

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria aerospaziale

***Relazione per la prova finale  
«Tecniche di riduzione dell'emissione  
infrarossa in correnti calde espulse  
da ugelli di un turbogetto»***

Tutor universitario: Prof. Benini

Ernesto

Laureando: *Redivo Mattia*

Padova, 25/09/2023

Ogni oggetto la cui temperatura è maggiore dello zero assoluto emette radiazioni con una lunghezza d'onda variabile tra  $0.1 \mu\text{m}$  e  $100 \mu\text{m}$ .

Dalla legge di Planck per i corpi neri sappiamo che l'intensità della radiazione emessa dipende dalla lunghezza d'onda e dalla temperatura della superficie.

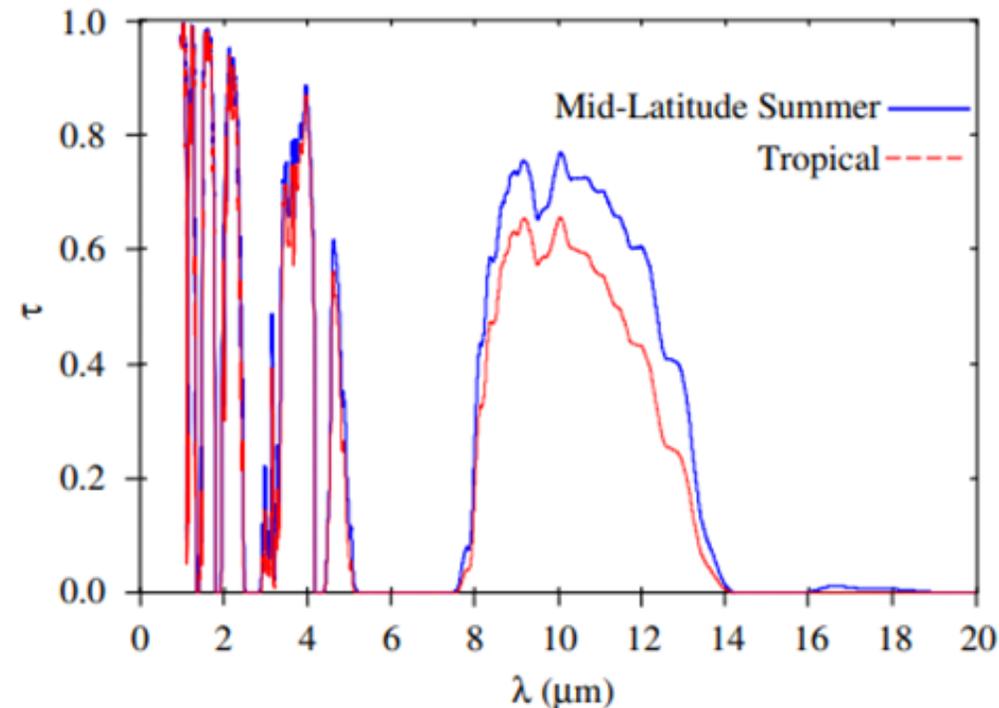
È importante ridurre l'emissione IR di un velivolo per migliorare la sua capacità di non essere rilevato da sensori IR.

Questi sensori sono passivi, non emettono radiazioni durante il loro funzionamento rendendo molto difficile la loro individuazione.

L'atmosfera si comporta come un filtro per le radiazioni IR e solo alcune lunghezze d'onda vengono trasmesse.

Questi intervalli di lunghezze d'onda con alta trasmissività vengono chiamati finestre atmosferiche, il valore di trasmissività dipende molto da parametri come temperatura, pressione e concentrazione delle varie specie chimiche.

