



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1485A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Meli

MATERIA: Energetica e Fonti Rinnovabili + Eserc. Prof.Barbero-Fracastoro

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

ENERGETICA E FONTI
RINNOVABILI

ENERGIA CHIMICA: è contenuta nei combustibili, se sanno capaci ad utilizzarla; la possiamo ottenere sottoforma di energia termica come prodotto della combustione; essa sprigiona fiamme di combustione (gas caldi), utilizzabili come tali, (uso diretto: forno) o anche essere in cicli termodinamici per ottenere energia meccanica. Questi sono etichettati come **usi diretti**; tra per **usi indiretti** dei gas caldi, vi sono gli usi di riscaldamento di fluidi (spesso acqua) utilizzati o per il riscaldamento, o in cicli termod.

ENERGIA: def. meccanica: capacità di un corpo di compiere lavoro (F.sx)
def. termodinam.: tutto ciò che evolvendo, si trasforma in energia termica a bassa temperatura
↳ l'energia produce effetti utili in trasformazioni, da energia + materia a meno materia ("non riusciamo ad utilizzarla tutta").

Tipi di energia: chimica - elettromagnetica - meccanica → cinetica
- elettrica - termica - "atomica" → potenziale

può essere classificata come **PRIMARIA** che si trova direttamente sul pianeta ("serbatoi" di carb., energia del vento e dell'acqua); **SECONDARIA**, come gli elettrici che è utilizzata per distribuirli in maniera espansa; l'energia termica è divisa in potenziale (primaria) e chimica (secondaria); gli atomici è primaria

Un'altro def. di energia è divisa in rinnovabili e non rinnovabili. Le non rinnovabili vengono consumate in tempi >> + brevi rispetto: loro tempi di formazione. Gli rinnovabili dipendono dal sole: idroelettrica, eolica etc; dall'etere di ~~altro~~ principio anche gli non rinnovabili lo sono.

GRANDINE: kJ, J, qualcuno usa kcal (poco pratiche o usate nazionali)

• **TEP (TOE ENGI)** quantità energia per tonnell. di petrolio.

1 kg petrolio = 10^4 kcal \rightarrow 1 TEP = 10^7 kcal

consumo italiano annuo = 150 M TEP (2008) 180 M TEP (2012)

\hookrightarrow 86% gas, petrolio, carbone

• **Tec:** tonnell. equivalenti di carbone \rightarrow 1 kg carboni = 2000 kcal \rightarrow 1 Tec = $7 \cdot 10^6$ kcal

Utilizzano in chimica \rightarrow sempre indecise, la diff. di energia chimica dei prodotti
 tutto - nulla ottenuto termico \Rightarrow COMBUSTIONE \rightarrow qualità + bassa

Comburenti = ossigeno in aria combustibile = elaborati petrolio

Si converte da termica in meccanica tramite cicli termodinamici

4 flussi per convertire EN. CHIMICA \rightarrow MECCANICA.

• **TURBOGAS:** combustione di metano: l'energia col metano passa nel
 prodotto della combustione (MASSA GAS CALDI) (CHIMICA \rightarrow TERMICA)

Il gas fluisce in turbina (ELEMENTO ROTORE).

Ciclo Joule (Clapeyron) tra l'energia termica in entrata e le
 perdite di LW noi ha un η medio $\approx 30-35\%$ \rightarrow 70% viene

dispersa. lavoro meccanico sull'asse motore collegato ad un alternatore
 (conversione ideale \rightarrow 100%) che ha perdite d'attrito $\rightarrow \eta = 95\%$.

ho lavoro 35% \rightarrow da elettr. 35% ~~potenza elettrica~~
 (energia elettr. 100% finisce in ambiente) ~~per il 31% che arriva~~
 finisce in ambiente

• USO energia elettrica: \rightarrow motori elettrici (la 100% finisce in ambiente)
 per il 31% che arriva finisce in ambiente

\rightarrow corpi illuminati: alto effetto luminoso (finisce
 in ambiente) ~~potenza~~
 \rightarrow corpi scaldati elettrici (~~1~~ disastrosa ~~butta~~
 + energia) boiler costi produzione per
 scaldare l'acqua sono superiori (per 30-40
 unità tecniche ne servono 100 di energia)

• **PROTONI TERMICI a**
COMBUSTIONE INTERNA: la combustione avviene con il gasolio (ne diesel o nafta)
 i fumi hanno il incremento di pressione che fanno
 funzionare i pistoni. Tutte perdite da termiche (olio che lubrifica,
 motore, radiatore, marmitta \Rightarrow fonti di en. termica).

ENTRA 100 di ener. chimica, ottenuto un 30%, e se si
 eccetera \rightarrow 10-15%; per la trazione è disponibile solo
 il 20-25% anche a v cost.

uso il 25% per vincere gli attriti. Alternativa = motore ibrido
 o elettr. \rightarrow termico
 con η max

DATI DI CONSUMO 2010-2030 + 45% di consumo energia
 ↳ > 33% sarà uso del carbone

2030 → 62 GTON di Carbone e se si fanno
 ritenuti per diminuirlo arrivano a
 14 GTON, **STRATEGIE!**

- CCS: cattura e stoccaggio della CO₂ ~~acqua~~
- usano nuclei, fonti rinnovabili
- aumentare η da 40 a 60 con cicli combinati
- utilizzo di metano piuttosto che gasolio
- efficienza con uso finali stette colate di elettrica (η caldaie per uscol 85-90%)

• CCS: quantità di CO₂ 13-20%, bisogna catturare la CO₂ che è efficiente
 da fare, oppure effetti. Combustione solo con O₂ ⇒ minori quantità di fumi
 (bisogna scindere O₂ e N₂ nell'aria), e CO₂ + catturabile

- 1) Tolpe ~~il CO₂~~ SYNGAS (gas di sintesi composto da H₂ + CO₂)
- 2) uso la fermentazione di loro filtrata → vegetali
- 3) tolpe la CO₂ prima della combustione
 - a) la faccia reagire su una sostanza solida in cui H e C rimangono inalterati

PRODUZIONE DI CO₂ DI FIUMERA

È quasi + del doppio nel metano che quello nel petrolio e carbone.

BIOMASSE

CO₂/10 4 LEZIONE

Fattore di CO₂ = 0 xk vengono da piante che assorbono CO₂ e bruciano
 rimettiamo la stessa CO₂ che passa da 1a l'altra, ma in filiera (il ciclo che bisogna fare)
 per trasformare la biomassa → biocombustibile ha un'alta produzione di CO₂.
 A seconda del tipo di biomassa dobbiamo fare in modo di diminuirlo. (40-200)

BIOBIOMASSE LEGNOSE

- materiali di partenza = legno = biocombustibile solido (→ prod. en. ~~termica~~ ~~termica~~)
- residui forestali o lavorazioni del legno → trasporto aereo (costa il valore)
 ↳ CO₂ alta
- PELLET: oggetto ottenuto da polveri di biomassa legnose e ricompattati con colla opus.
 per poi essere bruciati
- CIPPATE: vengono spuntati con compattanti per impianti + grossi di più a pellet.

COGENERAZIONE

A CIPPATO: impianti grossi, η + bassi e elevati livelli di CO₂ prelevati.

↳ 3-4 anni di vita.

