

Turbina Kaplan - Introduzione

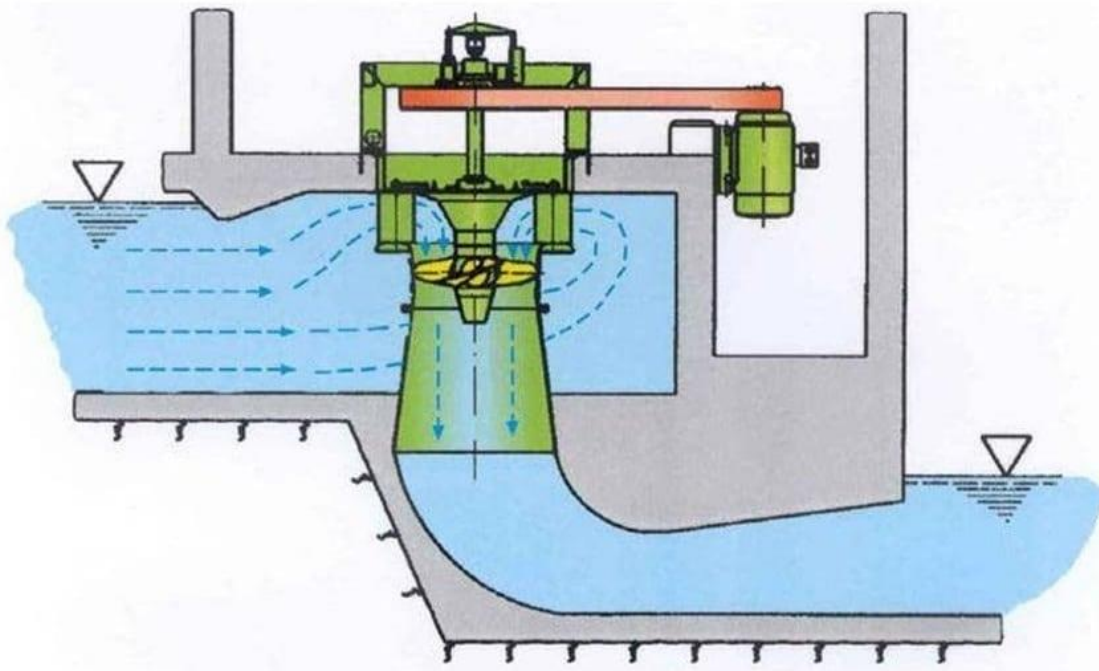
MACCHINA	n_s $n_s = 3.40 n_c$	n_c	Grado di reazione
Pelton ad 1 getto	-- ÷ 30	3 ÷ 9	0
Pelton a 2 getti	20 ÷ 60	7 ÷ 14	0
Pelton a più getti ²⁹	30 ÷ 90	9 ÷ 22	0
Francis lente	65 ÷ 120	19 ÷ 35	0.3
Francis medie	120 ÷ 200	35 ÷ 85	0.4
Francis veloci	200 ÷ 300	58 ÷ 87	0.5
Francis ultraveloci	300 ÷ 500	87 ÷ 145	0.6
Kaplan	400 ÷ 1200	116 ÷ 350	0.7

