

Saras SpA



Raffineria
Sede legale

I-09018 Sarroch (Cagliari)
S.S. Sulcitana n.195 - Km.19°
Telefono 070 90911
Fax 070 900209



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
e del Mare - Direzione Salvaguardia Ambientale

E.prot DSA - 2009 - 0023457 del 07/09/2009

Spett.le
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale
Divisione VI
Rischio Industriale - Prevenzione e Controllo Integrati dell'Inquinamento
Via Cristoforo Colombo, 44 - 00147 Roma (RM)
c.a. dott. Giuseppe LO PRESTI

e p.c.

Spett.le
ISPRA
Servizio Interdipartimentale per l'Indirizzo
il Coordinamento e il Controllo delle Attività Ispettive
Via Vitaliano Brancati, 47 - 00144 Roma (RM)
c.a. ing. Alfredo PINI

000183

Spett.le
ARPAS
Direzione Tecnico-Scientifica
Via Palabanda, 9 - 09100 Cagliari (CA)
c.a. dott. Antonio Nicolò CORRAINE

Spett.le
ARPAS
Dipartimento di Cagliari
Viale Ciusa, 6 - 09100 Cagliari (CA)
c.a. dott. Massimo CAPPALÀ



Sarroch, 31 agosto 2009

Oggetto: Modifiche non sostanziali dell'Autorizzazione Integrata Ambientale

Riferimento: DSA-DEC-2009-000230 del 24.03.2009 - Autorizzazione Integrata Ambientale dell'impianto complesso "Raffineria e Impianto di Gassificazione a Ciclo Combinato (IGCC) della società Saras S.p.A sito in Sarroch (CA)

Con riferimento all'oggetto il sottoscritto Guido Grosso, gestore dell'impianto complesso "Raffineria e Impianto di Gassificazione a Ciclo Combinato (IGCC)" della società Saras S.p.A, trasmette in allegato:

1. Studio di fattibilità per la messa in esercizio di un misuratore in continuo della temperatura di combustione dei gas bruciati in torcia, come richiesto al punto 5 "emissioni convogliate in aria" pagina 33 del Parere Istruttorio, per il quale si allega

Direzione generale
Sede amministrativa
I-20122 Milano
Galleria de Cristoforis 8
Telefono 02 77371
Fax 02 76020640

Direzione relazioni pubbliche e
affari amministrativi
I-00187 Roma
Salita S. Nicola da Tolentino 1/B
Telefono 06 4203521
Fax 06 42035222

Cap. Soc. Euro 54.629.666,67 int. vers.
Reg. Imprese Cagliari, Cod. Fisc. e
P. Iva 00136440922



fotocopia della ricevuta del versamento di 2.000 €, come indicato nell'allegato III del Decreto interministeriale del 24 aprile del 2008;

2. Studio di fattibilità e relazione tecnica sul sistema di recupero vapori da adottare presso il terminale marittimo, come richiesto al punto 5 "emissioni convogliate in aria" pagina 34 del Parere Istruttorio, per il quale si allega fotocopia della ricevuta del versamento di 2.000 €, come indicato nell'allegato III del Decreto interministeriale del 24 aprile del 2008.

Restando a disposizione per qualsivoglia chiarimento in merito, porgiamo

Cordiali saluti

SARAS SpA
Il Direttore di Raffineria
Ing. Guido Grosso

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name 'G. Grosso' written in a cursive, stylized script.



SARAS SpA

Allegato 1



SARAS SpA

Emissioni convogliate in aria

Torçe di stabilimento



SARAS SpA

PREMESSA

Il Parere Istruttorio allegato al decreto di Autorizzazione Integrata Ambientale (U. prot.DSA-DEC-2009-0000230 del 24/03/2009) prevede che il Gestore dell'impianto "Raffineria e Impianto di Gassificazione a Ciclo Combinato (IGCC)" della Società Saras SpA provveda a trasmettere all'Autorità Competente e all'Ente di controllo uno studio di fattibilità per la verifica della temperatura di combustione della fiamma in torcia, con misuratore in continuo.

Si riporta in allegato lo studio di fattibilità fondato sulla ricerca di metodiche e tecnologie disponibili sul mercato per la misura in continuo della temperatura di fiamma.

In particolare sulla base di uno studio delle tecnologie esistenti e delle informazioni raccolte dalle ditte produttrici sono state individuate e valutate le seguenti tecniche per la misura di temperatura di torcia in continuo in loco o da remoto:

- sistemi locali;
- sistemi pirometrici remoti;
- termocamere IR
- telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile.

In sintesi si deve rilevare che il mercato non offre ancora soluzioni completamente definite e sufficientemente testate per misure della fiamma di torcia.

Lo studio ha comunque permesso di valutare come più idonea per lo scopo, e da sviluppare con un opportuno studio applicativo sperimentale, le tecniche ottiche nel campo del visibile.

Una preliminare valutazione in fase di impostazione dello studio ha orientato la scelta delle tecniche sulla base delle seguenti considerazioni:

- non è possibile prevedere la misura con strumenti in situ a causa della impossibilità di effettuare interventi manutentivi e quindi è necessaria la scelta di una tecnica di misura da remoto;
- al fine di assicurare una migliore efficienza di combustione assicurata da una temperatura di fiamma superiore agli 800°C è preferibile adottare una tecnica di misura che consenta di ottenere una mappa termica dell'intera fiamma, piuttosto che una misura puntuale.

Una prima considerazione che emerge dallo studio è che non esiste allo stato attuale una tecnica di misura della temperatura della fiamma della torcia di una raffineria genericamente valida, sufficientemente stabile, affidabile e già applicata.

La ricerca delle tecniche di misura ha evidenziato limiti e caratteristiche delle diverse metodiche dalle quali si può partire per mettere a punto una soluzione tecnica idonea.

Dall'analisi delle tecniche di misura di temperatura si possono trarre le seguenti considerazioni.

Pirometri

I pirometri sono in grado di fornire soltanto misure di tipo puntuale il che esclude a priori la possibilità di ottenere una mappa termica sincrona (cioè con la temperatura di tutti i punti acquisita nello stesso istante). Tale limitazione è superabile solo ripetendo la misura col pirometro nei vari punti d'interesse in istanti successivi, ma questo a fronte di un tempo di misura maggiore o, in caso di fenomeno non stazionario, alla totale impossibilità di portare a termine la mappatura termica del corpo in esame. Tale tecnica è pertanto non idonea alla mappatura in continuo della fiamma.

Termocamera IR

La termocamera IR permette l'ottenimento di una mappa termica ed è comunque una buona tecnica per la misura di campi termici in quanto dispone di un campo di misura molto ampio (da temperature inferiori a 0 °C fino a temperature superiori a 1500 °C), offre un'ottima risoluzione termica (dal grado °C fino a 0.1 °C con opportune tecniche di taratura in alcune applicazioni particolari) e una dinamica elevata potendo garantire una frequenza di acquisizione di qualche decina di immagini termiche al secondo, se basata su sensori microbolometrici e di parecchie centinaia se basata su sensori fotonici.



SARAS SpA

La termocamera presenta diverse limitazioni e difficoltà di utilizzo dello strumento nel senso che un operatore inesperto può facilmente arrivare a misurare mappe termiche che differiscono anche notevolmente dalle reali temperature degli oggetti.

Inoltre la termocamera ha il problema di una risoluzione spaziale modesta e da una accuratezza che può raggiungere facilmente valori molto importanti.

In merito all'accuratezza il discorso deve essere sviluppato con un maggiore dettaglio in quanto si devono segnalare due aspetti complementari.

Il primo è che, normalmente, l'accuratezza dello strumento è dell'ordine di qualche grado Celsius, ma che questo valore può sicuramente essere ridotto con una opportuna calibrazione dello strumento; il secondo, molto più importante nelle applicazioni della misura della temperatura della torcia, nasce dal fatto che la termocamera misura l'energia ricevuta e, solo dopo opportune conversioni, pesantemente dipendenti da alcuni parametri tipici del corpo e dell'ambiente (e per di più fortemente variabili), perviene alla misura dell'energia emessa dal corpo e quindi alla sua temperatura.

Quanto detto deve mettere in guardia dal fatto che un uso scorretto della termocamera, intendendo con questo un'errata stima dei parametri ambientali (come, ma non solo, l'emissività della superficie dell'oggetto di cui si vuole misurare la temperatura), può portare ad errori nella stima della temperatura anche di diversi ordini di grandezza superiore rispetto ai valori di accuratezza massimi sopra citati.

Telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile

La telecamera con sensore CCD permette la determinazione da remoto di temperature nel campo del visibile ($> 750^{\circ}\text{C}$) con una risoluzione in temperatura dell'ordine del grado $^{\circ}\text{C}$.

Tale tecnologia permetterebbe di superare le limitazioni delle misure di temperatura da remoto delle termocamere.

Anche in questo caso va effettuata una taratura dello strumento, ma non è legata alle caratteristiche sito specifiche (ad esempio atmosfera interposta tra fiamma e termocamera nel caso di questa tecnologia) ma solo dagli spettri di emissione di due componenti principali del gas di torcia.

Ad oggi non esistono comunque applicazioni di tale tecnica su sistemi di torcia di raffineria ma ci sembra, per quanto precedentemente detto, che sia sicuramente la più promettente.

Pertanto anche per tale tecnica si dovrà realizzare uno studio per l'applicazione specifica.

PROPOSTA DI LAVORO

Sulla base delle considerazioni finali sulle diverse tecnologie la Saras SpA ha deciso di avviare, con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Cagliari, uno studio di fattibilità per l'applicazione della Telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile nella determinazione della temperatura di Torcia della Raffineria.

Lo studio di fattibilità sarà realizzato entro il 31/12/2009.

Successivamente si realizzerà il prototipo e sarà installato in campo entro 31/12/2010.



SARTEC
SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE

**STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA MISURA IN CONTINUO
DELLA TEMPERATURA DI COMBUSTIONE DELLE TORCE
DELLO STABILIMENTO SARAS DI SARROCH (CA)**



INDICE

PREMESSA	3
1 DATI SUL SISTEMA DI TORCE DELLA RAFFINERIA SARAS	4
2 CONSIDERAZIONI GENERALI	7
3 SISTEMI PIROMETRICI REMOTI	8
3.1 SISTEMI MIKRON	8
3.2 SISTEMI WILLIAMSON.....	8
4 TERMOCAMERE IR	12
4.1 PROPOSTA FLIR	18
4.2 PROPOSTA INPROTEC	19
5 TELECAMERA CON SENSORE CCD OPERANTE NEL CAMPO DEL VISIBILE	21
6 CONCLUSIONI	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
7 PROPOSTA DI LAVORO	28



PREMESSA

L'Autorizzazione Integrata Ambientale del complesso "Saras - Raffineria + IGCC" in Sarroch (CA) comprende la prescrizione del mantenimento della temperatura minima di combustione al di sopra di 800 °C per i due sistemi di torcia dello stabilimento. In particolare la prescrizione prevede la realizzazione di uno studio di fattibilità in merito alla individuazione di una tecnica idonea per il monitoraggio in continuo della temperatura di fiamma.

Il presente documento raccoglie i risultati della studio di fattibilità fondato sulla ricerca di metodiche e tecnologie disponibili sul mercato per la misura in continuo della temperatura di fiamma.

In particolare sulla base di uno studio delle tecnologie esistenti e delle informazioni raccolte dalle ditte produttrici sono state individuate e valutate le seguenti tecniche per la misura di temperatura di torcia in continuo in loco o da remoto:

- sistemi locali;
- sistemi pirometrici remoti;
- termocamere IR
- telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile.

In sintesi si deve rilevare che il mercato non offre ancora soluzioni completamente definite e sufficientemente testate per misure della fiamma di torcia.

Lo studio ha comunque permesso di valutare come più idonea per lo scopo, e da sviluppare con un opportuno studio applicativo sperimentale, le tecniche ottiche nel campo del visibile.



1 DATI SUL SISTEMA DI TORCE DELLA RAFFINERIA SARAS

Le torce installate presso lo Stabilimento Saras di Sarroch sono due e si elevano sul livello del mare di circa 150 m.

La zona attorno alle torri che sostengono le torce è classificata C1Z2.

Il sito di installazione delle torce ha le seguenti coordinate:

- latitudine 39°05'04"
- longitudine 9°01'12";

Il vento che insiste nel sito ove sono installate le torce ha due direzioni prevalenti: Nord-Ovest e Sud-Est

La fiamma ha un'altezza variabile che può raggiungere anche 10 metri..

La forma e le dimensioni in situazioni critiche non sono disponibili.

Il costruttore della torcia è GBA Construction and Engineering.

Il diametro della FLARE TIP è pari a 54".

Il numero di piloti sulla torcia è pari a 2 (uno per la torcia acida).

Il gas bruciato è costituito principalmente da idrocarburi e da syngas.

I composti gassosi ipotizzati in fase di progetto della torcia sono riassunti nella scheda seguente.



Process Data

Please supply the following data for each installation point.

Gas composition, including nitrogen content, as % by volume (attach list if possible): 20 ± 25
and ESIGERLW

Typical % of the following attenuating gases: 0.5% mol CO₂ 30% mol H₂

Typical % of corrosive gases: Wet H₂S 11% mol Chlorides tr Other NH₃ tr

Volumetric flow rate: Units Nm³/h Minimum 200^(*) Maximum _____ Nominal _____

Mass flow rate: Units kg/h Minimum 230 Maximum 864.000 Nominal 800.000 (design)

Bidirectional flow: No Yes

Density or mol wt: Units MW Minimum 18 Maximum 48 Nominal 53 "

Pressure: Units Bar g Minimum 0.02 Maximum 0.41 Nominal 3.5 "

Temperature: Units °C Minimum 10 Maximum 200 Nominal 350 "

Annual duration at maximum temperature (in min) _____

La composizione media degli idrocarburi bruciati in torcia è stata definita sulla base della letteratura.

Le torri che supportano le torce sono posizionate sul fronte mare della raffineria.

Nella figura seguente sono mostrate le posizioni delle due torce.

2 CONSIDERAZIONI GENERALI

La prima e fondamentale questione da affrontare nello studio di metodiche di misura adeguate è la definizione del risultato atteso.

La fiamma di una torcia di raffineria non presenta temperature uniformi, bensì una distribuzione variabile sia all'interno, sia all'esterno del mantello.

La scelta del tipo di informazione di interesse, per esempio la distribuzione delle temperature piuttosto che la temperatura massima, indirizza la scelta delle metodiche di misura.

In particolare va evidenziato che lo studio è stato sviluppato partendo da questi presupposti fondamentali:

- l'utilizzo di sistemi di misura in remoto piuttosto che locali (termocoppie) a causa della impossibilità di installazione di questi ultimi per l'impossibilità di poter effettuare interventi manutentivi (manutenibilità), in caso di guasto o malfunzionamento;
- la ricerca di soluzioni adeguate alla misura della temperatura come distribuzione sull'intera fiamma, piuttosto che la determinazione di una rilevazione puntuale, in quanto si otterrebbe una informazione più completa sulla possibilità di ottenere una buona combustione degli idrocarburi alimentati in torcia.



3 SISTEMI PIROMETRICI REMOTI

I sistemi pirometrici possono essere impiegati in applicazioni di misura remota. Sono state approfondite le questioni relative all'applicabilità di questi sistemi al caso specifico della misura della temperatura della torcia con due produttori.

3.1 SISTEMI MIKRON

La società Mikron fornisce, in Europa attraverso IMPAC, pirometri per la misura della temperatura. E' stato valutato, con il distributore europeo, il sistema E2T nella versione FM ed altri sistemi.

Considerando le distanze in gioco in questa applicazione IMPAC sostiene la non fattibilità della misura con i sistemi da loro proposti.

Secondo quanto discusso le dimensioni della fiamma, a distanze superiori a 100 m, sono troppo piccole e, a causa della presenza dell'attenuazione dell'atmosfera, i sistemi IMPAC non permettono di rilevare in maniera accurata la misura della temperatura della fiamma, ma solamente un valore indicativo.

3.2 SISTEMI WILLIAMSON

La società Williamson produce e commercializza sistemi per il Rilevamento della Temperatura con Sensori IR.

Sebbene i sistemi utilizzino tecniche di misura simili a quelli di Mikron, la società Williamson si propone, con i suoi pirometri, anche per la misura della temperatura della fiamma della torcia.

L'esperienza Williamson si concentra in applicazioni di monitoraggio della presenza fiamma della torcia e del pilota.

L'approfondimento svolto con Williamson parte dalla constatazione che la fiamma è un oggetto semi-trasparente e, quindi, difficile da misurare.

Il modello PRO 45 (monocolore) permette la misura di emissioni nelle quali sono concentrate molecole di CO e CO₂ ed è utilizzato per misure di fiamma da metano ed altri gas che producono una fiamma relativamente chiara e pulita. In questi casi è però richiesta una profondità di fiamma di almeno 2-3 metri.