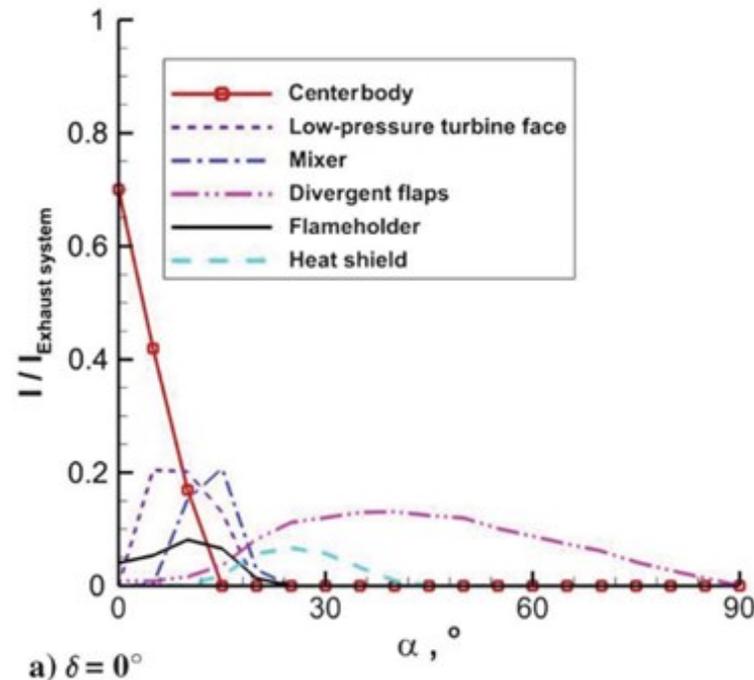
Le finestre utilizzate per la rilevazione dei velivoli sono 3-5  $\mu\text{m}$  e 8-12  $\mu\text{m}$ .



Le principali fonti di radiazione IR sono le superfici più calde del velivolo, ovvero la sezione di scarico del motore. Più precisamente l'ugello, la turbina, il corpo centrale e i gas di scarico sono i principali emettitori.

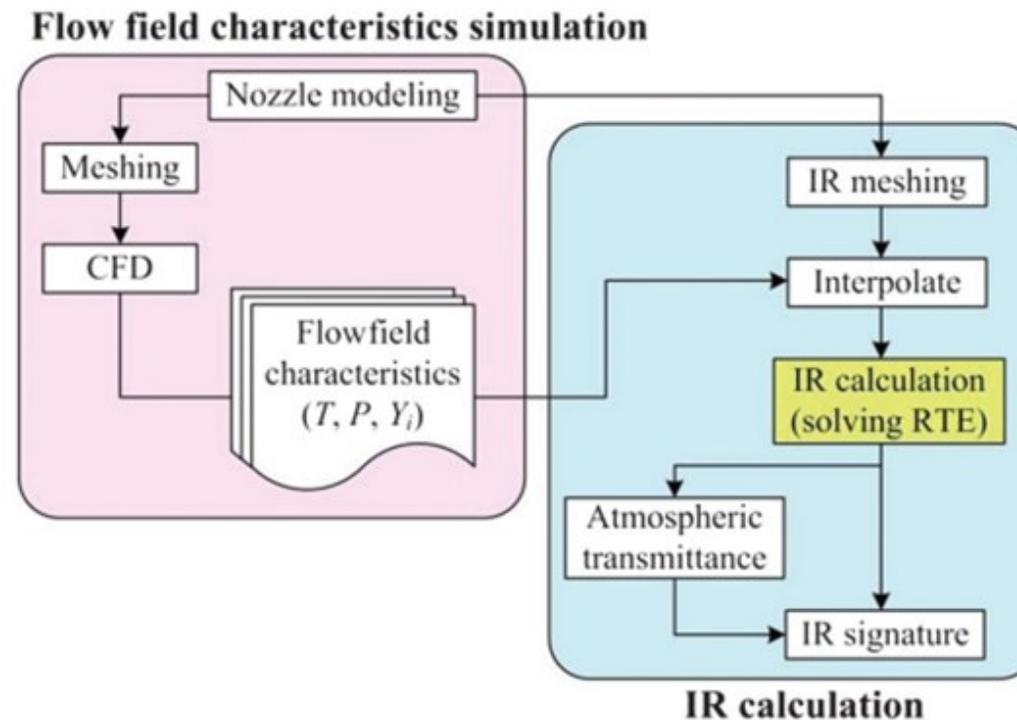
Le superfici interne della sezione di scarico del motore hanno temperature elevate e emettono radiazione principalmente tra 3-5  $\mu\text{m}$ .

Altre sorgenti di radiazione di potenza minore sono le superfici del velivolo riscaldate dal motore o dall'attrito aerodinamico.