$$n_s = 3.65 n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

H , m

n , giri/min

Q , m³/s



Classificazione

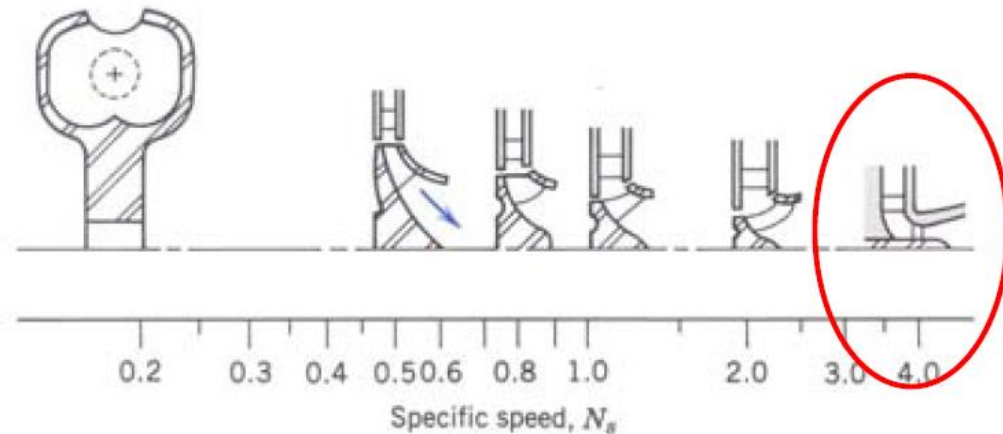
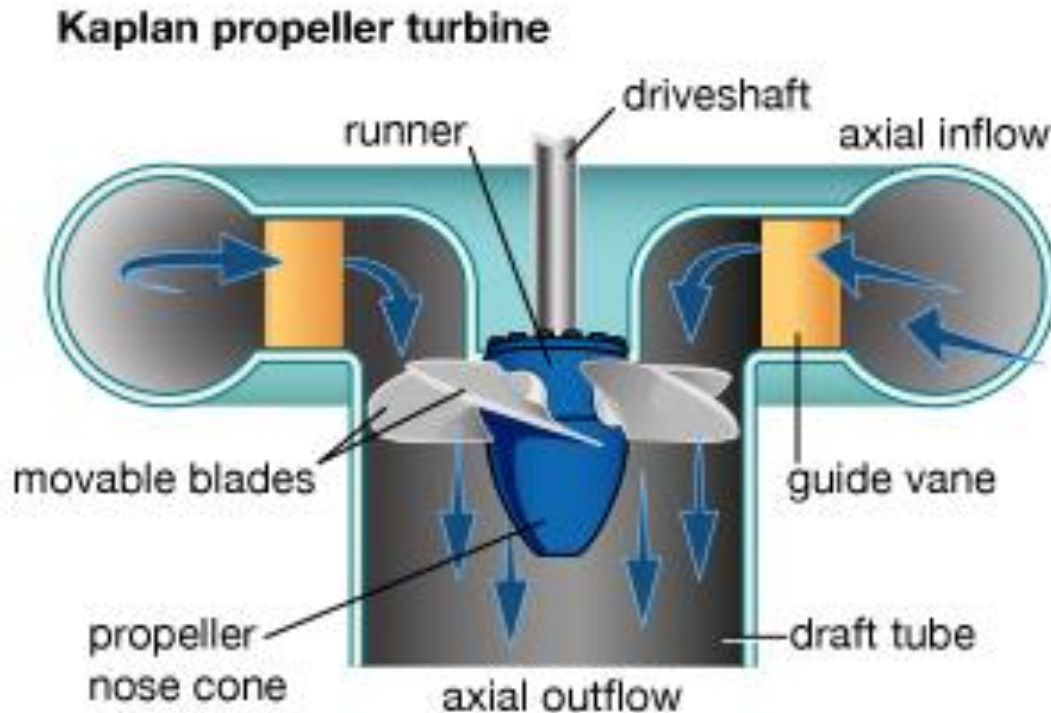


Fig. 11.16 Typical geometric proportions of commercial hydraulic turbines as they vary with dimensionless specific speed [12].

