

PERIFERICA UPRv4

SPECIFICA TECNICA

**P/N: UPRv4
Rev. 1**

EDIZIONE GENNAIO 2009



CLAUSOLE GENERALI

Malgrado sia stata posta la massima cura nell'elaborazione di questo documento, l'azienda non può garantire l'esattezza di tutte le informazioni ivi contenute e non può essere ritenuta responsabile né degli errori che ciò potrebbe comportare, né dei danni che ne potrebbero risultare dall'utilizzo o dall'applicazione.

I prodotti materiali, il software ed i servizi presentati in questo documento sono soggetti ad evoluzione in quanto a caratteristiche di presentazione, di funzionamento, l'azienda si riserva il diritto di eventuali modifiche senza preavviso.

COPYRIGHT

È vietata ogni riproduzione o copia di quest'opera, anche se parziale, e mediante qualsiasi procedimento.

Software per UPRv4: questo software è di proprietà dell'azienda

La vendita di ogni esemplare memorizzato di questo software conferisce all'acquirente una licenza non esclusiva strettamente limitata all'uso dell'esemplare suddetto su un UPRv4. Ogni copia o altra forma di duplicazione di questo prodotto è vietata.



INDICE

INTRODUZIONE	4
1. GENERALITÀ	4
1.1 INFORMAZIONI SUL DOCUMENTO.....	4
1.2 CONVENZIONI.....	5
1.3 DICHIARAZIONE DI RESPONSABILITÀ DA PARTE DEL FABBRICANTE.....	5
1.4 DEFINIZIONI.....	6
2 LA TEORIA	7
2.1 LA COMBUSTIONE COME FENOMENO FISICO/CHIMICO.....	7
2.2 IL FENOMENO INCENDIO VISTO COME UN CORPO NERO.....	8
2.3 TRASMISSIONE DEL SEGNALE IR NELL'ATMOSFERA TERRESTRE.....	13
2.4 SCELTA DELLA BANDA 3 ÷ 5 MM.....	17
2.5 LA SORGENTE.....	18
2.6 IRRADIANZA DI FONDO.....	19
3 IL SISTEMA UPRV4	21
3.1 CONFIGURAZIONE TIPICA DEL SISTEMA PAIS.....	21
3.2 LE UNITÀ PERIFERICHE DI RILEVAMENTO (UPR).....	22
3.3 PESO, INGOMBRI, ALIMENTAZIONE E INTERFACCIA DELLA UPRv4.....	23
4 CARATTERISTICHE TECNICHE	24
4.1 UNITÀ DI RILEVAMENTO NELL'INFRAROSSO.....	24
4.2 MOVIMENTO AZIMUTH.....	25
4.3 SCHEDA PC104.....	26
4.4 SCHEDA MADRE.....	26
4.5 TELECAMERA.....	27
4.6 METEO.....	28

Allegati:

Nessuno.

INTRODUZIONE

1. GENERALITÀ

1.1 INFORMAZIONI SUL DOCUMENTO

Questo documento contiene informazioni di proprietà riservata. Nessuna parte di questa pubblicazione potrà essere fotocopiata o riprodotta senza il preventivo consenso scritto di

Questo documento intende descrivere le caratteristiche tecniche dell'unità periferica remota con finalità di rilevamento di incendi boschivi, detta in seguito UPRv4, unità che è parte del sistema di Prevenzione Antincendio e Sorveglianza di seguito detto PAIS.

Le informazioni contenute in questo documento possono essere soggette a modifiche ed aggiornamenti senza preavviso.

Cronologia di stampa:

Prima edizione: **UPRv4-Rev. 1 – Gennaio 2009**

1.2 CONVENZIONI

Il presente documento utilizza le seguenti convenzioni:

NOTA



Le note contengono informazioni importanti da mettere in evidenza rispetto al resto del testo. Esse contengono generalmente informazioni utili all'operatore per eseguire in modo corretto ed ottimizzare le procedure operative dell'apparecchio.

AVVERTENZA



I messaggi di avvertenza appaiono nel manuale prima di procedure o di operazioni che devono essere osservate per evitare il verificarsi di possibili perdite di dati o danni alle apparecchiature.

ATTENZIONE



I messaggi di attenzione appaiono nel manuale in corrispondenza della descrizione di procedure o di operazioni che, se non eseguite in maniera corretta, potrebbero causare danni all'operatore.

1.3 DICHIARAZIONE DI RESPONSABILITÀ DA PARTE DEL FABBRICANTE

L'azienda si considera responsabile agli effetti della sicurezza, affidabilità e prestazioni dell'apparecchio soltanto se è utilizzato in rispetto delle seguenti condizioni:

- Tarature, modifiche o riparazioni dovranno essere effettuate da personale qualificato ed autorizzato espressamente dall'azienda.
- L'apertura dell'apparecchio e l'accesso alle sue parti interne devono essere effettuati solamente da personale qualificato per la manutenzione, opportunamente autorizzato dall'azienda.
- L'ambiente nel quale l'apparecchio è utilizzato deve essere conforme alle prescrizioni di sicurezza.
- L'impianto elettrico dell'ambiente deve essere perfettamente efficiente e realizzato secondo le norme vigenti.
- Le sostituzioni effettuabili di parti dell'apparecchio ed accessori devono essere effettuate con altri dello stesso tipo ed aventi le medesime caratteristiche.
- L'uso e la manutenzione dell'apparecchio e dei relativi accessori devono essere effettuati in conformità alle istruzioni descritte nel presente manuale.
- Il presente manuale sia mantenuto integro e leggibile in tutte le sue parti.

1.4 DEFINIZIONI

Il sistema denominato **PAISv4** (Prevenzione AntIncendio e Sorveglianza) è organizzato su due livelli fondamentali:

UPR (Unità Periferica di Rilevamento): strutture non presidiate, dislocate sul territorio in posizioni appositamente ed accuratamente scelte per massimizzare la sorveglianza di zone boschive di interesse; assolvono al compito fondamentale della scoperta e localizzazione dei focolai d'incendio.

COL (Centro Operativo Locale): è una struttura presidiata, posta generalmente presso i locali del C.F.S. o strutture pubbliche cui fanno riferimento, tramite collegamento in ponte radio-tv con un numero variabile di UPR. E' un centro di comando e di controllo che permette agli operatori la gestione delle UPR per la normale sorveglianza e per la soluzione delle situazioni di allarme incendi.

2 LA TEORIA

2.1 LA COMBUSTIONE COME FENOMENO FISICO/CHIMICO

Il fenomeno degli incendi boschivi è generalmente il risultato della combustione di materiale legnoso, più propriamente si può parlare di combustione legnosi. Con tale denominazione cumulativa si intendono sia il legno che il carbone vegetale. Perché il legno possa bruciare fornendo energia termica occorre inizialmente somministrargli del calore affinché possano in esso avvenire quei complessi fenomeni di degradazione dai quali si origineranno i gas combustibili capaci di portare, in definitiva, ad un bilancio energetico positivo. In assenza di aria si parla di carbonizzazione o pirolisi e di combustione lenta, con aria abbondante si parla di combustione viva o rapida. Nella combustione viva o rapida, che corrisponde realmente al fenomeno che intendiamo indicare quando diciamo che il legno brucia sono riscontrabili due fenomeni distinti i quali però si sovrappongono parzialmente nel tempo e nella localizzazione, tanto che non è agevole tenerne conto separatamente. All'inizio la combustione viva presenta una perdita dell'acqua costituente l'umidità del legno: in tale fase preliminare la temperatura interna non supera i 70°C ed è soltanto quando l'acqua è stata eliminata in gran parte che si ha una elevazione della temperatura oltre i 100°C. Al termine di questa fase preliminare si ha l'inizio di reazioni che portano all'imbrunimento dei tessuti, formazione di vapore d'acqua, di piccole quantità di anidride carbonica (incombustibile), e di modesti quantitativi di altri gas, tra i quali l'ossido di carbonio (combustibile) che appare in una percentuale inferiore alla metà di quella dell'anidride carbonica. Quando la temperatura raggiunge i 160°C, la reazione da endotermica (come è stata sino ad ora) diventa nettamente esotermica. La reazione esotermica è fortemente catalizzata dallo strato carbonioso formatosi sulla superficie legnosa. Ad un certo punto si ha da un lato la combustione in fase gassosa delle sostanze volatili e dall'altro l'ossidazione completa del carbone residuo cosicché l'unico resto di tutto il processo è dato dalle ceneri formate dal contenuto minerale del legno. Alla combustione in fase gassosa delle sostanze volatili (gas combustibili e catrame, con modesto contributo dell'acido acetico, degli acidi grassi e dell'alcool metilico) corrisponde la fase di produzione di fiamme più o meno luminose; alla ossidazione completa del residuo carbonioso corrisponde invece la fase di ignizione, detta anche della brace che può essere luminosa (brace incandescente) ma può anche non emettere luce visibile pur dando luogo alla produzione di calore. Prendendo in esame i fenomeni specifici della combustione viva e cioè la fiamma e la ignizione o formazione di brace, è da osservare che essi hanno inizio dai 300°C ai 400°C o anche di più, in dipendenza delle condizioni in cui avviene la combustione: a questo punto le circostanze fondamentali delle quali occorre tenere conto sono la quantità e la velocità dell'emissione dei gas e la presenza o meno di una fiamma esterna. Si deve notare che sinché l'emissione dei