COLTURE DEDICATE: coltivo sorgo, canna comune, proprio per biocombustibile

OLIO VEGETALE

↳ biodiesel

Sola, girasole, colza, palma da olio, mais, patate; la lavorazione e la miscela
 con etanolo e metanolo si arriva a valori massimi su 427 di produzione
 CUP e migliorano del combustibile fossile. Possono alterare i costi dei prodotti
 dell'alimentazione. → Biomasse → I generazione
 piante → II " "
 alghe → III generazione

BARBONO

14/10

VALUTAZIONI GLOBALI USI - SCORTE:

Sistemi + paesi: Cina, India, UE, USA, Giappone → sviluppo + lento rispetto ai primi 2
 1 barile ≈ 200 l = barili al giorno

Cina: → PIL in aumento e ~~per~~ dipendenza petrolifera dall'estero (il carbone lo produce)

USA: hanno petrolio, ma lo acquistano. Essi paiono di sarà corsa, loro lo avranno a buon mercato.

Giappone dipende ^{estremamente} dall'estero, però solo diminuire tale dipendenza non solo dai costi ma anche problemi di carattere geo-politico.

CRESITA DOMANDA 2000-2010: crescita carbone e ^{delle crescite} leggeri inferiori la somma di tutte le altre fonti di energia.

TRA 1900-2009: emissioni CO₂ in UE e USA, e crescita economica di ESU (oltre che emissioni)

TRA 2010-2035: l'incremento ^{economico} di Cina e India eguaglia la somma degli incrementi degli altri paesi. Più o meno vale la stessa cosa per le emissioni di CO₂. 28 mld di m³ di CO₂

85% combustibile org (petrolio, gas, carbone).

la CO₂ sta alterando gli equilibri termici sulla Terra ⇒ effetto serra;

↳ variazioni dell'equilibrio di mari e pianure.

Incentivi: servono per facilitare la nascita dell'industria per energie rinnovabili in condizioni in cui in privato non è ~~possibile~~ conveniente; gli Stati inizialmente possono favorire per dare vantaggi alle industrie.
 ⇒ economie di scala (più ne hai → meno costa produrlo es carbone).

Investimenti: NON solo incentivi (uno è spinto, l'altro è la messa della spinta).

ENERGIA ELETTRICA → impatto globale 30% dell'energia usata.

↳ come la fanno? posso produrla con il carbone e il gas naturale (il petrolio viene utilizzato per la trazione o usi complementari industriali); nucleare occupa un piccolo incremento per la produzione di en. elet.)

Widespread: molto diffusa ⇒ in America latina ed Africa ci sono molte persone senza energia elett. Ci sono Paesi che per energia utilizzano combustibili solidi (o ^{carb} inquinanti) = No sviluppo ~~industriale~~ sostenibile → bisogna tenere conto di costi cost.

RISERVE NOTE / SCORTE: il problema è dove sono le scorte, cioè chi ha bisogno e non le scorte.

GAS NATURALE

- ↗ 41% MEDIO ORIENTE
- ↘ 27% Russia
- ↘ 6% INDONESIA, CINA

AL 2007: produzione ANNUALE mondiale: 2940 Gm³ (previsti per 61 anni se le scorte non ^{causassero} cambiasse)

II parte corso: LE FONTI SONO PRONTE PER IL CAMBIO? NO!

Filiere che dalle fonti ci portano ai prodotti che utilizziamo:

GAS NATURALE: 3 lavorazioni molto light, meno richiesta di filiere!

↳ 97% metano

idrocarburi
CO₂, H₂O, N₂] poche % di altri gas. (per le tubazioni e fondamentali il vapor d'acqua perché le perturbazioni sono in coppia che resa umida impedisce perdite)

GAS: in base allo stato $PV = RT \rightarrow$ se ho $T > 0$, $V > 0 \Rightarrow$ meno massa (maggiore facilità al trasporto)
 \Rightarrow meno energia (legata al n di molecole) \Rightarrow meno potere calorifero!

METANO + leggero dell'aria \rightarrow se vi è perdita va verso l'alto (fattore molto importanti nei sistemi di sicurezza per le vie di fuga).

GPL = 2-3 volte l'aria \Rightarrow va in basso \Rightarrow se vi è fuga bisogna aprire le porte.

Metano è inodore \Rightarrow per essere riconoscibile deve perire \Rightarrow nelle distribuzioni civili, viene aggiunto dell'odorante a base di talfo (perna come l'aglio).

Filiere di metano: si può stoccare solo nei vecchi giacimenti (GIA' vuoti!).

metanodotti o navi (ha valore e quantità di energia < petrolio)
 ↳ ben isolati

~~Processo~~ • bisogna liquefarlo a -160°C e poi rigasificarlo per metterlo nei metanodotti. Qui non usato si stocca.

RETE ITALIANA: Ramo DA NORD \rightarrow NORD, EST \rightarrow OVEST; NORD \rightarrow sud rami secondari.

Viaggi a 80 km/h, una arriva nelle abitazioni a 2000 Pa (+ ratur)

~~FILIERA~~ FILIERA PETROLIO

Combustione non possibile a re fare liposca \Rightarrow i combustibili lipidici devono

Combustione stato. Qui che usiamo sono derivati del petrolio e non sono estratti così come sono, oltre a alla filiera ^{del trasporto} il problema di separazione delle varie componenti (nelle raffinerie). L'attuale il numero di raffinerie è elevato ~~col~~

• Separare i componenti: ^{↳ come sotto vuoto} si scalda il petrolio a 360-400°C e passa quasi tutto a vapore, a parte una rimanenza simile al estratto lipidico con alta viscosità.

1) petrolio \rightarrow olio combust. (NAFTA)

2) petrolio \rightarrow olio lubrifi. (paraffina)

3) petrolio \rightarrow gasolio desolfato

4) petrolio \rightarrow CHENOVENE liquido (turbo gas)

5) petrolio \rightarrow VERA NAFTA

6) petrolio \rightarrow benzina

7) petrolio \rightarrow benzina avio.

8) petrolio \rightarrow gas liquido (GPL) \rightarrow filiera gas

9) petrolio \rightarrow gas \rightarrow metano \rightarrow naturali

I gas liberati, vengono fatti salire in una colonna e fatti di circa 20-30 mt. che ha la T di condensazione di 1 alle parti di ql evaporato. Si raccolgono separatamente i combustibili tradizionali.

dopo molti anni; i continui processi anaerobici hanno eliminato sostanze diverse dal carbonio; hanno un poter calorifero di circa 4000-5000 kcal/kg, si trovano allo stato polveroso, ~~per~~ ~~essi~~ sono difficilmente utilizzabili e trasportabili. In Italia non si usano

LITANTRACI e ANTRACITI (tipi 3° e 4° trasform.) sono carbonio al 75% e 90%, ottenuti dopo milioni di anni di reazioni anaerobiche. I primi sono più utilizzati nelle centrali termoelettriche.

I GRACITI (5° trasformazione) sono carbonio al 100%, non hanno uso termico e vengono utilizzati come lubrificanti

CATEGORIE CARBONFOSSILI:

- carbone di miscela: polveri di grado o medie di umidità.
- carbone crivellati: carboni in pezzature → non utilizzabili.
- polveri di carbone: tra 0,1 e 1 mm usati nelle centrali termoelettriche ottenuti con previa macinazione

ESTRAZIONE CARBONE:

- di superficie: STRIP MINING
- dal sottosuolo: DEEP MINING

• Gestione mineraria (costi, sicurezza, alterazioni sottosuolo → problemi) costa di + in termini di tecnologie, umani e trasporto, ma è la risorsa + abbondante e costa poco. Tirato fuori da miniera, ~~da~~ viene trasportato in terminali dove viene ammassato (navi o treni) e portato nelle centrali per la lavorazione.

Viene messo nelle camere di combustione a circa 2000°C. che libera i volatili e quali bruciando danno la fiamma; la fase solida che rimane solida brucia; la parte che non brucia è composta da minerali e ceneri incombustibili (volatili e materiali ossidi che a più T diventano liquidi).

COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE SOLIDE:

- 1) volatilizzazione → combustione con fiamma.
- 2) CRACKING → bruciare parte che brucia solida, parte genera fiamma alta.
- 3) CHAR

USO CARBONE (3 usi)

- 1° combustione - ottenuta in tecnica
- 2° distillazione
- 3° gasificazione.

1° combustione: può avvenire su pignone, polverizzazione, letto fluido

- pignone: pezzi di carbone grossi su una pignone in ghisa (tipo di comb. scomparsa, usato solamente nei rif. solidi urbani, come combustibili)
- polverizzati: a 0,1 mm viene fatto galleggiare nell'aria e bruciato → modo + comune per la combustione.
- letto a fluido: tecnologia emergente che riesce a far galleggiare in aria anche pezzi di carbone e fusti → non ancora molto usati per costi elevati (macinare il carbone costa molto).

3° GASSIFICAZIONE

1) SEMPLICE: serve a produrre silicati, risolve il problema di trasporto e uso carbone;

SILIGAS → CO + H₂ % formata da 2 composti: ~~SYNGAS~~ ~~la~~ ottenuto

SYNGAS: la ottengo facendo ~~reagire~~ reazioni ad alti T; lo buco, e per far ciò in difetto di O₂ ottengo una miscela di CO e H₂.

O buco con aria o solo con O₂ per non avere arto.

Col gas d'acqua ottengo +H₂ e + poter calorifero

• l'impanto è come ppl del letto fluido, ma non fanno buco tutto e usano del gas combustibile! non ci sono difetti lo scambiatore

SYNGAS (gas di città): 4000 kcal/m³ → reti cittadine → prodotto da officine 14-20% CO

si lega alla ossigeno per non facendo lega + al O₂

METANO 8000 kcal/m³ → non avvelena.

2) IDROGASSIFICAZIONE

CO + H₂ + H₂O → CH₄ + CO₂ • poter calorifico + alto per la presenza di CH₄
 • caso in cui è + facile catturare la CO₂

3) LIQUEFAZIONE (liquido occupa meno spazio)

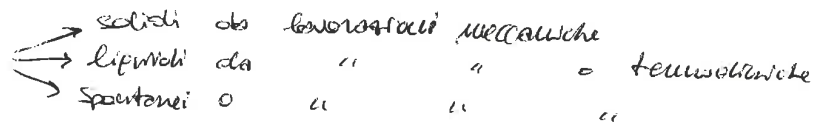
trasporti + facili (benzina + molto che metano) ma non è molto diffusa.

CO + H₂ + H₂O → benzina liquefatta.

Aumentando T nel ciclo RANKINE portandolo a 500-700°C, ma non ci sono materiali (economicamente economici) che sopportano tali temp. e a 150 atm viene utilizzato acciaio inossidabile → non si può usare Fe ma solo superleghe molto costose → problema trovare materiale: acciaio + è caldo + facile + lavorabile si gonfia e scoppia come una gomma da masticare facendo bolle → non si può usare

BARBERO 21/10

Filiera biomasse



Possono essere da animali o vegetali; non sono bio combustibili ~~perché la biomassa~~ perché la biomassa è esclusa materiali ^{di origine biologica escluso ppl} incorporata in formazioni geologiche e trasformate in combustibili

Sono combustibili che derivano dalle lavorazioni:

- solidi - legno e suoi derivati
 - liquidi - bioetanolo, di vegetali (bioetanol)
 - gas - metano
- } bio combustibili

CTI: Comitato Termoelettrico Italiano → norme approvate dall'UNI

Bio combustibili da lavorazioni meccaniche:

- bricchette, pellet → legno polverizzato e con processi di pressurizzazione compattati

1) Processo di combustione DEL LEGNO: 3 FASI

- 1. ESSICCAZIONE:** l'acqua contenuta nel legno con processo endotermico
 • Da 0°-100°C (combustione con illuminazione - gas solo azzurra nella banda del visibile)
 105°C essiccazione rapida. brace che parte che rimane solida con O₂ ed è un processo dall'esterno verso l'interno. I non combustibili spesso sono nella corteccia
- 2. 150°C prodotti** → gassificazione fino a 225°C PUNTO DI INFAMMABILITÀ
 temp. di accensione della fiamma, necessario un punto caldo per l'accensione (nel gas conta solo la T di combustione). La brace è molto più lenta a bruciare rispetto alla combustione aeriforme
- 3. rimane un 15% in massa** rispetto all'iniziale → BRACE, la combustione si auto alimenta → legno brucia lentamente.

UMIDITÀ: quantità di H₂O presente nel legno, umidità sull'oggetto così come; dipende dal tipo di legno, dalle condizioni...
 umidità 35-50%, piuttosto che 15-20%.

$$U_{tp} = \frac{M_{umida} - M_{secca}}{M_{umida}}$$

U_{tp} = umidità in percentuale

15-20% perché su U è molto alta, l'effetto negativo è poco accettabile se U < 15 bisogna essiccare la legna talmente tanto che non è + economico.

- DANNO** che crea il H₂O:
- 1) massa d' H₂O non partecipa alla combustione e poi evaporando estrae energia al sistema xk H₂O → vapore che va in fumo (600 kcal/kg) e non recupero xk un condensato.
 - 2) porta via energia x evaporazione

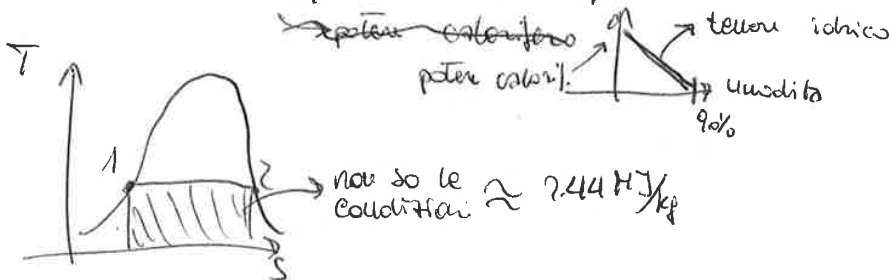
Conservazione della legna ridotta → danni per bruciarla. Non si parla di potere calorif.

CONTENUTO ENERGETICO che dipende dal contenuto di lignina
 ↳ riduzione potere calorifero del secco - causa evapor. H₂O

Quando ti aspetti olevo sapere per H₂O c'è ed è facilmente misurabile con una normativa che ci dà DEGLI STANDARD per valori materiali

Formula di Kettner $H = [13.5(100 - U_{t,a}) - 2.44 U_{t,p}] / 100 \approx$ approssimata

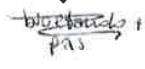
Contenuto energetico che tiene conto anche dei danni di H₂O
 ↑ potere calorif. inferiore del tipo di legno
 ↓ H₂/kg
 leg -> vap.



Con inquinanti sui additivi alle unità di misura xk sono sempre diverse

PRO:

- consumi efficienti n' altri
- combustibili rinnovabili
- < GHG
- flessibilità dei FFV (si adattano in tempo)
- E-diesel per dual-fuel
- ~~(benzina + GPL) sceglio io~~



CONTRO

- 50% di contenuto energetico in meno
- modifiche sul motore
- problemi di partenza a freddo
- corrotti gli elastomeri/metalli/la pittura

Fibra di olio minerale e Biodiesel

Barbero 22/10

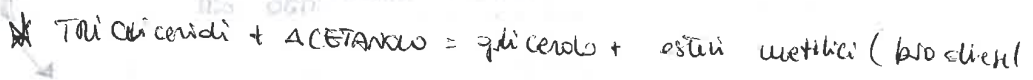
Problemi olio: combustibile non facile da usare e senza ulteriore raffinazione ^{non posso} utilizzarlo nei motori a diesel moderni perché ha un numero di ^{certano} ~~alto~~ basso (CETANO) che prende fuoco per combustione ^{ma} con la compressione fino a 70 atm che aumenta la T di gasolio e aria. e prende fuoco in modo spontaneo.)
 CETANO: capacità di prendere fuoco alle punti combustione. Per essere usato nella nei bruciatori di impianti fissi e l'impiego motoristico nei paesi industrializzati e viene usato nei vecchi diesel. Et
 Da dove si parte? le piante sono usate anche per alimenti (soia, diva, girasole, lino, papavero, sesamo, canola).