La turbina **Kaplan**:

- Copre il campo degli **alti valori di n_s** .
- È una turbina con valori **medio alti del grado di reazione**.
- È adatta a essere utilizzata con **bassi salti H e alti valori per la portata Q** .

Componenti



Voluta

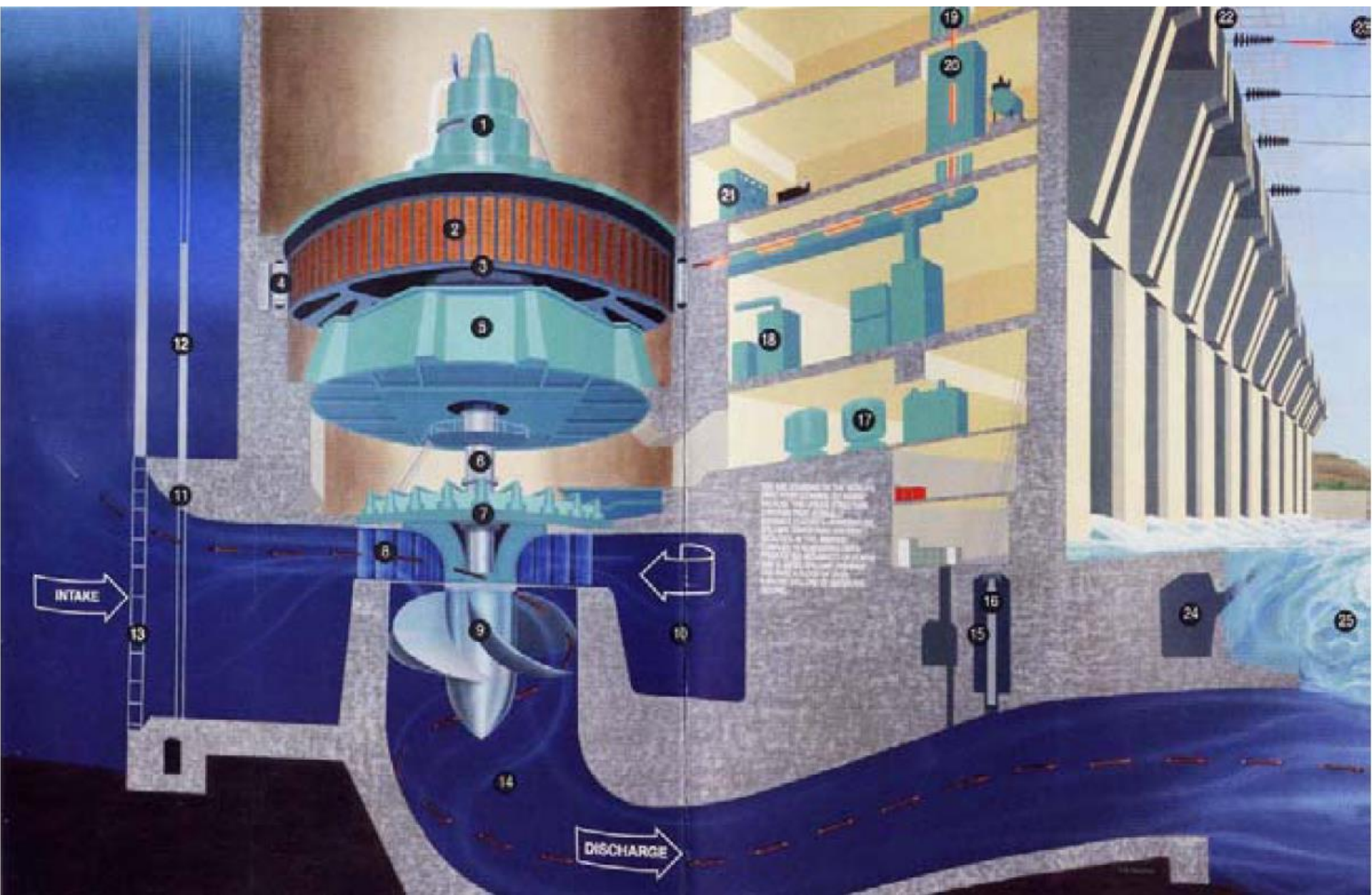
Statore (distributore Fink)