Nel caso di combustione di oli pesanti, carbone, prodotti di raffinazione ed, in generale, ove la fiamma produce radiazioni tendenti al bianco-giallo (nel visibile) l'utilizzo di pirometri bicolore PRO81 o PRO91 potrebbe consentire la misura della temperatura.

In questo caso, nella fiamma sono presenti, solitamente, anche particelle sospese carboniose ad alta temperatura.

Se la fiamma dovesse, viceversa, risultare troppo "pulita" il sensore bicolore non riuscirebbe a misurare la temperatura.

Williamson propone, per una misura da remoto, il modello PRO 81 che rileva la temperatura delle particelle calde sospese nelle emissioni, assumendo che la temperatura di queste ultime sia molto vicina a quella delle emissioni.



In questo caso occorre verificare la trasparenza della fiamma: quanto più è luminosa tanto più è possibile misurare la temperatura.

Inoltre per risolvere il problema della ridotta dimensione e della variabilità di forma della fiamma Williamson ha proposto una soluzione con due pirometri, che misurano da angolazioni diverse. Sull'accuratezza della misura non fornisce però indicazioni precise. Il fornitore non ha comunque referenze per applicazioni simili.

3.2.1 Approfondimento sistema Williamson PRO 81

Analisi fattibilità

Nel caso della strumentazione Williamson, grazie anche alla disponibilità del distributore italiano, è stato possibile approfondire l'analisi di prefattibilità dell'installazione.

Per questa analisi sono state considerate le seguenti coordinate: latitudine 39°05'04"; longitudine 9°01'12" e le condizioni di vento prevalente (NO e SE).

Williamson, sulla base di queste informazioni, suggerisce l'installazione di n. 2 sensori per misurare la temperatura della fiamma di una torcia, con un sensore in direzione NE che punti la fiamma da sinistra ed il secondo che punti la fiamma da destra.

Per il costruttore due sensori sono necessari e sufficienti per questo tipo di applicazione, mentre il montaggio di tre sensori, sempre secondo Williamson, non porterebbe, viceversa, un vantaggio in termini di accuratezza ed affidabilità.

Entrambi i sensori produrranno lo stesso dato di misura quando il vento non sarà presente e la fiamma è stabile.

L'uno o l'altro sensore dovrebbero garantire una misura quando ci sarà un forte vento da NO o da SE, che muove la fiamma al di fuori delle zone di analisi di uno dei due pirometri.

Come già espresso, le considerazioni sulla velocità e direzione del vento che potrebbe "spostare" la fiamma della torcia, devono essere tenute necessariamente in conto per il posizionamento di qualsiasi dispositivo di misura.

I due sensori dovranno essere separati da un angolo di ampiezza da verificare in sito ed a una distanza approssimativa di circa 225 metri.

Effettuando una indagine preliminare con i comuni mezzi disponibili (es. Google maps), i dispositivi potrebbero essere installati sui tetti degli edifici (al di fuori della zona pericolosa).

Se fosse effettivamente possibile l'installazione sopra un edificio il costruttore consiglia di impiegare la protezione (come illustrato in figura 1 e 2) e suggerisce di innalzare il sistema di un paio di metri per evitare un "overheating" del sensore (i tetti rilasciano molto calore).

Nel caso in cui il sensore venga installato all'interno di un edificio occorre, invece, conoscere il tipo di vetro montato sulle finestre, per verificare se la misura può essere influenzata dal tipo di vetro.

In dipendenza dell'area di installazione sarà definita la custodia del sensore: ATEX oppure, se l'area di installazione potrà ritenersi sicura, una normale custodia IP65.



FIGURA 1

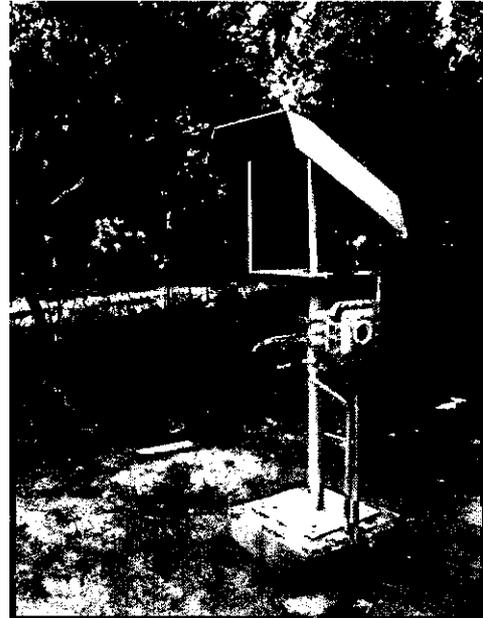


FIGURA 2

Modello PRO 81

Il modello proposto da Williamson è PRO 81-65C-FOVD/100-D-IM-SB-CM009, un pirometro bicolore che include un display integrato.

I sensori IR utilizzano un sistema ottico per rilevare l'energia emessa da un oggetto nella banda dell'infrarosso. Questa energia viene utilizzata per calcolare la temperatura di superficie di un oggetto obiettivo.

Nei casi reali sono molti i fattori che possono interferire sulla misura di energia rilevata.

I sensori della serie Williamson PRO con pirometro bicolore includono il sistema ESP che migliora e semplifica la gestione di queste problematiche.

Il campo di temperatura varia da 875 a 1750 °C

L'ottica montata consente di definire un target di 2 metri ad una distanza di 200 metri.

Nella proposta è incluso il software ProView per la configurazione e l'archiviazione dati per l'analisi successiva. Il sistema operativo è Windows XP.

L'uscita del sensore, per il funzionamento stand alone, è configurata come RS485.

L'alimentazione in ingresso al sensore è 24Vdc (300mA)

I modelli della serie PRO80 possono essere configurati per registrare il valore più alto in un intervallo di 6 minuti.

Questa funzione è definita Peak Hold con Time Delay.

La configurazione del dispositivo si esegue sul retro dello strumento o, in via opzionale, con il modulo interfaccia.

Tenendo conto del sito di installazione il sistema proposto è dotato di un sistema di purga (l'aria pulita deve essere fornita dall'utente finale) che consente di mantenere

lontano dalla lente la sporcizia ed evita la formazione di condensa sulla lente. L'elettronica di controllo è stata tropicalizzata per impedire che la salsedine, nel corso degli anni, possa intaccare i circuiti elettronici.

Modalità funzionamento con due sensori

Nel caso in cui due sensori misurano la stessa area, quando la fiamma abbandona il FOV (Field of View) di uno dei due sistemi, ad esempio per il forte vento, si attiva la sequenza di seguito descritta.

- 1) Un output, che individuiamo come Signal Dilution, inizierà a decadere prima che il segnale in uscita della temperatura scenda a valori minimi; un limite inferiore sarà configurato per il Signal Dilution e comanderà la transizione dal modulo di interfaccia di uno dei due strumenti all'altro.
- 2) Il PLC installato a valle sarà programmato per misurare la temperatura in uscita dei PR80 ed anche il relativo "Signal Dilution"; il PLC preleverà il valore più alto di "Signal Dilution".

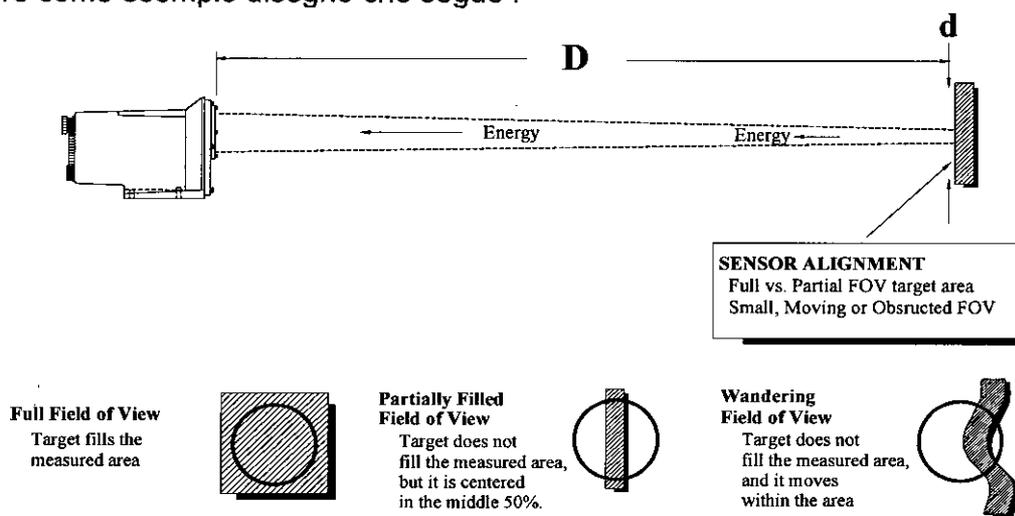
Diagnostica

I sensori PR80 integrano degli Alarm Test che possono essere attivati da remoto. Per comprendere se l'elettronica funziona si può attivare l'Alarm Test il quale darà un segnale di allarme al sistema centralizzato.

