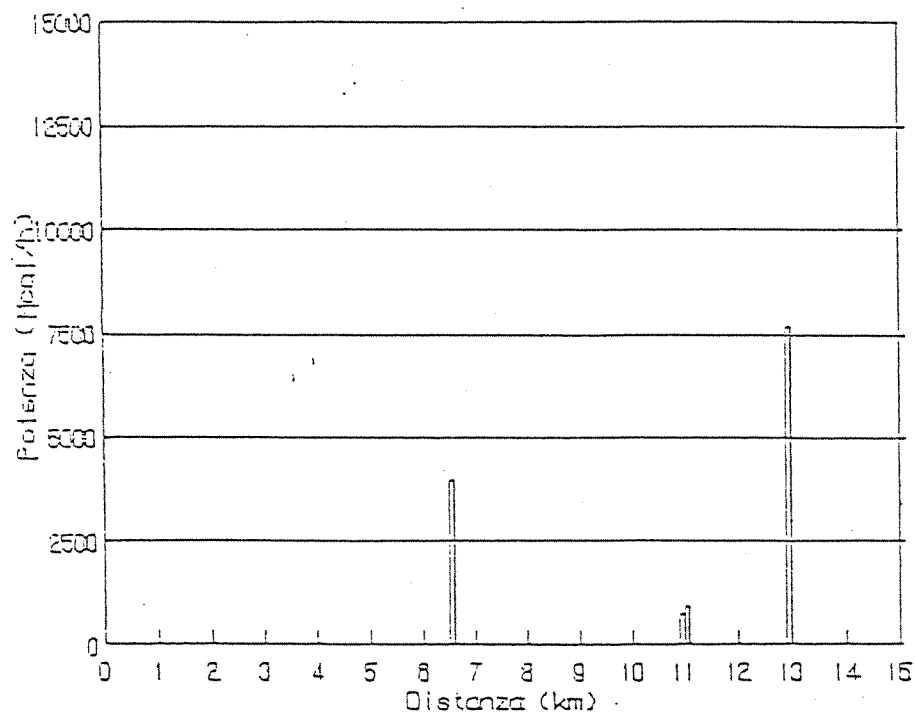


FIG. 6

Utenze USL N.12

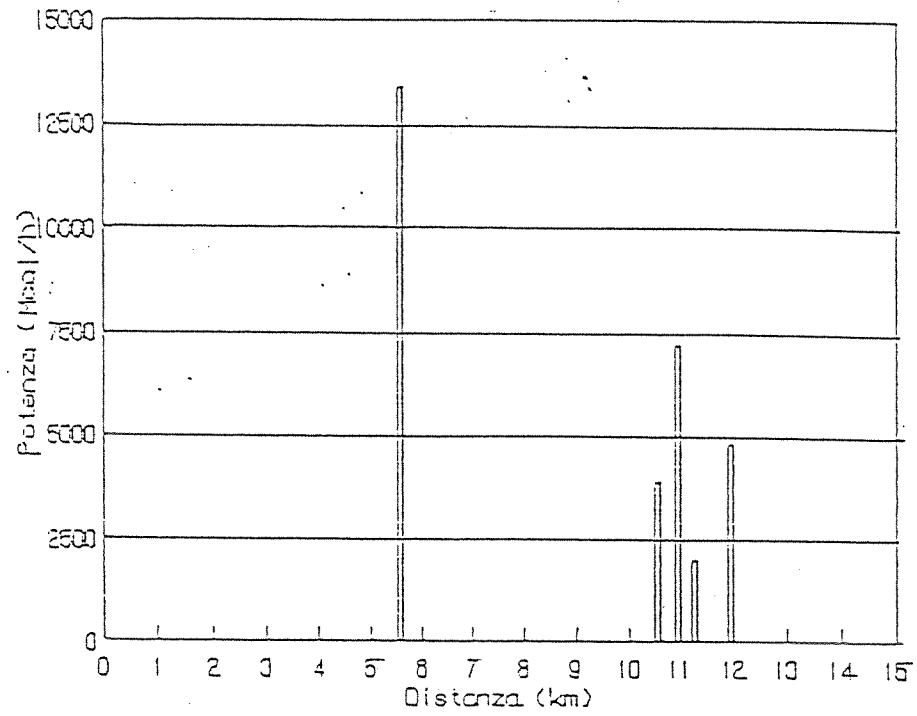


FIG. 7

Utenze USL N.9

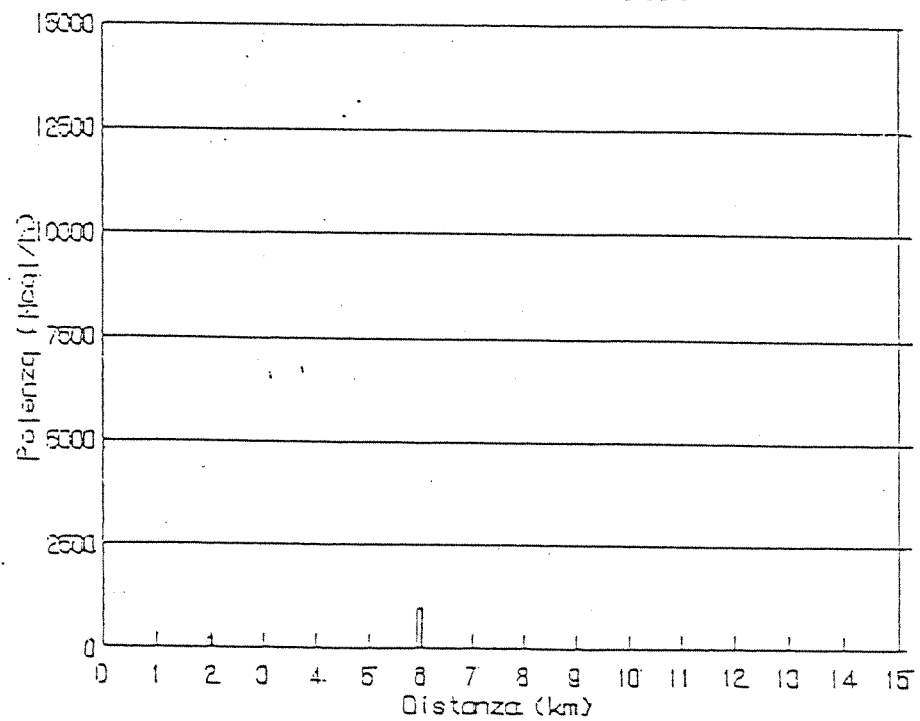


FIG. 8

Utenze Comune di Falconara

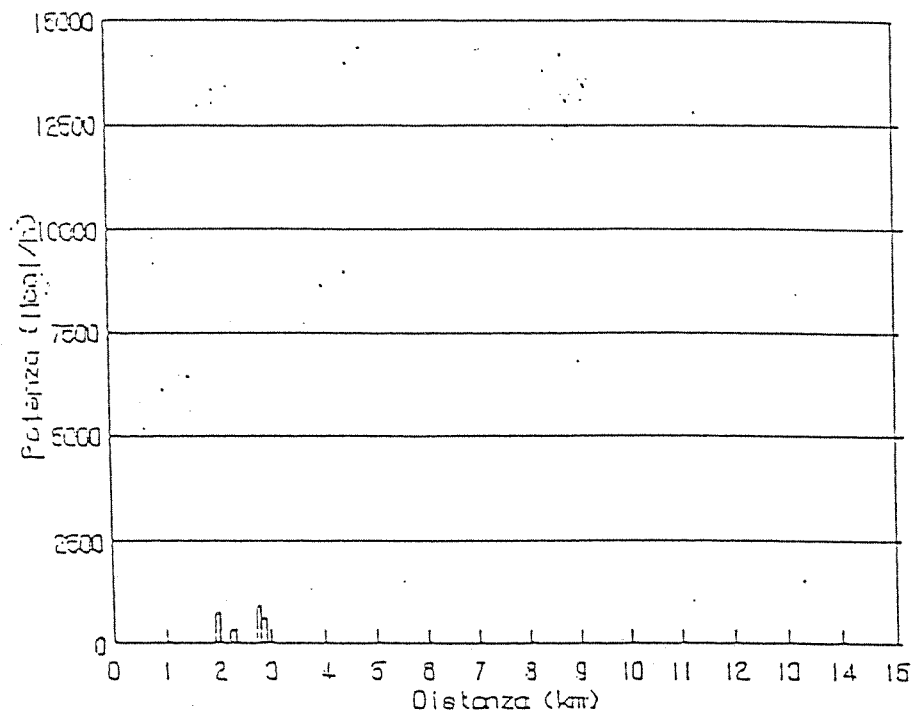


FIG. 9

TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE UTENZE			
ENTE	UTENZE	FABBISOGNO Mcal / h	DISTANZA km
ENIMONT	STAB. ROCCA PRIORA	6.000	2,10
	CENTRO DIR. CASTEL.TI	16.800	4,20
EX FIAT	CENTRO COLLEMARINO	6.000	4,80
PROV. AN	I.T.I.S. V. VOLTERRA	4.350	5,70
COM. AN	SCUOLA MATERNA SCUOLA MEDIA E. FERMI	600	5,80
A.M.S.	CENTRALE DEL LATTE	1.000	5,70
UNIV. AN	FACOLTA' MEDICINA COS.NE	4.300	6,50
U.S.L. 12	OSPEDALE REG.LE TORRETTE	13.400	5,80
UNIV. AN	FACOLTA' ING. E MEDICINA	7.500	13,50
U.S.L. 9	UTENZE DIFFUSE	—	—
COM. FALC.	UTENZE DIFFUSE	—	—

TAB. 2

60'350 Mcal/h
60 Mcal/h

8. INDICATORI DI COSTO DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

8.1 TUBAZIONI

In un progetto di riscaldamento urbano la rete di distribuzione del calore riveste un'importanza determinante costituendo un capitolo di spesa non indifferente rispetto alla centrale di distribuzione del calore.

Il costo totale di una rete di teleriscaldamento comprende:

- costo di progettazione;
- costo dei materiali;
- costo delle opere civili;
- costo dell'installazione;
- costi ordinari e straordinari legati all'inserimento della rete nella situazione esistente.

L'entità dei costi ordinari dipende dalla densità abitativa dell'area interessata, dalla natura del terreno e dal suo rivestimento, dagli ostacoli del sottosuolo e del soprassuolo.

I costi straordinari dipendono da condizioni particolari di tipo amministrativo quali espropri, permessi, ecc., e da interferenze con le infrastrutture e le situazioni geografiche importanti: attraversamento di ferrovie e di autostrade, di fiumi, ecc..

In figura 10 sono riportati i costi totali di reti dotate di tubazioni in acciaio precoibentato rivestito di materiale plastico. Tali dati provengono dalla fonte "Cost Analysis of District - Heating Networks" (IEA 1986).

Detti costi sono riferiti alla rete del percorso e quindi sono inerenti alla doppia tubazione.

E' evidente che tali dati hanno un valore puramente indicativo in quanto le opere civili e l'installazione non dipendono dalle dimensioni del mercato, mentre il costo dei materiali può subire profonde modifiche in funzione del mercato nazionale.

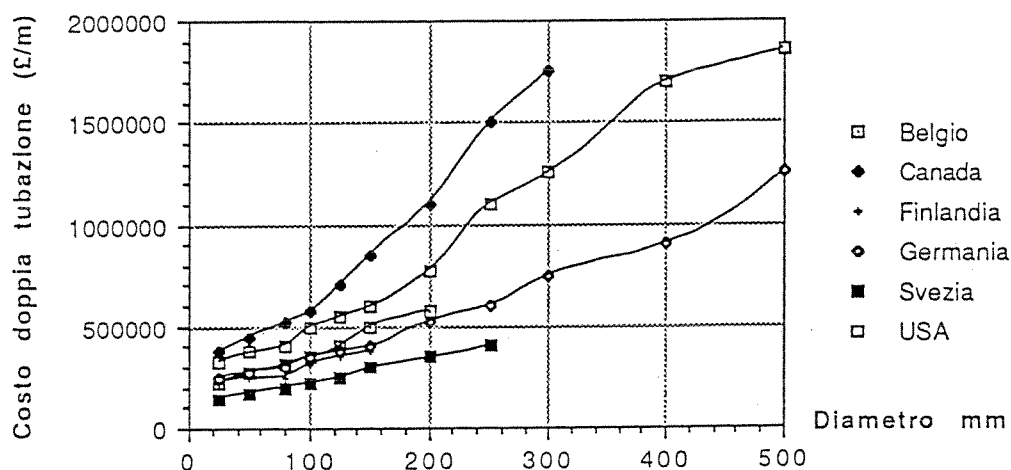


FIG. 10 Costi totali di reti dotate di tubazioni in acciaio precoibentato rivestito di materiale plastico.