Biodiesel: dall' olio di oli vegetali da trasformazione chimica, troviamo la parte di ESTERI. Essi sono esteri (Biodiesel) e glicerolo che viene usato nelle industrie farmaceutiche. Questo plus esteri usato come combustibile in impianti fissi e nei motori biodiesel. Nei motori diesel è un combustibile che si comporta bene e come gasolio tradizionale + Biodiesel = Miscela 3:1

olio + metilalcol

- 1) settori riscaldamento
- 2) aziende di trasporto
- 3) può portare gli autoveicoli sempre alimentati con gli combustibili e si possono permettere gli avero secondo le loro indicazioni. Le auto normali lo usano in miscela 4k i criteri di distribuzione non hanno in modo sistematico per utilizzato.

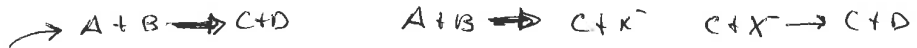
Bioalcol: 1° generazione in competizione con l'industria alimentare → non vanno
 2° generazione: uso di scarti e non non
 3° generazione: uso di alghe per colture algali.



Biomassa lignocellulosica: non solo in contrasto con l'alimentazione nell' uso, ma toglie spazi per la coltivazione di alimenti

Bioalcol di 3° generazione: non creano contrasti: ne perché usano spazi, ne perché si usano piante che si usano per \rightarrow soltanto le parti usano in cui non riescono a piante per la coltivazione alimentare (o spoglie di uva o cereali). Produzione di alghe per cui bisogna usare più ~~spazio~~
 OGM \rightarrow se no OGM non ho abbastanza cibo per tutti
 \rightarrow se ~~si~~ sua dipendenza dalle industrie OGM stesso ha conseguenze sul fisico umano

FUMI



Intermedi di reazione: cioè non sono molecole vere, esistono solo nelle reazioni

$A + B =$ aria + combustibile

$C + D =$ sostanze nei fumi: CO_2, H_2O, N_2, O_2 , dipende da cosa brucia

CONDIZIONI NORMALI: $p = 10^5 Pa$ $T = 0^\circ C$

CONDIZIONI STANDARD: $p = 10^5 Pa$ $T = 15 \sim 20^\circ C$

Capacità termica massica: in linea di principio $\approx 0,26 kcal/kg^\circ C$, $\frac{1}{2}$ di più dell'acqua. ρ dei fumi in C.N. dipende da combustibile, ~~generalmente~~ ~~1,25 per il metano, 1,30 per i combustibili liquidi~~

Proprietà: in pst reazione la massa dei reagenti $=$ a quella dei prodotti; lo stesso può non valere per i volumi. $H_2 + \frac{1}{2} O_2 = H_2O$ ES di massa uguali e volume no

$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O$ \Rightarrow massa e volumi uguali.

COMBUSTIONE: camera adiabatica: tutta l'energia rimane nei fumi e rappresenta la loro T_{max} , (caso ideale) \rightarrow temperatura adiabatica, poi dobbiamo raffreddarli alla $T_{in} (\sim 20^\circ C)$ ($T_{amb} \approx 30^\circ C$) \Rightarrow sottraiamo en. ai fumi se la combustione è avvenuta con $\sim 1 kg$ e $1 m^3$ (si chiama POTERE CALORIFERO SUPERIORE) e fatto da $T_{ad} \rightarrow T_{in}$. Raffreddando i fumi, il vapore d'acqua in essi, a T_{amb} condensa, ~~poter calorifero~~ ~~superiore~~ ~~inferiore~~. Gli europei a fine '800 ~~non facevano~~ ~~calcolare~~ ~~il~~ ~~vapore~~ ~~e~~ ~~non~~ ~~tenevano~~ ~~conto~~ ~~del~~ ~~calore~~ ~~latente~~ ($600 kcal/kg$); ~~facevano~~ ~~da~~ ~~poi~~ la definizione di poter calorifero inferiore: $H_i = H_s - 600 H_2O$.

COMBUSTIBILI LIQUIDI: si dividono in gasoli e nafta (generalmente del primo tipo e un solo tipo, delle seconde, invece, ~~varia~~ molte varianti).

GASOLIO: bassa viscosità, misurata nella scala Engler: egli cioè un recipiente in oblungo, riempito con acqua ed un altro recipiente di ~~stesso~~ ~~volume~~ ~~al~~ ~~suo~~ ~~interno~~, vi sono 2 termometri a mercurio, ciascuno per ogni recipiente; ~~il~~ ~~interno~~ ~~ha~~ ~~un~~ ~~foro~~ ~~nel~~ ~~fondo~~ ~~a~~ ~~centro~~, e facendo scendere un ~~volume~~ ~~liquido~~, si misura la sua viscosità, rapportando il suo tempo a quello di un disco (600 s) e dell'acqua (60 s) ~~valutata~~ ~~a~~ ~~40^\circ C~~. Il Gasolio ha una viscosità non molto diversa da quella dell'acqua.

PCS (poter cal. sup.): $H_s = 10.800 kcal/kg \rightarrow H_i = 10200 kcal/kg$

Il gasolio contiene circa un 88% di carbonio, 0,1% zolfo (max), al di sotto sono desolforati)

NAFTA: di combustibili ad alta viscosità; ~~contiene~~ ~~la~~ ~~stessa~~ ~~%~~ ~~di~~ ~~C~~ ~~del~~ ~~Gasolio~~; $PCS \approx 9400$; $9800 kcal/kg$ sono considerati desolforati se $S < 0,1\%$ ($BTZ: 1\%$, ~~ATZ: 4%~~)

Nafta Nei combustibili solidi e liquidi viene definita la T di infiammabilità: la combustione avviene in fase aeriforme \Rightarrow il combustibile deve essere ad una T tale da far evaporare le parti più nitrate la combustione. Se la T del comb. è bassa, non emette vapore e non genera fiamma. Quando inizia a infiammarsi, più è la T di infiammabilità.

PARAMETRI DI SICUREZZA (per liquidi): gasolio a $30-40^\circ C$; nafta a $50-60^\circ C$.

O₂ è contenuto nell'aria in un rapporto 1 : 3,76 con N₂ ⇒



Reazione STECHIOMETRICA
(in cui reagenti e reattori sono gli x cui la reazione avviene)

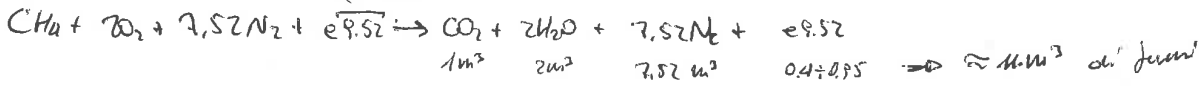
Per normalmenti le reazioni non sono stechiometriche; combustibili come CH₄, in los neopseono, tutte le molecole ricuciono tutte le O₂ (fiamme leggere, ionizzate).