Modalità di centratura dell'obiettivo

Sul retro del sensore PR80 è presente una lente che permette di verificare la zona di puntamento. Nel mirino è presente un reticolo che mostra lo spot misurato. Nel caso della misura della temperatura di una fiamma è consigliato puntare il sensore a metà del suo bersaglio.

Vedere come esempio disegno che segue :



4 TERMOCAMERE IR

Un'immagine termografica, ripresa con telecamere sensibili all'infrarosso, consente di visualizzare e/o informare sull'energia termica emessa da un oggetto.

Ogni oggetto con temperatura maggiore dello zero assoluto, emette calore: più è alta la temperatura dell'oggetto, maggiore è la radiazione IR emessa.

La ricerca di tecnologie adatte alla misura della temperatura della torcia ha considerato anche le termocamere IR.

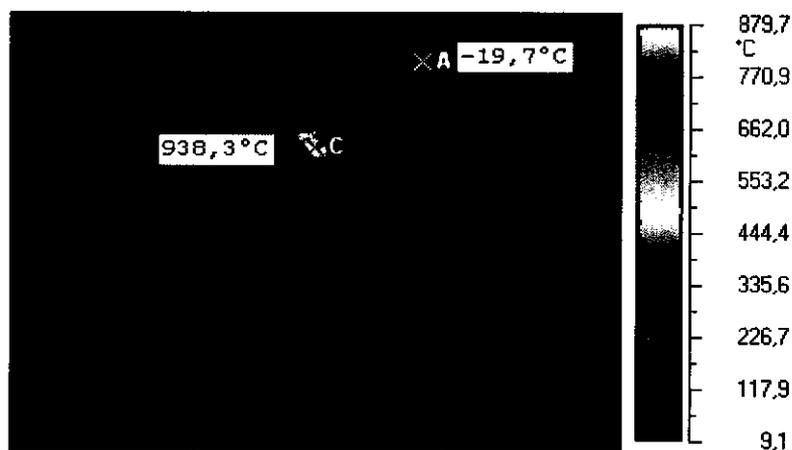
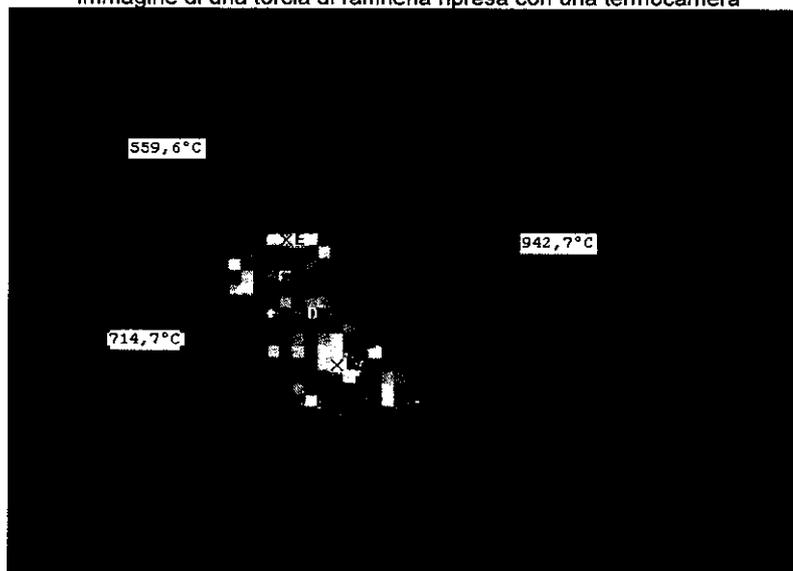


Immagine di una torcia di raffineria ripresa con una termocamera



Dettaglio immagine di una torcia di raffineria ripresa con una termocamera

In una termocamera il segnale elettrico generato, proporzionale all'energia infrarossa rilevata, viene processato e produce un'immagine su un monitor che consente di misurare la temperatura.

I sensori utilizzati sono di due tipi: microbolometrico e quantico.

Il secondo necessita di un sistema di raffreddamento complesso ed è poco utilizzato. Il sensore microbolometrico, che non necessita di raffreddamento, ha la funzione di trasformare l'energia infrarossa che colpisce ogni singolo elemento del sensore in una grandezza fisica misurabile.

Gli elementi che caratterizzano una termocamera, con sensore microbolometrico, sono i seguenti.

- Tipo di sensore (in materiale e processo di produzione)
- Numero pixel del sensore (640x480, 320x 240, etc.)
- Risoluzione termica (che individua il minimo ΔT misurabile dalla termocamera)
- Risoluzione spaziale o geometrica (che identifica le dimensioni dell'oggetto più piccolo di cui si può misurare la temperatura)
- Frequenza immagine (in Hertz, più è elevata e maggiore è la capacità della termocamera di riprendere oggetti in movimento)
- Immagine visibile (che può essere assente o presente, nel qual caso consente un'interpretazione più facile del rapporto di ispezione termografica)
- Elementi ausiliari inclusi (illuminatori, laser, registrazione commenti vocali ecc.)

In generale una camera IR è costituita da un sistema di focalizzazione dell'immagine su un rivelatore IR corredato dall'hardware elettronico e dal software necessari per elaborare e visualizzare l'immagine.

Il rivelatore di una camera IR è costituito da un insieme di pixels, di dimensioni di micrometri, che costituiscono un piano focale (Focal Plane Array, FPA). I materiali con i quali sono realizzati i pixels sono sensibili alle forme d'onda nel campo dell'infrarosso.

Grazie all'utilizzo di specifici software installati nella telecamera o collegando la stessa ad un Personal Computer è possibile calcolare la temperatura di porzioni di immagine ripresa.

Le camere IR sono realizzate e calibrate per uno specifico range dello spettro IR.

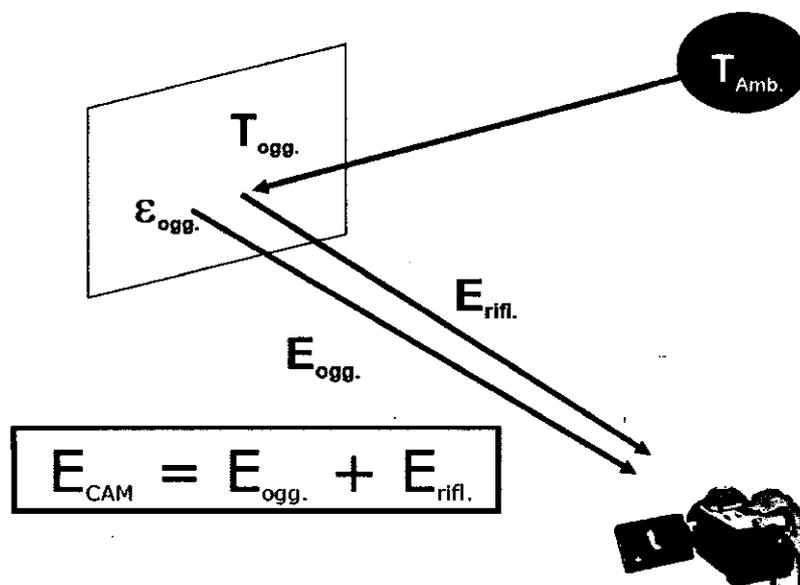
L'analisi che segue parte da considerazioni sulla termografia IR e, proprio per il carattere generale, può essere considerata valida per tutte le termocamere.

Principi di radiazione termica

Per misurare effettivamente la temperatura di un oggetto la termocamera deve essere opportunamente calibrata in modo da interpretare correttamente il segnale elettrico trasdotto dal sensore.

La determinazione dei parametri di configurazione costituisce, quindi, il primo problema da risolvere nell'utilizzo delle termocamere.

In generale, per corpi non trasparenti, una termocamera riceve, dal corpo ripreso, un'energia proporzionale a quella emessa dall'oggetto a cui si aggiunge quella riflessa.