Il mercato italiano può essere collocato nella fascia medio-alta della figura 10 a causa della forte incidenza del costo dei materiali.

In figura 11 sono riportati i costi totali stimati di tubazioni di reti di teleriscaldamento interrate, in acciaio precoibentato, rivestito di materiale plastico, che si riferiscono a due situazioni nazionali di differente oleografia (dati relativi al 1988).

Dall'esame di tali dati si evidenziano costi d'investimento notevolmente differenti, poiché la natura del territorio nei due casi presentati è caratterizzata da vincoli e problematiche relative diverse.

In figura 12 è riportato il grafico che permette di confrontare omogeneamente i costi dei materiali per varie tecniche di posa a parità di altri fattori. Le informazioni riportate in figura 12 derivano da offerte relative al mercato italiano (dati relativi al 1988).

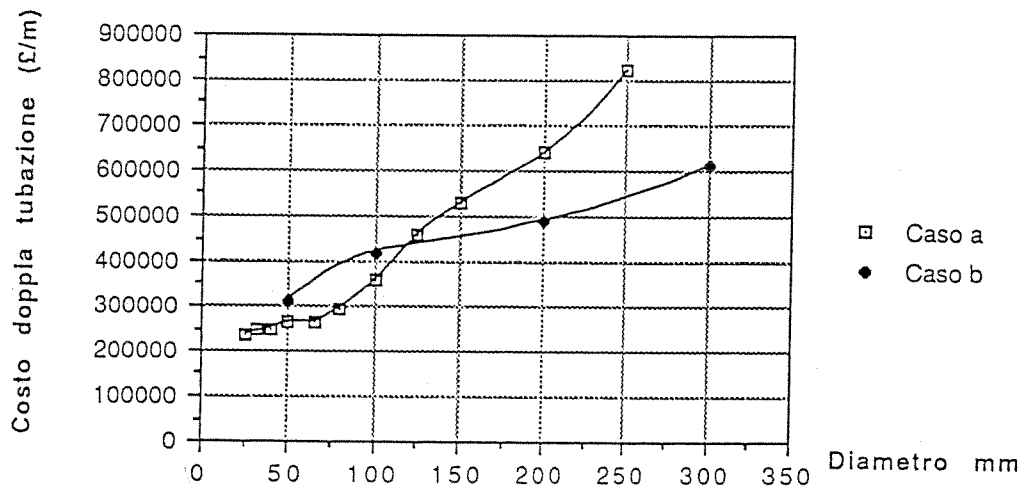


FIG. 11 Costi totali stimati di tubazioni di reti di teleriscaldamento interrate, in acciaio precoibentato che si riferiscono a due situazioni orografiche differenti in Italia.

A questi dati si possono aggiungere i dati riportati in figura 13 derivanti dal mercato tedesco (fonte: Fernwarm International FWI Jg 12 - 1983), relativi ad applicazioni di teleriscaldamento in città e luoghi diversi.

Anche in questo caso, come già precedentemente evidenziato, il costo specifico totale per le tubazioni in acciaio precoibentate interrate varia sensibilmente al variare delle caratteristiche del territorio. Infatti da figura 13 si evince una dispersione molto ampia dei valori di costo con variazioni sensibili da caso a caso.

8.2 SOTTOCENTRALI D'UTENZA

I costi delle sottostazioni d'utenza si riferiscono generalmente all'unità di servizio reso (£/Mcal/h).

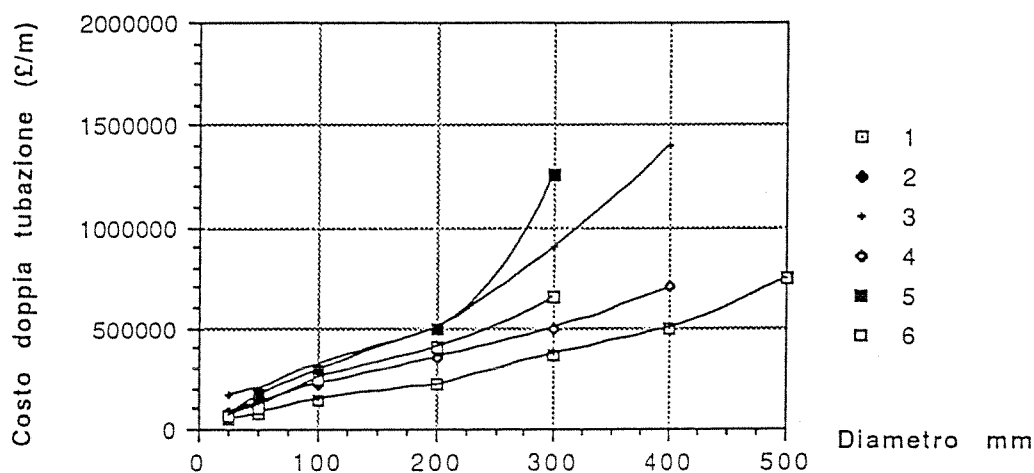


FIG. 12 Costi dei materiali delle tubazioni per varie tecniche di posa.

- 1) Tubazione in acciaio posata in cunicolo in cemento interrato
- 2) Tubazione in acciaio precoibentata con protezione esterna in polietilene interrata
- 3) Tubazione in acciaio posata in guaina precoibentata interrata
- 4) Tubazione in acciaio precoibentata con protezione esterna in polietilene non interrata
- 5) Tubazione in vetroresina precoibentata interrata
- 6) Tubazione in ghisa precoibentata interrata

L'analisi dei prezzi qui condotta riguarda sottocentrali di tipo indiretto che utilizzano come fluido termovettore acqua calda pressurizzata.

Le condizioni di riferimento per la determinazione delle sottostazioni di utenza di seguito esposte sono:

- pressione massima nominale di esercizio..... PN 25
- temperatura massima..... 120 °C

Variando questi parametri cambiano notevolmente i costi delle sottocentrali.

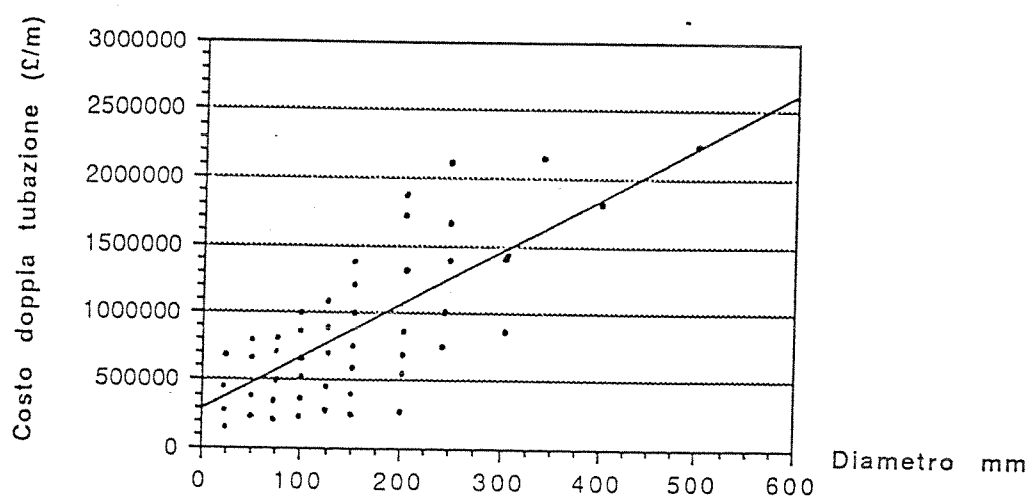


FIG.13 Costi totali tubazioni d'acciaio precoibentate interrate in Germania

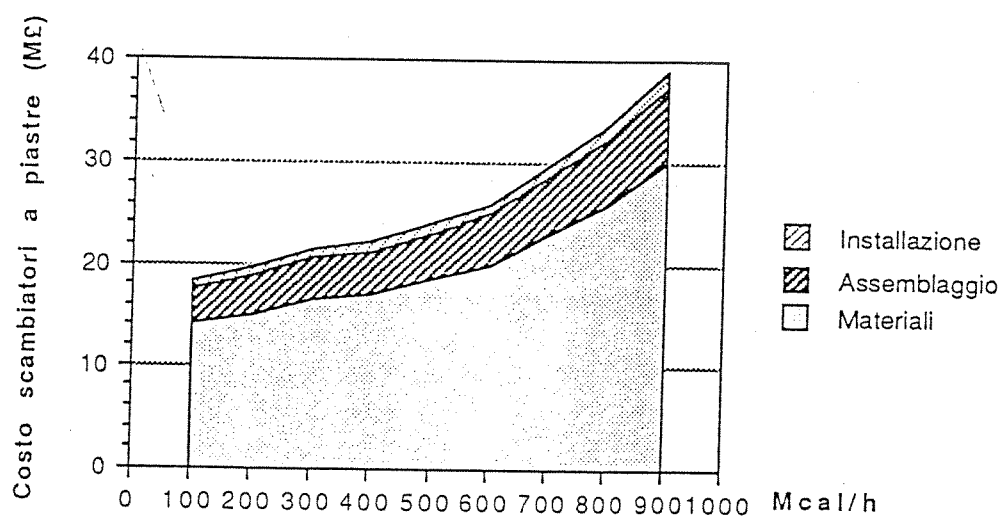


FIG. 14 Costi totali stimati degli scambiatori

Considerando sottostazioni d'utenza comprensive di giunti dielettrici, filtro, sistema di regolazione, valvolame, contatore di calore, scambiatore di calore, dispositivo di sicurezza, è stato elaborato un grafico che diagramma l'andamento dei costi stimati di scambiatori di

calore a piastre (installati nell' '88) in funzione della potenza di progetto.

I costi riportati in figura 14, comprensivi del costo dei materiali, dei costi di assemblaggio e di quelli d'installazione non includono le eventuali opere civili da realizzare.

8.3 MACCHINE AD ASSORBIMENTO

L'analisi dei prezzi che è stata condotta, derivante da offerte relative al mercato italiano, riguarda macchine ad assorbimento monostadio.

In figura 15 sono riportati i costi di macchine ad assorbimento alimentate da acqua calda pressurizzata a 120 °C (salto di temperatura ingresso-uscita di 15 °C).

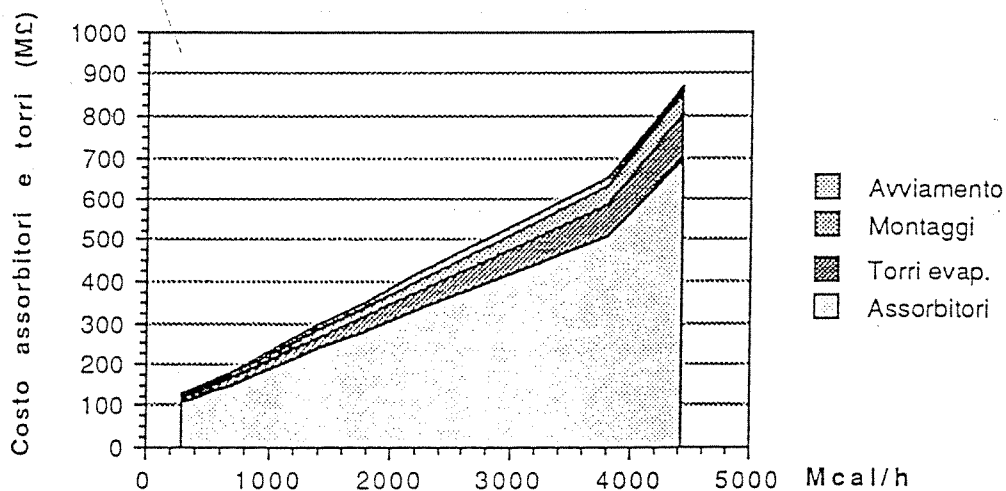


FIG. 15 Costi totali stimati delle macchine ad assorbimento e delle torri evaporative

9. LA DETERMINAZIONE DI UN IPOTETICO TRACCIATO DELLA RETE DI TELERISCALDAMENTO

9.1 INTRODUZIONE

Al fine di valutare la fattibilità tecnico economica della rete di teleriscaldamento che presumibilmente asservirà una zona della provincia di Ancona si è ipotizzato di seguire il percorso indicato in figura 16 (nelle figg. 17-21 sono riportati gli schemi di flusso dell'impianto di teleriscaldamento ipotizzato), eseguendo un calcolo di massima delle dimensioni delle tubazioni da utilizzare.

