

# Modellazione CFD di una palettatura di turbina a gas con bordo di uscita raffreddato

**Responsabile scientifico: S. Ravelli**

Dipartimento di Ingegneria  
Università degli Studi di Bergamo

**Tutor di progetto: R. Ponzini**



# Indice

## Modellazione CFD di una palettatura di turbina a gas con bordo di uscita raffreddato (II)

- Contestualizzazione
- Descrizione della geometria
- Sintesi del lavoro svolto
  - ✓ Setup del modello CFD
  - ✓ Prospetto delle simulazioni
  - ✓ Risultati
- Sviluppi futuri

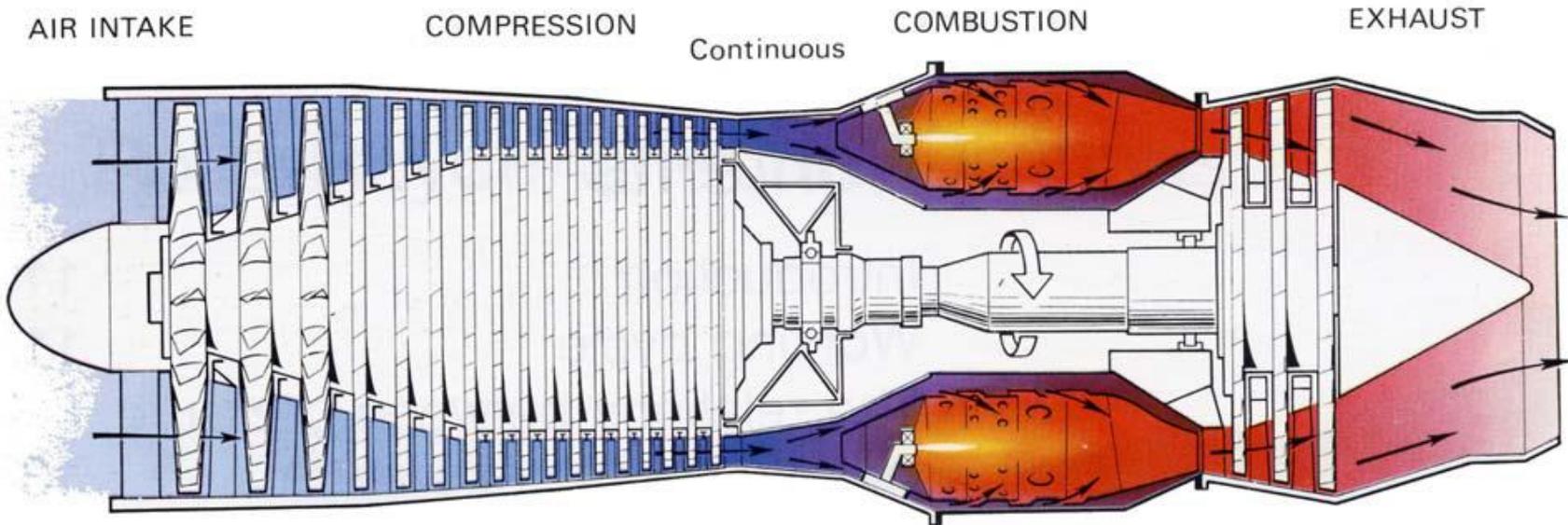
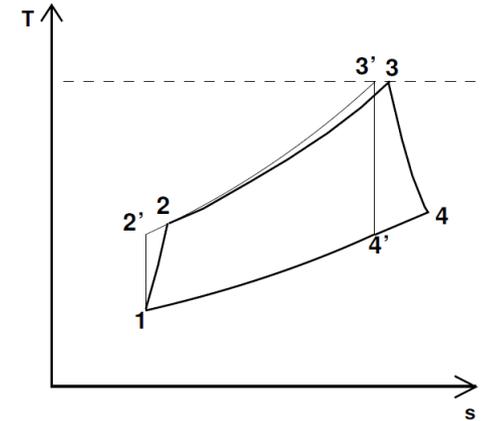
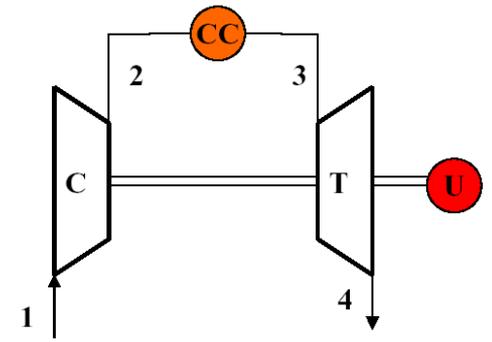