Meglio avere O₂ che non abbia a che fare xk se metano non passa ↖ infuino
se metto troppo O₂ ho problemi di combustione: Aria STECH = 2 + 7,52 = 9,52 $\frac{m^3_A}{m^3_{CH_4}}$ ↘ spreco soldi

⇒ l'aria che metto in più = eccesso aria e

Aria in + = e A_{ST} ⇒ A_{TOT} = A_{ST} + e A_{ST} = $\frac{(1+e)}{1}$ A_{ST}
↑ indice aria

e è % di aria in + rispetto la stechiometrica



• e per un impianto a metano è 5%; in impianti piccoli posso avere % + alte xk nei vicini a controllari perfettamente (es: caldaia), servono più copri come $\frac{V_A}{V_{ST}}$ la combustione

concentrazione di CO₂ → CO₂ = $\frac{1}{1 + 2 + 7,52 + e \cdot 9,52}$ dk della sostanza

misurata senza H₂O → pu funzionare l'apparecchio togliere H₂O → CO₂s = $\frac{1}{1 + 7,52 + e \cdot 9,52}$

⇒ fumi secchi che non sono i sec ⇒ CO₂ms = $\frac{1}{1 + 7,52} = 11,6\%$

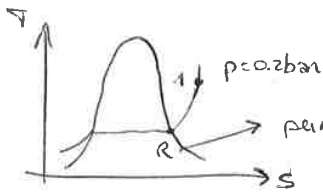
può essere al max senza eccesso d'aria.

Miscela

Miscela ricche (+ CH₄ e O₂) si usano nei motori; a parità di volumi c'è + combustibile → + energia → scarico + ricombusti!

Qnt vapor d'acqua c'è? %; che pressione ho? nella miscela → P_{tot} = concentrazione x volume = P_{partiali}; es se P_{tot} = 1 atm → P_{H₂O} = 0,023 atm

T → temperatura di transizione di fase alla sua press. parziale per condensare H₂O e recuperare energia.

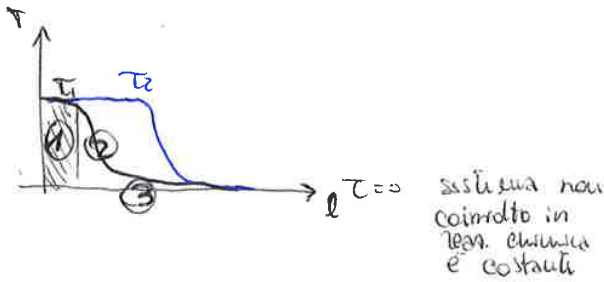


spuntano gocce → punto in grado e T dipende da O₂; più alta di vapor diminuisce! e il recupero di calore è massimo al max

eccesso d'aria può danneggiare tutto condensatore.

CALDAIE A NON CONDENSAZIONE → tempo di T adeguato per non avere acidi nelle pareti dovute alla condensazione che ha PH = 3 (neutro: PH = 7,5) → acido! Energia persa al camino → fumi caldi che creano perdite

la velocità di propagazione di 1 fiamma è relativamente bassa! Supponendo d'aver un contenitore con una miscela, spenta, mettendo tanta termocoppa, e potendo riportare T e lunghezza contenitore ho: spento: Termocoppa dentro tubo in sequenza diverse.



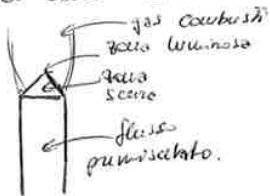
• Se parte la reazione, in un primo momento ho T_1 .
 la parte a sx è la T attivata nel primo tratto già coinvolto della combustione, poi la T decresce fino a T_{amb} .

1) Il primo pezzo già bruciato, il secondo sta bruciando e il terzo non è ancora bruciato.

FRONTE DI FIAMMA si propaga con una velocità di propagazione (velocità fronte fiamma); situazione che avviene in modo laminare e la velocità di propagazione dipende e varia da combustibile a combustibile, ed anche dalla miscela aria + comb. (v_{max} con misc. stoch)

• Se la fiamma è turbolenta, la velocità con cui brucia è $>$; fronti di fiamma mostra una forma del tipo frontera che è $>$ grande della laminare, e come se avere una superficie $>$ grande alla stessa v , ma da un sistema esteso e come se si considerasse 1 superficie media e una v $>$ alta

STABILITÀ DELLA FIAMMA: non si propaga in un mezzo fermo, non è la fiamma che si propaga in un gas fermo, ma la fiamma che va indietro in un gas in movimento
 velocità flusso gas = velocità fronte fiamma; in realtà non è così perché altrimenti ci sarebbe soltanto un punto di equilibrio; all'uscita il gas è accelerato, e probabile
 il suono = la velocità; se aumento la velocità del gas, la fiamma esce dal tubo (assimilando il flusso laminare). Il bruciatore preso considerando un posto di calore e di radicali che, nella generalmente stabilizza la fiamma. Continuando ad aumentare la velocità del gas, la forma della fiamma tende ad espandersi passando da un cono a un cilindro. Comunque vicino il verso la v è minimo.



Il fenomeno ha 2 limiti che non è sempre stabile

VERSO IL BASSO

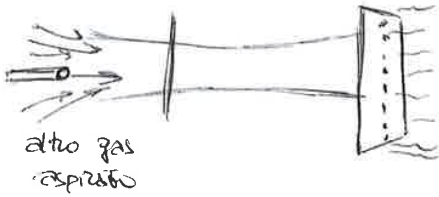
$v_{flam} > v_{mix}$: bruciatore al minimo con fronti di fiamma piatto e con la A d'uscita. Se mette meno miscela, il fronte di fiamma non è neppure, la fiamma scende + velocemente
 = ritorno di fiamma: pericoloso e instabile (con la fiamma e diffusore non si verifica)
 Per evitare che la fiamma esca nei combustori si sfruttano il fenomeno del **QUENCHING**: si costruiscono i combustori con sezioni d'uscita $>$ grande di quella del tubo, al punto che se la fiamma ritorna, non passa a causa della restrizione del tubo; infatti una portata piccola raffredda la fiamma, e non permette la combustione

VERSO L'ALTO

limite al di là del quale il fronte di fiamma diventa troppo grande come 2 superfici aperte: **STRAPP DI FIAMMA:** o si straccia dal bruciatore o si spegne. Il distacco si può evitare limitando la velocità max di flusso, che non è di propagazione di fiamma: **UNICA SOLUZIONE!**
 tenere le bruciatore uscite del gas dai bruciatore!
 LIMITARE LA VELOCITÀ MASSIMA! - a parità di bocca di effluvio ho un limite non compatibile con bruciatore industriali (in condiz. di stallo di fiamma). Tenere la fiamma stabile: una mano che esce la miscela, continuo ad accendere così fiamma stabile.

- Impatto ambientale
 - Tradizionali
 - basso impatto ambientale
- framme dai tipi
 - premiscelati (miscelati prima della combustione)
 - diffusione
 - luminose e non

Funzionamento senza spinta → tubo venturi • principio di iniezione a gas



1 GAS in entrata, tubo venturi, si crea depressione quindi viene ~~attraverso~~ risucchiato altro gas
 → es. CH₄ e aria → aria aspirata
 SISTEMA AD ARIA ASPIRATA o INDOTTA

• Framme premiscelati: bruciatori di casa in circolazione (fornelli)
 Se vasa la portata di gas non solo sono che il rapporto aria/gas sia costante, ma le variazioni sono minime → al variare della v_{gas} , il rapporto varia, ma le Δ sono piccole poiché P basse.