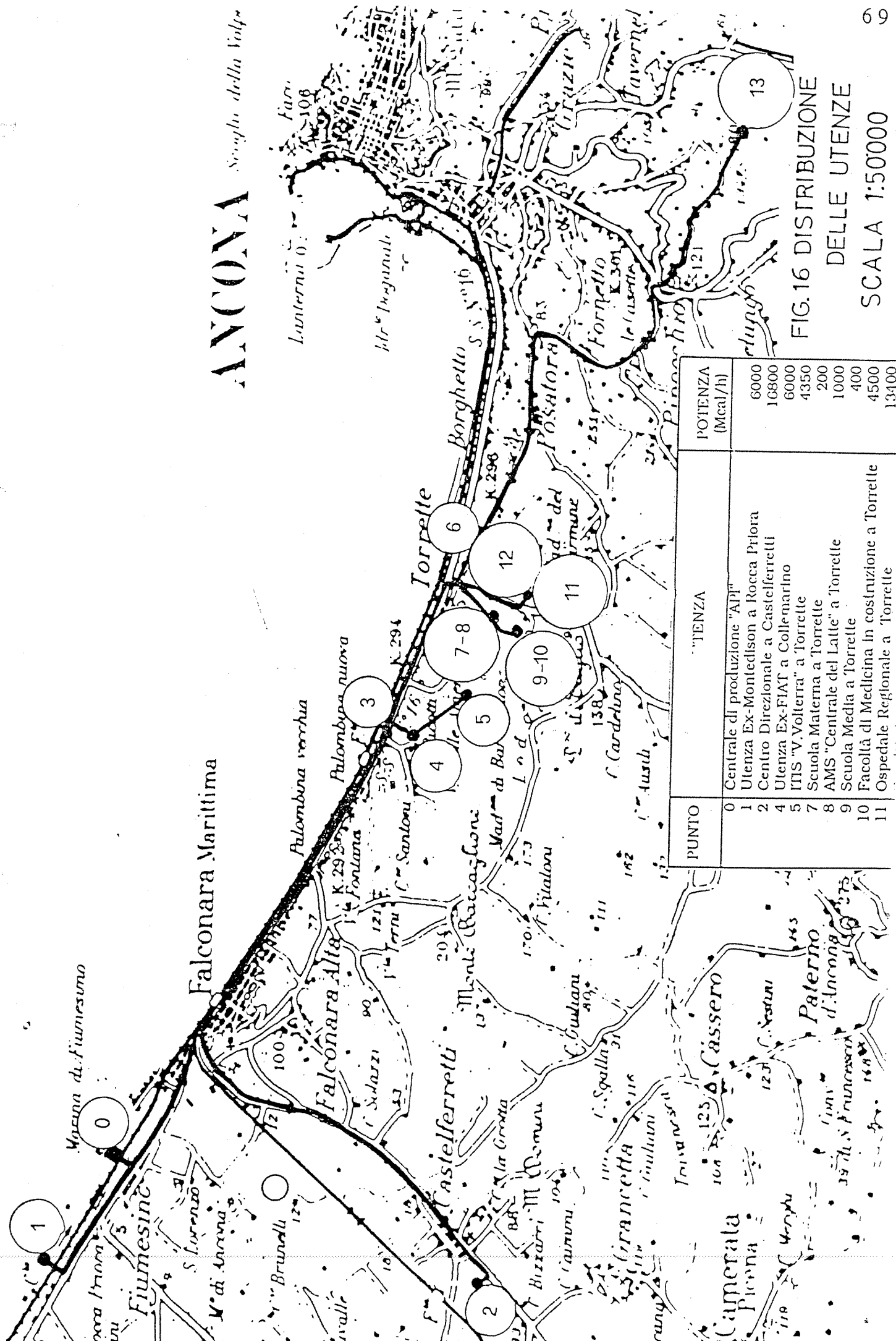
L'attribuzione dei diametri delle condotte è stato effettuato seguendo i criteri di dimensionamento usualmente impiegati nelle reti di teleriscaldamento.

9.2 OGGETTO DELLA FORNITURA

La fornitura della rete di teleriscaldamento sarà in grado di smaltire circa 60 Milioni di kcal/h, sotto forma di acqua calda pressurizzata a 120 °C (demineralizzata e a pH 9), con ritorno a temperatura di 70 °C.

Il sistema di distribuzione sarà costituito da:

- Rete principale che si articola su 3 rami (0-1, 0-2, 0-12) dotato ciascuno di un gruppo di pompaggio a giri variabili (su ciascun ramo è prevista una pompa di riserva a giri fissi), che ha le caratteristiche riportate in tab. 3).
- Rete secondaria che si articola su 1 ramo (12-13) dotato di un gruppo di pompaggio a giri variabili (sul ramo è prevista una pompa di riserva a giri fissi), che ha le caratteristiche riportate in tab. 3.