# Contesto

**TURBOGAS:** si compone di compressore (C), camera di combustione (CC) e turbina (T).  
Si basa su ciclo Joule-Brayton

**Applicazioni:** generazione di potenza elettrica  
propulsione aeronautica



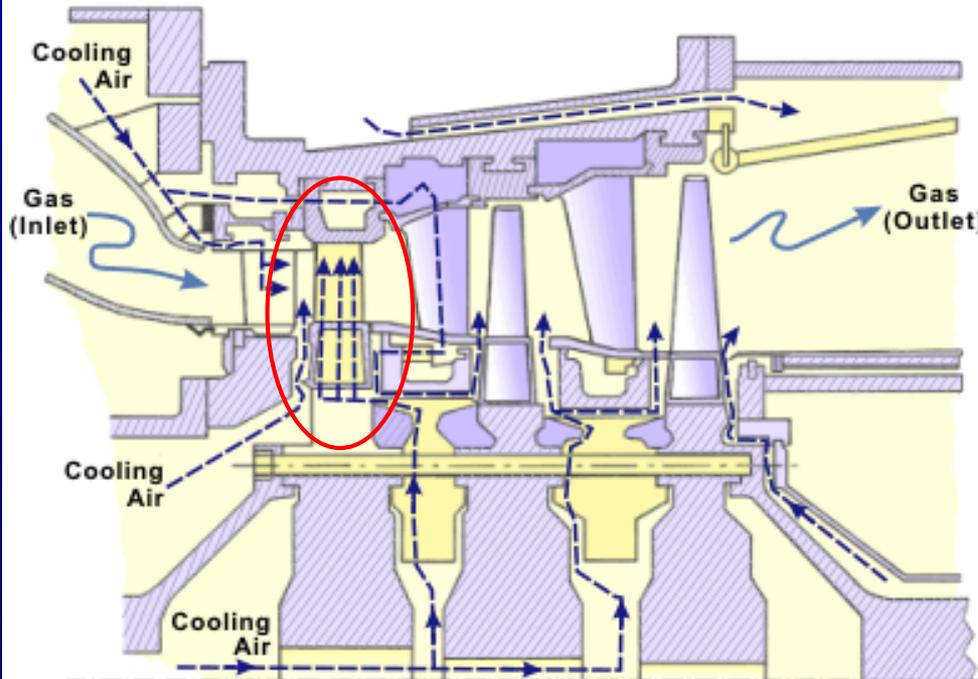
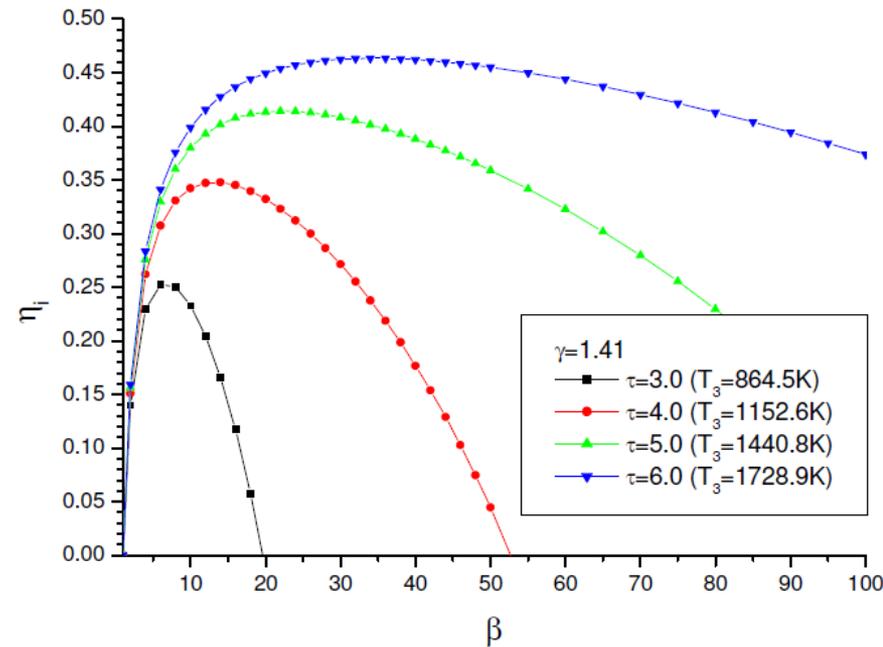


