

Lezione di Impianti Chimici

Ciclo di lavorazione

Progettazione degli impianti chimici

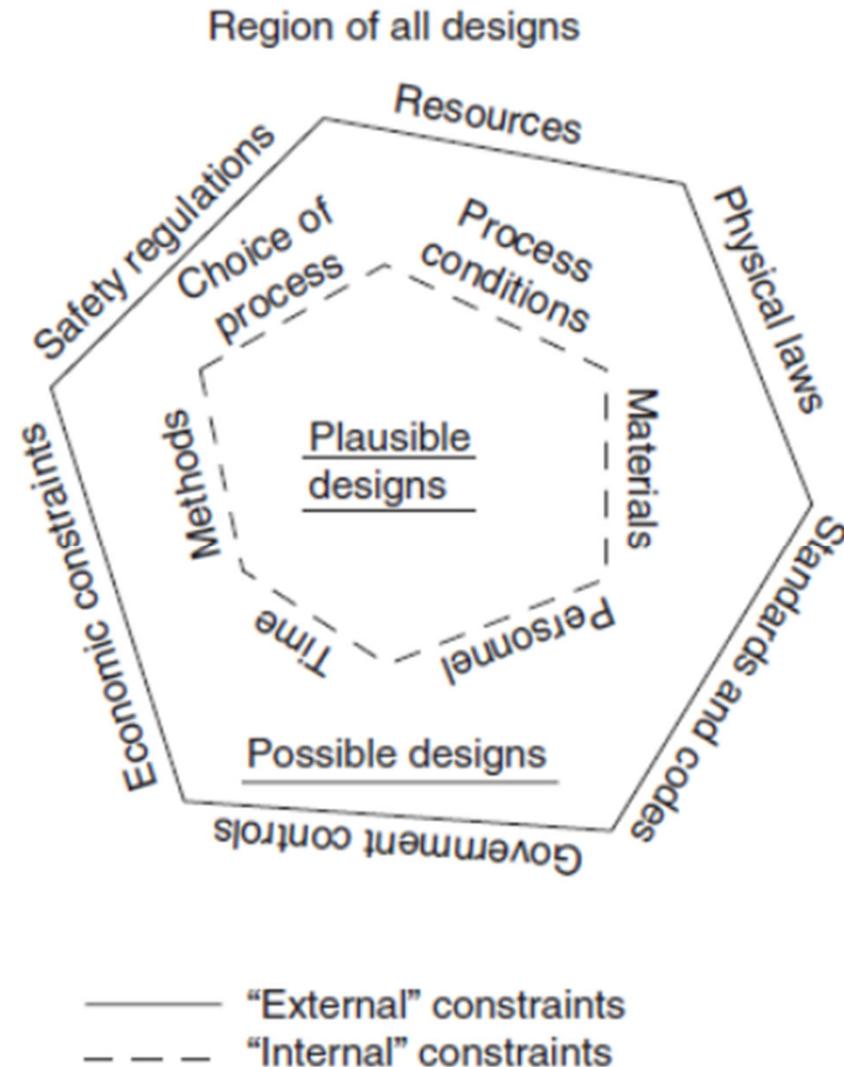
- Progettare qualcosa è un'attività creativa e consiste nel mettere insieme le idee per raggiungere un certo scopo.
- Il progettista lavora avendo in mente un obiettivo specifico (nuovo prodotto, nuovo stadio del processo di produzione), sviluppa e valuta varie possibilità, e quindi sceglie la via migliore per raggiungere quell'obiettivo.
- In generale, ci sono molte vie alternative che possono portare a raggiungere il medesimo obiettivo, e alcune di esse possono presentare vantaggi simili.
- Nella progettazione ci sono però diversi vincoli che riducono il numero delle possibilità da esplorare:
 - vincoli esterni: vanno rispettati perché dipendono da leggi fisiche, normative, ecc.;
 - vincoli interni: possono essere variati dal progettista nella ricerca della migliore soluzione.