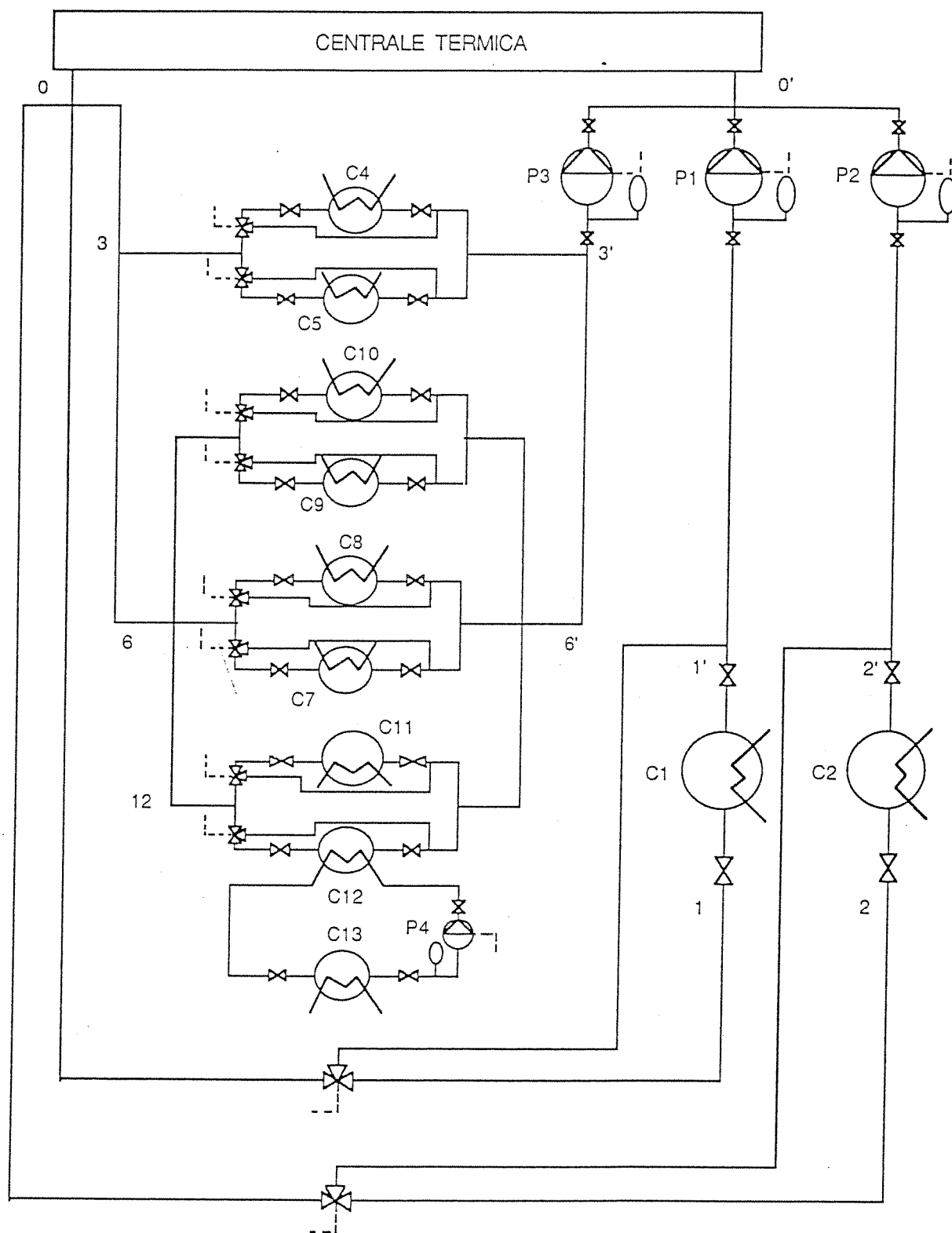


FIG. 17 Schema di flusso impianto di teleriscaldamento

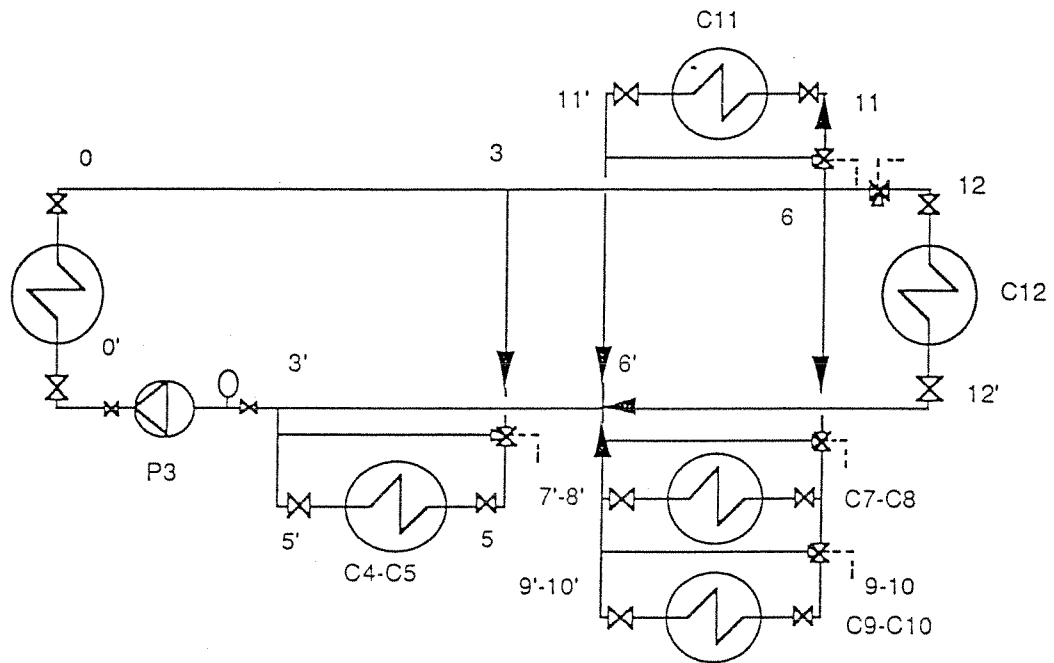


Figura 18 Ramo 0-12 del circuito primario

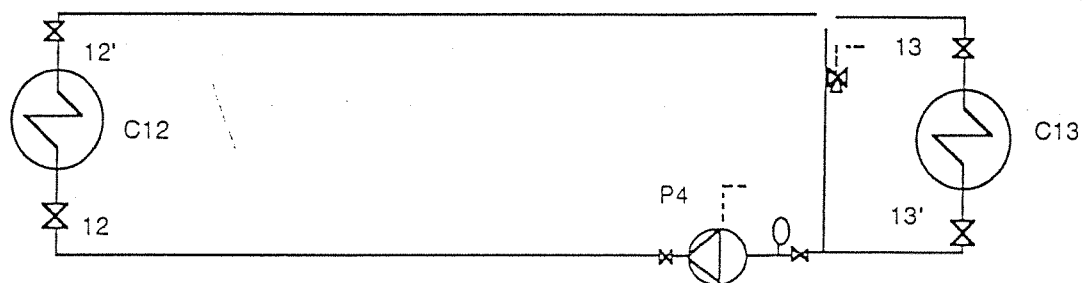


Figura 19 Circuito secundario

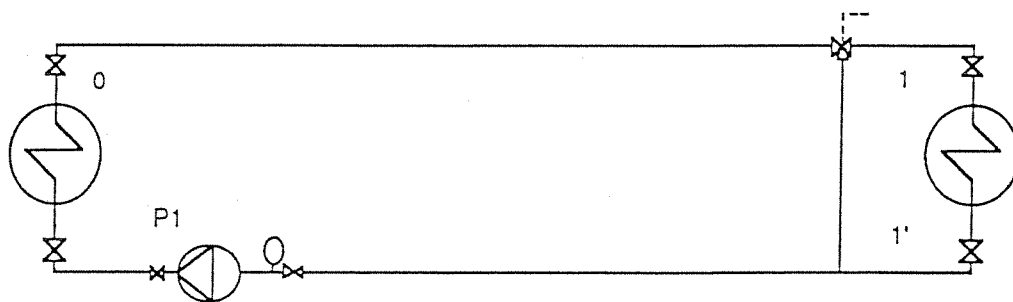


Figura 20 Ramo 0-1 del circuito primario

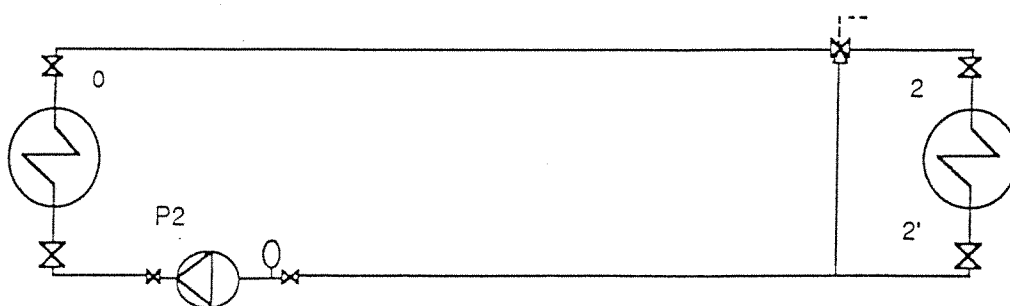


Figura 21 Ramo 0-2 del circuito primario

L'energia termica verrà fornita alle utenze sotto forma di acqua calda pressurizzata (temperatura di mandata 120 °C e temperatura di ritorno 70 °C sul primario, temperatura di mandata 110 °C e temperatura di ritorno 65 °C sul secondario).

Il salto termico di progetto tra mandata e ritorno è stato assunto di 45 °C sul primario e di 40 °C sul secondario, considerando un margine di sicurezza di 5 °C dovuto alle perdite di calore in rete.

Le tubazioni sono previste tutte in esecuzione PN 25.

Le tubazioni di mandata e di ritorno dovranno resistere a temperature massime di 130 °C.

SCAMBIATORI DI CALORE		GRUPPI DI POMPAGGIO		
C1=	6000 Mcal/h	P1= 30 kW	H1= 56 m c.a.	Q1=146 m ³ /h
C2=	16800 Mcal/h	P2=150 kW	H2=102 m c.a.	Q2=412 m ³ /h
C4=	6000 Mcal/h	P3=540 kW	H3=175 m c.a.	Q3=910 m ³ /h
C5=	4350 Mcal/h			
C7=	200 Mcal/h			
C8=	1000 Mcal/h			
C9=	400 Mcal/h			
C10=	4500 Mcal/h			
C11=	C12=	P4= 65 kW	H4= 90 m c.a.	Q4=206 mc/h
13400 Mcal/h	7500 Mcal/h			
C13=	7500 Mcal/h			

TAB. 3 Scambiatori di calore e gruppi di pompaggio

In tabella 4 sono riportati i valori delle pressioni nei vari tratti calcolati considerando l'acqua a temperatura ambiente corrispondente alle condizioni di avviamento considerate le più gravose.

Nei disegni dell'allegato 1 sono riportati i diametri e le lunghezze delle tubazioni utilizzate nei vari tratti.

9.3 CARATTERISTICHE DELLE TUBAZIONI E DEI PEZZI SPECIALI

La rete di distribuzione dovrà comprendere:

- tubazioni in acciaio preisolate;
- pezzi speciali preisolati (tee, curve, riduzioni, valvole d'intercettazione, scarichi e sfiati, qualsiasi altro pezzo necessario a dare continuità al percorso della linea);
- punti fissi preisolati;
- opere civili necessarie al completamento del progetto;
- sistema di segnalazione delle perdite;
- cavi di strumentazione.

La fornitura sarà inoltre completata di tutti i necessari dispositivi per l'assorbimento delle dilatazioni.

Dovrà inoltre essere previsto un adeguato numero di stacchi per le valvole di sfiato aria e i drenaggi di linea.

9.4 CARATTERISTICHE DELLA RETE

Nell'ipotesi di realizzazione dell'intera rete in tubi preisolati interrati la messa in opera della rete stessa dovrà comprendere:

- scavi, reinterri, ripristini;
- montaggio delle tubazioni preisolate direttamente interrate;
- montaggio delle valvole e tubazioni preisolate per sfiati e drenaggi;
- montaggio di tutti gli accessori quali pezzi speciali, dispositivi per assorbimento dilatazioni e valvole d'intercettazione preisolati;

N.IN.	Pressio- ne m c.a.	N.FIN.	Pressio- ne m c.a.	Portata mc/h	DN mm	Lungh. m	Δp linea m c.a.	Δh m c.a.	Δp tot. m c.a.	Cadente m ca/km	Velocità m/s	K	ΔT °C
0	180	3	133	830	450	6000	47	0	47	7,83	1,5	1,3	45
3	133	6	121	600	400	1500	12	0	12	8,00	1,4	1,3	45
6	121	12	121	167	400	-	-	-	-	-	-	1,3	45
12	121	12	79	167	-	-	42	0	42	-	-	1,3	45
6	121	7-8	116	135	200	300	5	0	5	16,66	1,2	1,3	45
7-8	116	9-10	111	27	200	250	5	0	5	20,00	1,0	1,3	45
9-10	111	9-10	89	27	-	-	22	0	22	-	-	1,3	45
7-8	116	7-8	84	108	-	-	32	0	32	-	-	1,3	45
3	133	3* (3-5)	116	230	250	500	17	0	17	34,00	1,3	1,3	45
3*	116	5	110	230	200	500	6	0	6	12,00	2,1	1,3	45
5	110	5	90	230	-	-	20	0	20	-	-	1,3	45
12*	225	13	35	188	300	7500	30	160	190	25,33	0,8	1,3	40
13	35	13	20	188	-	-	15	0	15	-	-	1,3	40
0	61	1	48	134	200	2200	13	0	13	5,91	1,2	1,3	45
1	48	1	33	134	-	-	15	0	15	-	-	1,3	45
0	107	2	71	374	350	5900	36	0	36	6,10	1,1	1,3	45
2	71	2	56	374	-	-	15	0	15	-	-	1,3	45

TAB. 4 Diagramma stimato delle pressioni nei vari tratti della rete di teleriscaldamento ipotizzata

- collegamento dei fili relativi al sistema di rilevazione delle perdite;
- collaudi;
- prove e avviamenti.

I tubi per teleriscaldamento verranno corredati da un sistema per la segnalazione delle avarie funzionante in continuo.

Le tubazioni precoibentate saranno protette passivamente contro la corrosione. Per protezione passiva s'intende isolare elettricamente le condotte nell'ambiente di posa e curando la posa stessa affinché non si verifichino rotture del rivestimento protettivo.

10. ANALISI ECONOMICA

L'analisi economica è stata sviluppata ipotizzando l'uso del calore per il solo teleriscaldamento.

E' da evidenziare che la valutazione degli investimenti inerenti il progetto di teleriscaldamento è stata effettuata sulla scorta di valori di importi unitari forfettizzati derivanti da analisi di costo elaborate per analoghe installazioni e riportati in bibliografia.

Tali valori dipendono, comunque, fortemente da fattori variabili da zona a zona, per cui essi sono difficilmente riducibili ad un sistema. Sottoliniamo perciò che essi possono anche non coincidere con quelli reali, ottenibili in fase di progettazione esecutiva.

Pertanto il preventivo indicato è da considerare un preventivo di massima che dà un'idea abbastanza precisa di quelli che potrebbero essere i costi d'investimento nell'applicazione specifica.

Al fine di valutare la soluzione che economicamente presenta maggiori vantaggi sono state formulate 2 ipotesi:

- caso A) il teleriscaldamento serve tutte le zone indicate in figura 16;
- caso B) il teleriscaldamento serve tutte le zone indicate in figura 16 con esclusione della zona contraddistinta dal punto 13 (Università).

10.1 INVESTIMENTI

Sulla base dei dati raccolti l'investimento complessivo stimato per la realizzazione dell'impianto di teleriscaldamento, con esclusione

dell'eventuale caldaia di riserva, dell'impianto di produzione di energia elettrica e degli assorbitori dell'impianto di teleraffreddamento, ammonta a circa 31578 M£ nel caso A) e 22506 M£ nel caso B).

In tab. 5 sono riportate le principali voci di costo relative ai casi sopra menzionati.

CASO A (totale)		CASO B (esclusa Università)	
VOCE DI COSTO	M£	VOCE DI COSTO	M£
Tubazionimateriali	12615	Tubazioni materiali	9171
Tubaz. posa in opera	13322	Tubaz. posa in opera	9171
Staz. pompaggio pri.	1000	Staz. pompaggio pri.	1000
Scambiatori	2770	Scambiatori	2170
Staz. pompaggio sec.	550		
Ingegneria	813	Ingegneria	617
Collaudi	508	Collaudi	376
Totale	31578	Totale	22506

TAB. 5 Costi indicativi della rete di teleriscaldamento

L'investimento per la realizzazione dell'impianto di teleriscaldamento può considerarsi inclusivo di:

- impianto di pompaggio del calore;
- impianto di distribuzione del calore;
- progettazione esecutiva;
- opere civili;
- montaggi;
- collaudi.

10.2 SPESE D'ESERCIZIO

10.2.1 COMBUSTIBILE, LUBRIFICANTI ED ADDITIVI

La spesa del combustibile dei lubrificanti e degli additivi viene valutata considerando che si ha una penalizzazione nella produzione di energia elettrica (che potrebbe altrimenti essere venduta all'Enel o utilizzata nella Raffineria) nella misura di un MW per ogni 5 milioni di kcal/h prodotte.

10.2.2 ENERGIA ELETTRICA

I costi relativi ai consumi di energia elettrica utilizzata nelle stazioni di pompaggio e ripompaggio sono stati valutati considerando un fattore di utilizzo dell'impianto (rapporto tra la potenza termica media e quella massima a disposizione) di 0,7, un coefficiente di contemporaneità di utenza di 0,75 nel caso A), e 0,77 nel caso B), un coefficiente correttivo per tener conto della produzione di acqua sanitaria nel periodo estivo di 1,1, un periodo di riscaldamento di 166 gg/a per 9 h/gg ed un costo medio del kWh di 150 £.

Nel caso A) si ottiene:

$$C_{EE}^{\text{caso A)}} = 785 \text{ kW} \times 0,7 \times 0,75 \times 166 \text{ gg/a} \times 9 \text{ h/gg} \times 1,1 \times 10^{-6} \text{ M£/£} \times 150 \text{ £/kWh} = 102 \text{ M£/a}$$

Nel caso B) si ottiene:

$$C_{EE}^{\text{caso B)}} = 720 \text{ kW} \times 0,7 \times 0,77 \times 166 \text{ gg/a} \times 9 \text{ h/gg} \times 1,1 \times 10^{-6} \text{ M£/£} \times 150 \text{ £/kWh} = 96 \text{ M£/a}$$

10.2.3 PERSONALE

Si ipotizza che l'esercizio dell'impianto venga effettuato nel caso A) con l'impiego di una unità al 2° anno di vita economica dell'investimento e di 4 unità a partire dal 3° anno nel periodo invernale, di una unità al 2°

anno e di 2 unità a partire dal 3° anno nel periodo estivo; nel caso B) si ipotizza che l'esercizio dell'impianto venga effettuato con l'impiego di una unità al 2° anno e di 3 unità a partire dal 3° anno nel periodo invernale, di una unità al 2° anno e di 2 unità a partire dal 3° anno nel periodo estivo. Pertanto tali unità saranno impegnate soltanto part time. Per tale motivo si ipotizza un costo medio di 25 M£/a per ciascuna unità nel periodo di riferimento.

10.2.4 SPESE GENERALI E DI MANUTENZIONE

Le spese generali (bollettazione, consumi, gestione rapporti con l'utenza, ecc.) sono valutate nel 30% max del costo del personale, a partire dal 3° anno (cioè dal 1° anno ipotizzato di esercizio della centrale).