Per calcolare la radiazione emessa dai gas di scarico bisogna conoscere le loro caratteristiche e concentrazione. Da questi valori dipendono i coefficienti di emissione, trasmissione e riflessione. Data la complessità del problema risulta conveniente usare un software CFD.

Una volta calcolate le caratteristiche del gas la radiazione emessa può essere facilmente calcolata con un software che utilizza un metodo ray tracing.

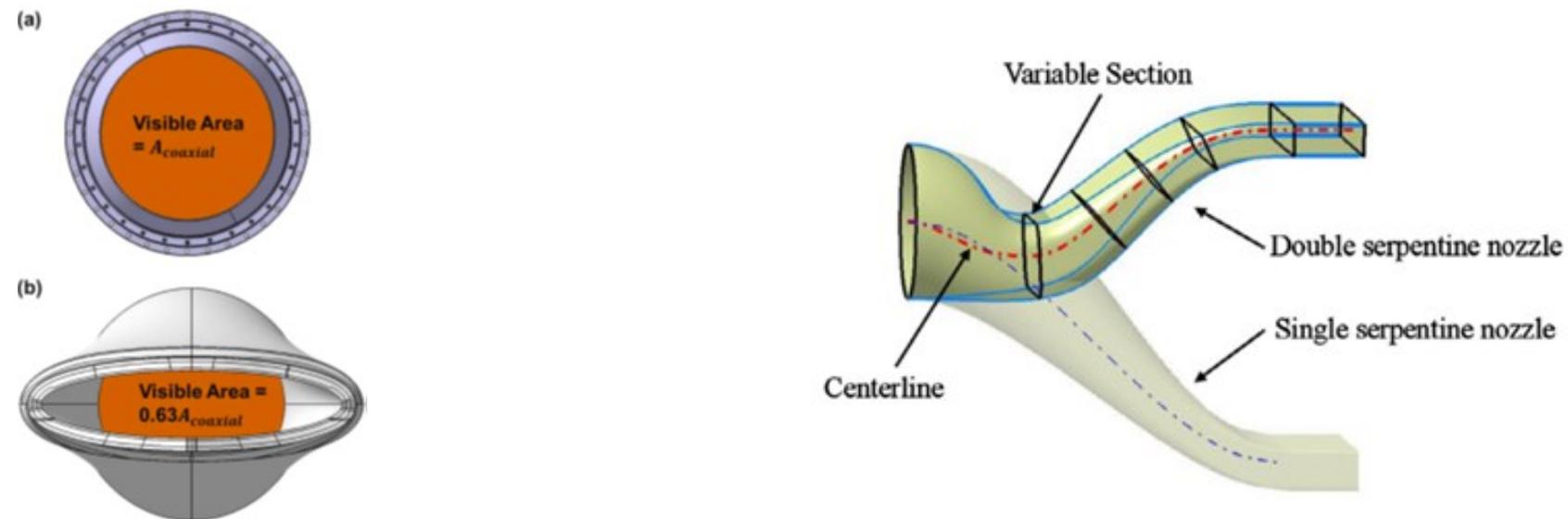


## Ugello 2D e ugello a serpentina

Questi ugelli sopprimono la radiazione emessa dal motore riducendone l'area visibile dall'esterno.

L'ugello 2D utilizza un forma della sezione di uscita schiacciata per diminuire l'area di motore visibile.

L'ugello a serpentina utilizza delle curve tra le sezioni di entrata e uscita per bloccare anche completamente la vista del motore.