Rotore (girante assiale con pale ad assetto variabile)

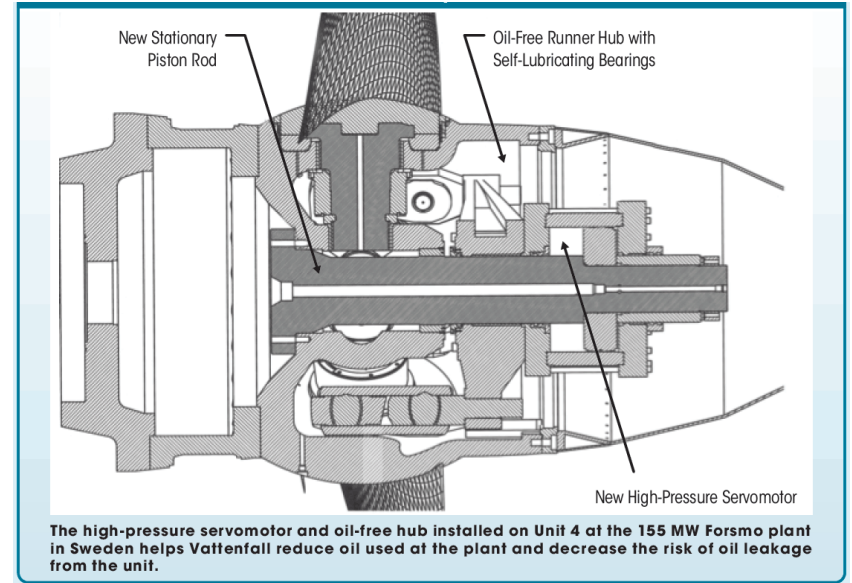
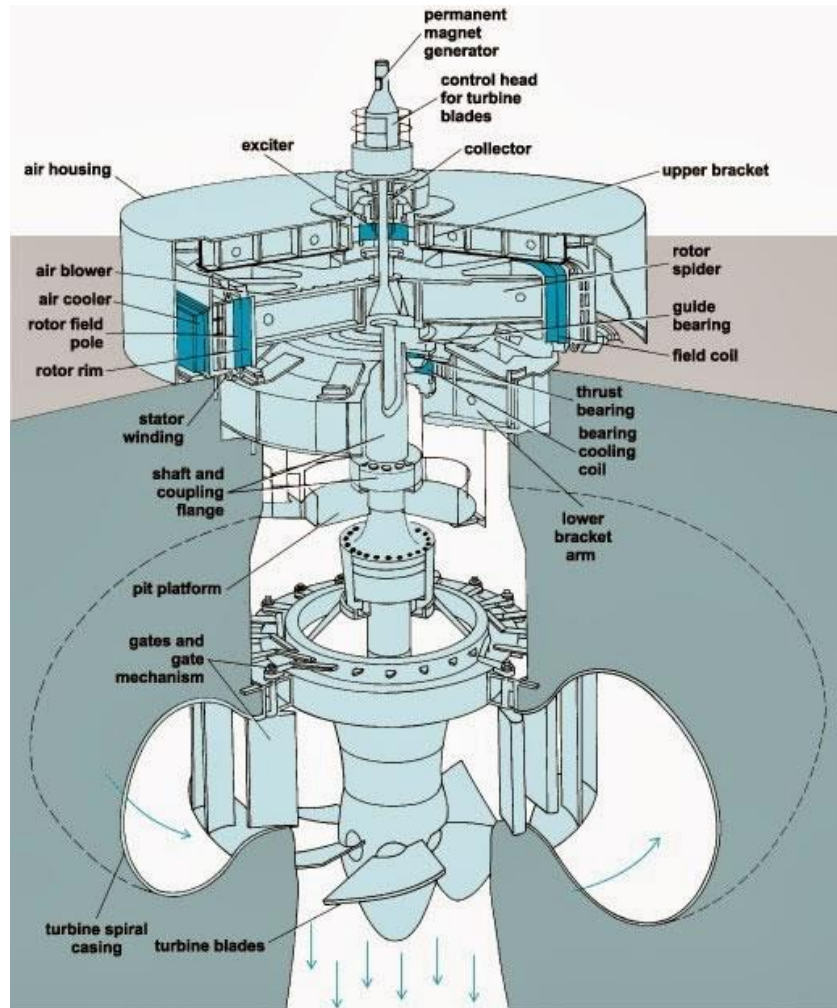
Condotto di mandata