gas è tale da impedire l'accesso dell'ossigeno dell'aria alla superficie del legno il carbone ivi formatosi non può bruciare e per la sua bassa conduttività (da 1/3 ad un 1/2 di quella del legno) ostacola e rallenta la penetrazione del calore all'interno, così da ritardare il raggiungimento del punto di reazione esotermica. Se non vi è una fiamma esterna non è possibile avere la combustione viva perché mentre da un lato non si è ancora raggiunta una temperatura sufficiente a consentire l'accensione dei gas sprigionatisi dall'interno, dall'altro l'emissione rapida dei gas stessi impedisce che sul carbone pervenga l'ossigeno necessario alla sua ossidazione, reazione dalla quale ne consegue la vera ignizione. Quando è consentito all'ossigeno in aria di pervenire a contatto della superficie del carbone che ricopre esternamente il legno, dato che la temperatura di ignizione spontanea di detto carbone (340°C ÷ 370°C) è senz'altro più bassa di quella di accensione del gas, il carbone potrà cominciare a bruciare anche prima dell'infiammarsi dei gas i quali richiedono non soltanto di raggiungere le temperature di infiammabilità, ma anche di stare entro determinati limiti di concentrazioni di miscela, come indicato nella tab. I.

	Concentrazione limite (%) inferiore	Concentrazione limite (%) Superiore	Temperatura di infiammabilità (°C)
Ossido di carbonio	12,5	77,0	650
Idrogeno	6,0	72,0	585
Metano	5,3	16,0	632
Etano	3,0	12,5	472
Acido acetico	4,0	32,0	566
Alcool metilico	6,7	36,5	470

Tabella I Concentrazioni delle componenti fondamentali

In definitiva si può sostenere che il diffondersi delle fiamme (la cui temperatura può superare i 1000°C) e la velocità di combustione dipendono dal ricambio d'aria, dal rapporto superficie/volume dei pezzi di legno, nonché dalle loro reciproche interazioni.

2.2 IL FENOMENO INCENDIO VISTO COME UN CORPO NERO

Tutti i corpi in natura non solo emettono radiazione termica, ma allo stesso tempo la assorbono dall'ambiente circostante. Se un corpo è più caldo dell'ambiente in cui si trova, emette più radiazione termica di quanta ne assorba e tende a raffreddarsi sino a raggiungere una fase di equilibrio termico, condizione in cui le quote di assorbimento e di emissione di radiazione sono uguali; questa condizione, ovviamente non può essere mai raggiunta se viene fornita continuamente al corpo in osservazione energia termica dall'esterno, perché è sempre presente una variazione di temperatura tra il corpo e l'ambiente.

Se si utilizza un radiometro per investigare sulla distribuzione spettrale radiante di una varietà di sorgenti, appare evidente che ci sono due differenti tipi di sorgenti[7]:

- Un corpo solido, o liquido caldo, che presenta una curva di distribuzione spettrale continua con un massimo in corrispondenza di un certo λ_{MAX} .
- Una fiamma o scarica elettrica in un gas la cui curva di distribuzione spettrale non è più continua, quindi la densità spettrale è concentrata in ristretti intervalli.

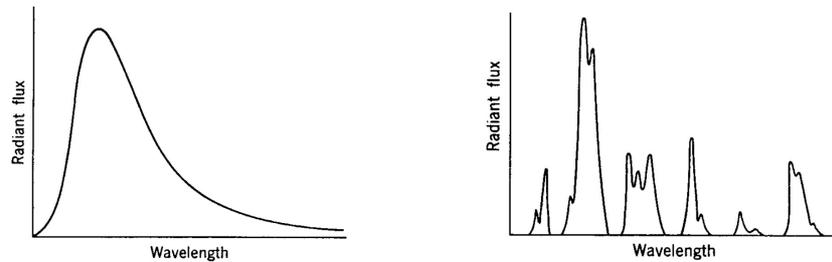


Figura 1 Distribuzione spettrale di un corpo irradiante solido e gassoso

Nel nostro caso prendiamo in considerazione il corpo solido caldo, che come evidenziato in precedenza presenta uno spettro di radiazione termica continuo; i suoi dettagli sono decisamente influenzati dalla temperatura. Elevando progressivamente la temperatura, si notano due particolari:

- Quanto più alta è la temperatura, tanto più abbondante è la radiazione termica emessa.
- Quanto più alta è la temperatura, tanto più corta è λ_{MAX} .

La radiazione emessa da un corpo caldo non dipende solo dalla sua temperatura, ma anche dal materiale di cui è costituito, dalla sua forma e dalla natura della sua superficie; l'intensità con cui viene emessa la radiazione termica aumenta leggermente se la superficie del corpo è irruvidita. All'aumentare della temperatura un corpo incandescente non emette solo nell'infrarosso, ma anche nel visibile; il colore predominante di un corpo incandescente si sposta dal rosso spento al giallo-arancio brillante, fino al tono bluastrò.

Lo studio della radiazione termica può essere trattato mediante un *corpo irraggiante ideale*, per il quale lo spettro della radiazione emessa dipende solo dalla temperatura del corpo, e non dalla sostanza o dalla rugosità della superficie. Tale ipotesi sono pienamente soddisfatte dal **corpo nero**. Per effettuare una descrizione degli effetti di tale corpo, si è cercato di ottenere una formula semplice, dedotta dai principi di base, che si accordi con la curva sperimentale[7] mostrata in figura 2.

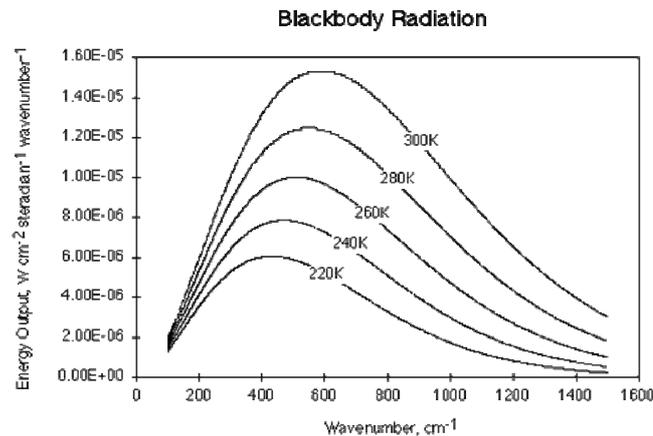


Figura 2: Radianza spettrale del corpo nero.

Il primo tentativo è rappresentato dalla legge di Rayleigh-Jeans che non riesce a riprodurre per intero le curve sperimentali, dato che non passa per il punto di massimo, ma riesce ad armonizzarsi pienamente con le curve nella regione a lunghezze d'onda maggiori. Anche Wien derivò un'espressione teorica per l'irraggiamento spettrale.

Questa nuova formula si accorda alle curve sperimentali abbastanza bene per lunghezze d'onda corte, passa per il punto di massimo, ma si discosta considerevolmente ad elevate lunghezze d'onda.