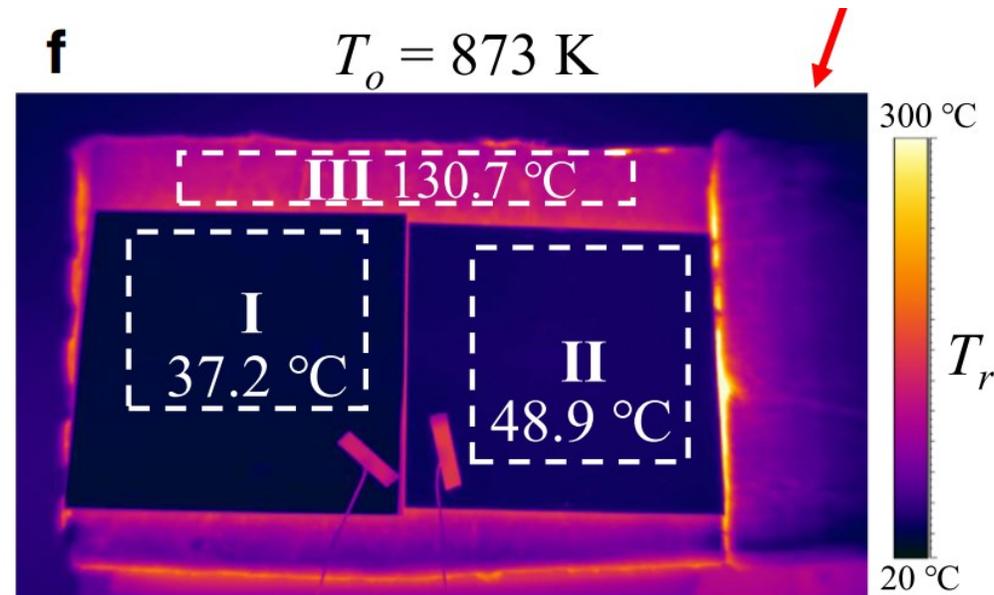


## Materiali isolanti

Per ridurre l'intensità della radiazione emessa da una superficie si può agire su due variabili: temperatura e coefficiente di emissione.

Tramite l'utilizzo di un isolante è possibile ridurre la temperatura superficiale, per esempio dell'ugello.

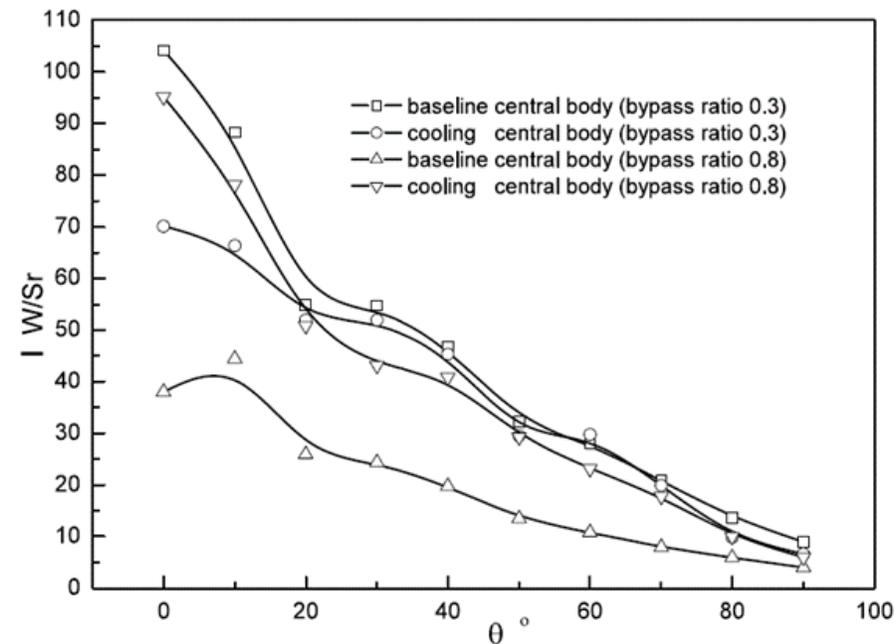
È possibile abbassare il coefficiente di emissione scegliendo i giusti materiali, per esempio metallo lucidato.



## Raffreddare il corpo centrale

Utilizzando un parte del flusso di bypass si può raffreddare la parte terminale del corpo centrale che trovandosi al centro del flusso primario ha una temperatura molto alta.