Girante





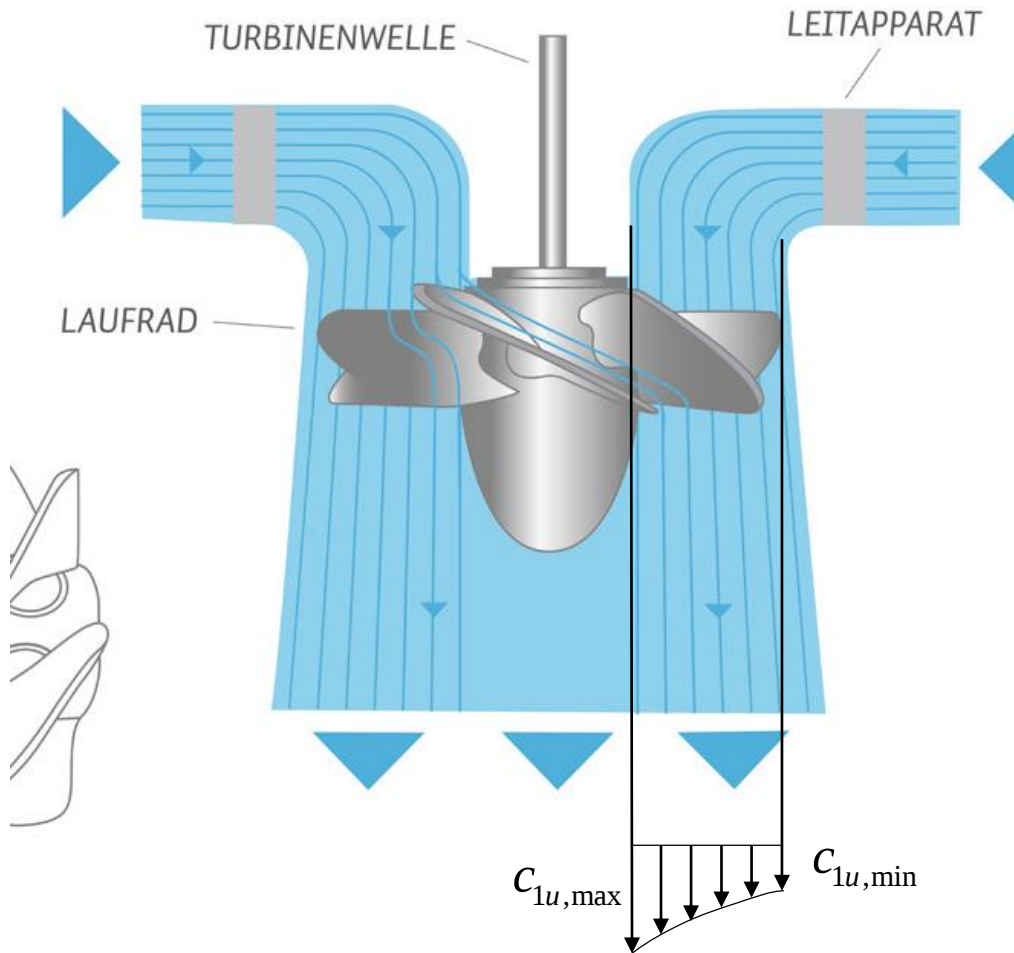
Meccanismo attuazione pale rotoriche



Mozzo di elevato diametro
per alloggiare meccanismo
movimentazione pale

Aiuta a limitare la
cavitazione

Dimensione mozzo girante e cavitazione

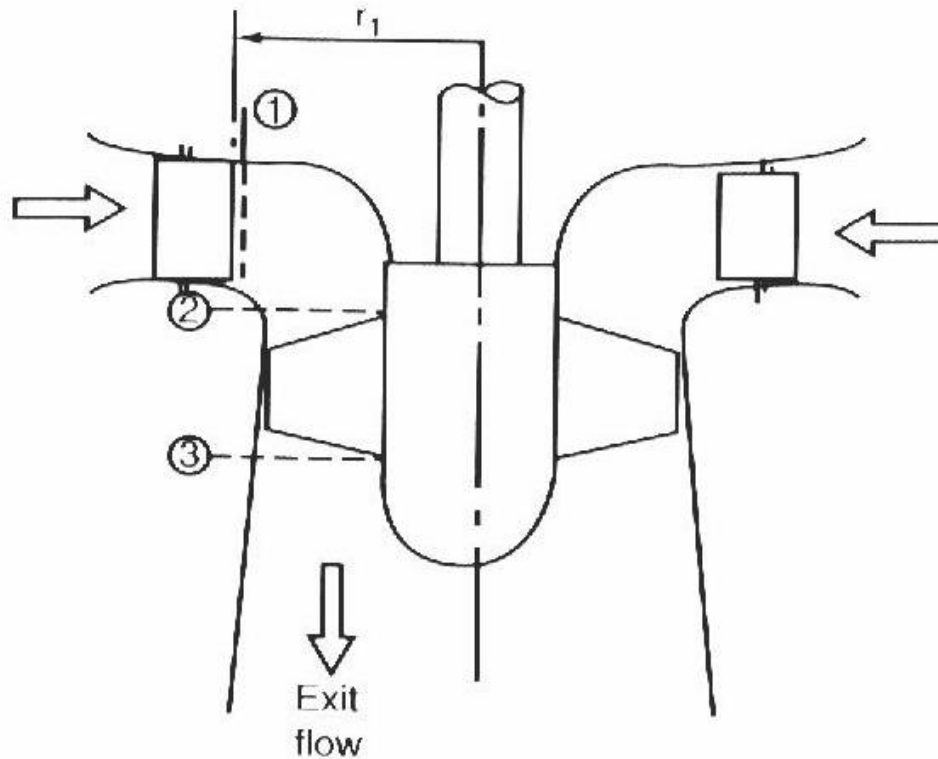


- Distribuzione omogenea velocità all'uscita dello statore (c_{1u} e c_{1r})
- A valle della deviazione di 90° , la componente di velocità che da portata diventa da radiale ad assiale
- La componente periferica presenta una distribuzione a vortice libero

$$c_{1u} r = \text{cost}$$

- La pressione minima si ha al mozzo della pala, con rischio di cavitazione

Triangoli delle velocità geometria pale



Statore:

$$c_1 = \varphi \sqrt{2gH_g \eta_c (1-R)}$$

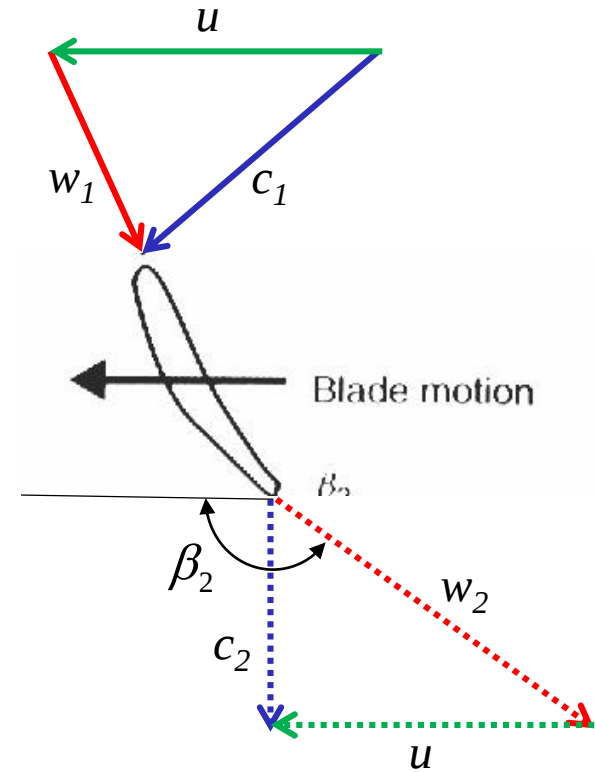
$$u = \frac{2\pi n D}{60} \frac{D}{2}$$

$$\vec{w}_1 = \vec{c}_1 - \vec{u}$$

Rotore:

