

● Corso di Logistica Industriale



LA PROGETTAZIONE DEL MAGAZZINO

Ing. Alessandro Creazza

Ricercatore C-log
Università C. Cattaneo LIUC



I sistemi di trasporto delle merci

● ASPETTI GENERALI DI PROGETTAZIONE

ELEMENTI BASE DI PROGETTAZIONE

- analisi dei flussi fisici → potenzialità di movimentazione
- analisi delle giacenze → potenzialità ricettiva

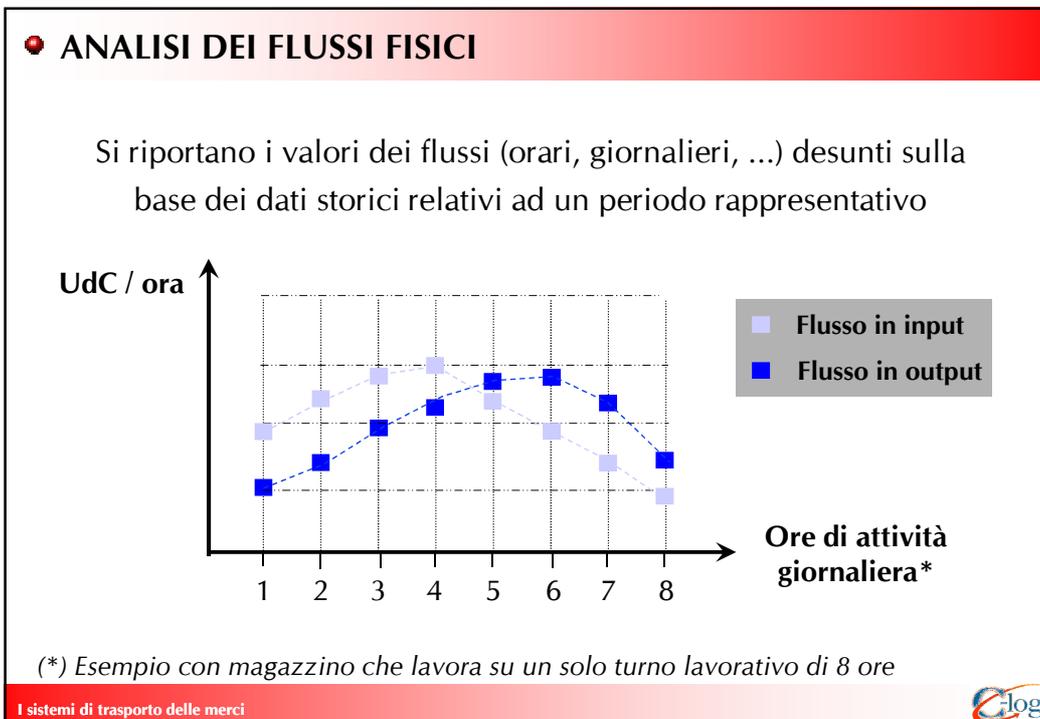
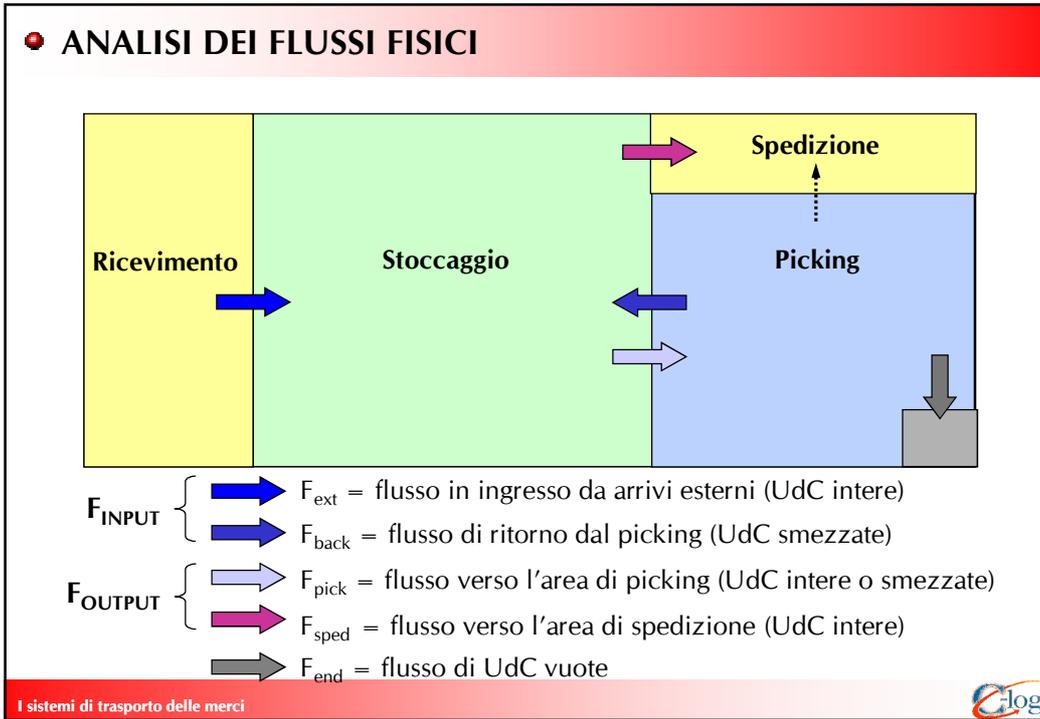
SITUAZIONE DI RIFERIMENTO