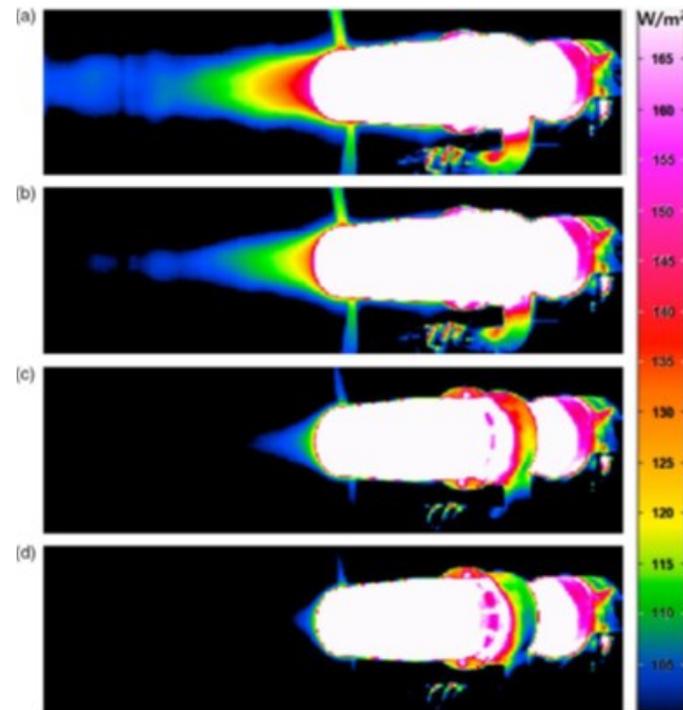
Questa tecnica prevede la parte terminale del corpo centrale cava con dei fori per far fluire il flusso di raffreddamento.



## Raffreddare i gas di scarico

Per diminuire l'emissione IR dei gas di scarico l'unico modo è ridurre la loro temperatura.

Questo può essere ottenuto smescolando il flusso primario con il flusso di bypass. Per migliorare il mescolamento è possibile utilizzare un miscelatore lobato.

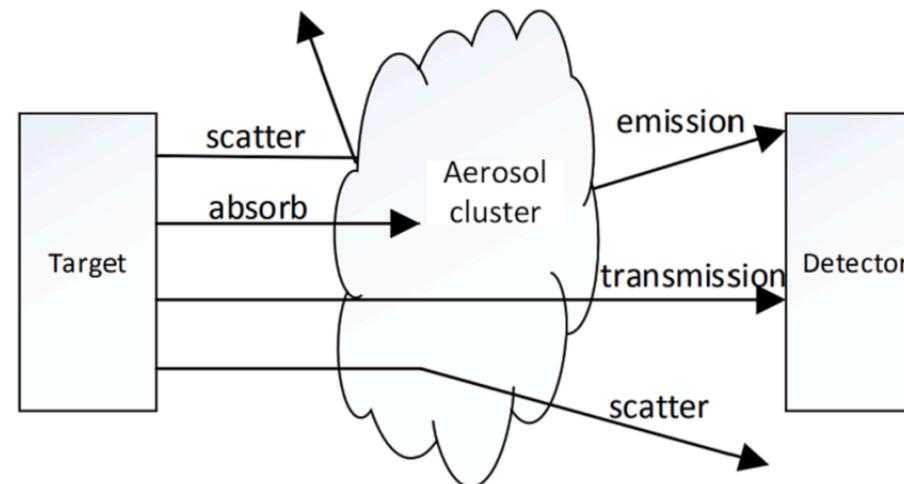


## Utilizzo di aerosol nei gas di scarico

Spazzando determinate sostanze nei gas di scarico è possibile creare una nuvola intorno all'ugello in grado di assorbire e disperdere la radiazione IR.

Le sostanze migliori per questo scopo hanno coefficienti di assorbimento e dispersione alti per lunghezze d'onda tra 3-5  $\mu\text{m}$ , per esempio polvere di alluminio o di silice.

Questa tecnica ha però molti difetti, primo l'aerosol non si disperde bene a velocità elevate, secondo l'utilizzo è limitato dalla grandezza dei serbatoi.



Esistono molte tecniche per ridurre l'emissione IR che si possono applicare ad una grande varietà di motori.

Alcune di queste sono già usate, miscelatore lobato, ugelli 2D e a serpentina, mentre altre hanno bisogno di ulteriori studi per essere applicate, superfici con emissività selettiva e aerosol.

È importante sottolineare che l'utilizzo di questi sistemi penalizza sempre altre caratteristiche del velivolo, come l'agilità o la potenza prodotta dai motori.