$$R = 0.7 \Rightarrow |w_2| \gg |w_1|$$

$$\vec{c}_2 = \vec{w}_2 + \vec{u}_2$$



Pale statoriche e rotoriche definiscono condotti a sezione decrescente

Ridotta deviazione del flusso

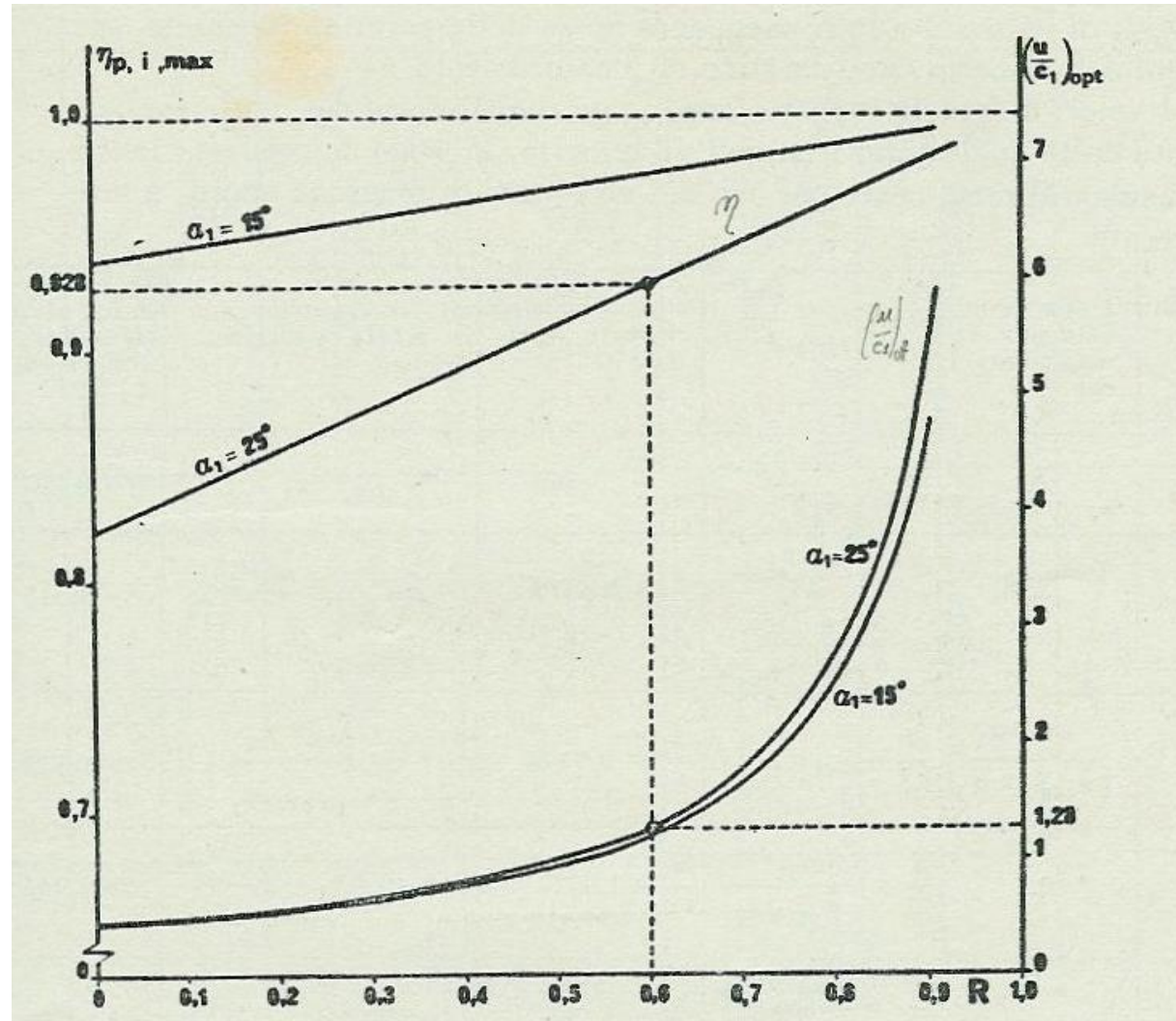
Condizione di massimo lavoro e rendimento ($u/c_1|_{opt}$)

$$\left(\frac{u}{c_1}\right)_{opt} = \frac{\cos \alpha_1}{2} + \frac{R}{2(1-R)\cos \alpha_1}$$