# Contesto

**Prestazioni:** il rendimento del ciclo Joule-Brayton reale aumenta con la massima temperatura  $T_3$



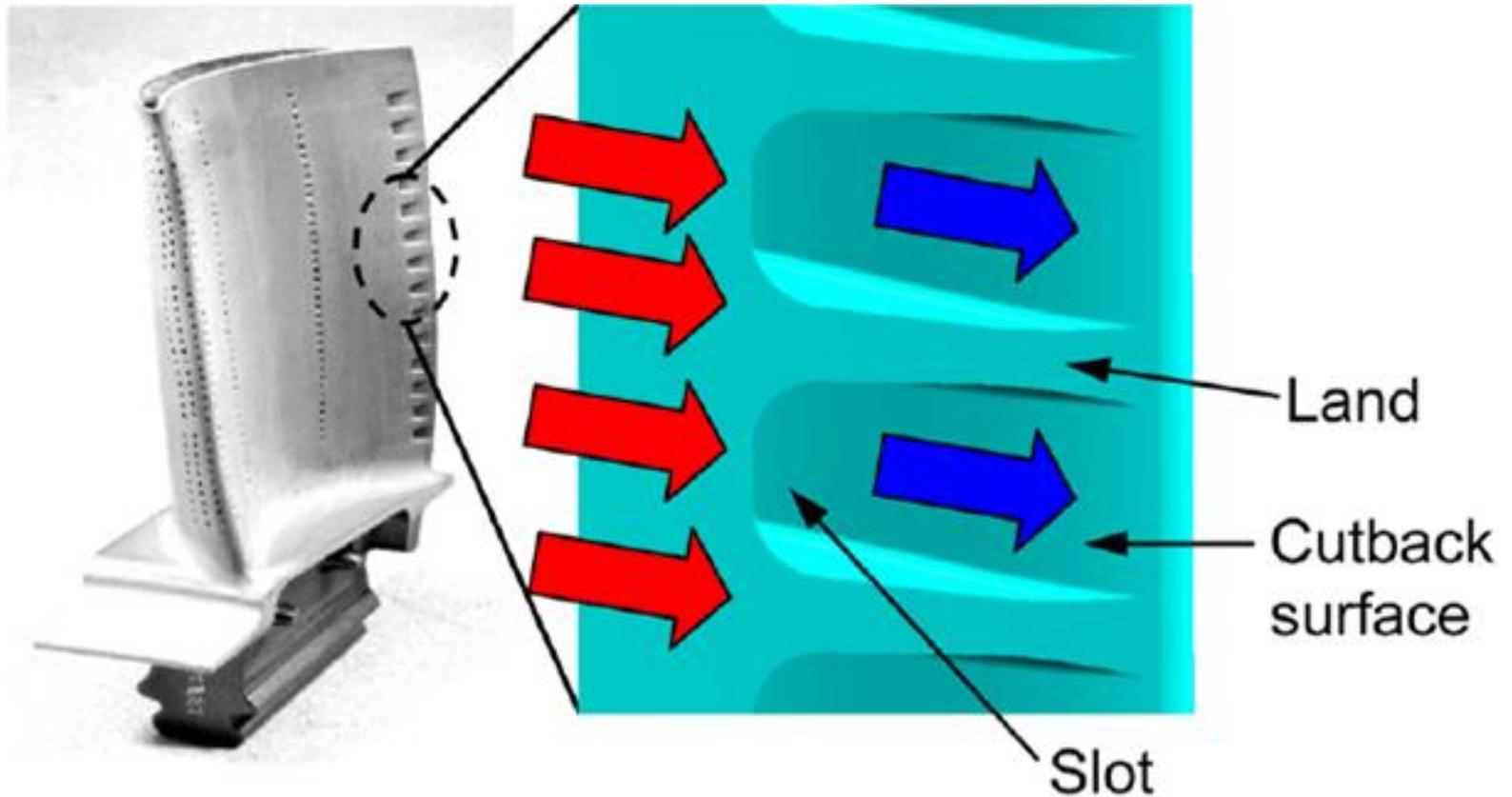
**Problematiche:** parti calde del turbogas sono costantemente esposte a gas ad elevata temperatura



Per  $T_3 > 1000-1100^\circ\text{C}$  occorre raffreddare i primi stadi di turbina: si utilizza come refrigerante aria spillata dal compressore.

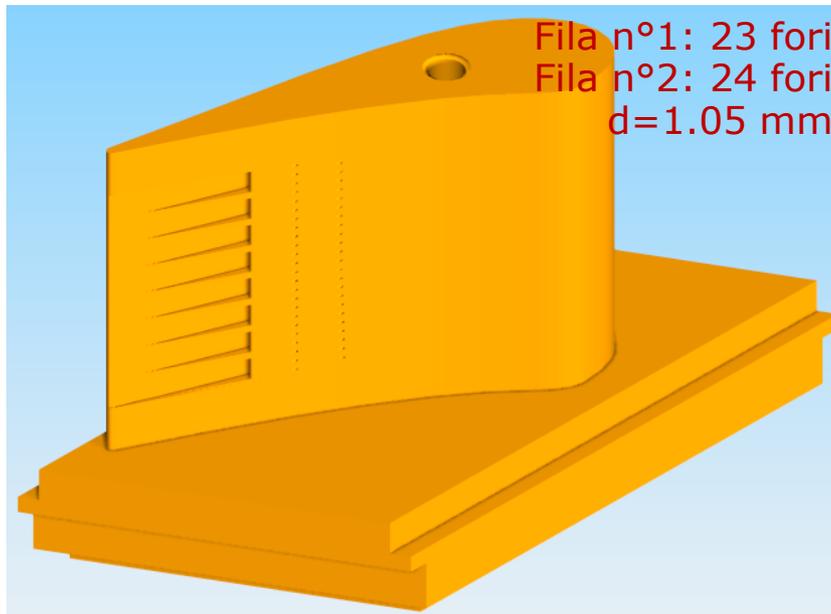
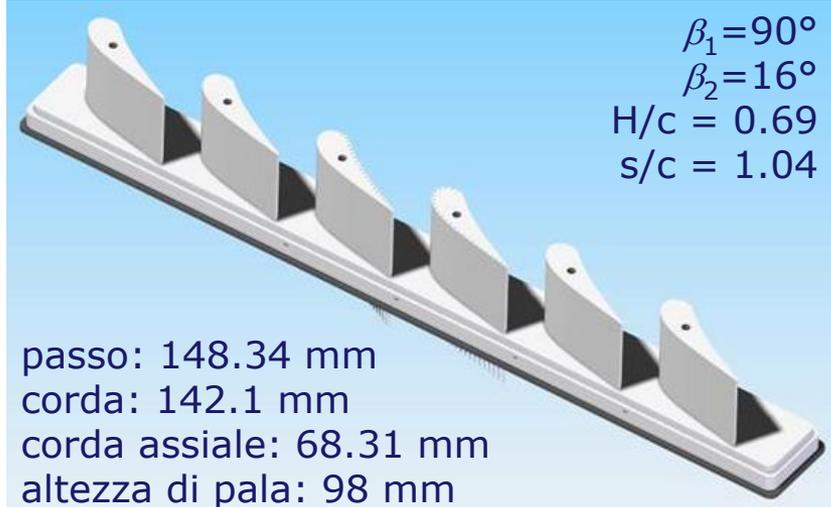