L'intensità dell'energia emessa da un oggetto varia con la temperatura e la lunghezza d'onda della radiazione.

Per corpi non completamente trasparenti, quale è la fiamma, si deve poi considerare che oltre all'energia emessa, un corpo reagisce alle radiazioni incidenti assorbendone e riflettendone una parte o permettendo ad una parte della radiazione di attraversarlo.

La legge della radiazione totale è sintetizzata nella seguente formula:

$$W = \alpha W + \rho W + \tau W$$

riscrivibile nel seguente modo

$$1 = \alpha + \rho + \tau$$

Ove i coefficienti assumono il seguente significato.

α = coefficiente energia incidente assorbita



ρ = coefficiente energia incidente riflessa
 τ = coefficiente energia incidente trasmessa.

I valori dei tre coefficiente variano da 0 a 1.

Per definizione in un corpo nero tutta l'energia incidente viene assorbita ($\alpha = 1, \rho = 0, \tau = 0$).

L'emissività di un materiale (denominata ϵ) è il rapporto tra l'energia radiante dal materiale e l'energia radiante da un corpo nero, alla stessa temperatura; essa esprime la sua capacità di irradiare l'energia assorbita. Per un corpo nero $\epsilon = 1$ mentre per i corpi reali è < 1

L'emissività dipende da fattori quali la temperatura, l'angolo di emissione, e lunghezza d'onda.

Quando si tratta di superfici non nere, le deviazioni dal comportamento ideale del corpo nero sono determinate sia dalla struttura geometrica sia dalla composizione chimica e seguono la legge di Kirchhoff sulla radiazione termica: in un oggetto in equilibrio termico l'emissività è uguale all'assorbività ($\epsilon = \alpha$), cioè alla capacità di assorbire l'energia radiante.

La legge sulla radiazione totale può essere riscritta nel seguente modo:

$$1 = \epsilon + \rho + \tau$$

Per un corpo opaco ($\tau = 0$) diventa $\rho = 1 - \epsilon$, cioè la riflessione è uguale a 1- l'emissività

Per un corpo nero ($\rho = 0$) $\epsilon = 1$.

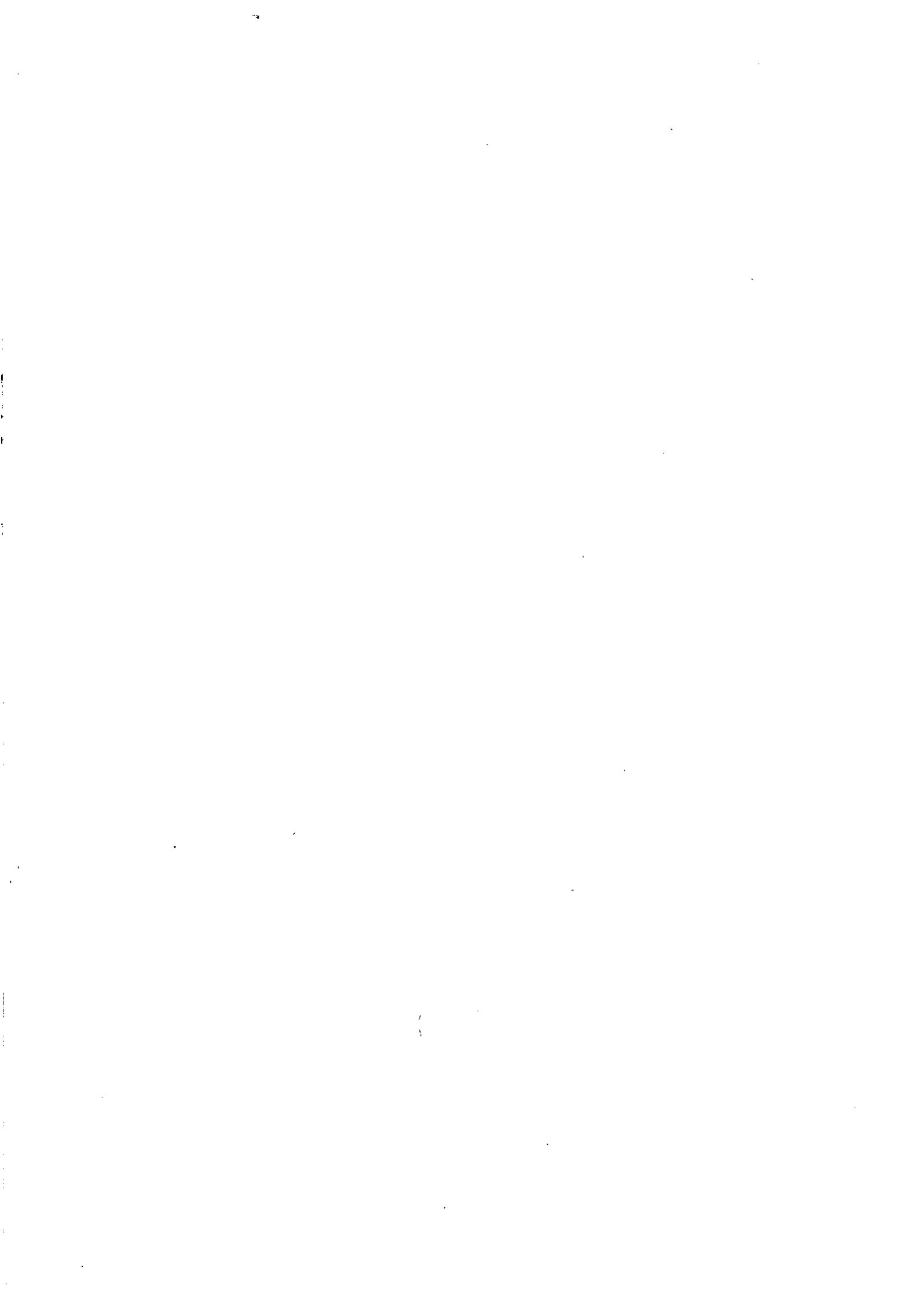
La legge di Plank mostra che, per un corpo nero, al crescere della temperatura aumenta la radiazione emessa e la rappresentazione su un grafico *emissività vs. lunghezza d'onda* mostra un massimo di ogni curva che dipende dalla temperatura in gradi Kelvin.

$$\lambda_{MAX} = 2898/T$$

dove λ_{MAX} è la lunghezza d'onda nel punto di massimo della curva.

La legge sino ad ora considerata è riferita ad un perfetto corpo nero (ove $\epsilon = 1$); nella realtà i corpi non sono dei perfetti corpi neri e per questo occorre conoscere il valore effettivo dell'emissività per misurarne la temperatura senza contatto, utilizzando sensori infrarosso.

L'energia irradiata dall'oggetto transita verso la termocamera passando nell'atmosfera che non è uniformemente trasparente all'infrarosso, variando notevolmente in funzione della lunghezza d'onda. Le temperature misurate a



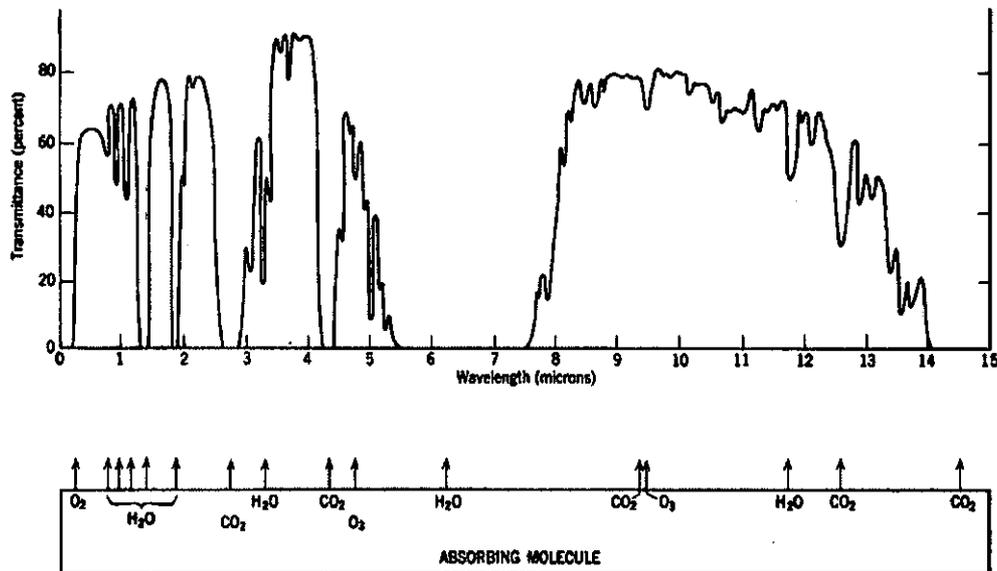


distanza (oltre 30~ 50 metri), possono risultare inferiori alla realtà per l'attenuazione atmosferica.