Progettazione degli impianti chimici

Vincoli esterni ed interni

I vincoli riducono la zona in cui il progetto è «plausibile», ossia realizzabile

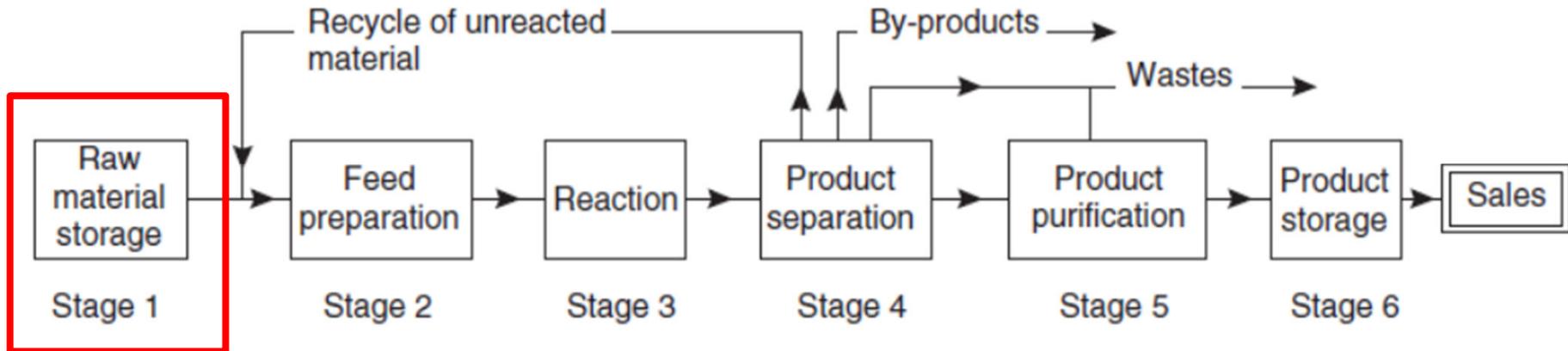
- Il vincolo esterno più importante è quello economico: l'impianto deve portare a realizzare profitto
- Il vincolo interno più importante è il fattore tempo, che limita il numero di possibilità alternative da considerare nel progetto



Industria di processo

- Comprende l'industria chimica, petrolifera, petrolchimica, farmaceutica, biotecnologica, ecc., ecc.
- Opera trasformazioni di tipo chimico e chimico-fisico sui materiali
- Processi unitari
stadi di conversione in cui i materiali sono trasformati in altri per effetto di reazioni chimiche
- Operazioni unitarie
stadi di separazione in cui i materiali vengono separati tra loro sulla base delle proprietà fisiche (es. densità) o delle proprietà chimico-fisiche (es. volatilità)

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

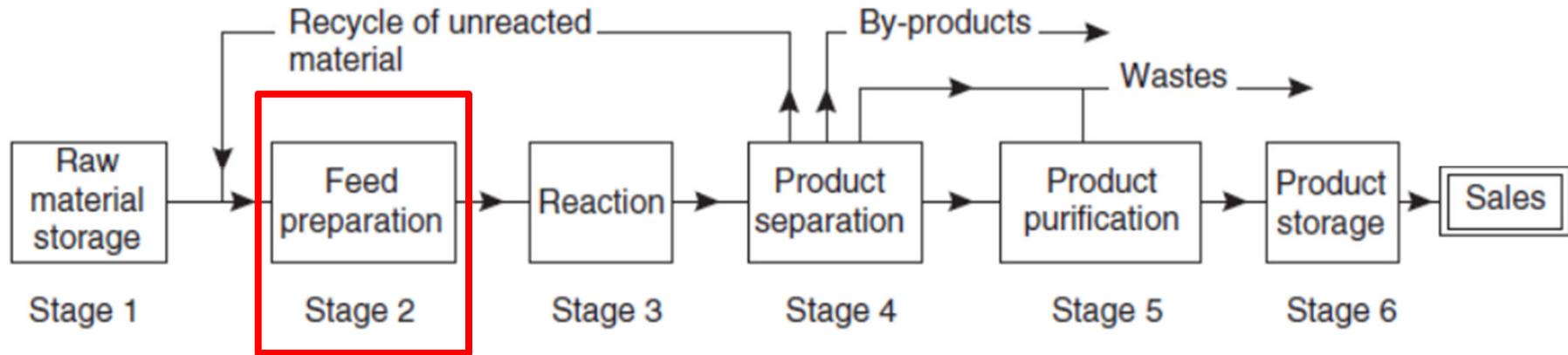
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