# Raffreddamento del bordo di uscita

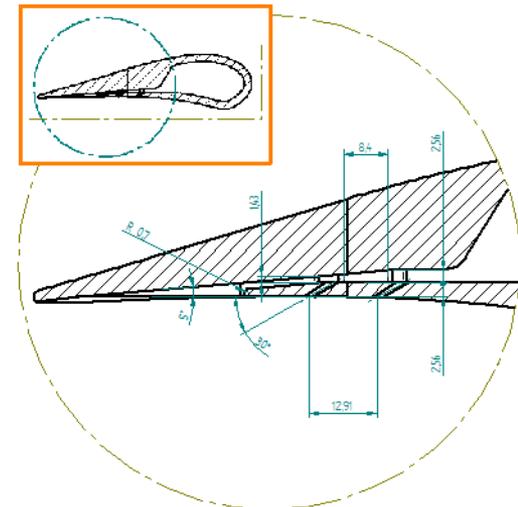
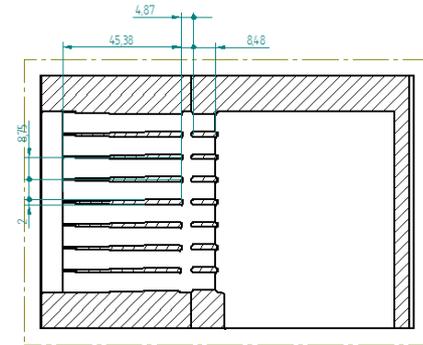
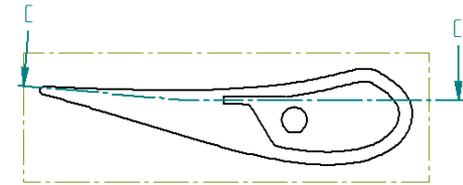