- stoccaggio su scaffalature a celle a singola profondità
- UdC pallettizzate monoarticolo (intere o "smezzate")
- nella zona stoccaggio non si effettua picking

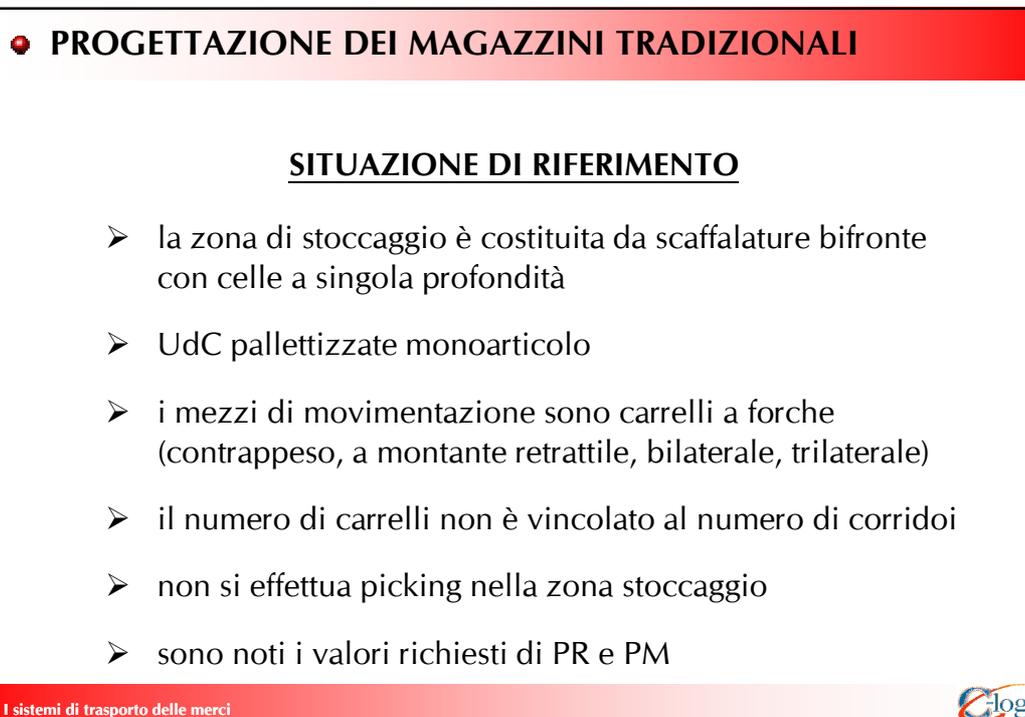
(Con riferimento all'aggregato *i-esimo*)

I sistemi di trasporto delle merci









● PROGETTAZIONE DEI MAGAZZINI TRADIZIONALI

SCHEMA DI PROGETTAZIONE

FASE ① PROGETTAZIONE DEL LAYOUT

(dimensionamento statico: potenzialità ricettiva)