Le spese di manutenzione sono state calcolate in percentuale sull'importo degli impianti, variabile dallo 0,1% a partire dal 4° anno, sino all' 1% al 10° anno e negli anni successivi.

10.3 RICAVI

10.3.1 CONTRIBUTI DI ALLACCIAMENTO

Adottando criteri di rapporto con l'utenza seguiti in realizzazioni simili di teleriscaldamento urbano non tutto l'onere per la realizzazione degli allacciamenti e delle sottocentrali di scambio è considerato a carico di chi effettua l'investimento.

Si prevede che l'utente contribuirà mediamente al 50% dei costi previsti per la fornitura l'assemblaggio e l'installazione degli scambiatori di calore (anche nel caso in cui si usufruisca di contributi in conto capitale si considera che l'utente contribuirà al 50% dei costi previsti

per la fornitura, l'assemblaggio e l'installazione degli scambiatori di calore).

10.3.2 VENDITA DEL CALORE

I ricavi derivanti dalla vendita del calore per teleriscaldamento (con esclusione del calore venduto per teleraffreddamento) e' per la produzione di acqua calda igienico sanitaria sono stati calcolati applicando la tariffa binomia che tiene conto della quota di consumo, al netto delle imposte, con prezzo medio di vendita del gas naturale di 65 £/Mcal e del corrispettivo d'impegno con quota fissa di impegno di 2870 £/mese per m³/h).

Considerando un fattore di utilizzo dell'impianto (rapporto tra la potenza termica media e quella massima a disposizione) di 0,7, un coefficiente di contemporaneità di utenza di 0,75, nel caso A), e 0,77 nel caso B), un coefficiente correttivo per tener conto della produzione di acqua sanitaria nel periodo estivo di 1,1, un periodo di riscaldamento di 166 gg/a per 9 h/gg si ottiene nel caso A), per quanto riguarda gli introiti derivanti dal corrispettivo di consumo:

$$R1_{cal}^{caso A)} = 60150 \text{ Mcal/h} \times 0,7 \times 0,75 \times 166 \text{ gg/a} \times 9 \text{ h/gg} \times 1,1 \times 10^{-6} \text{ M£/£} \times 65 \text{ £/Mcal} = 3373 \text{ M£}$$

Per quanto riguarda gli introiti derivanti dal corrispettivo d'impegno, si ottiene nel caso A):

$$R2_{cal}^{caso A)} = \frac{60150 \text{ Mcal/h} \times 2870 \text{ £/m}_3^3\text{/h-mese} \times 12 \text{ mesi/a}}{8,25 \text{ Mcal/m}_3^3} = 251 \text{ M£/a}$$

Il valore complessivo dei ricavi, al netto delle imposte, risulta pertanto pari a 3624 M£/a.

Per quanto riguarda gli introiti derivanti dal corrispettivo di consumo nel caso B) si ottiene:

$$R1_{cal}^{caso B)} = 52650 \text{ Mcal/h} \times 0.7 \times 0.77 \times 166 \text{ gg/a} \times 9 \text{ h/gg} \times 1.1 \times 10^{-6} \text{ M£/£} \times 65 \text{ £/Mcal} = 3031 \text{ M£/a}$$

Per quanto riguarda gli introiti derivanti dal corrispettivo d'impegno, si ottiene nel caso B):

$$R2_{cal}^{caso B)} = \frac{52650 \text{ Mcal/h} \times 2870 \text{ £/m}_3^3/\text{h} \cdot \text{mese} \times 12 \text{ mesi/a}}{8.25 \text{ Mcal/m}_3^3} = 220 \text{ M£/a}$$

Il valore complessivo dei ricavi, al netto delle imposte, risulta pertanto pari a 3251 M£/a.

10.4 VERIFICA ECONOMICA

La verifica economica è condotta con il metodo dell'NPV che consiste nel riportare ad uno stesso anno di riferimento (nel caso in esame il primo anno di vita economico previsto per l'investimento) gli importi derivanti da operazioni effettuate in anni diversi. In questa maniera introiti e costi riferiti a date diverse si possono considerare equivalenti se attualizzate con la relazione indicata nel capitolo 4..

L'indice di aumento dei prezzi dell'energia è stato fissato nell'8 %, l'indice di inflazione è stato fissato nel 6%, il tasso nominale di sconto è stato fissato nel 13%.

Il periodo di verifica economica dell'investimento è di 25 anni, periodo considerato plausibile per questo tipo di impianti.

Nei prospetti di seguito riportati sono state indicate le seguenti voci:

- ANNO (che indica il periodo di verifica economica dell'investimento);
- INV. (che indica l'entità degli investimenti effettuati);
- SPESE D'ESERCIZIO (che indica tutte le voci di costo d'esercizio incrementate attraverso un opportuno indice di aumento dei prezzi);
- INTROITI (che indica la totalità dei ricavi incrementati attraverso un opportuno indice di aumento dei prezzi);
- CFL (flusso di cassa lordo attualizzato);
- A (ammortamento attualizzato);
- NPV (risultato economico attualizzato);
- PBP (tempo di ritorno dell'investimento);
- IRR (tasso di redditività attualizzato).

Il calcolo del flusso di cassa netto attualizzato (indicato sotto la voce NPV annuo, indicato anche come CFN) è dato dalla seguente formula:

$$CFN = CFL(1-t) + t \cdot A$$

ove t è il coefficiente di prelievo fiscale.

Da tali prospetti si evidenziano i risultati dell'NPV che si riferiscono ai due casi: A (vedi tab. 6) e B (vedi tabb. 7 e 8).

In tab. 8 è descritto il risultato dell'analisi economica condotta sul caso B considerando di usufruire dei contributi in conto capitale (nella misura massima del 40%), ammessi per impianti di cogenerazione e teleriscaldamento dalla legge 10/'91.

Si sottolinea che i risultati economici sono stati ottenuti ipotizzando un coefficiente di prelievo fiscale uguale al 45%, un coefficiente di ammortamento ordinario uguale al 4,5% ed un coefficiente di ammortamento anticipato uguale al 4,5% per il primo anno di

funzionamento dell'impianto, un coefficiente di ammortamento ordinario uguale al 9% ed un coefficiente di ammortamento anticipato uguale al 9% a partire dal 2° anno di funzionamento dell'impianto.

Dall'analisi dei risultati ivi esposti si evidenzia che la fattibilità dell'iniziativa è verificata solo nel caso B). In questa situazione, ipotizzando di usufruire di contributi da parte dello Stato, il PBP risulta di 15 anni, con NPV uguale a 4743 M£ e l'IRR circa uguale al 17 %.

Si osserva peraltro che il calcolo di verifica economica dell'investimento è stato effettuato sulla base di un'ipotetico anche se plausibile percorso di rete e sulla completa saturazione dell'utenza pubblica acquisibile sul territorio per il solo teleriscaldamento. Pertanto ipotesi diverse da quelle assunte possono dare risultati anche molto differenti.

Resta comunque il fatto che la scelta effettuata, pur con le limitazioni indicate nel capitolo 10., è da considerarsi utile strumento per avere una stima di massima della bontà dell'investimento.

A N N O	I N V. (M £)	SPESE D'ESERCIZIO (M £)					INTROITI (M £)			CFL (1-4) i=13 % (M £)		t A i=13 % (M £)	NPV i=13 % (M £)	
		En.el. h=8 %	Comb. e altro f=8 %	Pers. e manut. f=6 %	Tot. spese esercizio	Contr. allac. h=6 %	Calore h=8 %	Tot. introiti	(M £)	(M £)	Annuo		Progres.	
1°	-23683	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-23683	-23683	
2°	-7894	0	0	-53	-53	0	0	0	-29	0	0	-7012	-30695	
3°	0	-118	-1111	-219	-1449	778	4227	5006	1956	1279	1279	2533	-28162	
4°	0	-128	-1200	-252	-1581	275	4566	4841	1793	2558	2558	3015	-25146	
5°	0	-138	-1296	-299	-1734	291	4931	5222	1919	2558	2558	2745	-22401	
6°	0	-149	-1400	-352	-1901	309	5325	5634	2053	2558	2558	2503	-19898	
7°	0	-161	-1512	-409	-2082	0	5751	5751	2018	2558	2558	2198	-17700	
8°	0	-174	-1633	-471	-2279	0	6212	6212	2163	2558	2558	2007	-15694	
9°	0	-188	-1764	-540	-2492	0	6708	6708	2319	142	142	926	-14768	
10°	0	-203	-1905	-615	-2723	0	7245	7245	2487	0	0	828	-13940	
11°	0	-219	-2057	-652	-2929	0	7825	7825	2693	0	0	793	-13147	
12°	0	-237	-2222	-691	-3150	0	8451	8451	2915	0	0	760	-12387	
13°	0	-256	-2399	-733	-3388	0	9127	9127	3156	0	0	728	-11659	
14°	0	-276	-2591	-777	-3645	0	9857	9857	3417	0	0	698	-10961	
15°	0	-298	-2799	-824	-3921	0	10645	10645	3699	0	0	668	-10293	
16°	0	-322	-3023	-873	-4218	0	11497	11497	4004	0	0	640	-9653	
17°	0	-348	-3264	-925	-4538	0	12417	12417	4333	0	0	613	-9039	
18°	0	-376	-3525	-981	-4882	0	13410	13410	4690	0	0	587	-8452	
19°	0	-406	-3807	-1040	-5253	0	14483	14483	5076	0	0	563	-7890	
20°	0	-438	-4112	-1102	-5653	0	15642	15642	5494	0	0	539	-7351	
21°	0	-474	-4441	-1168	-6083	0	16893	16893	5945	0	0	516	-6835	
22°	0	-511	-4796	-1239	-6546	0	18244	18244	6434	0	0	494	-6341	
23°	0	-552	-5180	-1313	-7045	0	19704	19704	6962	0	0	473	-5868	
24°	0	-596	-5594	-1392	-7583	0	21280	21280	7534	0	0	453	-5415	
25°	0	-644	-6042	-1476	-8161	0	22983	22983	8152	0	0	434	-4981	

TAB. 6 Analisi economica sotto l'ipotesi che il teleriscaldamento serva tutte le zone indicate in fig. 17

A N N O	I N V. (M £)	SPESE D'ESERCIZIO (M £)					INTROITI (M £)			CFL (I-I) i=13 %		I A i=13 %		NPV i=13% (M £)	
		En.el. h=8 %	Comb. e altro f=8 %	Pers. e manut. f=6 %	Tot. spese esercizio	Contr. allac. h=6 %	Calore h=8 %	Tot. introiti	(M £)	(M £)	Annuo	Progres.			
1°	-16879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-16879	-16879			
2°	-5626	0	0	-53	-53	0	0	0	-29	0	-5005	-21884			
3°		-112	-962	-183	-1256	610	3792	4402	1730	911	2069	-19815			
4°		-121	-1039	-209	-1367	215	4096	4311	1619	1823	2385	-17430			
5°		-130	-1122	-244	-1496	228	4423	4652	1736	1823	2182	-15248			
6°		-141	-1212	-284	-1636	242	4777	5019	1861	1823	1999	-13248			
7°		-152	-1308	-327	-1787	0	5159	5159	1855	1823	1766	-11482			
8°		-164	-1413	-374	-1951	0	5572	5572	1991	1823	1621	-9860			
9°		-177	-1526	-426	-2129	0	6018	6018	2139	101	843	-9018			
10°		-191	-1648	-484	-2323	0	6499	6499	2297	0	765	-8253			
11°		-207	-1780	-512	-2499	0	7019	7019	2486	0	732	-7521			
12°		-223	-1923	-542	-2688	0	7581	7581	2691	0	701	-6819			
13°		-241	-2076	-575	-2893	0	8187	8187	2912	0	672	-6147			
14°		-260	-2242	-610	-3112	0	8842	8842	3151	0	643	-5504			
15°		-281	-2422	-646	-3349	0	9549	9549	3410	0	616	-4888			
16°		-303	-2616	-685	-3604	0	10313	10313	3690	0	590	-4298			
17°		-328	-2825	-727	-3879	0	11138	11138	3993	0	565	-3733			
18°		-354	-3051	-770	-4175	0	12029	12029	4320	0	541	-3192			
19°		-382	-3295	-816	-4493	0	12992	12992	4674	0	518	-2674			
20°		-413	-3558	-865	-4836	0	14031	14031	5057	0	496	-2178			
21°		-446	-3843	-917	-5206	0	15154	15154	5471	0	475	-1703			
22°		-482	-4151	-972	-5604	0	16366	16366	5919	0	455	-1249			
23°		-520	-4483	-1031	-6033	0	17675	17675	6403	0	435	-814			
24°		-562	-4841	-1092	-6495	0	19089	19089	6927	0	417	-397			
25°		-607	-5229	-1158	-6993	0	20616	20616	7493	0	399	2			