# Geometria della schiera

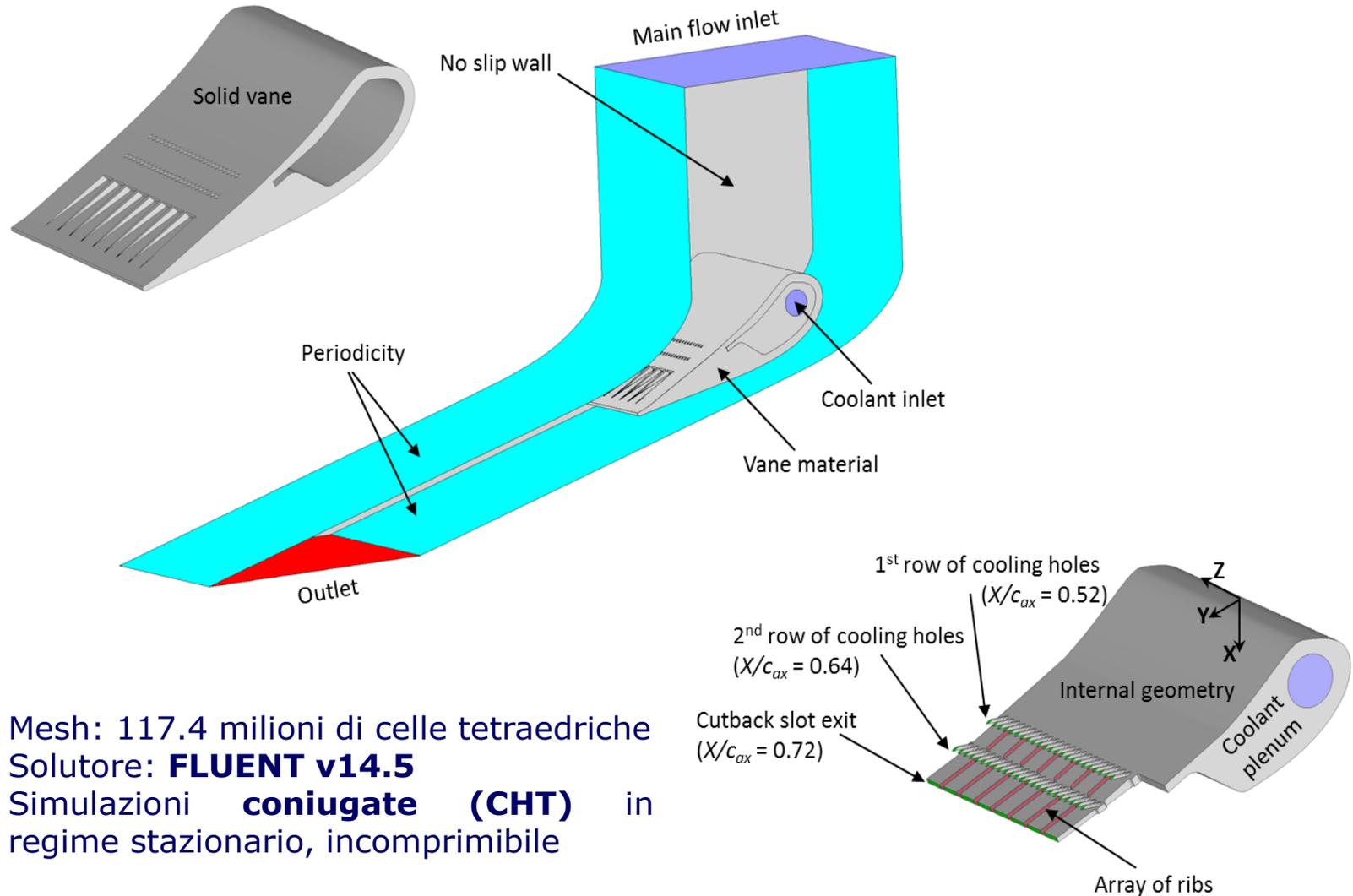


8 feritoie (6.75 mm x 1.43 mm) poste 40 mm a monte del bordo d'uscita





# Modello numerico 3D

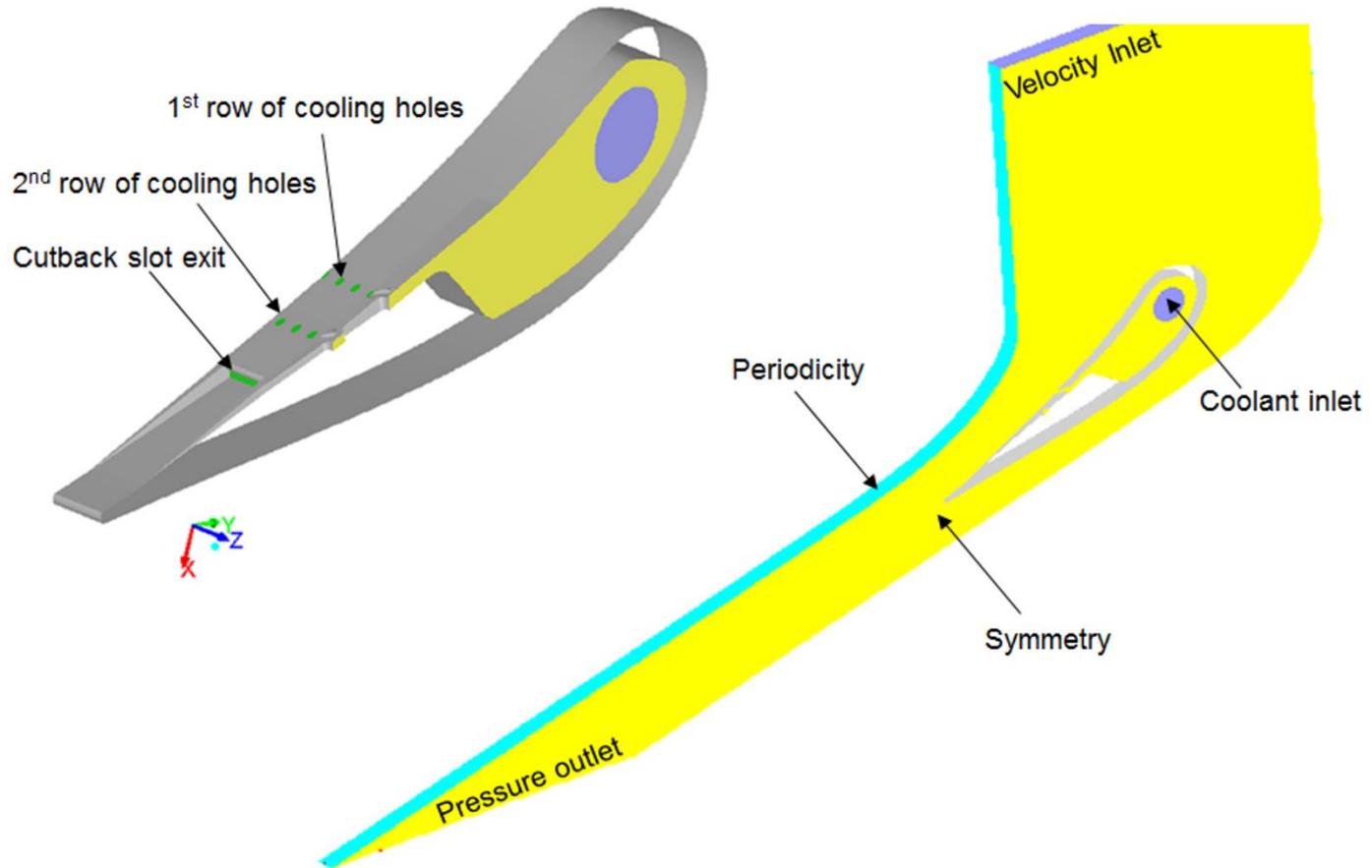


- Mesh: 117.4 milioni di celle tetraedriche
- Solutore: **FLUENT v14.5**
- Simulazioni **coniugate (CHT)** in regime stazionario, incomprimibile





# Modello numerico 3D



- Mesh: 2.9 milioni di celle poliedriche
- Solutore: **FLUENT v14.5**
- Simulazioni **adiabatiche** in regime **instazionario**, incompressibile