FASE ② DETERMINAZIONE DEL NUMERO DI CARRELLI

(dimensionamento dinamico: potenzialità di movimentazione)

NB: esistono interrelazioni tra fase 1 e fase 2 (es.: scelta del layout che minimizza la percorrenza attesa)

I sistemi di trasporto delle merci



● PROGETTAZIONE DEI MAGAZZINI TRADIZIONALI

FASE 1 - POTENZIALITÀ RICETTIVA

1. SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI LAYOUT E POSIZIONAMENTO DEI PUNTI DI INPUT E DI OUTPUT
2. DETERMINAZIONE DELLA SUPERFICIE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO
 - dimensionamento del singolo vano di stoccaggio
 - numero di livelli di stoccaggio
 - dimensionamento del modulo unitario
 - determinazione della superficie necessaria
3. DETERMINAZIONE DELLA FORMA OTTIMALE
4. DIMENSIONAMENTO DELLA ZONA DI STOCCAGGIO
 - numero di corridoi
 - numero di colonne di vani
 - potenzialità ricettiva effettiva

I sistemi di trasporto delle merci



● PROGETTAZIONE DEI MAGAZZINI TRADIZIONALI

VINCOLI NELLA PROGETTAZIONE DEL LAYOUT

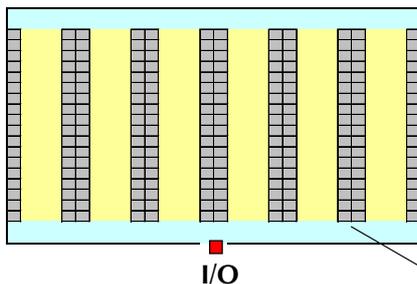
- I IMPOSTI DAI MEZZI DI MOVIMENTAZIONE**
 - altezza massima di sollevamento delle forche
 - larghezza minima dei corridoi
 -
- II IMPOSTI DALLA CONFORMAZIONE DELL'EDIFICIO**
 - altezza utile edificio (sottotrave)
 - dimensioni massime in pianta (per l'area di stoccaggio)
 - posizione pilastri di sostegno della copertura
 - carichi specifici massimi ammissibili (N/m²)
 -
- III DI ADEGUAMENTO ALLE NORME DI SICUREZZA**

I sistemi di trasporto delle merci

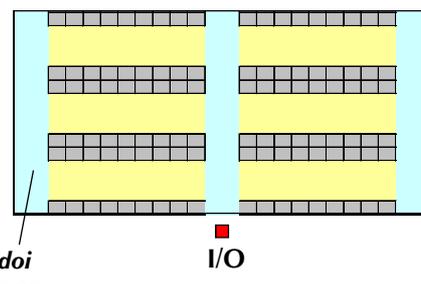


● TIPOLOGIE DI LAYOUT

LONGITUDINALE



TRASVERSALE



se si considera lo stesso numero di corridoi



minore interferenza dei mezzi di movimentazione all'interno dei corridoi di accesso

minore superficie occupata dai corridoi di accesso

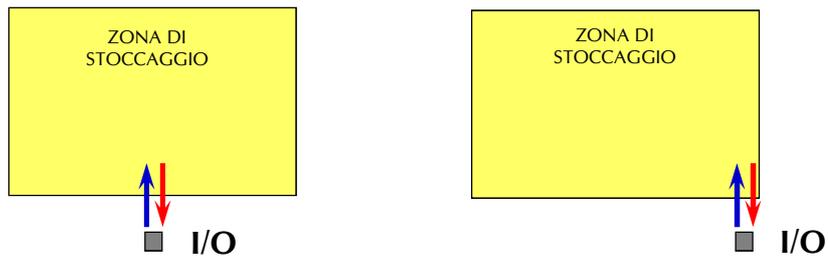
I sistemi di trasporto delle merci



● TIPOLOGIE DI LAYOUT

POSIZIONAMENTO I/O

CASO 1 . L 'INGRESSO E L 'USCITA DALLA ZONA DI STOCCAGGIO COINCIDONO IN UN UNICO PUNTO



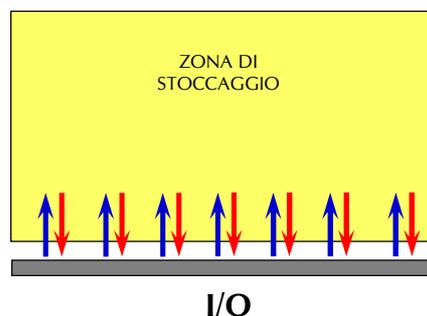
Esempi:

transito attraverso unico portone/corridoio, interfacciamento con sistema di movimentazione fisso (convogliatore, ascensore, ...)