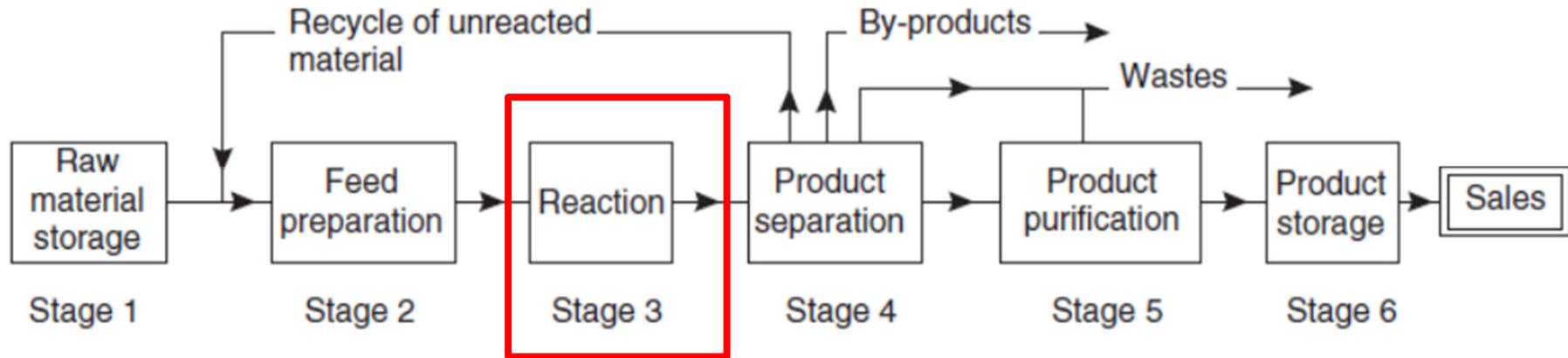
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

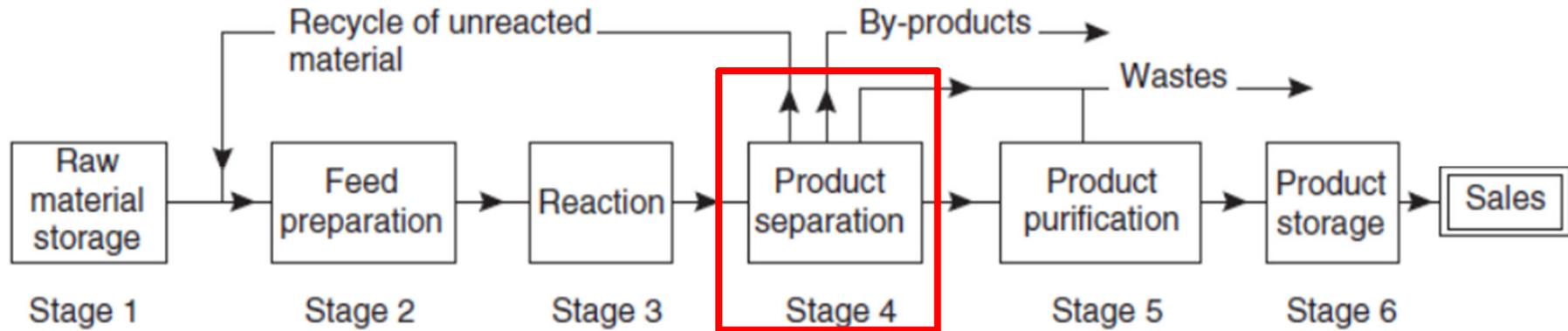
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

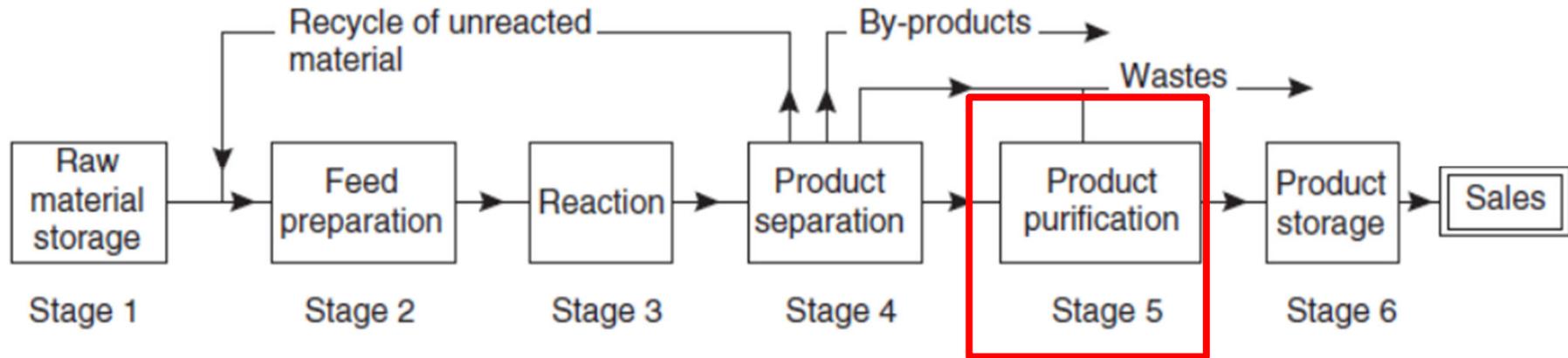
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