Nel grafico che segue, ove in ascissa sono riportati i diversi valori di lunghezza d'onda ed in ordinata quelli relativi alla trasmissione atmosferica, si evidenzia che vi sono due finestre di trasmissione atmosferica: tra 0 e 5 μm e tra 8 e 14 μm . In particolare, in

Nella banda tra 5 μm e 7,5 μm l'atmosfera non permette la trasmissione delle radiazioni IR.

Trasmissione Atmosferica



In particolare, la seconda finestra atmosferica (8 + 14 μm), presenta un'ottima trasparenza senza assorbimento da parte del vapore acqueo, CO₂ ecc.

Occorre quindi verificare che le radiazioni provenienti dalla fiamma si collochino nelle due finestre di trasmissione atmosferica (tra 0 e 5 μm e tra 8 e 14 μm).

Il coefficiente di trasmissione dell'atmosfera è variabile tra 1 (nessuna attenuazione atmosferica) e zero (impossibile misurare la temperatura di oggetti posti a distanza).

Per determinare la temperatura dell'oggetto ripreso dalla camera IR il software ivi installato necessita, in ingresso, dei valori di emissività dell'oggetto, attenuazione dell'atmosfera, temperatura dell'ambiente circostante. Questi fattori possono essere misurati, assunti o acquisiti da database relativi ai materiali.



In via teorica, in aggiunta a queste problematiche, normalmente risolte, per la misura della fiamma occorre considerare i contributi di assorbimento e trasmittanza della fiamma stessa, non facilmente determinabili.

Affinché una telecamera, od anche un pirometro, possa effettivamente elaborare la temperatura dell'oggetto inquadrato è necessario inserire, manualmente mediante un menù od un appropriato comando, il valore di emissività nel rispettivo sistema di elaborazione.

Nel caso più usuale di un corpo grigio, al sensore infrarosso arriva la somma di due energie: quella della superficie di cui si vuole misurare la temperatura e quella riflessa (valore medio di tutte le energie che si riflettono sulla superficie inquadrata, corrispondente in genere alla temperatura ambiente). Alcuni strumenti sono dotati di un sensore interno per la misura della temperatura ambiente del cui valore tengono automaticamente conto nel calcolo della corretta temperatura in funzione del coefficiente di emissività impostato. Maggiore è il coefficiente di emissività più facile diviene misurare la temperatura senza contatto poiché l'influenza dell'energia riflessa è minima, mentre man mano che esso diminuisce, l'energia riflessa diventa proporzionalmente sempre più importante, rendendo più difficile misurare con precisione la temperatura di una superficie. Per esempio, l'essere in presenza di una superficie con $\varepsilon = 0,15$ vuol significare che l'energia che perviene al sensore infrarosso è all'85% quella riflessa e solo il 15% quella emessa dal corpo; di conseguenza è sufficiente un piccolo errore nella valutazione della temperatura riflessa per ottenere un errore nella misura della temperatura della superficie.

In presenza di superfici con emissività inferiore a $0,3 \pm 0,1$ è impossibile misurare la temperatura senza contatto a meno che dette misurazioni siano effettuate in laboratorio, cioè in ambienti con temperatura riflessa costante e nota.

Empiricamente si può valutare che il contributo dell'energia riflessa dalla fiamma sia minoritario.

Per poter configurare correttamente i valori rilevati dalla termo camera i produttori suggeriscono l'utilizzo di sistemi che permettano di rilevare direttamente la misura di fiamma e che servano da riferimento.

Se fosse possibile prevedere misure in sito per alcuni stati di funzionamento allora la termocamera potrebbe essere calibrata.

Sono state esaminate le camere prodotte da **Flir**, un produttore che ha già fornito delle telecamere per lo studio per le emissioni fuggitive di VOC e da **Inprotec/Nec**, già fornitore di Saras.

Congiuntamente ai produttori sono stati analizzati i prodotti che possono essere utilizzati in applicazioni di misura della temperatura di fiamma in aria libera.

4.1 PROPOSTA FLIR

Nel corso di un incontro di approfondimento Flir ha evidenziato le criticità della misura specifica della fiamma della torcia principalmente per la determinazione dei contributi di assorbimento e trasmittanza della fiamma stessa.

Flir propone un sistema di imaging multispettro MW e LWIR normalmente utilizzato per la ricerca e Sviluppo e l'analisi delle firme spettrali. Il modello in questione è Orion SC 7000.



Il sistema FLIR Serie Orion SC7000 è uno strumento multispettro a infrarossi in grado di produrre immagini nelle sottobande dell'infrarosso a frequenza video nelle regioni SW-MWIR o LWIR.

La radiazione infrarossa emanata dalla scena oggetto di indagine viene raccolta tramite un obiettivo frontale, progettato per offrire la minima aberrazione sull'intero intervallo della lunghezza d'onde IR.

La ghiera per la rotazione del filtro, posta tra l'obiettivo e il piano focale, consente l'imaging immediato di bande sub-spettrali.

Il rilevatore FPA è in grado di acquisire fino a 400 fotogrammi al secondo, ognuno di alta qualità, dovuta all'acquisizione a scatto singolo.

La Serie Orion di FLIR può essere impiegata anche come normale termocamera IR a piena velocità, rimuovendo o bloccando la ghiera del filtro.

Le caratteristiche principali del sistema FLIR Orion SC7000 sono le seguenti:

Materiale del sensore: InSb (MWIR) o MCT (LWIR)

Risoluzione pixel/pitch: 320x240 o 640x512 pixel a 30 o 15 μm

Risposta spettrale: 1,5 - 5 μm o 7,7 - 11 μm

Full frame rate: fino a 380 Hz



Tempo di integrazione: da 3 μ m a 20 ms

NETD: <20mK

Ghiera del filtro: 4 slot per filtro da 1" di 2,5 mm di spessore

Uscita digitale: GigE / CAMLINK 14 bit

4.2 PROPOSTA INPROTEC

Inprotec propone due modelli fissi di camera ed, in alternativa, un modello portatile. I modelli da postazione fissa sono le camera Thermo Tracer TS 9230 e TS 9260 che si differenziano per il tipo di rivelatore (320x 240 vs. 640x480), per il numero di frames (60 frames/sec vs. 30 frames/sec) e l'angolo di ripresa (1,2 mrad vs. 0,6 mrad)

Il modello portatile è NEC TVS 500 EXS.

Tipo	TS9260	TS9230
Campo di temperatura	-40 °C a 500 °C (1 Range: da -40 a 120 °C, 2 Range: da 0 a 500 °C) Opzionale: da 200 a 2000 °C	
NETD	0,08 °C (@ 30 °C, 30Hz)	0,08 °C (@ 30 °C, 60Hz)
Precisione	± 2% (lettura) o di ± 2 °C	
Campo spettrale	8 a 13 μ m	
	NEC 640 × 480 UFPA	NEC 320 × 240 UFPA
Campo visuale (lente standard)	21,7 ° (H) x 16,4 ° (V)	
IFOV (lente standard)	0.6mrad	1.2mrad
Risoluzione focale (lente standard)	30 centimetri a infinito	
Frame rate	30 frames / sec	60 frames / sec
Correzione	Emissività / Temperatura Ambiente / Sfondo	
Immagine in uscita	Video composito (NTSC / PAL)	



Tipo	TS9260	TS9230
Interfacce	RS232C IEEE1394a (6pin)	
Operating temp / umidità	-15 °C a 50 °C / 90% RH o meno (non condensata)	
Alimentazione	da 11 a 13V DC	
Consumo energetico	10W	8W
Dimensioni	80 × 87 × 211 millimetri	65 × 65 × 208 millimetri
Peso	1,2 kg	1,0 kg

5 TELECAMERA CON SENSORE CCD OPERANTE NEL CAMPO DEL VISIBILE

Un sistema innovativo ed economico per la misura senza contatto di campi termici ad elevata temperatura è basato su una telecamera CCD opportunamente calibrata e dotata di interfacce adeguate per il suo controllo.