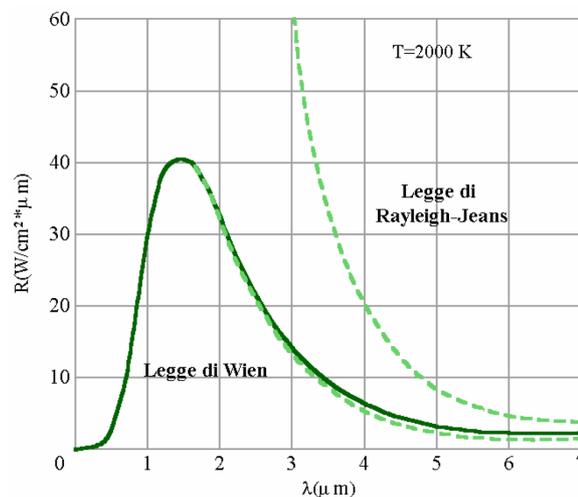


Figura 3: Curve sperimentali delle leggi di Wien e di Rayleigh-Jeans.

La legge di Planck, come evidenziato in figura 4, concilia le due leggi precedenti sull'irraggiamento, e descrive la distribuzione della radiazione proveniente da un corpo nero.

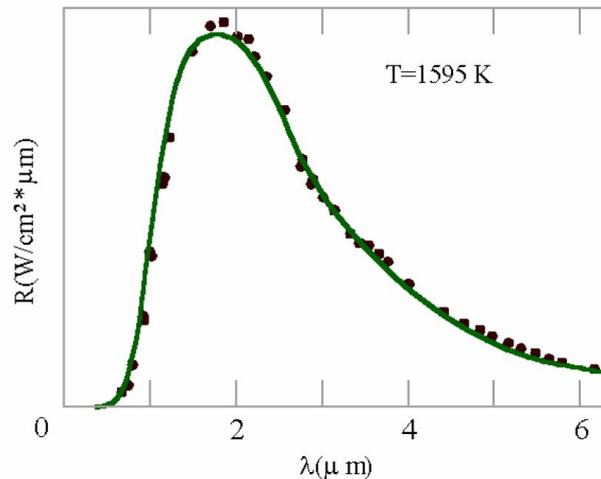


Figura 4: Legge dell'irraggiamento di Planck.

$$W_{\lambda} = \frac{2 \pi h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{ch}{\lambda k T}} - 1} \quad (1.2)$$

dove:

W_{λ} = radianza spettrale, $[\text{W cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}]$;

h = costante di Planck = $(6.6256 \pm 0.0005) \times 10^{-34}$, $[\text{W s}^2]$;

k = costante di Boltzmann = $(1.38054 \pm 0.00018) \times 10^{-23}$, $[\text{W s K}^{-1}]$;

c = velocità della luce nel vuoto = $(2.997925 \pm 0.000003) \times 10^{10}$, $[\text{cm s}^{-1}]$.

Integrando la (1.2) per tutte le lunghezze d'onda da zero ad infinito, si ottiene l'intensità di irraggiamento per unità di superficie:

$$W = \frac{2 \pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \quad (2.2)$$

dove:

W = Intensità di irraggiamento $[\text{Wcm}^{-2}]$;

σ = costante di Stefan-Boltzmann = $(5.6697 \pm 0.0029) \times 10^{-12} [\text{Wcm}^{-2}\text{K}^{-4}]$.

Questa relazione è comunemente nota come legge di Stefan-Boltzmann.

Si è notato però, che i corpi caldi reali presentano una minore intensità di irraggiamento rispetto al corpo nero[6]; tale osservazione ha condotto alla formulazione della seguente relazione nota come legge di Kirchoff sull'emittanza.

$$\varepsilon = \frac{W'}{W} \quad (3.2)$$

dove:

ϵ = emittanza del materiale che assume valori ≤ 1 ;

W' = intensità di irraggiamento di un corpo reale;

W = intensità di irraggiamento del corpo nero.

L'emittanza è quindi, una opportuna misura del grado di approssimazione del corpo nero. Considerando un corpo reale e utilizzando tale parametro, è possibile apportare una opportuna variazione alla legge di Stefan-Boltzmann con la seguente relazione:

$$W' = \epsilon \sigma T^4 \quad (4.2)$$

L'emittanza è funzione del tipo di materiale e della rugosità della superficie e può variare con la lunghezza d'onda e la temperatura della sorgente. E' possibile distinguere tre tipi di sorgenti in base alle variazioni spettrali dell'emittanza:

1. Un corpo nero o radiatore di Planck, per il quale $\epsilon(\lambda) = \epsilon = 1$.
2. Un corpo grigio, per il quale $\epsilon(\lambda) = \epsilon = \text{cost} < 1$.
3. Un corpo radiante selettivo, per il quale $\epsilon(\lambda)$ varia con la lunghezza d'onda.

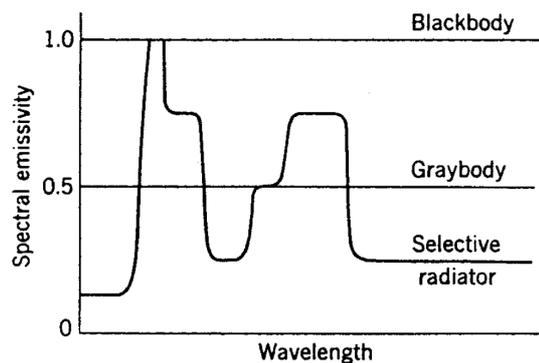


Figura 5: Emittanza spettrale.

Quando un'energia irradiata incide su una superficie si manifestano tre diversi processi: una frazione α (*coefficiente di assorbimento*) può essere assorbita, una frazione ρ (*coefficiente di riflessione*) può essere riflessa e una frazione τ (*coefficiente di trasmissione*) può essere trasmessa. In base alla legge di conservazione dell'energia si ottiene la seguente relazione:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (5.2)$$

Per definizione un corpo nero assorbe tutta l'energia incidente su di esso, così che risulta $\alpha = 1$ e $\rho = \tau = 0$. La legge di Kirchoff [6] stabilisce che ad una certa temperatura il rapporto tra l'intensità di irraggiamento di un corpo reale e il coefficiente di assorbimento è pari all'intensità di irraggiamento di corpo nero.

$$\frac{W'}{\alpha} = W \quad (6.2)$$

combinando la (3.2) con la (6.2) si ottiene:

$$\varepsilon = \alpha \quad (7.2)$$

Questa legge è spesso parafrasata come *un buon assorbitore è un buon emettitore*.

2.3 TRASMISSIONE DEL SEGNALE IR NELL'ATMOSFERA TERRESTRE

La propagazione della radiazione IR attraverso l'atmosfera¹ è influenzato da due processi: l'assorbimento e lo scattering. Nell'assorbimento una frazione dell'energia che si propaga attraverso uno strato d'aria viene assorbita dai costituenti atmosferici e può essere riemessa ad una diversa lunghezza d'onda. In questo processo predomina l'assorbimento selettivo da parte dei gas costituenti permanenti nell'atmosfera quali CO₂, O₂ e vapore acqueo e, in minor misura, da parte dei contaminanti minoritari. In aggiunta all'assorbimento, una frazione dell'energia radiante che transita attraverso l'atmosfera viene diffusa. Le modalità con cui avviene il processo di diffusione dipendono fortemente dalle dimensioni dell'oggetto scatterante rapportate alla lunghezza d'onda della radiazione incidente ed in genere coinvolgono molecole d'aria (scattering di Rayleigh) o molecole di aerosol (scattering di Mie). A causa di questi processi di estinzione, la radiazione IR subisce un'attenuazione che segue un andamento esponenziale descritto dalla legge di Bourget-Lambert-Beer indicata nella (8.2).

$$P = P_0 e^{-\sigma x} \quad (8.2)$$

dove

- P₀ = potenza entrante nel mezzo dispersivo.
- P = potenza residua dopo che il fascio di radiazione ha effettuato un percorso di lunghezza x
- σ = coefficiente di estinzione.