# Prospetto delle simulazioni

	Griglia completa: 117.4 milioni di celle Simulazioni coniugate stazionarie - CHT	1 modulo centrale: 2.9 milioni di celle Simulazioni adiabatiche instazionarie	
	RNG k- $\epsilon$	SST k- $\omega$ <b>URANS</b>	SST-SAS k- $\omega$ <b>Scale Adaptive Simulation</b>
MFR = 0.66%		<b>X</b>	
MFR = 1%	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
MFR = 1.5%		<b>X</b>	<b>X</b>
MFR = 2%		<b>X</b>	<b>in corso</b>
MFR = 2.8%	<b>X</b>		

\* MFR = portata di refrigerante/portata del flusso principale

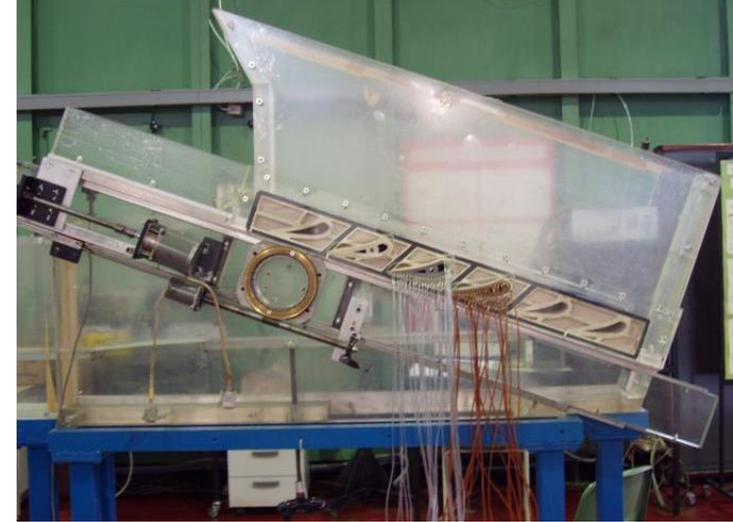
**Run parallelo:** limite max. **64 nodi** su **Eurora/PLX**





# Risultati

Validazione dei risultati CFD mediante misure fluidodinamiche e termiche effettuate in galleria del vento, presso il **Laboratorio di Macchine e Sistemi Energetici** dell'Università degli Studi di Bergamo. **Responsabile: prof.ssa Barigozzi**



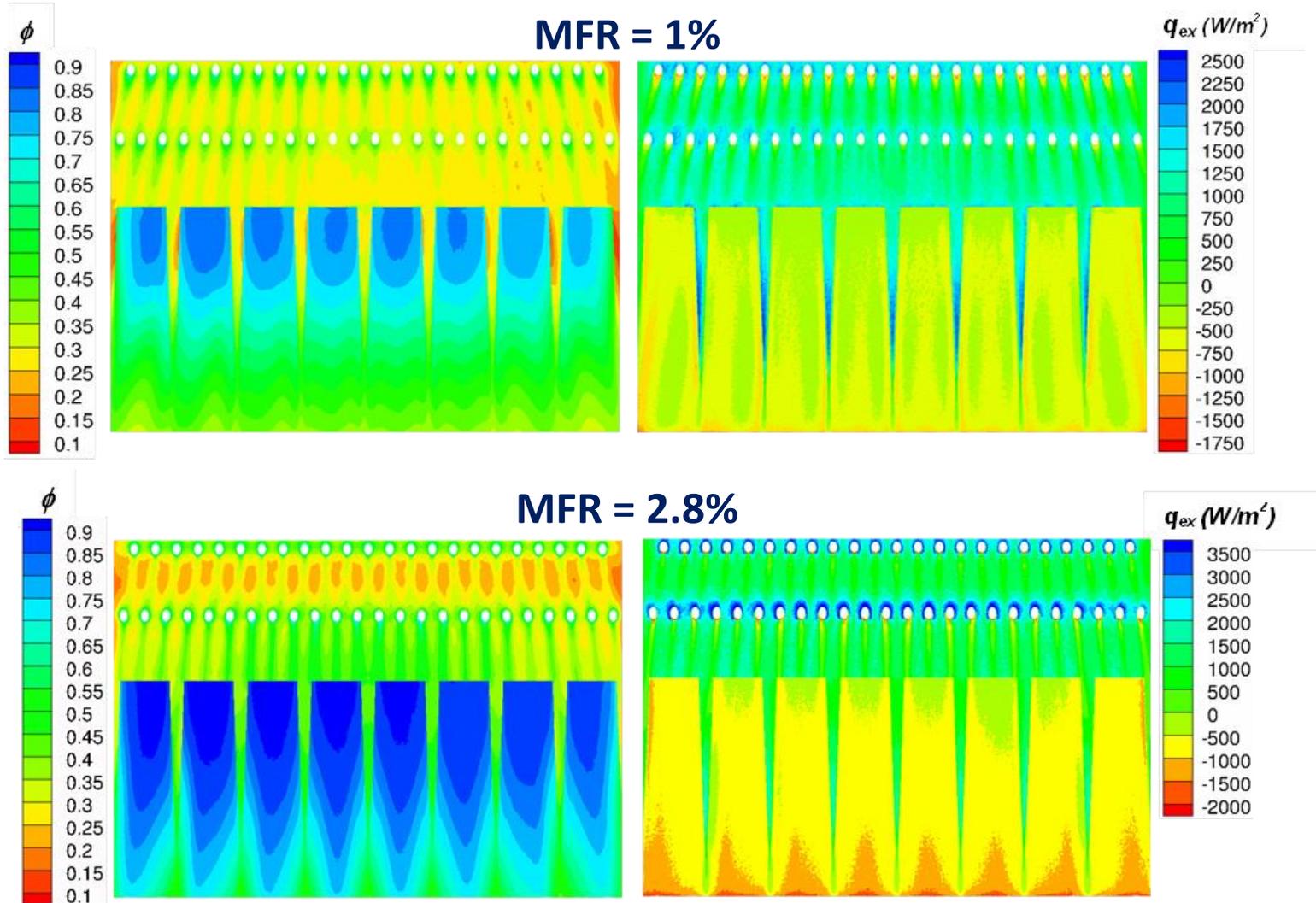
- **Simulazioni coniugate stazionarie:**
  - ✓ valutazione quantitativa degli effetti della conduzione nel solido sulla temperatura della pala, nella zona del cutback
- **Simulazioni adiabatiche instazionarie:**
  - ✓ identificazione di strutture vorticoshe dovute all'interazione fra refrigerante e flusso principale nella zona del cutback
  - ✓ calcolo della frequenza di rilascio di tali vortici
  - ✓ verifica dei miglioramenti nelle previsioni dell'efficienza adiabatica di raffreddamento lungo il cutback, rispetto alle simulazioni stazionarie (precedente bando LISA)