● TIPOLOGIE DI LAYOUT

POSIZIONAMENTO I/O

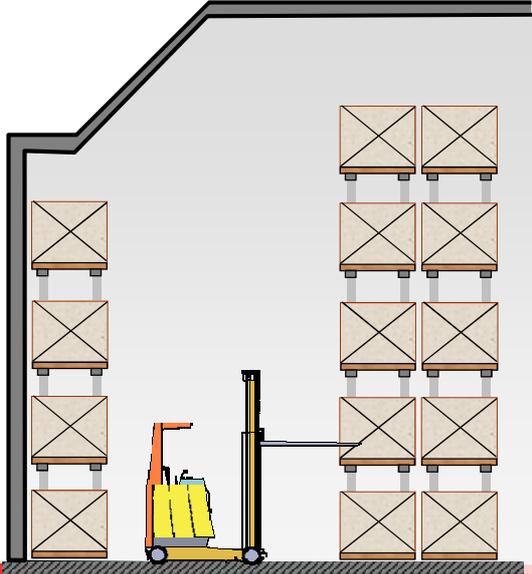
CASO 2 . LE POSIZIONI DI INPUT E DI OUTPUT SONO DISTRIBUITE LUNGO IL FRONTE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO



Esempio:

banchina ricevimento/spedizione con molti punti di accesso

● NUMERO DI LIVELLI DI STOCCAGGIO



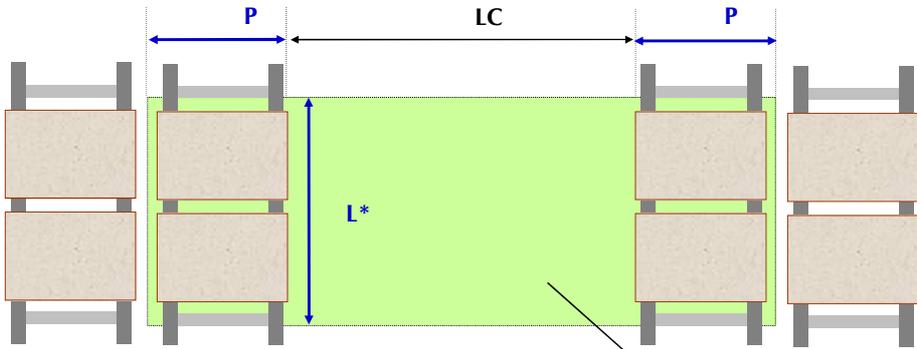
Il numero massimo di livelli di stoccaggio (NL) del magazzino è funzione dell'altezza massima di sollevamento delle forche del carrello ovvero dell'altezza utile dell'edificio (altezza sottotrave)

NL : numero di livelli di stoccaggio in verticale

I sistemi di trasporto delle merci 

● DIMENSIONAMENTO DEL MODULO UNITARIO

MODULO UNITARIO = elemento che replicato consente di riprodurre l'intera zona di stoccaggio



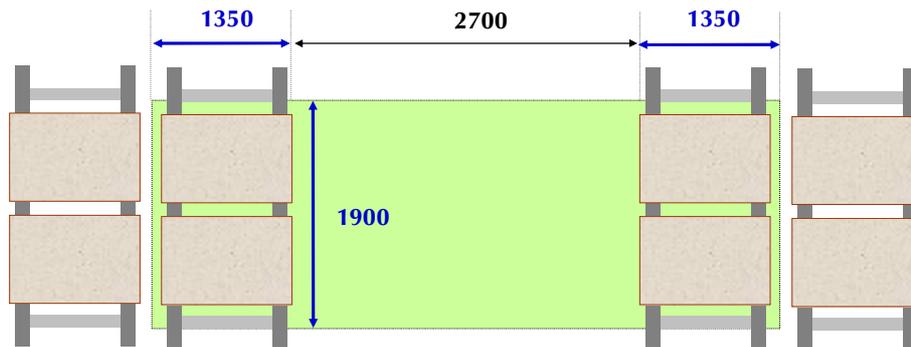
LC : larghezza corridoio
 L^* : luce interna del vano + spessore montanti
 Area del modulo unitario