TAB. 7 Analisi economica nel caso in cui il teleriscaldamento serva tutte le zone indicate in fig. 17 con esclusione del polo n. 13

ANNO	I N V. (M£)	SPESA D'ESERCIZIO (M£)				INTROITI (M£)			CFL (I-I) i=13 %		NPV i=13 % (M£)	
		En.el. h=8 %	Comb. e altro f=8 %	Pers. e manut. f=6 %	Tot. spese esercizio	Contr. allac. h=6 %	Calore h=8 %	Tot. introiti	(M£)	(M£)	Annuo	Progres.
1°	-16879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-16879	-16879
2°	-5626	0	0	-53	-53	0	0	0	-29	0	-5005	-21884
3°	9002	-112	-962	-183	-1256	610	3792	4402	1730	547	8833	-13051
4°	0	-121	-1039	-209	-1367	215	4096	4311	1619	1094	1880	-11171
5°	0	-130	-1122	-244	-1496	228	4423	4652	1736	1094	1735	-9436
6°	0	-141	-1212	-284	-1636	242	4777	5019	1861	1094	1604	-7832
7°	0	-152	-1308	-327	-1787	0	5159	5159	1855	1094	1416	-6416
8°	0	-164	-1413	-374	-1951	0	5572	5572	1991	1094	1311	-5104
9°	0	-177	-1526	-426	-2129	0	6018	6018	2139	61	827	-4277
10°	0	-191	-1648	-484	-2323	0	6499	6499	2297	0	765	-3512
11°	0	-207	-1780	-512	-2499	0	7019	7019	2486	0	732	-2780
12°	0	-223	-1923	-542	-2688	0	7581	7581	2691	0	701	-2078
13°	0	-241	-2076	-575	-2893	0	8187	8187	2912	0	672	-1407
14°	0	-260	-2242	-610	-3112	0	8842	8842	3151	0	643	-763
15°	0	-281	-2422	-646	-3349	0	9549	9549	3410	0	616	-147
16°	0	-303	-2616	-685	-3604	0	10313	10313	3690	0	590	-443
17°	0	-328	-2825	-727	-3879	0	11138	11138	3993	0	565	1008
18°	0	-354	-3051	-770	-4175	0	12029	12029	4320	0	541	1549
19°	0	-382	-3295	-816	-4493	0	12992	12992	4674	0	518	2067
20°	0	-413	-3558	-865	-4836	0	14031	14031	5057	0	496	2563
21°	0	-446	-3843	-917	-5206	0	15154	15154	5471	0	475	3038
22°	0	-482	-4151	-972	-5604	0	16366	16366	5919	0	455	3492
23°	0	-520	-4483	-1031	-6033	0	17675	17675	6403	0	435	3927
24°	0	-562	-4841	-1092	-6495	0	19089	19089	6927	0	417	4344
25°	0	-607	-5229	-1158	-6993	0	20616	20616	7493	0	399	4743
PBP =										15 anni	NPV = 4743 M£	
											IRR circa = 17 %	

TAB. 8 Analisi economica nel caso in cui il teleriscaldamento serva tutte le zone indicate in fig. 17, con esclusione della zona contraddistinta dal polo n. 13, sotto l'ipotesi che si usufruisca di contributi in conto capitale del 40%

ALLEGATO 1

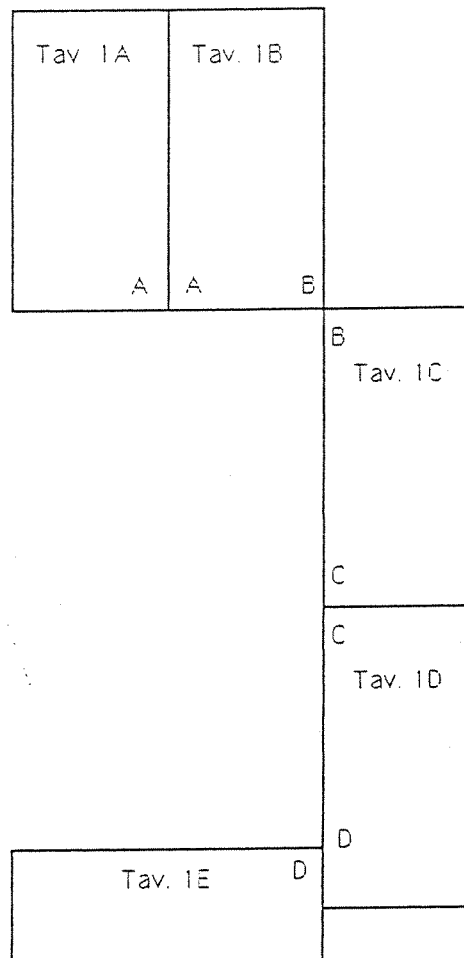
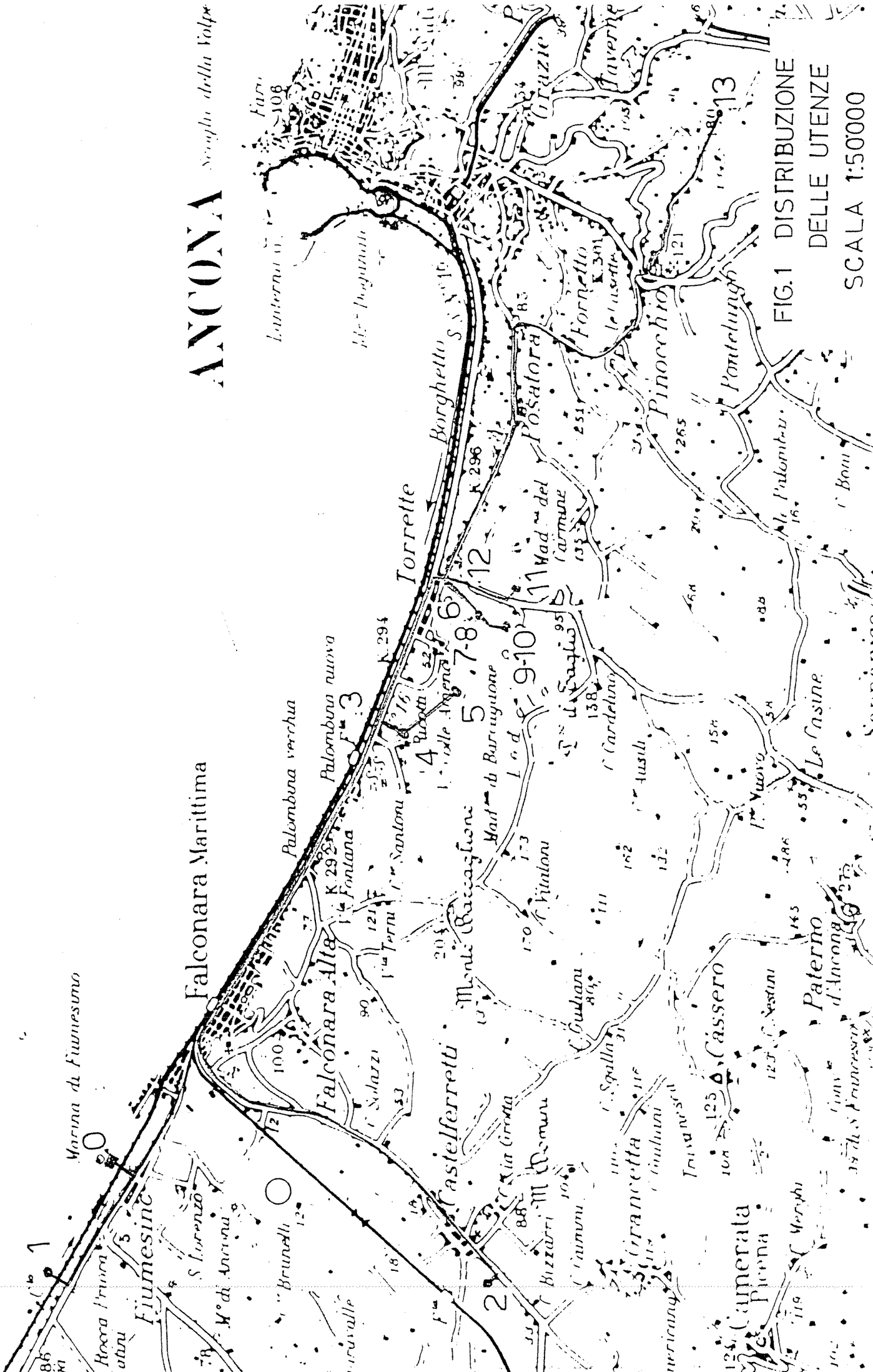