• v_{in} varia con il n° giri oppure con sensore di le sfruttata la ventosa, riduce la luce del ventilatore; il bruciatore varia P e quindi v_{in} ; è tipico non spegnere il bruciatore, ma regolare il combustibile (è + comodo regolare l'aria e sapere il combustibile o viceversa). L'apparecchio è tarato quando viene installato; negli impianti posti dove bruciano solidi (legna, rifiuti) non va bene la taratura (che va bene se uso sempre nafta). quindi non sono sempre usati.
 → ho una taratura di massima e alla fine ho una sonda che mi dice qnd regolare guardando lo scarto di ~~combustione~~ prodotti di combustione (CO, CO₂)
 + ho O₂ + ho aria in eccesso > P → > v_{in}

Esercitazione

Es n° 2 | valutare emissioni di CO₂ derivate; processi di combustione sui principali combustibili fossili

Carboni: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ Se peseremo 3,67 kg CO₂ V kg C
 $1kg + \frac{22}{12}kg = 3,67 CO_2 \rightarrow$ acqua si condensa, volume NO!
 $\frac{12}{12}$

Idrocarburi (CH₂)_n → CH₂ + $\frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
 [kg] 14 + 48 → 44 kg + 18 kg
 $\frac{44 CO_2}{14 comb.} = 3,14$ pesera meno CO₂ x kg nel carbonio che solo C (equilibrare pepton, poi abbiamo anche H che non partecipa per CO₂)

Metano: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
 16 + 64 → 44 + 36 → $\frac{44}{16} = 2,75$ H è > → CO₂ <

Alimentazione del combustibile (mantener con la portata)

- Con i liquidi c'è sempre la pompa
- Con i gas c'è la rete che è in pressione (2000 Pa); in genere 10.000 ÷ 50.000 Pa con stabilizzatore rotella che regola, bombola che mette in pressione
- Solidi polverizzati (tolti dal molino col flusso d'aria in cui galleggiano i solidi) + aria passa, + polveri per rapporto stretto a caduta libera, o a ~~col~~ coclea
coclea ⇒ tubo con una vite che (passo 5/10 cm) che girando manda via avanti materiale

Portata variabile → per impianti grossi pompe a vite o a ingranaggi, ugelli a portata variabile con valvole a spillo (valvole che si aprono in necessità; elettrovalve).

Regolazione pressione combustibile: → con valvole a sfera (impianti piccoli), pompa a pressione variabile (impianti grandi) e stabilizzatore pressione

• **NEBULIZZAZIONE**: fluido in un foro piccolo esce nebulizzato e $P > P_c$ è la nebulizzazione. Contemporaneamente d'aria e ossigeno la portata ottiene nebulizzazione. (La riduce)

• petrolio a 10 bar xk facile da nebulizzare (inoltre a 30 bar)

Se usata con:

- pompa a pressione variabile (impianti grossi)
- valvola di regolazione a sfera che a 100 bar si apre e fa passare ciò che ^{supera} ~~regolatore~~ più pressione.
- stabilizzatore di pressione, oscillando la pressione di rete si esce da una press. variabile in uscita. Qui riduzione soltanto, non aumentano xk solo strumenti passivi che tappano (ed è vietato l'uso del ventilatore o del stabilizzatore attivo).

PREPARAZIONE DEL COMBUSTIBILE (liquido)

① preriscaldare (a 3° Enthalpy massiva): negli impianti piccoli uno scambiatore con resistenza al suo interno. Non troppo xk può intralciare il cambio di fase (l-v); al posto delle resistenze può esserci uno scambiatore a vapore dal quale spruzziamo vapore.

② **NEBULIZZAZIONE** → via meccanica: energia di pressione: dopo che ha passato il buco diventa energia. superficie di tensione di superficie piccola
 fluido continuo ad alta Press.: meccanica + il liquido prima del buco
 del vapore acqueo a $P > P_{comb}$: si creano delle goccioline di combustibile e il vapore scende di pressione; se applico $PV = nRT$ al vapore $P \downarrow$ e $v \uparrow$ ⇒ tra le gocce = l'altra c'è espansione del fluido che sposta le goccioline in altre + piccole.
 richiama la dimensione delle goccioline riducendole

→ vapore = bassa pressione (non + usata)

→ di emulsione di combustibile e acqua (2 fluidi non miscelabili) con bruciatore adatto

REGOLAZIONE: per tenere la P allo stesso valore e come detto lo si può abbassare!

Se troppo basso c'è pressostato che lo spegne ↳ se P alta lo abbassa
↳ se P bassa lo spegne

ELETTROVALVOLE
(almeno 2)

sicurezza (M) ← in mano c'è un regolatore manuale
REGOLAZIONE (M) APERTURA per funzione bruciatore

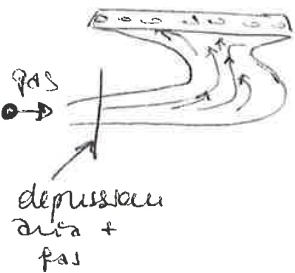
↳ retro apriete sulla serranda dell'aria (M gas, N aria)
riceve i segnali elettrico

Può nascere un problema: aria che arriva non è sufficiente: se l'aspirazione dell'aria sarà finito cioè che intasa l'ingresso → si misura $P_{aria} \times V_{aria}$: il pressostato sarà verificato e, se non la macchina se

posizione STAND-BY (il pressostato di aria non da segnale per possibili condotti intasati, automaticamente riparte).
Se combustione non arriva c'è una spia nel bruciatore → posizione di blocco (overheat) il quale si rimediasse con manualmente.

Nel bruciatore a liquido ed pompa o funziona o non funziona xk non pompa combust. e gli sull'aria non è obbligatorio (nel gas entrambi)

Bruciatori ad aria aspirata (solo combustibile gassoso) ho dei piccoli (exito ritorno di fiamma)



terzo venturi, gas e aria che si miscelano e escono dai fori. Il distacco di fiamma è evitato limitando la velocità del gas

FUNZIONAMENTO BRUCIATORE

- 1) Prelavaggio
- 2) Accensione scintilla
- 3) Apertura valvola combustibile
- 4) Inizio combustione + rilevamento fiamma
- 5) Annullamento procedura di rilevamento su avviamento (grazie alle valvole di regolazione)
- 6) Funzionamento.

1) Può capitare che la combustione precedente abbia lasciato incombusti in camera (O_2 , H_2) materiali potenzialmente combustibili, cause di possibili piccole esplosioni ⇒ lavaggio con aria pura (grazie al ventilatore) prima dell'accensione (camera, scambiatore e camino)

2) Si apre la valvola del combustibile se stesso motore liquido pompa già partita.

3) xk ventilatore funzionava già e si apre la valvola di intercettazione

Controllo sicurezza combustione

- controllo presenza fiamma: fisica luminosa emessa nel rosso. FOTORESISTENZA nel vuoto a distanza → ci sono vari λ e debolmente ionizzata
- bruciatori misti (CH₄ e gas): foto cellula UV, emissione di ener. elettrom. (o controllati da termocoppia) affinché il reattivo emette nel rosso mentre fiamma gas nel UV

Barbero LEZIONE

$T_{max} = 1400 - 1600^\circ C$ per le fiamme; si può preriscaldare l'aria di combustione a $600 - 700^\circ C$ per ottenere ΔT alta; non abbiamo i valori di T che vogliamo. ② Trasmissione energia fiamma ad acqua e uso acqua ad alta entalpia ③ uso fiamma

Ciascuno ① e ② o per riscaldamento o in un ciclo termodinamico

UNA cessione di calore → funzione puramente termica.