Condizioni Meteo	Visibilità	Coefficiente di estinzione [1/Km]
Nebbia densa	< 50 [m]	>78,2
Nebbia spessa	50 ÷ 200 [m]	78,2 ÷ 19,6
Nebbia moderata	200 ÷ 500 [m]	19,6 ÷ 7,82
Nebbia leggera	500 ÷ 1000 [m]	7,82 ÷ 3,91
Nebbia sottile	1 ÷ 2 [Km]	3,91 ÷ 1,96
Foschia	2 ÷ 4 [Km]	1,96 ÷ 0,94
Foschia leggera	4 ÷ 10 [Km]	0,94 ÷ 0,391
Limpido	10 ÷ 20 [Km]	0,391 ÷ 0,196
Molto limpido	20 ÷ 50 [Km]	0,196 ÷ 0,079
Eccezionalmente limpido	> 50 [Km]	> 0,078
Aria pura	277 [Km]	0,0141

Tabella II Coefficienti di estinzione

¹ Un sistema di monitoraggio terrestre effettua le rilevazioni nella *troposfera*.

Il coefficiente σ , i cui valori nelle varie condizioni di visibilità sono riportati nella tabella II, rappresenta l'effetto combinato dei processi di assorbimento e di scattering da parte dei gas e particelle e corrisponde quindi alla somma di due termini.

$$\sigma = \alpha + \gamma \quad (9.2)$$

dove

- α = coefficiente di assorbimento.
- γ = coefficiente di scattering.

A seconda del tipo di spettro che una sostanza presenta, l'assorbimento si dice continuo (caratteristico dei corpi solidi o liquidi incandescenti), o selettivo (a righe o a bande, caratteristico delle sostanze allo stato gassoso); come vedremo, in questo lavoro avremo a che fare quasi esclusivamente con quest'ultimo tipo. L'assorbimento selettivo si presenta sotto forma di righe isolate relativamente distanziate (se la sostanza gassosa è allo stato atomico) oppure come numerosissime righe riunite in gruppi molto fitti che si compongono in bande (se la sostanza gassosa è allo stato molecolare). Per quanto riguarda lo scattering si può dire che è un processo in cui una particella nell'interazione con un'onda elettromagnetica le sottrae una frazione di energia che irradia successivamente in ogni direzione. Le particelle atmosferiche responsabili dello scattering ricoprono un intervallo di dimensioni che varia da 10^{-8} [cm] (molecole di gas) a 1 [cm] (gocce di pioggia e grandine). Poiché, come è già stato evidenziato, il tipo di processo diffusivo che avviene dipende fortemente dal rapporto tra la lunghezza d'onda del fascio radiante e le dimensioni dell'oggetto scatterante, è possibile distinguere i vari tipi di scattering in funzione di tale rapporto;

- Quando le dimensioni delle particelle sono molto inferiori alla lunghezza d'onda, si ha lo scattering di Rayleigh; a questo caso appartengono le molecole di piccole dimensioni, non assorbitive, a bassa densità. In questo contesto si ha dipendenza del coefficiente di scattering dall'inverso della lunghezza d'onda, espressa mediante la (10.2):

$$\gamma \propto \lambda^{-4} \quad (10.2)$$

che fa capire quanto sia favorito l'IR da questo punto di vista rispetto al visibile.

- Man mano che le dimensioni delle particelle si approssimano alla lunghezza d'onda incidente, diviene predominante lo scattering di Mie; di questo tipo sono i processi di diffusione che coinvolgono particelle di nebbia, fumo, smog e polvere, come pure quelli prodotti da aerosol e vapore acqueo. Il coefficiente di scattering, in questo caso, assume la seguente forma:

$$\gamma \propto \pi n K r^2 \quad (11.2)$$

dove

K = parametro dipendente dal rapporto λ/r come rappresentato in figura 6.2.

r = raggio della particella.

n = numero di particelle esistenti per cm^3 .

- Allorché le dimensioni delle particelle continuano a crescere rispetto alla lunghezza d'onda della radiazione incidente, si entra nel regime dello scattering geometrico, che viene descritto con leggi della ottica geometrica. Questo tipo di scattering è causato da particelle di grandi dimensioni come le goccioline delle nubi e le gocce di pioggia.

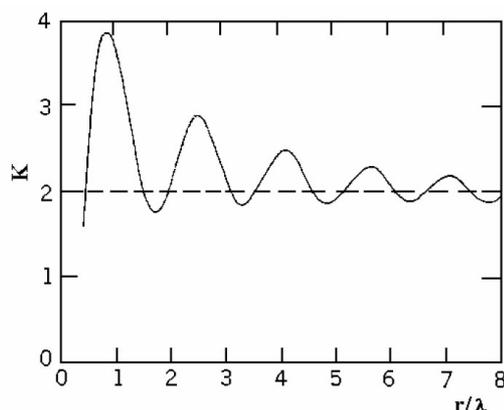
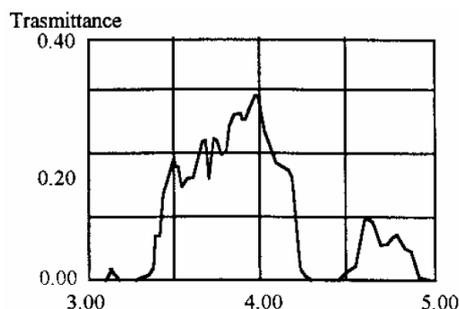
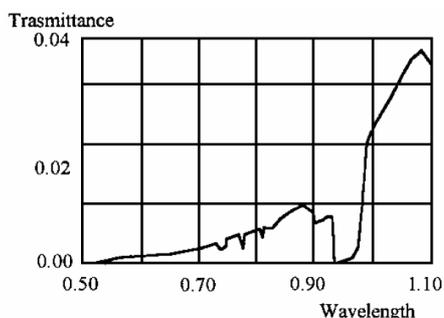


Figura 6: Andamento del parametro K.

Come evidenziato in precedenza l'aerosol crea problemi di scattering. Il tipo di aerosol che si trova in zone prossime al mare è molto diverso in composizione e distribuzione da quello di origine continentale. L'aerosol presente in zone marine è prodotto da evaporazione della schiuma del mare e da spruzzi e strati di goccioline contenenti particelle di sale le cui maggiori dimensioni causano un effetto di diffusione più accentuato. Quindi risulta significativa la differenza di trasmissione con un aerosol di marino; a parità di altre condizioni, la trasmissione si riduce di un fattore 20 ÷ 50 a secondo delle bande.

I grafici in figura 7.2 rappresentano la trasmittanza tipica su distanze di 10 Km, in piena estate per latitudine di 43° e visibilità di 5 Km in una zona rurale. I grafici in figura 8.2 sono stati calcolati nelle stesse condizioni, salvo per l'aerosol che è di tipo marino[8].



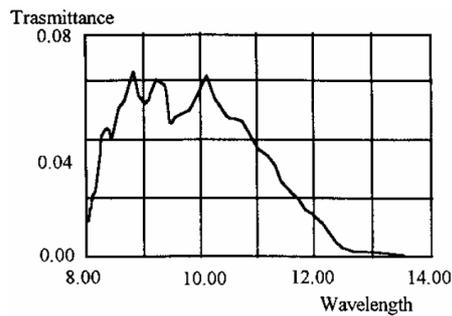


Figura 7: Trasmittanza in assenza di aerosol marino.