# Efficienza di raffreddamento $\phi$ - CHT

$$\phi = \frac{T_w - T_\infty}{T_c - T_\infty}$$





# Efficienza di raffreddamento $\eta$

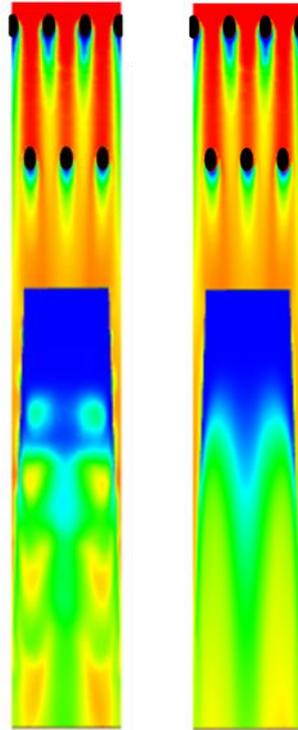
$$\eta = \frac{T_{aw} - T_{\infty}}{T_c - T_{\infty}}$$

MFR = 1%

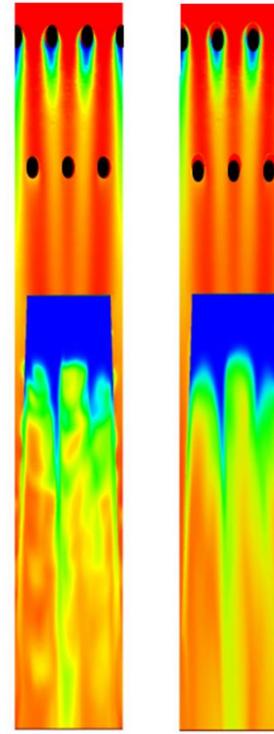
Steady  
RANS



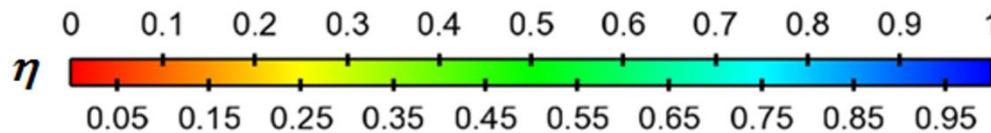
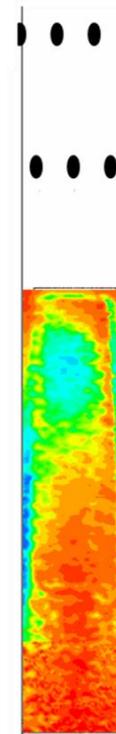
URANS