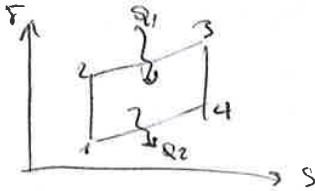
Fuochi in 2 CATEGORIE DI CASI:

- 1) motori alternatori a combustione interna
- 2) cicli delle turbine a gas (Joule)
- 3) forni industriali o essicatori
 - ↳ processi a alte T, chimici/fisici
 - ↳ a basse T per togliere umidità

// utenze termodinamiche

// utenze termiche

CICLO JOULE



1-2 compressione aria

2-3 $p = \text{cost}$ entra Q, calore di combustione

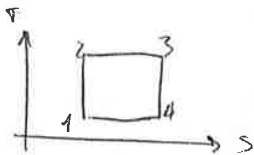
3-4 turbina

4-1 non si torna dallo stesso condotto, ma scende aria all'esterno → ciclo chiuso

$$\eta^* = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

media

CICLO CARNOT



2-3 fornitura calore a $T = \text{cost}$; espansione 3-4 isentropica

4-1 cessione Q a $T = \text{cost}$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

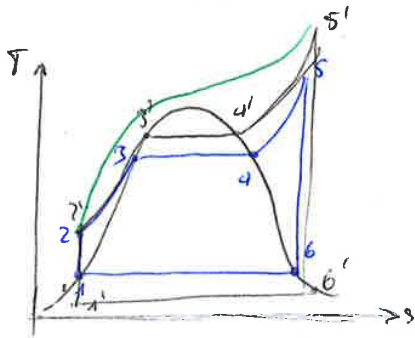
> è la T a cui fornisco Q mediamente tanto < è T a cui cedo calore a T media → tanto maggiore è il rendimento.

Se, grazie ai fuochi che uso nel ciclo, voglio ottenere il η_{max} devo avere che T_2 a cui fornisco calore sia la + alta possibile (della compressione) → devo tenere dei fuochi caldi cost tra T_2 e T_3 e T_1 è molto + alta

1) Impianti ACQUA per utenze, a ciclo termodinamico

• Ciclo RANKINE

• Ciclo HIRN (ha 2 riscaldamenti d'acqua)



- 1-2: pompe con compressione
- 2-3: riscaldamento liquido per compressione
- 3-4: fase di ebullizione (evaporazione)
- 4-5: surriscaldamento
- 5-6: espansione in turbina (isentrope)
- 6-1: condensazione

ql nero ha η alto, hanno uguale T_2 a cui fornisco calore, la T di cessione è + alta \Rightarrow condizioni worse ottimali
 \hookrightarrow hp un sistema tipo.

2-5 cambia. resto uguale. impianto non passa per evaporatore ma alta T_{cr} da cui acqua a T alta fornita liquido a $p_{sat} \rightarrow$ **CICLO IPERCITICO**

• $T > T_c > \bar{T}$, la transizione di fase isoterma e isobara blu è + bassa della nera \Rightarrow p_{sat} \uparrow \Rightarrow T_c \uparrow \Rightarrow p_{sat} \uparrow \Rightarrow aumenta $T \rightarrow$ aumenta P
 Impianti che prendono en. termica dai fumi devono fornire H_2O ad alta T e $P \Rightarrow$ problema tecnologico

• i valori sono limitati da problemi di materiali usati che non reggono $T > 520^\circ C$ e le pressioni che posso usare sono $P = 60-80 \text{ bar}$ (per 4), $P \approx 190 \text{ bar}$ (per 4')
 per i cicli ipercritici $P > 2240 \text{ bar}$ (verole) \rightarrow problema però è la T

Soluzione: cicli combinati, aumentare η dei cicli ipercritici con T usate ($600^\circ C$ che normalmente arrivano a $500^\circ C$)

Problema (non termodinamico) $\because T_{sur} > T_{H_2O} \rightarrow$ la più scaldare.

DESCRIZIONE IMPIANTI

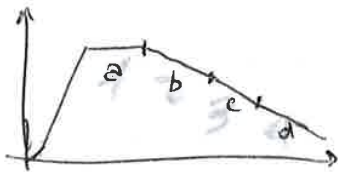
1) Fumi e H_2O non si miscelano, sono separati - scambiatori a superficie

2) circuito fumi / circuito solo H_2O : sono a contatto, fumi per fische



e) non è in contatto con H_2O ma è 1 pre-riscaldatore d'aria

andamento T



- a) camera combustione con fiamma
- b) camera combustione senza fiamma
- c) dove si completa la combustione
- d) fumi a T elevate
- e) fumi a T basse

- 1 a) $T = 1300-1600^\circ C$
- 2 b) $T = 900-1200^\circ C$
- 3 e) $T = 600-500^\circ C$
- d) $T = 300-100^\circ C$

scambio su T d'irraggiamento (in realtà poi diventa en. termica) zona 1-2

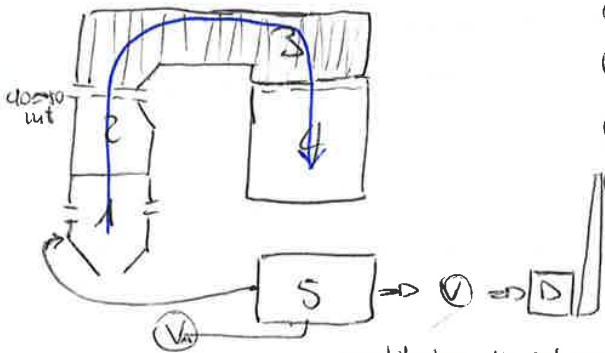
\hookrightarrow problema di caratteristico

legati al problema di passaggio nucle combustione

Circuiti dei fumi con gas. di vapore e vapore surriscaldato

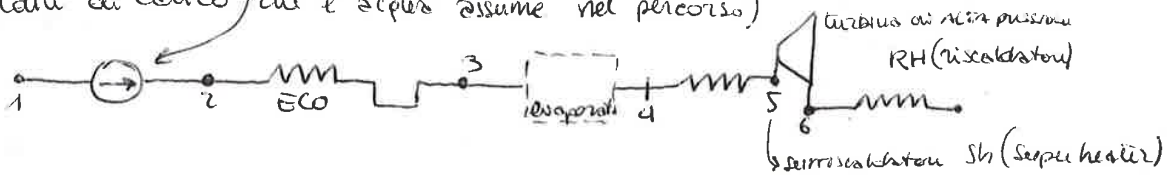
Si chiamano a tubi d'acqua, ci sono tanti tubi → fatto sviluppo in verticale, devono essere molto alti per la circolazione (60-70mt)

- 1 restimpimento per favorire il c dei fumi
- 2 si completa la fiamma, combustione
- 3 tubi appesi
- 4 tubi appesi, gas meno caldi
- 5 preriscaldatore d'aria (5x7 mt)

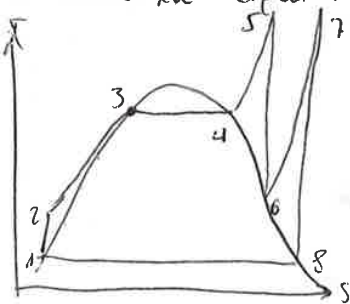


ventilatore di estrazione e per coerenza passavo per il deperatore

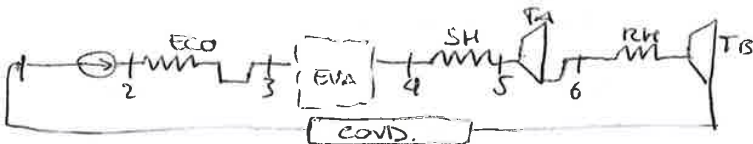
L'impianto a freddo è più costoso di 1.5 mt rispetto a quello a temperatura ⇒ bisogna appenderlo a quest'impianto. l'aria esce dal preriscaldatore e va in zona 1 dove reagisce con il combustibile (1400°C) → Scambiatore contro corrente xk fa cedere l'acqua nelle zone + fredde; SISTEMA DI POMPE che porta l'acqua a Press (P che deve essere in turbolenza) meno le perdite di carico che l'acqua assume nel percorso)