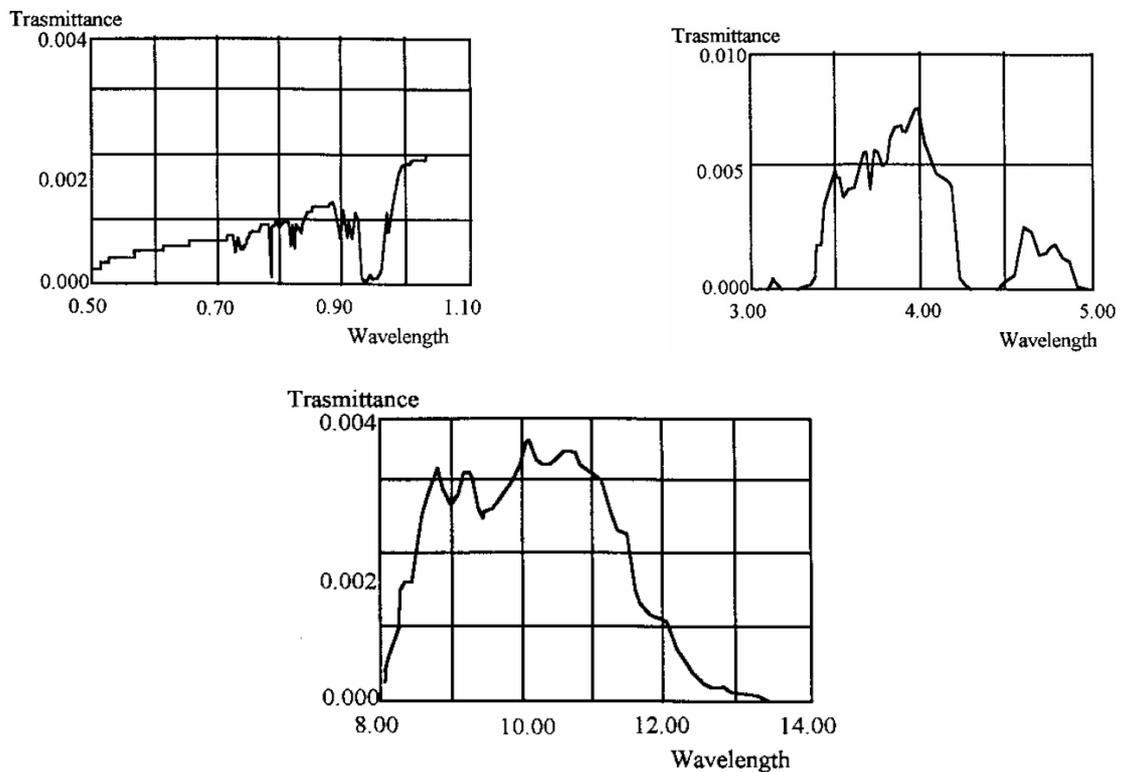


Figura 8: Trasmittanza in presenza di aerosol marino.

In conclusione si può affermare che:

- L'assorbimento è dovuto maggiormente alla composizione chimica del mezzo trasmissivo.
- Lo scattering è legato alla visibilità (V) dalla seguente relazione:

$$V = \frac{3.92}{\gamma} \quad (12.2)$$

dove la visibilità è quella distanza alla quale il contrasto fra un bersaglio lontano di colore nero e il cielo si riduce al 2%, valore che corrisponde al limite rilevabile dall'occhio umano.

2.4 SCELTA DELLA BANDA 3 ÷ 5 μm

In questo paragrafo verranno valutate le possibili bande spettrali di funzionamento di un sistema elettro-ottico basato su analisi del segnale IR, il cui scopo è quello di rilevare incendi boschivi.

Un sistema elettro-ottico viene generalmente considerato come l'insieme di una sorgente che emette un segnale, di un mezzo che durante la trasmissione attenua, e di un sensore che converte i fotoni incidenti in segnale elettrico.

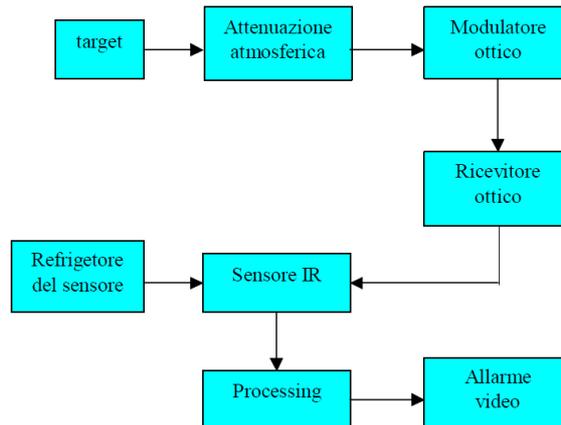


Figura 9: Gruppo elettro-ottico.

Le molecole maggiormente responsabili dell'assorbimento nell'IR sono:

- L'acqua con vari picchi di assorbimento tra 0.8 e 2 μm e una vasta zona tra 5.2 e 8 μm.
- L'anidride carbonica con picchi di assorbimento a 2.7, 4.3 e 15 μm.

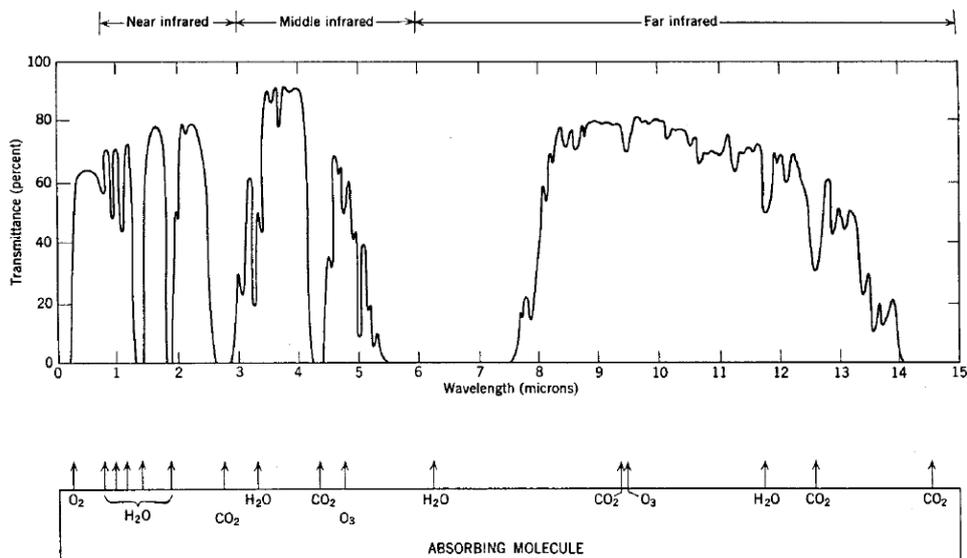


Figura 10: Trasmittanza dell'atmosfera.

La breve descrizione dei fenomeni che sono alla base dell'attenuazione atmosferica, evidenziata nella figura 10 fa capire quanto variabile possa essere la trasmittanza non solo al variare della distanza ottica tra sorgente e sensore, ma anche negli stessi siti in istanti diversi a causa di variazioni

climatiche. Non potendo misurare istantaneamente queste variazioni, è necessario però, prenderne atto e scegliere a priori quella banda spettrale di funzionamento che permetta di ottenere mediamente buoni livelli di trasmittanza.

2.5 LA SORGENTE

Le caratteristiche assunte per l'incendio da rilevare sono le seguenti:

- Temperatura = 800 K.
- Area $\approx 5 \text{ m}^2$.
- Distanza operativa = 10 Km.

Supponendo di essere in ipotesi di corpo nero, in base alla (2.2) si ha che $W \approx 2.3 \text{ [Wcm}^{-2} \text{]}$ con un picco di emissione a $3.6 \mu \text{ m}$; più del 90% dell'energia totale è compresa fra 0.8 e $12 \mu \text{ m}$, cioè nella zona dello spettro elettromagnetico corrispondente all'infrarosso. Inoltre il 35 % della radiazione cade nella finestra $3.5 \div 5 \mu \text{ m}$ e il 20 % nella banda $8 \div 14 \mu \text{ m}$, mentre meno dello 0.1 % cade nel visibile e vicino IR².

E' stata calcolata l'irradianza incidente su un sensore che intercetti un incendio con le caratteristiche su citate posizionato ad una distanza di 10 Km in condizioni di 5 Km di visibilità, estate e zona rurale. Le irradianze spettrali riportate nella tabella III sono state determinate tenendo conto di due fattori tra loro correlati:

- Attenuazione di tipo esponenziale, in base alla legge di Bourget-Lambert-Beer (vedi formula 8.2).

$$\alpha_L = \frac{1}{4\pi r^2}$$

- Attenuazione di spazio libero

Banda spettrale ($\mu \text{ m}$)	Irradianza incendio (Wcm^{-2})
0,8 ÷ 1,1	$8 * 10^{-14}$
3 ÷ 5	$18,3 * 10^{-10}$
3,4 ÷ 5	$18,2 * 10^{-10}$
8 ÷ 12	$3,3 * 10^{-10}$
8 ÷ 14	$3,4 * 10^{-10}$

Tabella III

Dai dati sopra esposti si evince che la banda $3 \div 5 \mu \text{ m}$ è nettamente favorita rispetto alle altre bande. La scelta di questa banda consente perciò, di operare con ottiche molto più piccole e quindi con costi e volumi molto minori a parità di segnale in uscita.