I sistemi di trasporto delle merci 

● DIMENSIONAMENTO DEL MODULO UNITARIO

ESEMPIO

IPOSTESI : 2 UdC pallettizzate per cella (europallet), carrello a montante retrattile



Area del modulo unitario : 1,9m x (1,35 + 2,7 + 1,35)m → 10,2 m²

I sistemi di trasporto delle merci



● COEFFICIENTE DI UTILIZZAZIONE SUPERFICIALE

$$CUS = \frac{\text{Numero di UdC stoccate}}{\text{Area del modulo unitario}} \quad [\text{UdC}/\text{m}^2]$$

ESEMPIO

IPOSTESI : scaffalature bifronti, 2 UdC pallettizzate per cella (europallet), carrello a montante retrattile, 5 livelli di stoccaggio verticali

$$CUS = \frac{5 \cdot 2 \cdot 2}{10,2} = 1,95 \text{ UdC}/\text{m}^2$$

I sistemi di trasporto delle merci



● SUPERFICIE IN PIANTA DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

$$A = \frac{PR}{CUS} \text{ [m}^2\text{]}$$

I sistemi di trasporto delle merci 

● FORMA OTTIMALE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

Nell'ipotesi di :

- utilizzo di cicli semplici
- equiprobabilità di accesso ai vani
- percorsi rettilinei in pianta
- scaffalatura descritta come dominio continuo

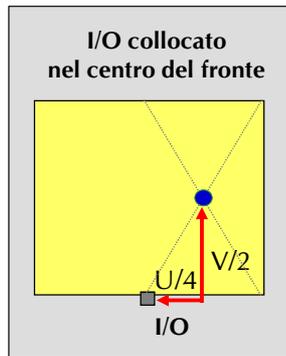
$$A = U \times V$$

è possibile determinare il rapporto ottimale tra la larghezza (U) e la profondità (V) della zona di stoccaggio mediante la minimizzazione della percorrenza attesa (A + R) del mezzo di movimentazione

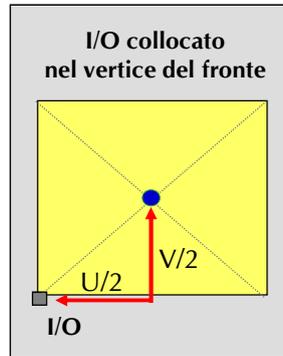
I sistemi di trasporto delle merci 

● FORMA OTTIMALE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

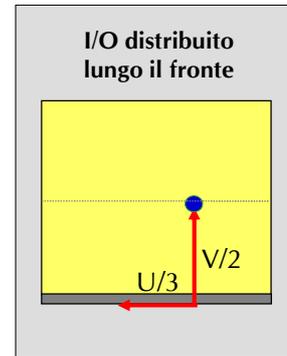
Il valore atteso del percorso di andata e ritorno (P) dalla posizione di I/O è :



$$P = 2 \cdot (U/4 + V/2)$$



$$P = 2 \cdot (U/2 + V/2)$$



$$P = 2 \cdot (U/3 + V/2)$$

I sistemi di trasporto delle merci



● FORMA OTTIMALE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

Il valore minimo del percorso di andata e di ritorno dal punto di I/O è ottenuto derivando la seguente relazione :

$$\text{Percorrenza attesa (A+R): } P = 2 \cdot \left(\frac{U}{k} + \frac{V}{2} \right)$$

$$\frac{dP}{dU} = 0 \rightarrow \frac{d\left(\frac{U}{k} + \frac{A}{2 \cdot U}\right)}{dU} = 0 \rightarrow \frac{1}{k} - \frac{A}{2 \cdot U^2} = 0$$