Tale sistema permette di ottenere una risoluzione spaziale della mappa termica nettamente superiore e ad un costo inferiore rispetto alle termocamere. Il sistema può essere utilizzato in quanto l'obiettivo prescritto per il monitoraggio della temperatura di torcia è la verifica del costante mantenimento della stessa al di sopra degli 800 °C, operando quindi nel campo del visibile (> 750°C). Inoltre tale tipo di soluzione tecnica permette di ottenere una risoluzione in temperatura inferiore a quella delle termocamere (dell'ordine del grado centigrado).

Tale tecnologia permetterebbe di superare le limitazioni delle misure di temperatura da remoto, ottenibili con gli strumenti ad oggi esistenti come pirometri e termocamere.

Fondamenti teorici della tecnica

Come ben noto, un qualsiasi corpo a temperatura superiore a quella dello zero assoluto, emette una certa quantità di energia sotto forma di radiazione elettromagnetica; quando tale corpo risulta soggetto ad un aumento di temperatura il picco della curva di intensità della radiazione emessa in funzione della lunghezza d'onda si sposta verso frequenze elettromagnetiche più elevate ed aumenta di valore in quanto aumenta l'energia totale emessa dal corpo (Fig. 1).

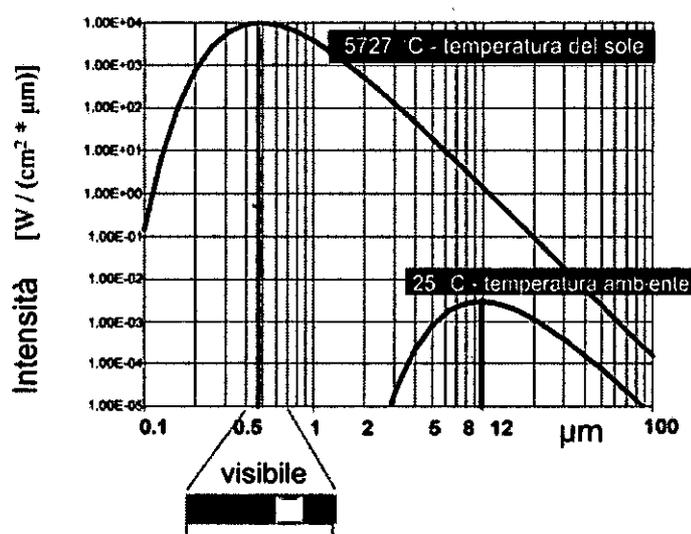




Fig. 1 - Intensità della radiazione emessa in funzione della lunghezza d'onda (corpo nero)

A temperatura ambiente tutti i corpi emettono una radiazione nel campo dell'infrarosso (IR) lontano e quindi non visibile; allo scopo di dare un'indicazione, a temperatura ambiente il picco di emissione di un corpo nero è di circa 10000 nm e quindi molto lontano dalla lunghezza d'onda più lunga visibile (dell'ordine dei 750 nm). Tuttavia, all'aumentare della temperatura, i corpi emettono su lunghezze d'onda via via più corte fino a superare in discesa il citato limite dei 750 nm il che li porta ad emettere nel visibile e quindi a presentarsi ai nostri occhi con un aspetto di colore rosso scuro. Volendo farsi un'idea immediata del fenomeno è possibile prendere una barretta di metallo sufficientemente alto fondente, ad esempio in ferro, ed esporla ad una fiamma; tale barretta apparirà dapprima di colore rosso scuro, poi via via di colore più chiaro per arrivare fino al giallo. Il mutamento di colore è indice della progressiva riduzione della lunghezza d'onda corrispondente al massimo della curva intensità - lunghezza d'onda.

Partendo da questa semplice considerazione, è stata sviluppata una tecnica basata sull'impiego di una normale telecamera dotata di sensore CCD per riprendere corpi ad alta temperatura aventi, quindi, la radiazione emessa nel campo del visibile e che permette di determinare la temperatura del corpo stesso sulla base della misura della intensità della luce emessa.

La tecnica nasce con l'obiettivo di realizzare uno strumento economico che sia alternativo alla termocamera in tutti quei casi in cui il misurando presenti temperature adeguatamente elevate e sia sufficiente disporre di una mappa termica con la risoluzione del grado Celsius.

Il principio su cui si basa il sistema fa riferimento alle principali leggi fisiche che governano il fenomeno della radiazione emessa da un corpo qualsiasi.

Come ben noto la legge di Stefan-Boltzmann afferma che per un corpo nero l'energia totale irradiata è data dalla seguente equazione:

$$W_T = \sigma \times T^4 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1)$$

dove σ rappresenta la costante di Stefan-Boltzmann.

Per un corpo non nero (e quindi per un corpo reale su cui eventualmente fare una misura) la legge viene modificata nel modo seguente:

$$W_T = \varepsilon \times \sigma \times T^4 \quad (2)$$

dove ε è detta fattore di emissività e rappresenta la capacità di un corpo di emettere radiazione. Tale fattore varia da corpo a corpo in relazione ad una molteplicità di fattori quali, ad esempio, il tipo di materiale e lo stato superficiale.

La tecnica di misura proposta

Partendo dalle considerazioni teoriche appena esposte, è stata sviluppata la tecnica di misura della temperatura mediante l'uso di telecamere a CCD.

Supponendo di riprendere con una telecamera un corpo che emette nel campo del visibile si può correlare la luminosità dovuta alla radiazione con la temperatura del corpo stesso.

È importante premettere alcune considerazioni sulle caratteristiche della telecamera. La prima riguarda la curva di sensibilità del sensore CCD che deve avere una importante coda nell'infrarosso lontano; operativamente questo significa che il sensore deve avere una buona sensibilità residua oltre i 1000 nm per estendere il più possibile verso il basso il campo di misura del sensore.

La seconda caratteristica è la possibilità di pilotare esternamente, in modo controllato, il tempo di shutter in modo da migliorare e rendere uniforme in tutto il campo di misura la risoluzione del sensore; tale risultato viene raggiunto regolando in modo opportuno l'energia incidente sul sensore agendo sul tempo di esposizione. In alternativa, oppure in utilizzo congiunto, si può pensare di controllare il diaframma dell'ottica.

Da ultimo la telecamera può essere modificata in modo da accettare in ingresso solo una banda di radiazioni elettromagnetiche sufficientemente ristretta in modo da poter ritenere trascurabile, all'interno di tale banda, la variazione dell'emissività con la lunghezza d'onda. Per ottenere ciò viene applicato un filtro passa-banda centrato a 1000 nm. Con tale accorgimento si cerca di approssimare il comportamento dell'oggetto della misura a quello di un corpo grigio, si assume cioè che la sua emissività sia data da una costante che, come tale, non dipende né dalla temperatura né dalla lunghezza d'onda (Fig. 2).

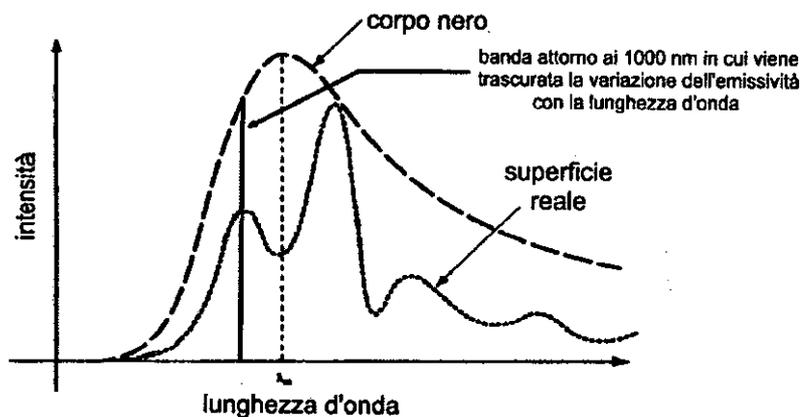




Fig. 2 - Schizzo esemplificativo della banda in cui l'emissività è assunta costante

Per la verifica del campo termico coperto dalla telecamera con le caratteristiche sopra descritte, si può operare su scala di laboratorio utilizzando un fornello campione (blackbody) al quale fare assumere la temperatura massima e minima di interesse. Riprendendo il fornello nelle condizioni di temperatura minima e massima da misurare ci si dovrà assicurare che la temperatura minima garantisca un livello di luminosità sufficiente (utilizzando il massimo tempo di esposizione permesso dallo strumento) e che l'energia emessa alla temperatura massima non porti la telecamera a saturazione (utilizzando il minimo tempo di esposizione permesso dallo strumento).