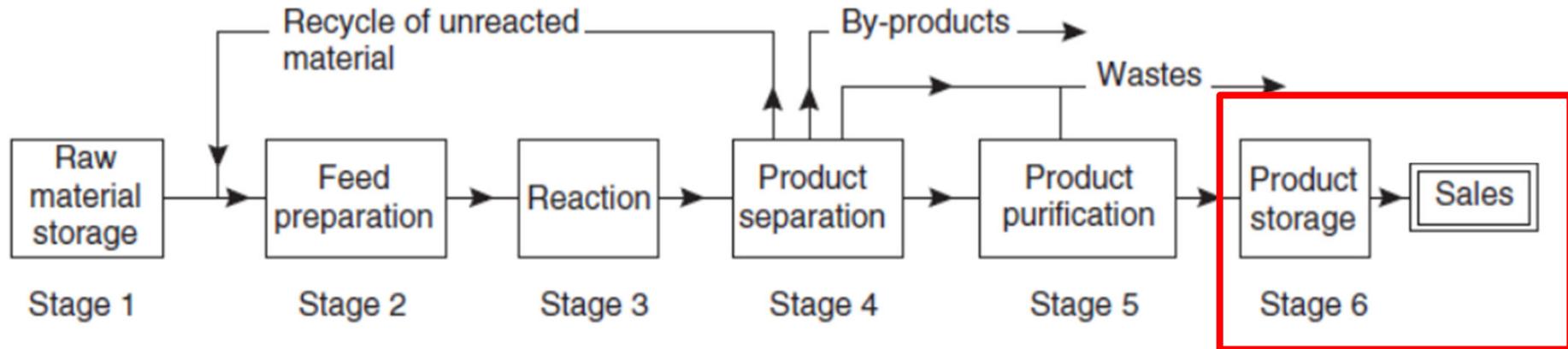
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

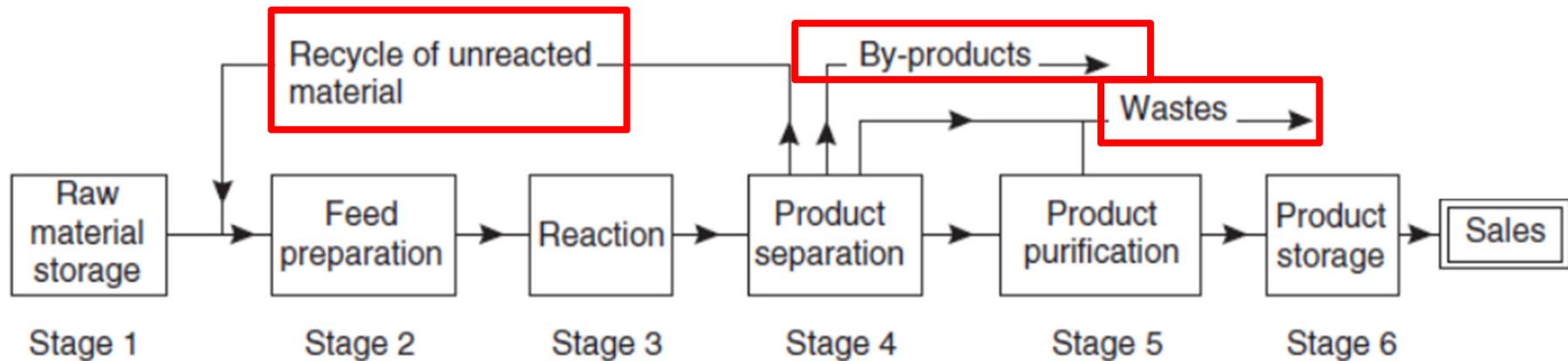
Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

Ciclo di lavorazione



Stadio 1: ingresso e stoccaggio delle materie prime

Stadio 2: trattamenti per portare le materie prime nelle condizioni di reazione (pressione, temperatura, stato fisico, purezza, granulometria, ecc.)