$$\rightarrow U_{OTT} = \frac{k}{2} \cdot V_{OTT}$$

I sistemi di trasporto delle merci



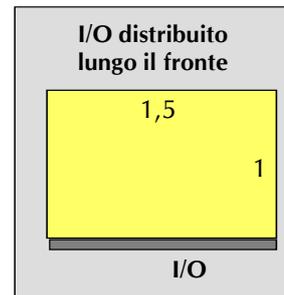
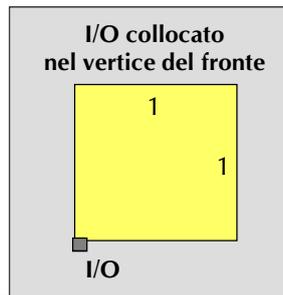
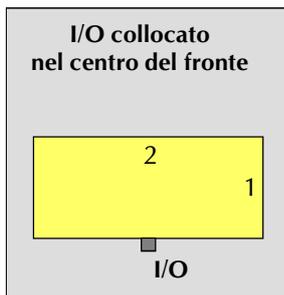
● FORMA OTTIMALE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

Rapporti ottimali tra le due dimensioni della zona di stoccaggio (U e V)

➤ PUNTO I/O AL CENTRO DEL FRONTE : $U_{OTT} = 2 \cdot V_{OTT}$

➤ PUNTO I/O IN UN VERTICE DEL FRONTE $U_{OTT} = V_{OTT}$

➤ I/O DISTRIBUITO NEL FRONTE : $U_{OTT} = 1,5 \cdot V_{OTT}$



I sistemi di trasporto delle merci



● FORMA OTTIMALE DELLA ZONA DI STOCCAGGIO

Numero di corridoi :

$$NC \rightarrow \left\{ \frac{U_{OTT}}{LC + 2 \cdot P} \right\}$$



$$U = NC \cdot (LC + 2 \cdot P) \quad [m]$$

Numero di colonne di vani :

$$NV \rightarrow \left\{ \frac{PR}{2 \cdot NC \cdot 2 \cdot NL} \right\}$$



$$V = NV \cdot L \quad [m]$$

Potenzialità ricettiva effettiva : $2 \cdot NC \cdot NV \cdot 2 \cdot NL$

I sistemi di trasporto delle merci



● PROGETTAZIONE DEI MAGAZZINI TRADIZIONALI

FASE 2 - POTENZIALITÀ DI MOVIMENTAZIONE

1. DETERMINAZIONE DEL TEMPO MEDIO DI CICLO SEMPLICE
2. DETERMINAZIONE DEL NUMERO DI CARRELLI NECESSARI PER SODDISFARE LA POTENZIALITÀ DI MOVIMENTAZIONE DI PROGETTO
3. DETERMINAZIONE DELLA POTENZIALITÀ DI MOVIMENTAZIONE EFFETTIVA

I sistemi di trasporto delle merci



● TEMPO MEDIO DI CICLO SEMPLICE

$$T_{CS} = TV_{CS} + TF_{CS} \text{ [s]}$$

$$TV_{CS} = \frac{P}{V_O} + \frac{S}{V_V} \quad \left\{ \begin{array}{l} P = 2 \cdot \left(\frac{U}{k} + \frac{V}{2} \right) \\ S = 2 \cdot H \cdot \left(\frac{NL - 1}{2} \right) \end{array} \right.$$

P = PERCORRENZA ATTESA DI A+R IN PIANTA [m];

S = PERCORRENZA ATTESA DI SALITA / DISCESA DELLE FORCHE [m];

V_O = VELOCITÀ DI TRASLAZIONE ORIZZONTALE DEL CARRELLO [m/s];

V_V = VELOCITÀ DI SALITA / DISCESA DELLE FORCHE [m/s];

N.B. Nell'ipotesi che le velocità di salita e discesa con o senza carico siano uguali

I sistemi di trasporto delle merci



● **POTENZIALITÀ DI MOVIMENTAZIONE**

Potenz. movimentazione di un singolo carrello : $PM_{CAR} = FU \cdot \frac{3600}{T_{CS}} \text{ [cs / h]}$

FU = FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEL CARRELLO (pause operatori, disponibilità del carrello, ...)



Numero carrelli necessari : $\frac{PM_{RICHIESTA}}{PM_{CAR}}$ (arrotondato all'intero superiore)

Potenzialità effettiva di movimentazione : $N_{CAR} \cdot PM_{CAR}$