La taratura dello strumento può essere invece effettuata con l'impiego di un corpo nero calibrato, utilizzato come riferimento: viene portato a diverse temperature all'interno del range prescelto, mentre con la telecamera si misura la luminosità corrispondente alle varie temperature. Ovviamente prima di procedere alla misura si verifica che il corpo si sia portato in condizione di equilibrio termico e che quindi la sua temperatura risulti costante ed uniforme.

La telecamera verrà tarata per tutti i possibili valori di shutter in modo tale da poterla utilizzare su un intervallo di temperatura decisamente ampio, riservando i tempi di esposizione maggiori per le basse temperature e utilizzando invece tempi più brevi nel caso opposto.

Per monitorare la temperatura di un corpo in equilibrio termico, o comunque avente una temperatura variabile all'interno del range fissato, non è più possibile considerare valido il legame tra temperatura e luminosità precedentemente ricavato, dato che l'oggetto da sottoporre a misura non è più un corpo nero. Un corpo grigio infatti emette una quantità di energia inferiore rispetto ad un corpo nero alla stessa temperatura; dal punto di vista pratico questo significa che, se venisse utilizzata la legge ricavata in taratura, si sottostimerebbe l'effettivo valore di temperatura del corpo in analisi.

Questo inconveniente è però superabile ricorrendo alla (2) la quale introduce come elemento di correzione l'emissività. Ricordando, infatti, che alla telecamera viene applicato un filtro passa-banda centrato a 1000 nm, è possibile impostare la seguente uguaglianza:

$$T_2^4 = \frac{T_1^4}{\epsilon} \quad (3)$$

dove, una volta misurato un certo valore di luminosità irradiata dal corpo sotto misura, T_1 rappresenta la temperatura restituita dalla curva di taratura (prima ricavata per un corpo nero) e T_2 rappresenta l'effettiva temperatura dell'oggetto sottoposto a misura.

Considerazioni

Il sistema per la misura di mappe termiche basato su telecamere CCD e sulle leggi fondamentali che regolano la radiazione emessa da un corpo permette di disporre di un'alternativa all'utilizzo delle classiche termocamere che presentano significative problematiche per la taratura dello strumento, nell'ipotesi di lavorare con temperature elevate. In figura 5 è evidenziato l'esempio di una mappa termica determinata su la fiamma di una candeletta su scala di laboratorio.

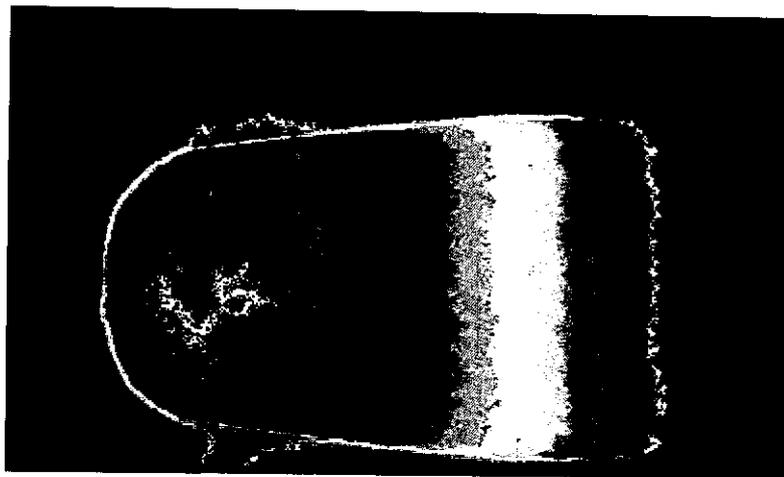


Fig. 5 - Mappa termica di una candeletta



6 CONCLUSIONI

Una preliminare valutazione in fase di impostazione dello studio ha orientato la scelta delle tecniche sulla base delle seguenti considerazioni:

- non è possibile prevedere la misura con strumenti in situ a causa della impossibilità di effettuare interventi manutentivi e quindi è necessaria la scelta di una tecnica di misura da remoto;
- al fine di assicurare una migliore efficienza di combustione assicurata da una temperatura di fiamma superiore agli 800°C è preferibile adottare una tecnica di misura che consenta di ottenere una mappa termica dell'intera fiamma, piuttosto che una misura puntuale.

Una prima considerazione che emerge dallo studio è che non esiste allo stato attuale una tecnica di misura della temperatura della fiamma della torcia di una raffineria genericamente valida, sufficientemente stabile, affidabile e già applicata.

La ricerca delle tecniche di misura ha evidenziato limiti e caratteristiche delle diverse metodiche dalle quali si può partire per mettere a punto una soluzione tecnica idonea.

Dall'analisi delle tecniche di misura di temperatura si possono trarre le seguenti considerazioni.

Pirometri

I pirometri sono in grado di fornire soltanto misure di tipo puntuale il che esclude a priori la possibilità di ottenere una mappa termica sincrona (cioè con la temperatura di tutti i punti acquisita nello stesso istante). Tale limitazione è superabile solo ripetendo la misura col pirometro nei vari punti d'interesse in istanti successivi, ma questo a fronte di un tempo di misura maggiore o, in caso di fenomeno non stazionario, alla totale impossibilità di portare a termine la mappatura termica del corpo in esame. Tale tecnica è pertanto non idonea alla mappatura in continuo della fiamma.

Termocamera IR

La termocamera IR permette l'ottenimento di una mappa termica ed è comunque una buona tecnica per la misura di campi termici in quanto dispone di un campo di misura molto ampio (da temperature inferiori a 0 °C fino a temperature superiori a 1500 °C), offre un'ottima risoluzione termica (dal grado °C fino a 0.1 °C con opportune tecniche di taratura in alcune applicazioni particolari) e una dinamica elevata potendo garantire una frequenza di acquisizione di qualche decina di immagini termiche al secondo, se basata su sensori microbolometrici e di parecchie centinaia se basata su sensori fotonici.



La termocamera presenta diverse limitazioni e difficoltà di utilizzo dello strumento nel senso che un operatore inesperto può facilmente arrivare a misurare mappe termiche che differiscono anche notevolmente dalle reali temperature degli oggetti. Inoltre la termocamera ha il problema di una risoluzione spaziale modesta e da una accuratezza che può raggiungere facilmente valori molto importanti.

In merito all'accuratezza il discorso deve essere sviluppato con un maggiore dettaglio in quanto si devono segnalare due aspetti complementari.

Il primo è che, normalmente, l'accuratezza dello strumento è dell'ordine di qualche grado Celsius, ma che questo valore può sicuramente essere ridotto con una opportuna calibrazione dello strumento; il secondo, molto più importante nelle applicazioni della misura della temperatura della torcia, nasce dal fatto che la termocamera misura l'energia ricevuta e, solo dopo opportune conversioni, pesantemente dipendenti da alcuni parametri tipici del corpo e dell'ambiente (e per di più fortemente variabili), perviene alla misura dell'energia emessa dal corpo e quindi alla sua temperatura.

Quanto detto deve mettere in guardia dal fatto che un uso scorretto della termocamera, intendendo con questo un'errata stima dei parametri ambientali (come, ma non solo, l'emissività della superficie dell'oggetto di cui si vuole misurare la temperatura), può portare ad errori nella stima della temperatura anche di diversi ordini di grandezza superiore rispetto ai valori di accuratezza massimi sopra citati.

Telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile

La telecamera con sensore CCD permette la determinazione da remoto di temperature nel campo del visibile ($> 750^{\circ}\text{C}$) con una risoluzione in temperatura dell'ordine del grado $^{\circ}\text{C}$.

Tale tecnologia permetterebbe di superare le limitazioni delle misure di temperatura da remoto delle termocamere.

Anche in questo caso va effettuata una taratura dello strumento, ma non è legata alle caratteristiche sito specifiche (ad esempio atmosfera interposta tra fiamma e termocamera nel caso di questa tecnologia) ma solo dagli spettri di emissione di due componenti principali del gas di torcia.

Ad oggi non esistono comunque applicazioni di tale tecnica su sistemi di torcia di raffineria ma ci sembra, per quanto precedentemente detto, che sia sicuramente la più promettente.

Pertanto anche per tale tecnica si dovrà realizzare uno studio per l'applicazione specifica.



7 PROPOSTA DI LAVORO

Sulla base delle considerazioni finali sulle diverse tecnologie la Saras SpA ha deciso di avviare, con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Cagliari, uno studio di fattibilità per l'applicazione della Telecamera con sensore CCD operante nel campo del visibile nella determinazione della temperatura di Torcia della Raffineria.

Lo studio di fattibilità sarà realizzato entro il 31/12/2009.

Successivamente si realizzerà il prototipo e sarà installato in campo entro 31/12/2010.