Tavola 1 Scala 1:5000

irina di Montemarciano

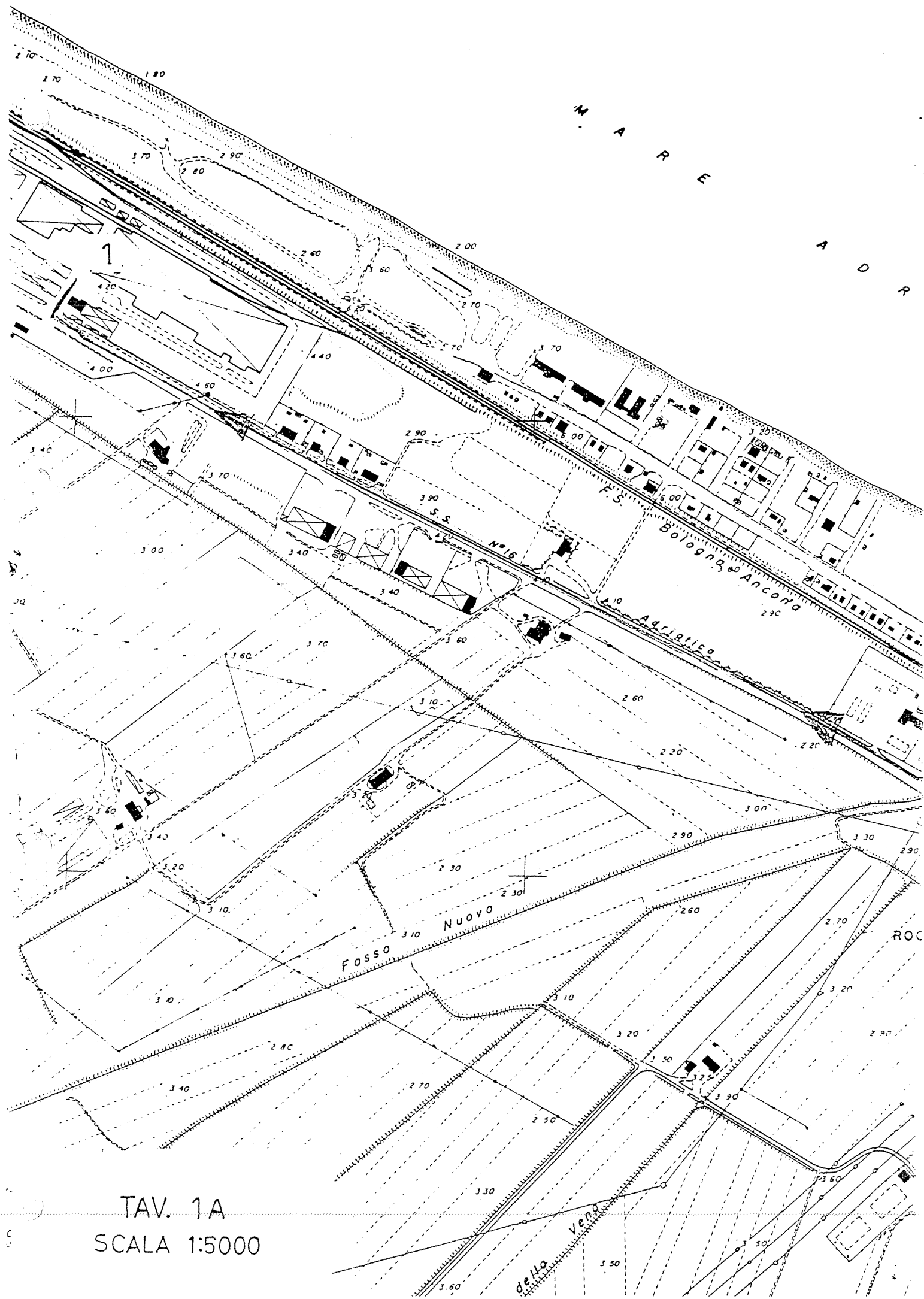


Falconara Marittima

ANCONA

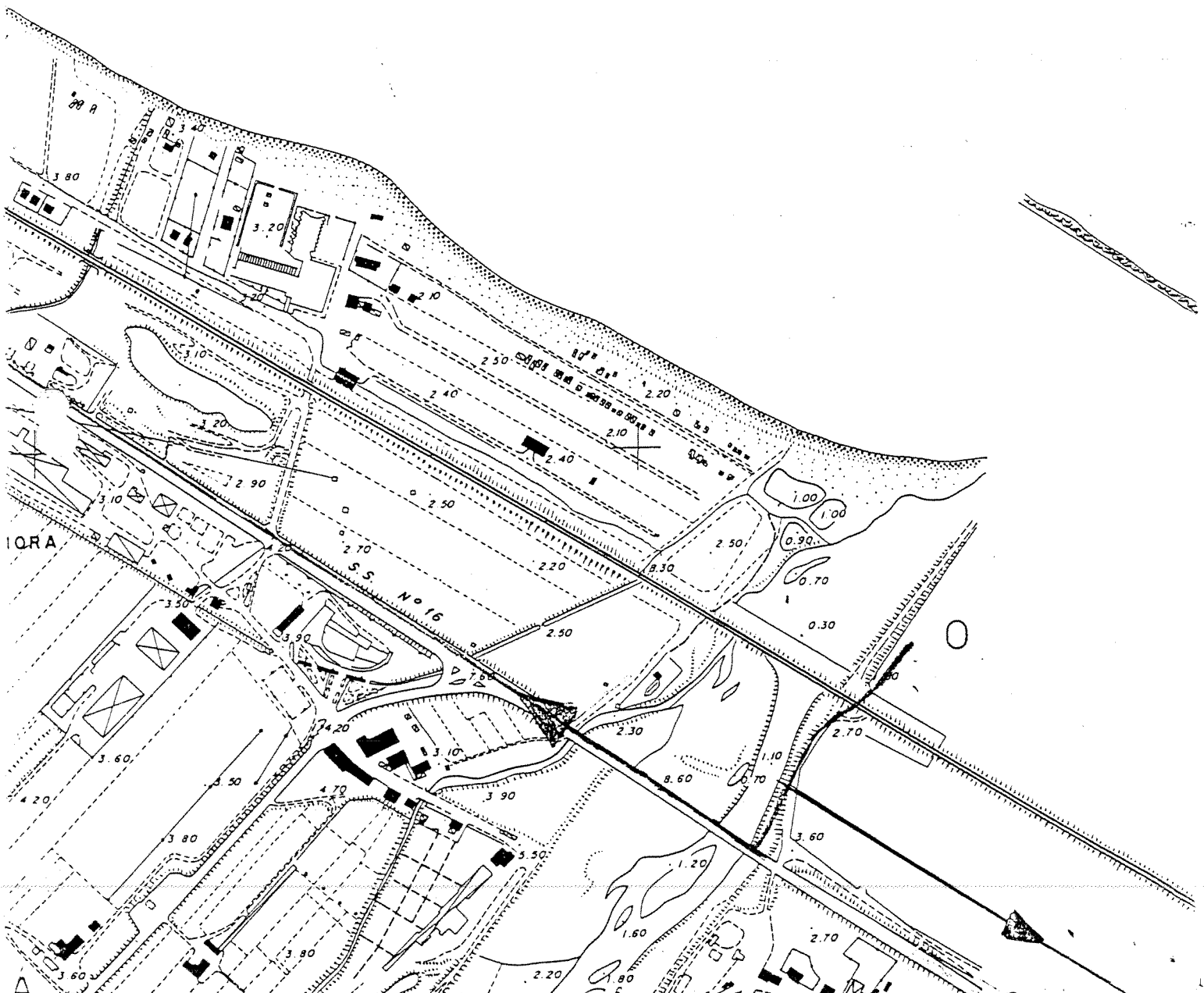
Scoglio della Volpe

TAV. 1A
SCALA 1:5000

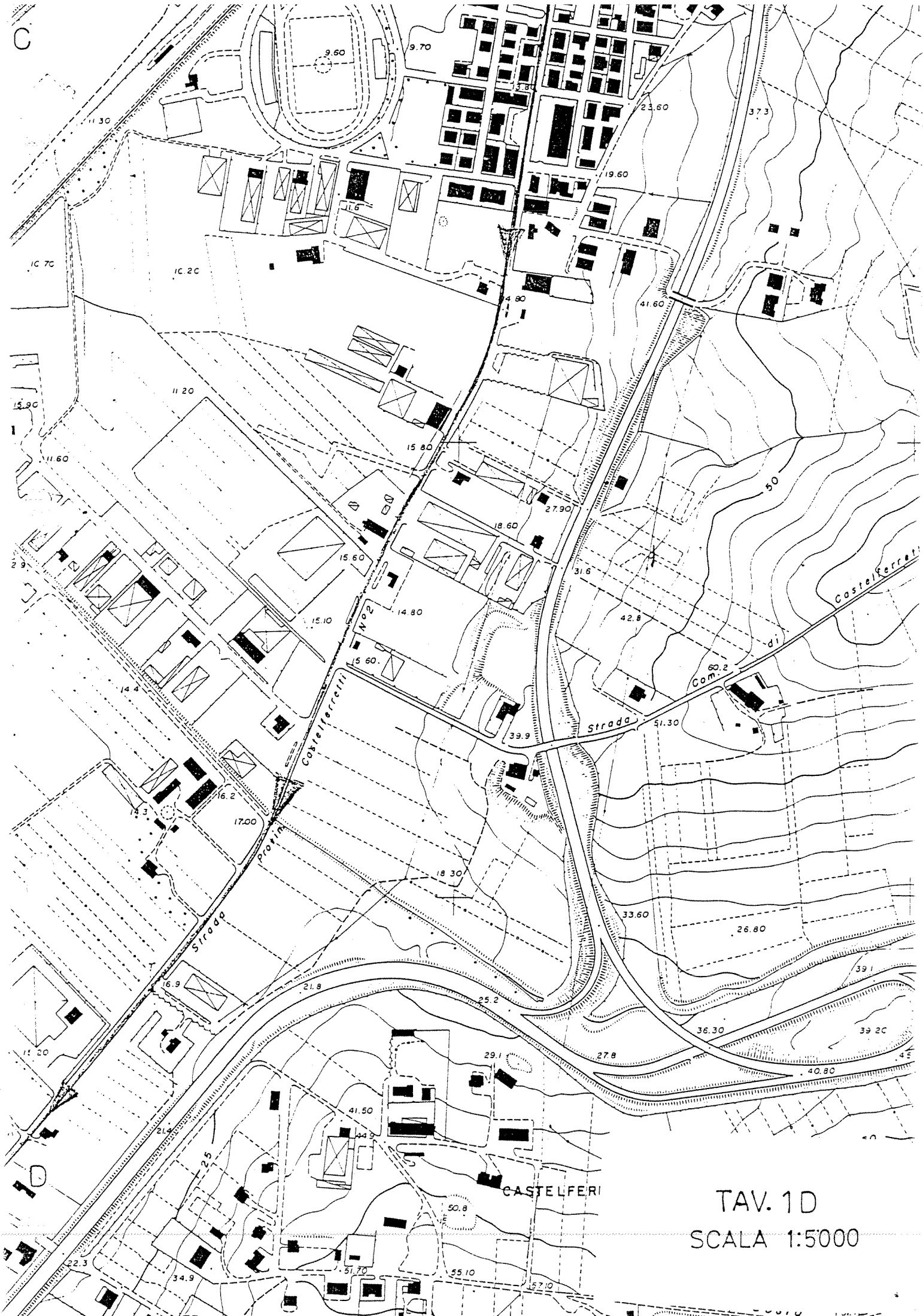


TAV. 1 B
SCALA 1:5000

A
T
I
C
O