² Il visibile è compreso nell'intervallo $[0.4 \div 0.7] \mu \text{ m}$, mentre il vicino IR si estende nella banda $[0.8 \div 3] \mu \text{ m}$

2.6 IRRADIANZA DI FONDO

Normalmente, in assenza d'incendio, il segnale che viene misurato dal sensore è dovuto al contributo del fondo, che a sua volta è dato dalla somma dell'irradianza atmosferica e dello sfondo vero e proprio (alberi, vegetazione, ecc.).

Mediamente questi contributi sono lentamente variabili e quindi vengono eliminati da un sensore accoppiato in alternata; alcune variazioni rapide cui sono soggetti possono provocare, però, su un sensore che sta effettuando la scansione della scena, dei segnali temporalmente simili a quelli provocati dallo scoppio di un incendio dando luogo a possibili falsi allarmi. Un altro contributo da non sottovalutare è quello dovuto alla riflessione solare di oggetti naturali o artificiali (lamine riflettenti, tetti, rocce) che si trovano nel campo di vista del sensore.

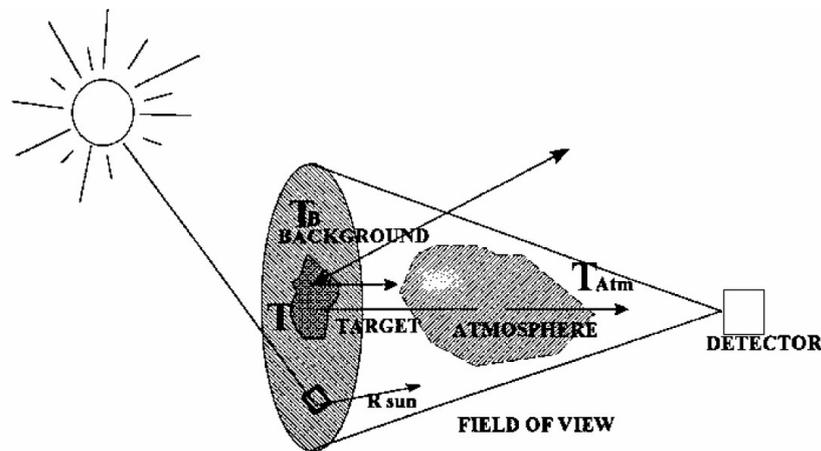


Figura 11: Campo di vista del sensore.

C'è comunque da considerare che il campo di vista del sensore è normalmente più grande di quello corrispondente ad un incendio di 5 m² visto a 10 Km di distanza e quindi l'energia totale che colpisce il sensore è più grande rispetto a quella da evidenziare. Questo comporta che conviene analizzare l'andamento temporale del segnale, cercando di evidenziare gli eventuali picchi.

Per effettuare queste valutazioni, sono stati calcolati i seguenti contributi nelle varie bande spettrali, prendendo come modello un sensore con un campo di vista totale uguale a quello del nostro sistema:

- Irradianza atmosferica (H_{atm}) calcolata nelle condizioni di ambiente rurale, estate e visibilità di 10 Km.
- Irradianza di sfondo (H_{back}) costituito da una vegetazione a temperatura ambiente ed emittanza $\epsilon = 0.9$.
- Irradianza (H_{sun}) dovuta all'energia solare riflessa da un oggetto con un coefficiente di riflettività 0.5 e di dimensioni di 18 × 18 m² a 10 Km di distanza.

Le irradianze integrate nelle varie bande di interesse sono riassunte nella tabella IV:

Banda spettrale (μm)	Eatm $\left(\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right)$	Eback $\left(\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right)$	Esun $\left(\frac{\text{W}}{\text{cm}^2}\right)$
3÷5	$215 \cdot 10^{-10}$	$38 \cdot 10^{-10}$	$9 \cdot 10^{-11}$
8÷14	$117 \cdot 10^{-8}$	$4.2 \cdot 10^{-8}$	$17 \cdot 10^{-13}$
0.8÷11	Trascurabile	Trascurabile	$1.7 \cdot 10^{-11}$
3.4÷5	$209 \cdot 10^{-10}$	$38 \cdot 10^{-10}$	$8.5 \cdot 10^{-11}$
8÷12	$75 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-8}$	$17 \cdot 10^{-13}$

Tabella IV

- Eatm = irradianza dell'atmosfera.
- Esun = irradianza del sole.
- Eback = irradianza dello sfondo.

La banda 3 ÷ 5 μm è la regione in cui le varie componenti si equivalgono maggiormente. Risulta predominante il contributo dell'atmosfera, ma anche sensibile è il contributo di sfondo mentre cala la riflettività solare. Benché anche in questo caso i livelli assoluti di sfondo risultano essere maggiori di quelli del segnale da rilevare, variazioni dell'ordine dell'1 % rimangono largamente al di sotto dell'ampiezza dell'irradianza dell'incendio e quindi il trattamento del segnale risulterà meno complesso. Emerge chiaramente da questa analisi come sia importante, ai fini di una valutazione completa, tenere conto non solo delle caratteristiche della sorgente e della trasmittanza atmosferica, ma anche dei segnali provenienti dallo sfondo. Concludendo questa analisi ha dimostrato che:

- La banda 3 ÷ 5 [μm] è quella che contiene energeticamente la maggior parte della radiazione di un incendio.
- La banda 3 ÷ 5 [μm] è quella che ha una maggiore trasmissione atmosferica nelle condizioni più tipiche della trasmissione di un segnale incendio.
- La banda 3 ÷ 5 [μm] è quella dove sono più bassi i valori dell'irradianza dello sfondo, le cui variazioni potrebbero possono essere confuse con l'insorgere di un incendio.

Tutti questi dati si traducono in maggiori prestazioni, minori costi e maggiore affidabilità del sistema nella sua globalità.

3 II SISTEMA UPRv4

3.1 Configurazione tipica del sistema PAIS

Il sistema PAIS ha una struttura modulare e versatile organizzata su due livelli fondamentali distinti ma completamente interagenti . La struttura gerarchica del sistema prevede un Centro Operativo Locale – COL –, che svolge le funzioni di comando e controllo del sistema, al quale fanno riferimento un numero variabile di Unità Periferiche di Rilevamento – UPR –, alle quali è demandato il compito di sorvegliare il territorio di competenza.

La configurazione del sistema (COL, numero di UPR) viene scelta in base alla complessità orografica dell'area di intervento.

Le comunicazioni tra COL e le UPR avvengono generalmente tramite una connessione ethernet che può essere realizzata attraverso ponti radio ma anche attraverso accessi alle rete internet.

La comunicazione tra COL e UPR non necessariamente è di tipo diretto come nell'esempio seguente tra COL e 1^ UPR, ma può essere anche indiretta come nell'esempio seguente la 5^ UPR raggiunge il COL mediante l'installazione di un ponte radio ricetrasmittente sul sito della 4^ UPR.