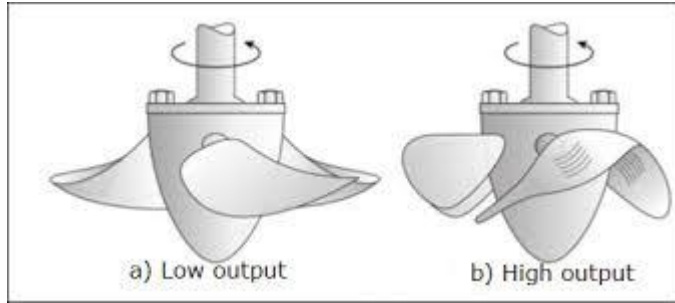
Per una Kaplan :
R=0.7

$$\left(\frac{u}{c_1}\right)_{opt} = 1.6 \div 1.8$$

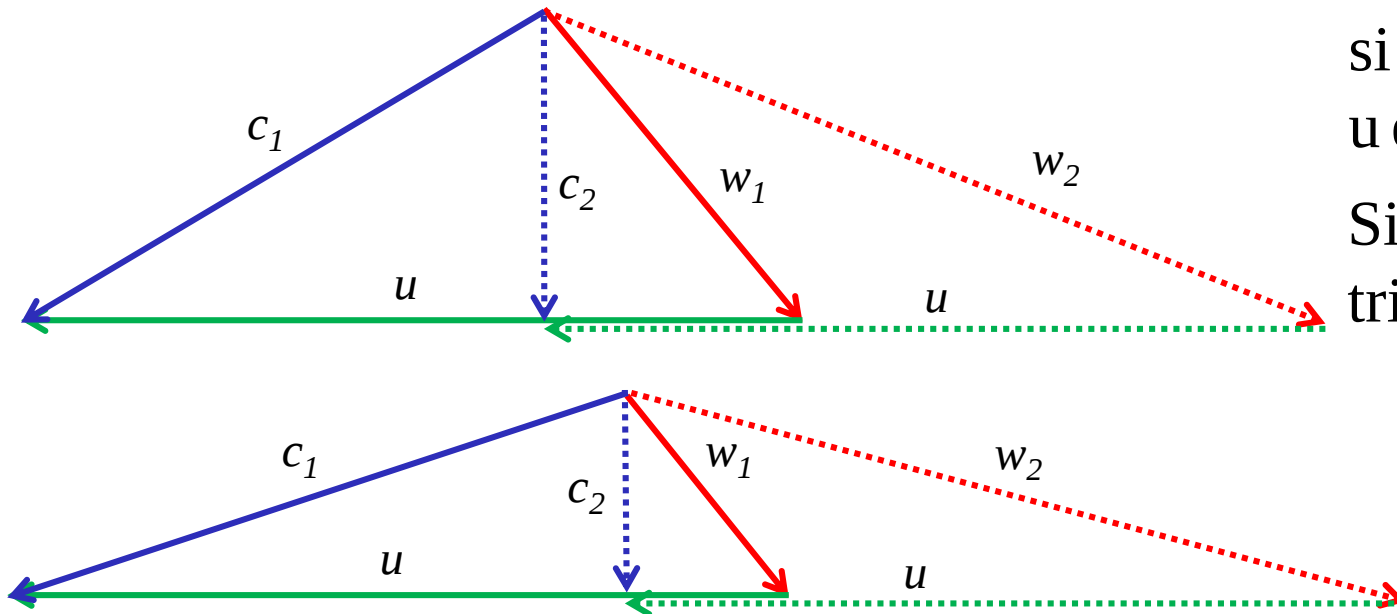
**Formula applicabile
trattandosi di
macchina assiale**



Regolazione Kaplan 1/3



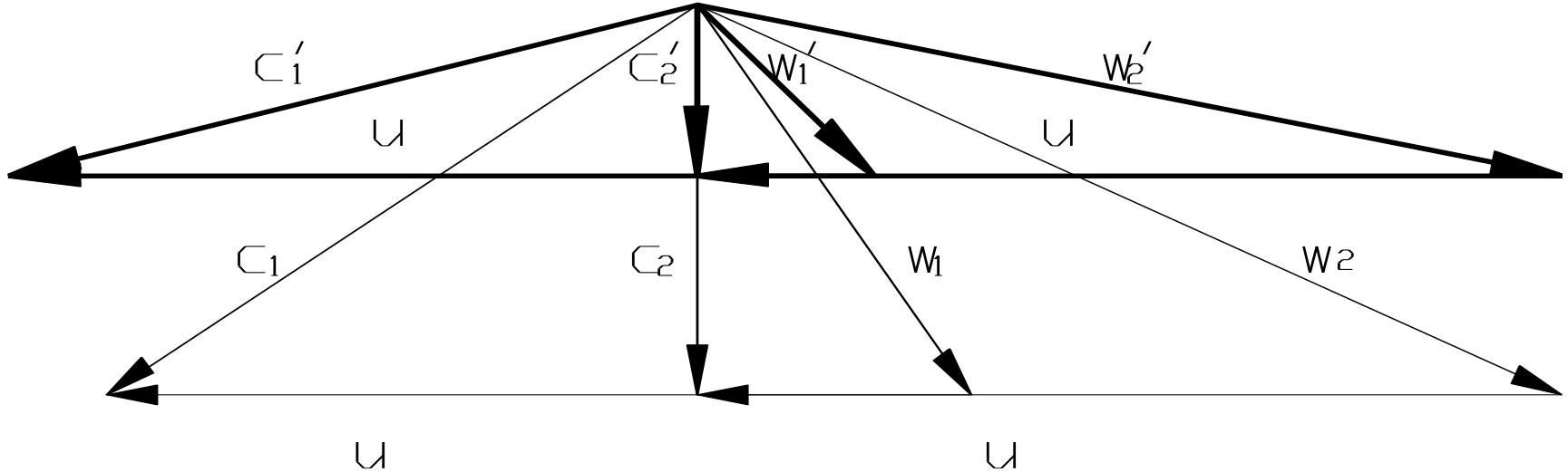
Variazione assetto pale
statoriche (distributore Fink)
e rotoriche