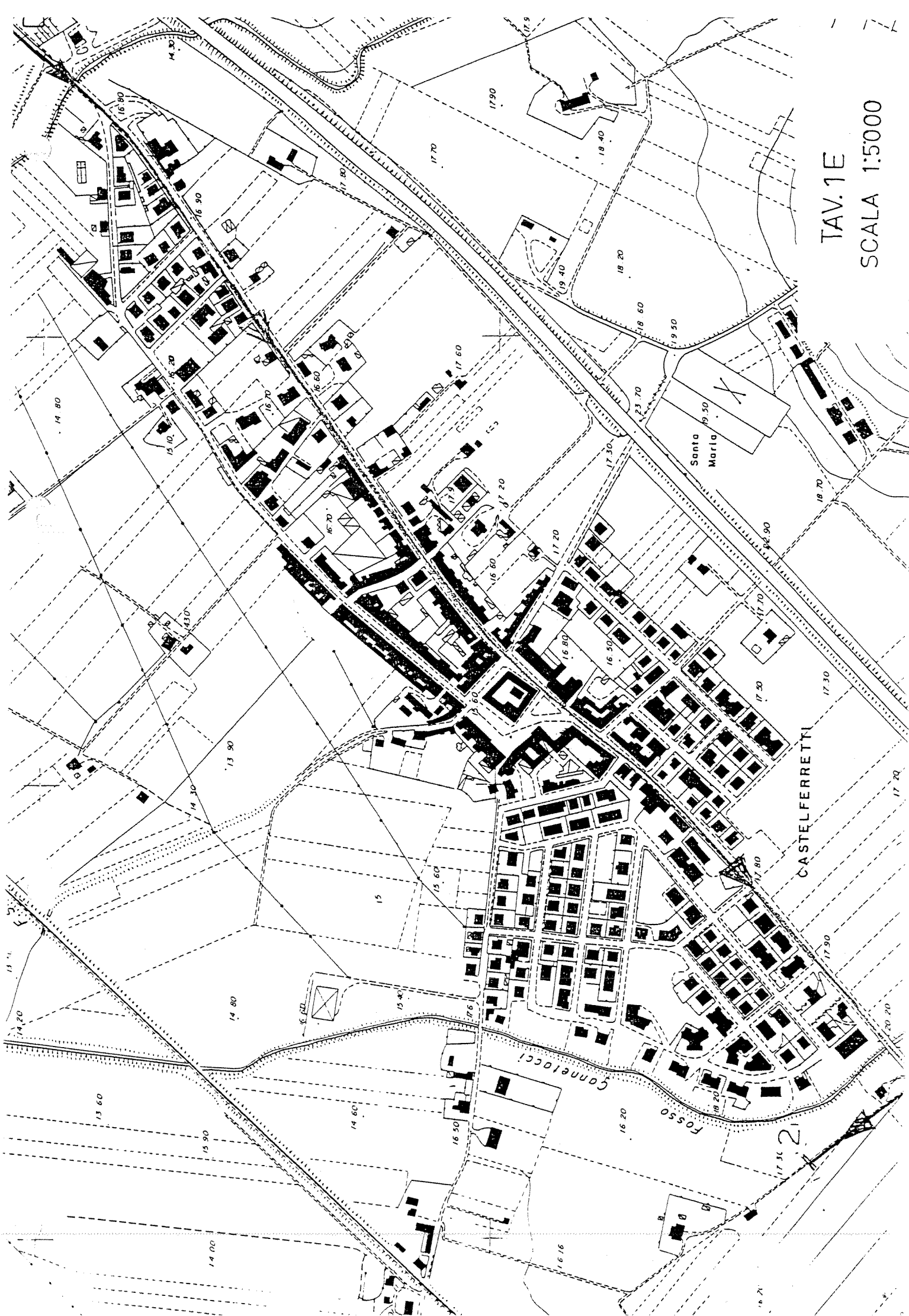






TAV. 1D
SCALA 1:5000

SCALA 1:5000



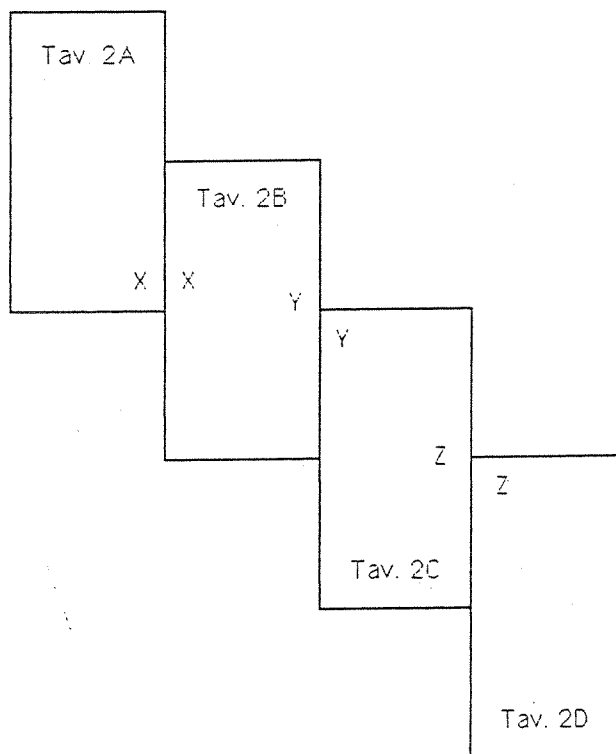
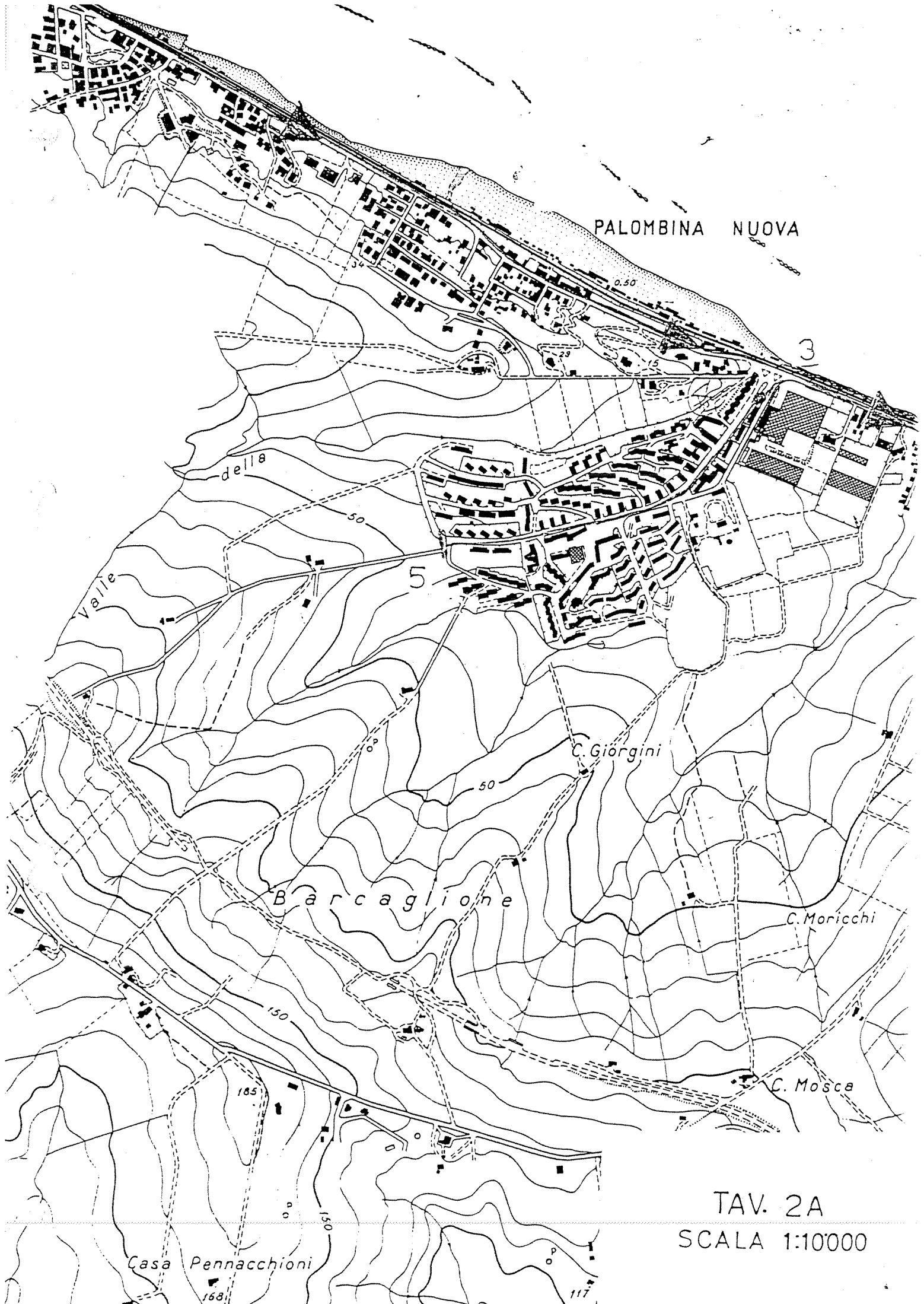
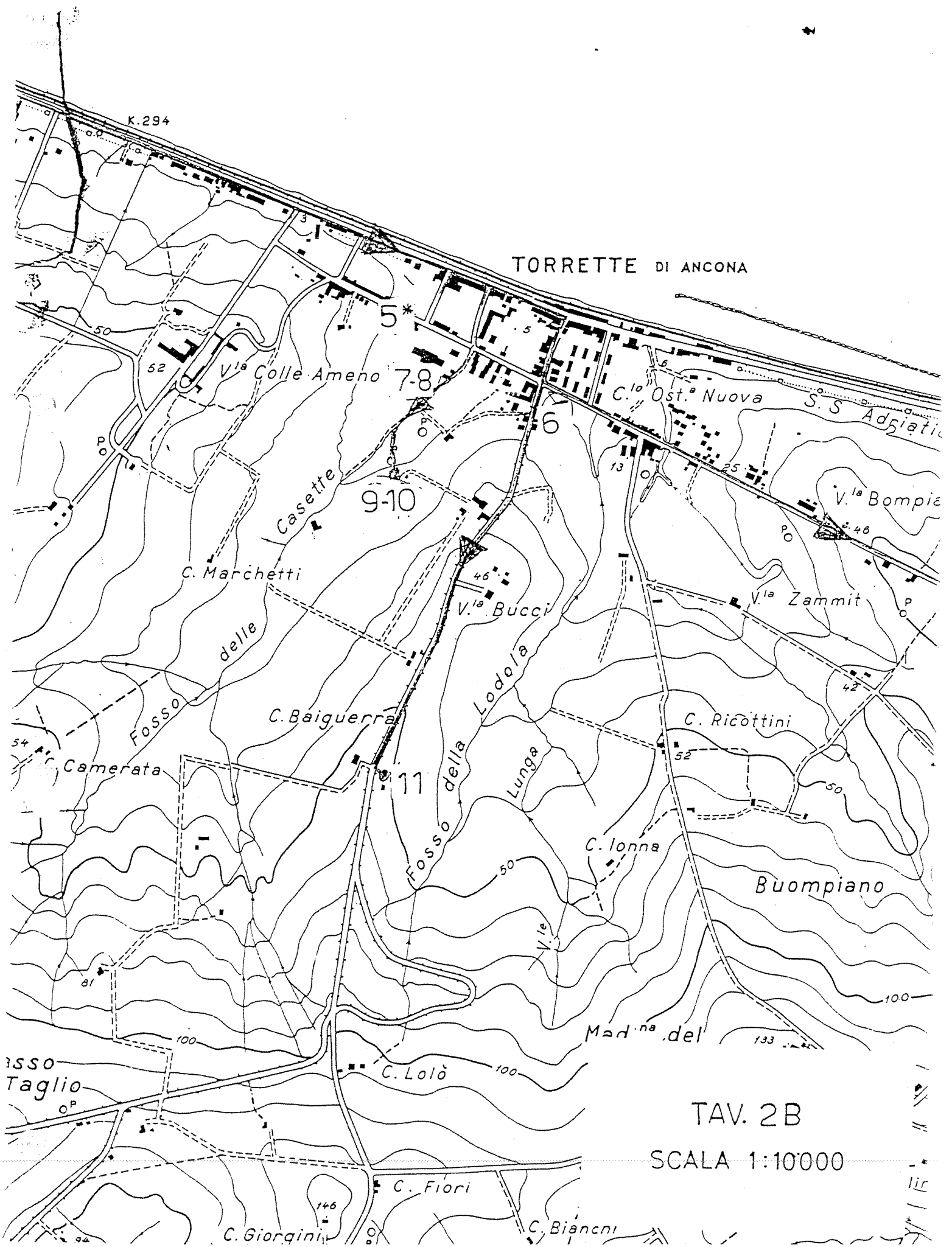
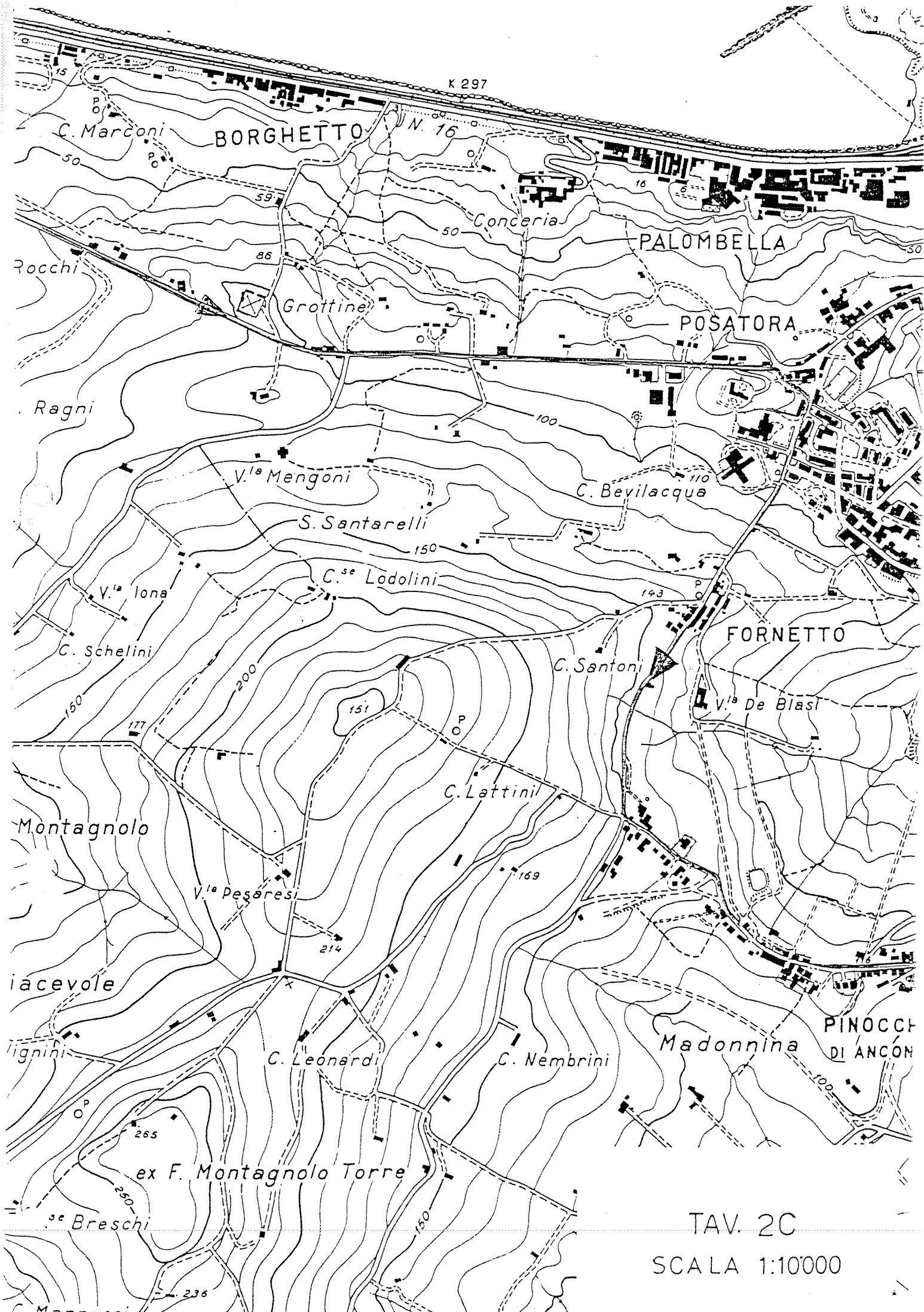


Tavola 2 Scala 1:10000



TAV. 2A
SCALA 1:10000





TAV. 2C

SCALA 1:10'000