Scale Adaptive  
Simulation



Misure  
TLC



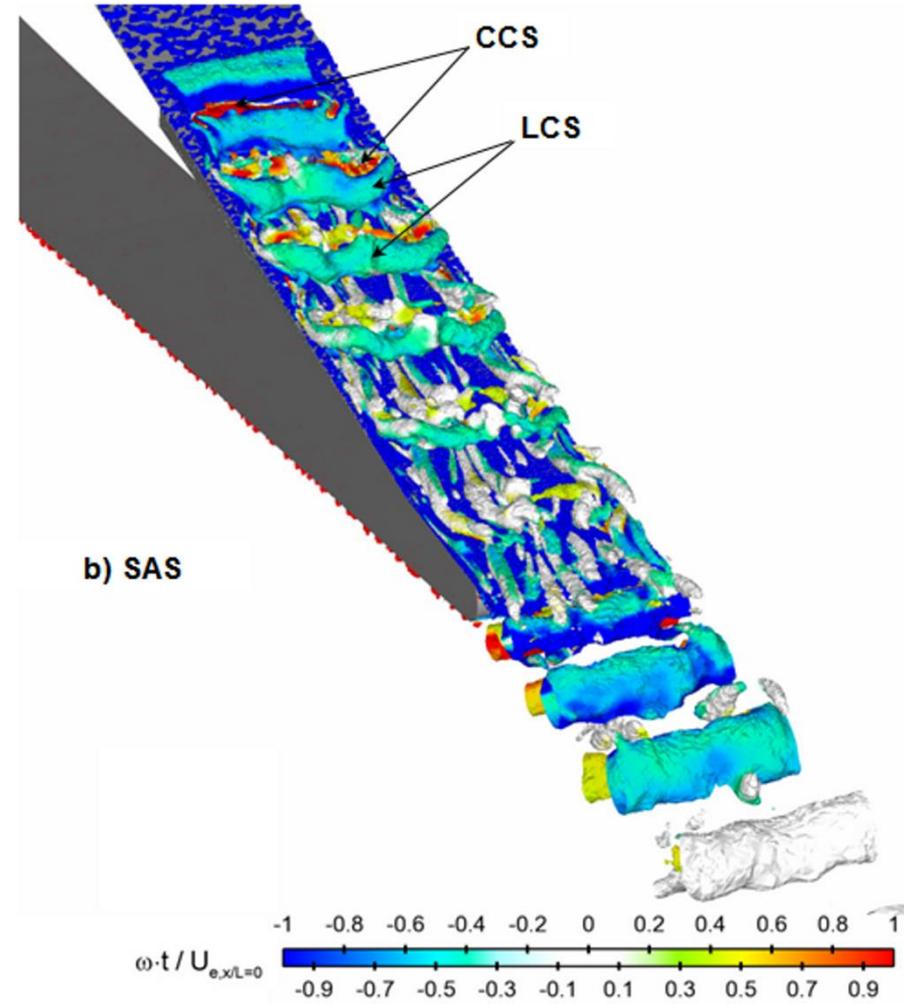
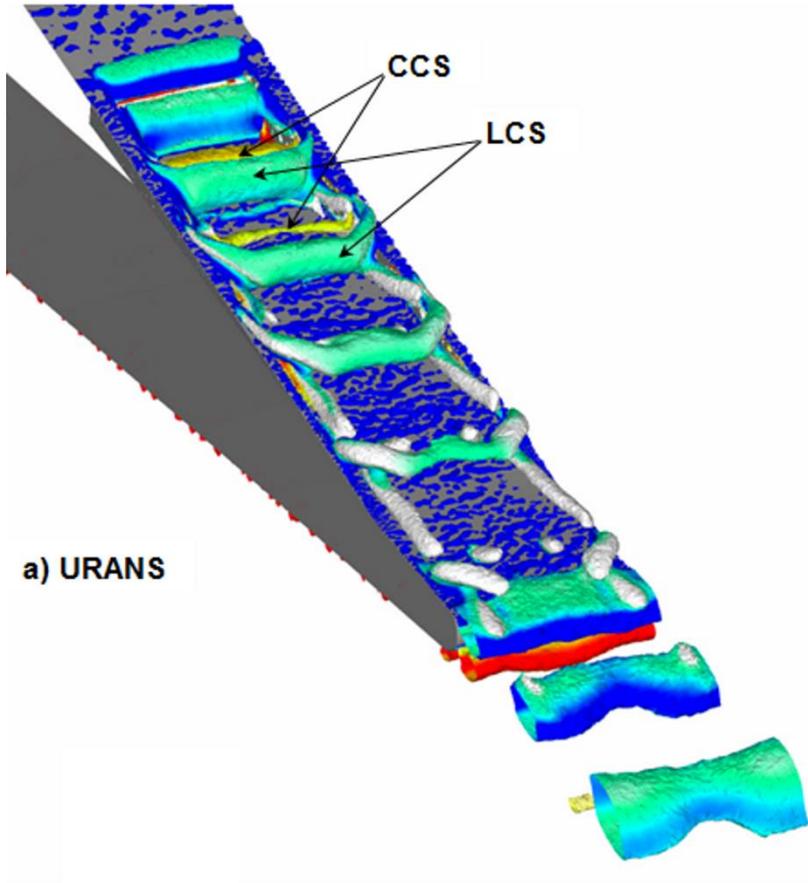


# Q-criterion

$$Q = S^2 - \Omega^2$$

$S$ : strain rate  
 $\Omega$ : vorticity

MFR = 1%

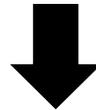




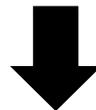
# Sviluppi futuri

## Modellazioni CFD della presente geometria:

- confronto fra diversi modelli **instazionari ibridi** (SAS vs. DES) con codice commerciale
- simulazioni ad alto numero di Mach (**regime comprimibile**)
- superamento dei vincoli di licenza imposti dal SW commerciale ANSYS



- portabilità del caso con geometria semplificata in 



Attività in corso grazie al supporto fornito dal personale CINECA:

- ✓ R. Ponzini
- ✓ F. Pasqua





# Publicazioni

## Cooling of the turbine section in gas turbine engines: combined experimental and numerical modeling using HPC infrastructure

S. Ravelli, G. Barigozzi, R. Ponzini

**International CAE Conference** 2013, October 21-22, 2013, Pacengo del Garda, Verona, Italy.

## Application of unsteady CFD methods to trailing edge cutback film cooling

S. Ravelli, G. Barigozzi

accepted for **ASME Turbo Expo 2014** Power for Land, Sea and Air, June 16-20, 2014, Düsseldorf  
accepted for publication in **Journal of Turbomachinery**

## Adiabatic and conjugate simulations on flow field in a gas turbine vane with pressure side film cooling and trailing edge cutback

S. Ravelli, G. Barigozzi

accepted for publication in **Journal of Power and Energy**