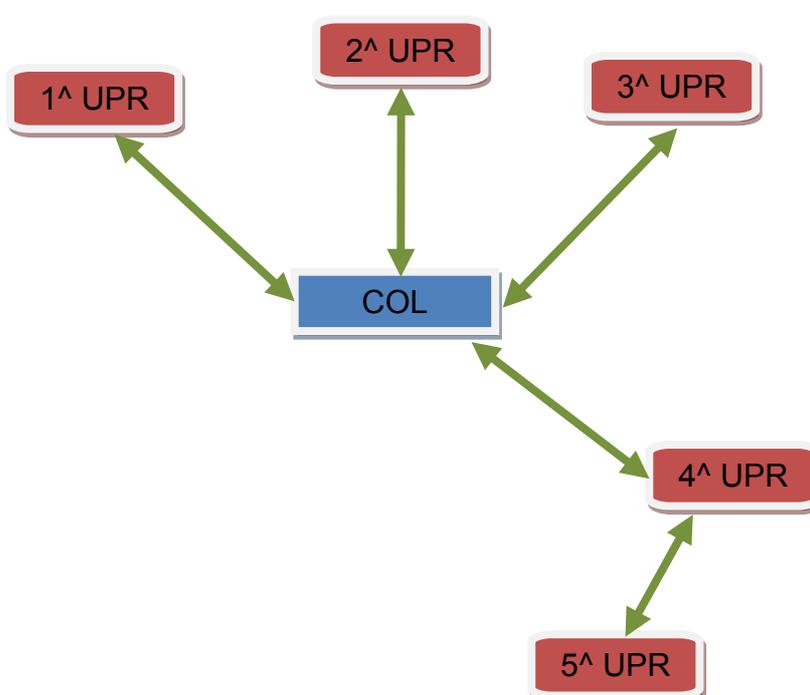


Figura 12: Schema di principio di una tipica applicazione del PAISv4

3.2 Le Unità Periferiche di Rilevamento (UPR)

Le Unità Periferiche di Rilevamento sono strutture non presidiate che effettuano la sorveglianza del territorio di competenza tramite una unità di rilevamento in due frequenze dell'infrarosso e tramite una telecamera che cattura l'immagine visibile. Permette la sorveglianza di tutti i 360° del panorama, circostante.

Le UPR assolvono al compito fondamentale di individuare al loro primo insorgere, localizzare con precisione e segnalare con tempestività al Centro Operativo Locale al quale fanno capo, tutti i focolai d'incendio che si rivelino in vista ottica. Permettono il controllo visivo del territorio tramite l'unità di ripresa nel visibile per sorveglianza preventiva, verifica di allarmi segnalati e controllo delle operazioni di spegnimento.

L'unità effettua la sorveglianza 24 ore su 24 ed essendo progettata e costruita per funzionare anche in condizioni ambientali proibitive. In caso di volontaria sospensione temporanea della sorveglianza (es. periodi invernali) l'unità è in grado di continuare a funzionare al minimo regime per il rilevamento dei parametri meteorologici.

Ogni UPR è comandabile, configurabile ed aggiornabile da remoto.

In Figura seguente è riportato lo schema per blocchi funzionali di una generica UPR dal quale si evidenziano le quattro parti che la compongono:

1. sensore IR/NIR è uno strumento che misura l'energia emessa da un corpo caldo valutando due differenti intervalli di lunghezze d'onda IR e NIR, rilevate in 60 diversi punti di elevazione.
2. movimento dell'azimuth del sensore IR/NIR.
3. Unità PC104 che gestisce la comunicazione con il COL, attua sulla macchina i comandi che arrivano dal COL e genera i messaggi di *allarme incendio* valutando le misure eseguite dal sensore IR nei differenti azimuth
4. scheda madre che si occupa di fornire le alimentazioni ai singoli dispositivi controllandone lo stato
5. telecamera per analisi dell'immagine visibile, con relativa movimentazione
6. sensori meteo con relativo sistema d'acquisizione

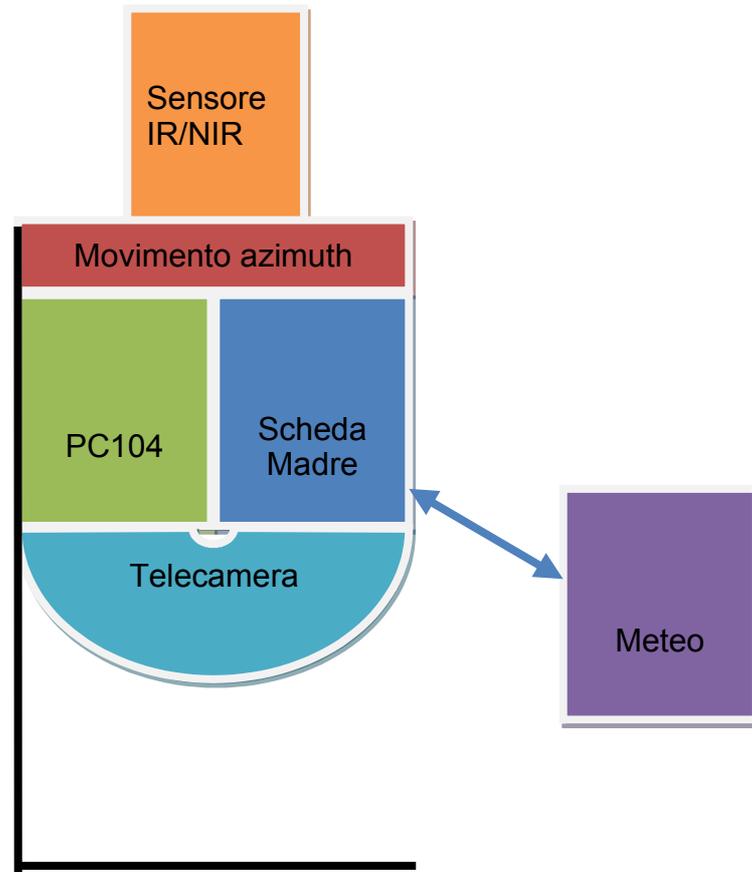
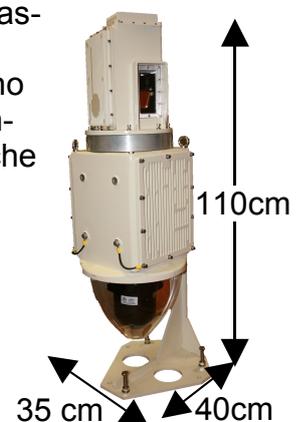


Figura 13: Schema di principio delle componenti interne di una UPRv4

3.3 Peso, ingombri, alimentazione e interfaccia della UPRv4

La UPRv4 comprensiva del sistema meteo (vedi paragrafo 4.6) pesa complessivamente 68 Kg, le dimensioni sono: larghezza 35cm, lunghezza 40cm, altezza 110cm. L'apparato UPRv4 necessita di una linea di alimentazione 24Vd.c. +/-10% assorbendo 120W massimi.

L'apparato fornisce una connessione ethernet attraverso la quale si possono comandare tutte le unità che lo compongono, si possono ricevere allarmi incendio e dove altresì transita il segnale video acquisito con la telecamera che opera nel campo del visibile.



4 CARATTERISTICHE TECNICHE

4.1 Unità di rilevamento nell'infrarosso



Il sensore IR/NIR è l'elemento cardine del sistema PAIS, e si compone delle seguenti parti fondamentali:

- *elemento sensibile IR*: è un rivelatore di PbSe ad effetto fotoconduttivo. La temperatura operativa del bulbo è di -35 [°C]; per assicurarsi che sia rispettata questa specifica il sensore viene raffreddato con sistema a cella Peltier la cui temperatura viene controllata attraverso un algoritmo PID per stabilizzare le misure. Il sensore converte il flusso di energia IR ($3,5 \div 5 \mu\text{m}$) incidente in un segnale elettrico (tensione).
- *elemento sensibile NIR*: è un rivelatore di Silicio ad effetto fotoconduttivo. Converte il flusso di energia NIR ($1,7 \mu\text{m}$) incidente in un segnale elettrico (tensione).
- *sistema di scansione sensore IR/NIR*: l'apparato sensibile monitorizza il mondo esterno per 30° (IFOV) in zenit.
- *sistema ottico*: è costituito da un sistema di lenti posizionate prima dell'elemento sensibile; la prima lente piatta separa l'ambiente esterno dall'elettronica interna garantendo sia il passaggio dell'energia nelle bande di lavoro d'interesse dei sensori, sia la tenuta stagna dell'apparato; la seconda restringe il campo di vista (IFOV) a $0,5^\circ$; l'ultima filtra il segnale visibile facendo arrivare al sensore IR lunghezze d'onda da $3 \mu\text{m}$ fino a $5 \mu\text{m}$ e deviando il fascio luminoso al di sotto dei $3 \mu\text{m}$ verso il sensore NIR.
- *elettronica di amplificazione e filtraggio*: i due segnali elettrici in uscita dai sensori vengono trattati mediante amplificatori per strumentazione e quindi filtrati in modo analogico (tramite filtri passa-banda) eliminando prima il rumore a bassa frequenza ($1/f$) tipico dei sensori, e poi il rumore ad alta frequenza. In definitiva si può dire che la cascata di questi due elementi ha il compito di amplificare il segnale proveniente dagli elementi sensibili e renderli disponibili al sistema di rilevazione per l'allarme fuoco con il miglior rapporto segnale/rumore.
- *elettronica di acquisizione e controllo*: il segnale IR e il segnale NIR vengono acquisiti attraverso una coppia di convertitori AD 16bit. Il controllo delle funzioni interne all'unità di rilevamento nell'infrarosso e nel NIR (stabilizzazione della temperatura interna del sensore IR, scan-