Stadio 3: reazione

Stadio 4: separazione dei prodotti desiderati, da altri sottoprodotti e da scarti; se la conversione non è completa residuano parte delle materie prime, che vanno separate e riciclate a monte dello stadio di reazione.

Stadio 5: eventuale purificazione del prodotto per portarlo nelle condizioni di specifica richieste dal mercato

Stadio 6: stoccaggio del prodotto e successiva vendita.

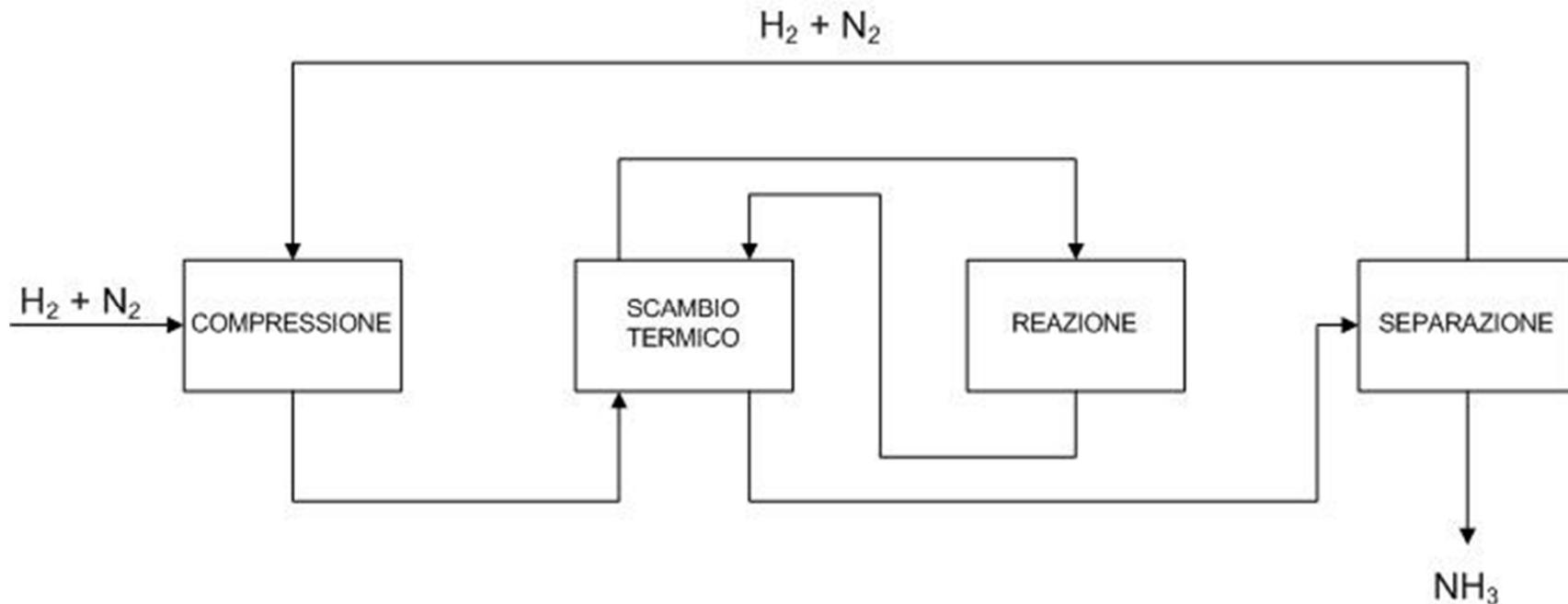
Ciclo di lavorazione

- Produzione ammoniacca:

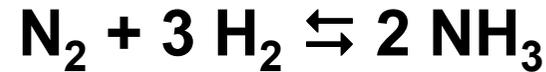


Reazione: $T = 400\text{-}500^\circ\text{C}$; $P = 300 \text{ atm}$; in presenza di catalizzatore.