Riducendo la portata
si conserva:
 u e modulo c_1
Si riduce altezza
triangoli

w_1 tangente alla pala grazie a variazione assetto (no perdite incidenza)
 c_2 ortogonale ad u (massimo rendimento)

Regolazione Kaplan 2/3

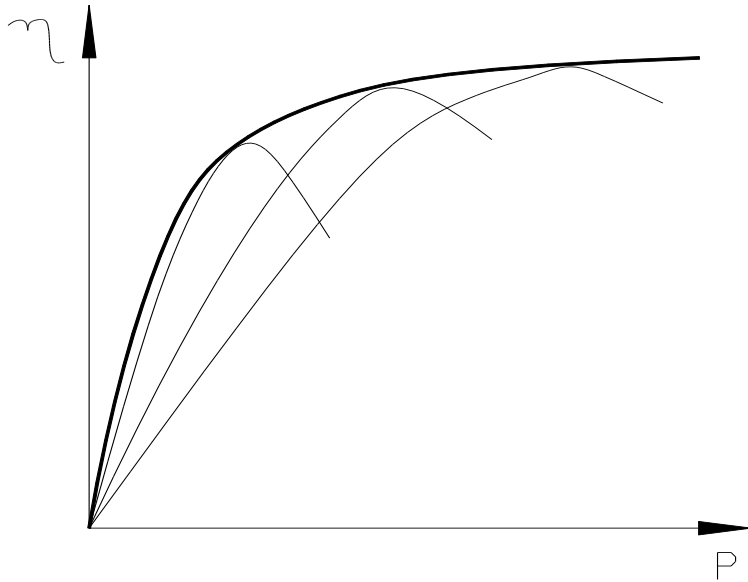


I vertici dei triangoli di velocità rotorici e statorici coincidono

Tratto sottile portata di progetto

Tratto spesso portata ridotta

Regolazione Kaplan 3/3

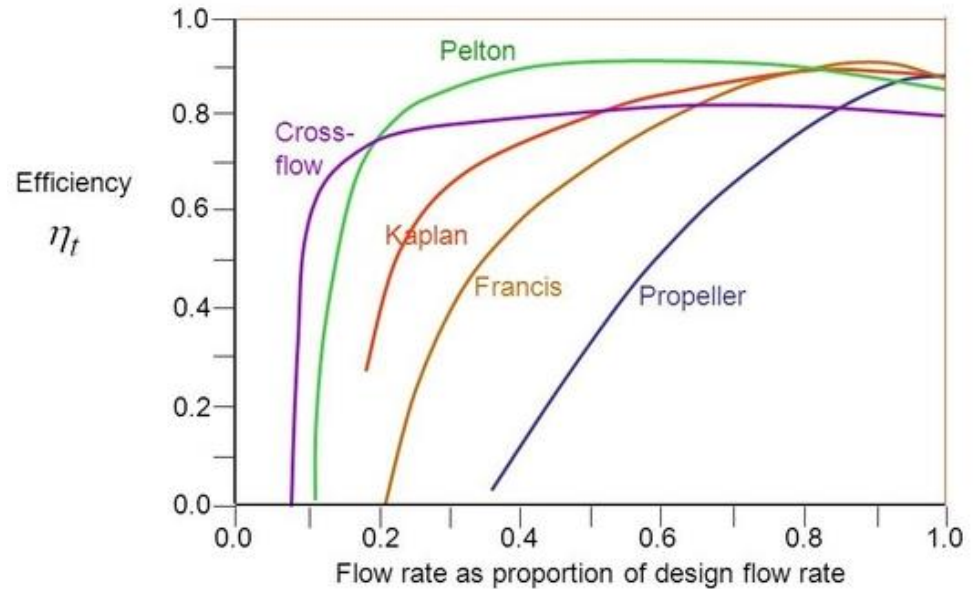


$$P = \rho Q g H_g \eta_g$$

$$Q = c_1 \Omega$$

$$c_1 = \varphi \sqrt{2gH_g \eta_c (1-R)}$$

La regolazione prevede la riduzione della sezione di passaggio Ω e variazione assetto pala rotoriche



L'andamento del rendimento è piuttosto piatto grazie alla variazione assetto pale rotoriche che riduce le perdite per incidenza ed allo scarico

Solo per portate minori del 50% rispetto a quella di progetto il rendimento si riduce drasticamente

Velocità di fuga Kaplan

- Ogni girante è caratterizzata da un valore massimo della velocità di fuga
 - ⇒ velocità massima che la girante può sostenere nel caso che il carico elettrico al generatore sia nullo
 - ⇒ a seconda del tipo di turbina, questo valore può variare tra 2 e 3 volte la velocità di rotazione in condizioni nominali

Tipo di Turbina	velocità di rotazione n	velocità di fuga n_{fuga}/n
Kaplan a singola regolazione	75-150	2.0-2.4
Kaplan a doppia regolazione	75-150	2.8-3.2
Francis	500-1500	1.8-2.2
Pelton	500-1500	1.8-2.0