sione del mondo in elevazione, connettività verso l'esterno,...) viene eseguito attraverso una cpu, con le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---------------------|--|
| CPU: | MCF5208 160Mhz, bus 80MHz |
| Memoria di Sistema: | 8Mbyte SDRAM |
| Ram disk: | 512Kbyte RAM Tamponata litio |
| Codice: | 2Mbyte Flash |
| RTC: | Orologio Datario in tampone con batteria litio, dotato di funzione di cambio automatico ora solare/legale. |
| EEPROM: | 4kbit |
| Sistema Operativo | Multitasking, Real-Time |
| File System | DOS Compatibile |
- Temperatura di lavoro -30 °C ÷ +60 °C;
 - Alimentazione +24 Vcc.

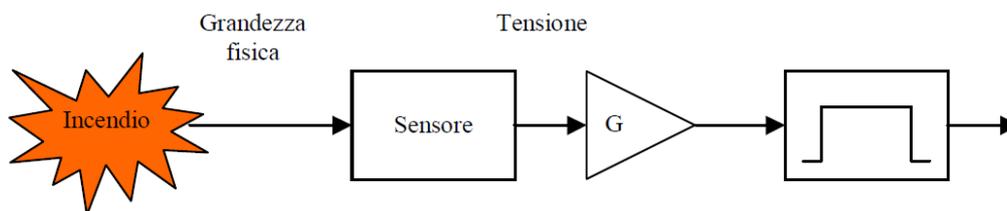


Figura 14: Gruppo elettronico di amplificazione e filtraggio analogico.

4.2 Movimento Azimuth



La movimentazione del piano che supporta il sensore IR/NIR viene eseguita attraverso un servomotore ad alta coppia ed un azionamento che ne controlla i parametri di funzionamento come la coppia la corrente assorbita.

- Coppia nominale: 0,9Nm
- Corrente nominale: 1A
- Coppia massima: 3,6Nm
- Corrente massima: 4A
- Velocità massima: 10 RPM



- Encoder assoluto monogiro
- Alimentazione logica: +24Vd.c.
- Alimentazione motore: +85Vd.c.



4.3 Scheda PC104



Processore AMD:	AMD Geode™ LX
Chipset:	CS5536
Potenza consumata:	5.6W
RAM:	512Mb
Ethernet:	82551, 10/100Base-TX, Connector, Status LED
USB:	1x, Header, USB 2.0, Host 2x, Header, USB 2.0, Host/Device

COM: 4 porte, RS232/RS422/RS485

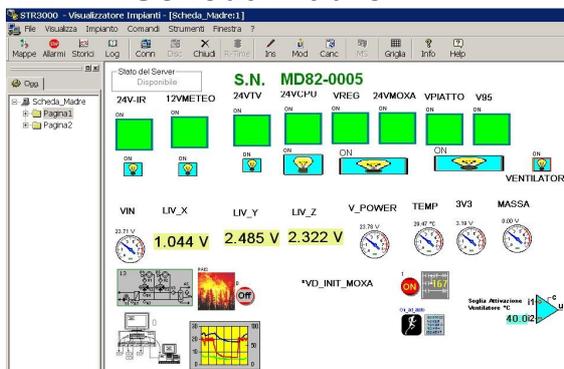
PCI: 4x, PCI-104, 33MHz, 32-bit, 3.3V/5V, PCI 2.2 Compliant



La scheda PC104 presente all'interno della UPRv4 si occupa di acquisire il segnale video attraverso il frame grabber collegato all'uscita video della telecamera, si occupa di comandare il movimento dell'azimuth e di acquisire i valori dalla unità di rilevamento nell'infrarosso in

modo da disporre di una mappa termica relativa alla zona sotto sorveglianza.

4.4 Scheda Madre



Questa parte della macchina, che permette di garantire un isolamento da scariche elettriche fino a 1500 Vrms, genera, comanda e controlla le tensioni d'alimentazione principali che alimentano i singoli apparati (sensore IR, Telecamera, Movimento Azimuth,...); effettua il monitoraggio continuo della temperatura interna alla macchina in un range tra -30/+100°C e delle variazioni sulla linea d'alimentazione, memorizzando i dati acquisiti ogni minuto, per un periodo di 48 ore. Sulla scheda madre è presente una CPU con le seguenti caratteristiche:

memorizzando i dati acquisiti ogni minuto, per un periodo di 48 ore. Sulla scheda madre è presente una CPU con le seguenti caratteristiche:

Microprocessore	MCF5208 160Mhz, bus 80MHz
Memoria di Sistema:	8Mbyte SDRAM
Ram disk:	512Kbyte RAM Tamponata litio
Codice:	2Mbyte Flash
RTC:	Orologio Datario in tampone con batteria litio, dotato di funzione di cambio automatico ora solare/legale.
EEPROM:	4kbit
Sistema Operativo	Multitasking, Real-Time
File System	DOS Compatibile

4.5 Telecamera



Dati Funzionali:

Brandeggio orizzontale 0 ÷ 359.9°

Brandeggio verticale +/- 30°

Dati telecamera

Sensore 1/4" Ex-view HAD CCD

Ottica motorizzata 26X zoom ottico, f=3.5 mm
a 91.0 mm, F1.6 a F3.8,
12X (312X total zoom)

Zoom digitale

12X (312X total zoom)

Risoluzione

>520 TVL (PAL)

Angolo di vista:

54.2° a 2.2°

Luminosità minima

1.0 lux, 0.09 lux (senza filtro IR)

Rapporto S/N

> 50dB

Day/Night

Modalità B/N abilitabile in notturna

Fuoco

autofocus + manuale

Temperatura di lavoro

-30 °C ÷ +60 °C;

Alimentazione

+ 24 Vcc.

4.6 Meteo



Il sistema ha caratteristiche di affidabilità e precisione per la maggior parte delle applicazioni in campo meteorologico, agrometeorologico, industriale e di ricerca scientifica.

Il sistema è composto da un sensore che rileva la velocità del vento ed un sensore che rileva la direzione del vento. Il sensore che rileva la velocità del vento è costituito da un albero in rotazione che supporta tre coppette calibrate. La rotazione attiva un contatto reed. Il sensore che rileva la direzione del vento è composto da una banderuola solidale con il cursore di un potenziometro, che permette quindi di individuarle la sua posizione rispetto ad un riferimento.

Entrambi i sensori sono conformi agli standard WMO. Il sistema prevede l'alimentazione a 24-Vd.c., ha un consumo complessivo massimo di 6W.

Il data logger fornisce su una linea di comunicazione seriale in fibra ottica i valori acquisiti di direzione e velocità del vento, istantanei ed il seguente set di dati meteo:

- Data e ora del dato meno recente coinvolto nell'elaborazione
- Data e ora del dato più recente coinvolto nell'elaborazione
- Numero di campioni utilizzati
- Velocità: valore massimo
- Velocità: valore minimo
- Velocità: valore medio (media aritmetica)
- Velocità: deviazione standard
- Direzione: valore medio (media trigonometrica)
- Direzione: deviazione standard
- Direzione: scostamento percentuale, inteso come indice di variazione (in percentuale) della misura con la quale i valori sono distanti dal valor medio ("sbandieramento" o deviazione standard della direzione orizzontale del vento espressa in percentuale)

Caratteristiche dei sensori anemometrici:

Velocità del vento	Direzione del vento
Range di misura: 1,5÷ 79 m/s	Range operativo: 1,5÷ 79 m/s
Precisione tipica: ± 5%	Range di misura: 0÷ 360°
Risoluzione: 0.1 m/s	Risoluzione: 1%
Soglia: 0.2 m/s	Precisione tipica: ± 7%