- Aumentando T : la resa diminuisce ma la cinetica aumenta
- Reazione esotermica: occorre raffreddare il reattore



Produzione ammoniacca



Materie prime:

- N_2 si può ottenere dal frazionamento dell'aria
 - Si separa l'azoto dall'ossigeno per distillazione a bassa T: forti consumi energetici e problemi di materiali
- H_2 si può ottenere per elettrolisi dell'acqua
 - Forti consumi elettrici; co-produzione di ossigeno

Nel processo industriale:

- N_2 si ottiene dall'aria con cui si effettua la combustione di idrocarburi;
- H_2 si ottiene per “steam reforming” di idrocarburi
- Il calore prodotto dalla combustione (esotermica) viene fornito alla reazione di steam reforming (endotermica)

Produzione ammoniacca

Steam Reforming (endotermico, richiede calore)

- Reazione endotermica: $T = 600-900^{\circ}\text{C}$; H_2O in eccesso (1.5 – 2)

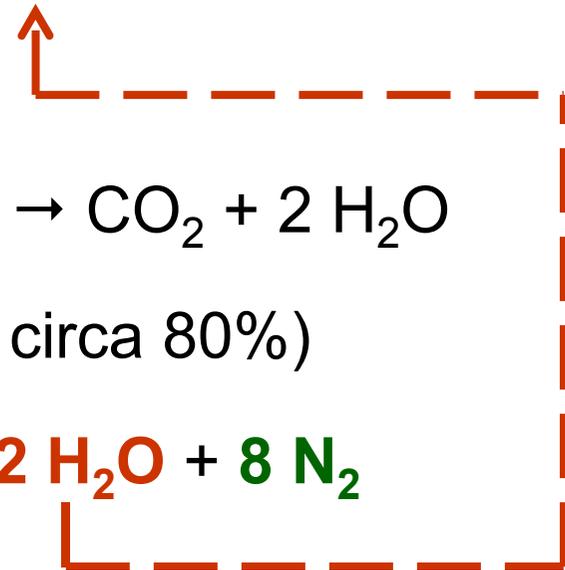


- Utilizzando metano (CH_4): $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$

Combustione (esotermica, produce calore)

- Reazione con ossigeno: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

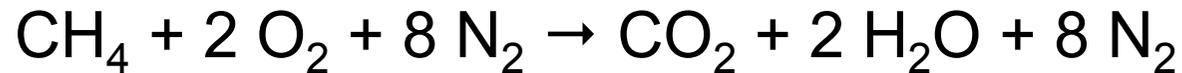
- Reazione con aria (O_2 circa 20%; N_2 circa 80%)



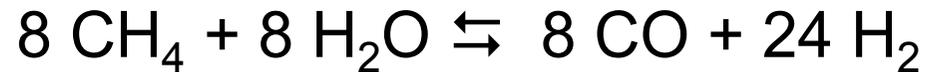
Produzione ammoniacca

Il metano viene suddiviso in questa proporzione:

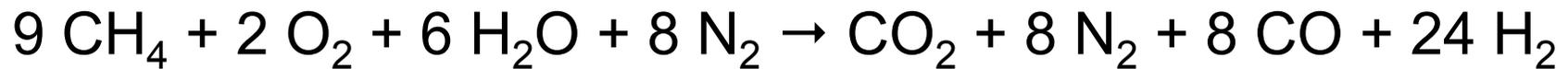
- 1 mole CH_4 a combustione



- 8 moli di CH_4 a steam reforming



Sommando le due reazioni si ottiene:

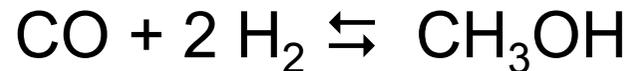


- CO_2 e CO si separano per assorbimento
- Residua una miscela di N_2 e H_2 nella proporzione richiesta per la produzione di ammoniacca:



Produzione ammoniacca

- Per la produzione dell'ammoniaca CO₂ e CO costituiscono degli scarti/sottoprodotti
- Tuttavia, possono essere recuperati e utilizzati come materie prime per la produzione del metanolo (CH₃OH):



- Anche in questo caso, l'idrogeno occorrente per la reazione si ottiene per steam reforming di idrocarburi.
- Le produzioni di ammoniaca e metanolo sono spesso accoppiate tra loro nello stesso sito o in siti vicini
 - L'interazione di diverse produzioni consente economie sulla movimentazione delle materie prime/prodotti