Prendendo acqua appena condensata da ciclo Rankine → lo porta a P alta e richiede poco lavoro xk è liquido $L = v \cdot \Delta p$ RISPARMIO PORTANDO LIQUIDO



Prendendo k pre-coesi dopo compressione 1-2 c'è lavoro fino punto-3; lo scambiatore 2-3 è CONCENTRATORE ECO (costituito negli 1° sfruttano tutta la parte dei fumi + fudito dando la loro energia all'acqua)
 3-4 evaporatore; 5 Turbina alta pressione (60atm)
 6) il vapore viene mandata a ~~una~~ preriscaldatore di nuovo, in un Re heater; 7 viene mandata nella turbina di bassa pressione ed infine nel condensatore



Sottoriscaldare calori e a T costanti ⇒ $T_2^* = T_2 + T_1^*$ e il valore medio a cui formano calore. Voglio T_2 più bassa possibile ⇒ Relazione κ e P in condizioni di sale, unione e T_2 ; espanso fino a P bassissime ≈ 0,04 bar → $T_2 \approx 25^\circ C$ per avere η + alti ⇒ $\eta = 1 - \frac{T_2^*}{T_1^*}$ → il condensatore è sottovuoto

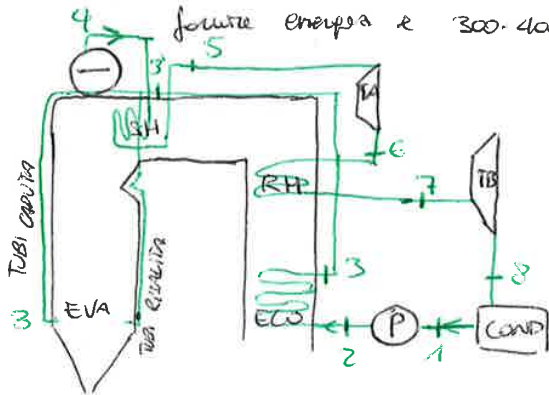
In ogni tubo deve passare la stessa m e sono in //

↑ LAYOUT → Tubi downcomer

Evaporatore cambia se è a circolazione assistita, forzata o naturale. 350°C tubi freddi in cui ~~non~~ lo slittamento non avviene delle fibre dell'acciaio (o acciaio a carbone). Partono più l'acqua da 10°C e non sono esposti a fiamma xk devono tenere $x=0$; di risalita sono 5cm.

Suriscaldatore tubi molto caldi ($T \sim 800^\circ\text{C}$) in cui passa vapore e sono in acciaio inox (parte in inox fino a 900°C , ora parte turbine in lega a $T + \text{Al}$ e $\eta + \text{Al}$). Se l'impranto sta fermo non risparmio nulla; valutazione risparmio x qnt tempo funziona? se investo devo poter risparmiare

ECONOMIZZATORE è messo nella gola verso l'uscita dove ci sono i fumi freddi; disposto con dei fasci tubolari in modo che i fumi attraversino ~~il~~ ~~per~~ i tubi. si trova \pm nella gola 4 dell'impranto. Dove c'è il loop collegato c'è un serbatoio cilindrico ^{superiore} a 200 atm e $d = 2 \text{ mt}$, con spessore ~~10~~ 0,1 m. Ha 10-20 tubi di caduta k sono esterni xk deve rimanere liquido all'interno, senza fornire energia e 300-400 tubi di risalita. Al fondo ho dei collettori



che premono ad quello la camera di combustione preleva da acqua da cui partono i tubi di risalita a fianco alle pareti della camera di combustione.

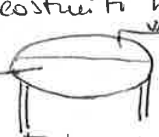
Da 3' estraggo vapore in d e lo mando al suriscaldatore. SH e RH fumi + alti in assoluto. 3-3' loop di evaporazione, se c'è la pompa non c'è il loop laterale

Voglio un $x \sim 10\%$ per evitare rischi, se

c'è la pompa che garantisce tubi uniformi, $x = 20\%$; posso salire a $x = 25\%$ se il tubo ha delle alette che evitano il FILM \rightarrow circolazione assistita. Costo tubo alettato maggiore ACQUA fa 4 giri e non 5 \rightarrow devo mettere meno tubi (risparmio).

IMPIANTI PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA ciclo JOLIE + RANKINE \rightarrow CICLI COMBINATI a bassa pressione

2. GENERATORI DI VAPORE A TUBO DI FUMO o vapore saturo

Primi generatori costruiti nel 700 per uso industriale (tessile). All'inizio erano molto + semplici  se si prova a 170°C i fumi erano troppo caldi \rightarrow serie di passaggi per ^{UP} arrivare alla scuarola. I mettono il fuoco all'interno, è stato ricavato il tubo detto tubo forno = CAMERA DI COMBUSTIONE. Sfrutto meglio l'energia termica e i fumi devono passare all'interno dell'involucro (40 tubi sopra e 40 sotto). Attraversando per tubi, li faccio salire su per superiori e vanno al comb. DA CALDAIA CORNUVAGLIA a CALDAIA RORDERNA \rightarrow generatore di vapore (boiler) a 2 giri di fumo.



blocco unico di vapore
 ventotto tubi di fumo

GENERATORI DI VAPORE A TUBI D'ACQUA (20-30 MW)

Tubi di caduta (sono + grossi rispetto a gli di risalita), sono fuori l'impianto e vanno ad 1 unico collettore = corpo cilindrico inferiore, i tubi partendo dal li' tappellano la camera di combustione (EVA da 905m) che arrivano al corpo cilindrico superiore e vengono usati all'utenza.

Impianti a D (ribaltata) usati per piccole centrali.

1. ECONOMIAZIONE: Corpo cilindrico sup → tubi discesa → collettore fondo → camera di combustione con tubi verso corpo cilin. inf. → va alla turbina (2 volte) con 2 surriscaldatori da + fasci ~~tubi~~ tubi.

RECUPERATORE A L'JUNGSTRÖM



condotto aria separato da gli a gas con tamburo che ruota molto lentamente



formato da sezioni sovrapposte suddivise in spicchi e ciascuno specchio e a sua volta suddiviso

i singoli pezzi sono divisi da lamiere con sopra lamiere inclinate

4 lamiere ~~che~~ suddivise in 1 lamiera ⇒ specie di gabbia attraverso cui passa aria; quando pre entrano i

gas a meno e meno che fanno il scaldano i ~~gas~~ lamiere due a T max, poi incontrano l'aria e iniziano a raffreddare

[Scaldano i lamiere raffreddando i gas di scarico] Se si buca o erode non c'è un'uscita
[scaldano l'aria raffreddando i lamiere] GAS-ARIA

aria dentro i tubi e fuori nei tubi dei recuperatori → tubi + fasci da pulire all'esterno (UNICO RITIRO)

PARETI MEMBRANATE: si preparano dei pannelli con dei tubi e tra loro 1 dialetta scaldata 3x3 con venti tubi. Le dialette devono essere saldate che sembrano una membrana.

(impianto LARON i corpi di + → le pompe di circolazione dell'impianto)

olio combustibile sostituito da carbone (che deve avere η alti) o cili combustibili

3) CALDAIE AD ACQUA SURRISCALDATA = gas di vapore a tubi di fumo, stessi tipi di impianti dei gas, se serve solo acqua liquida nella parte alta non c'è vapore solo H₂O liquida. Sono poco diffusi

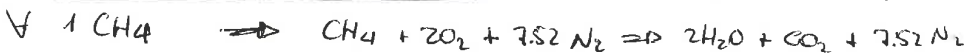
T_e [110, 120]

Caldara a CONDENSATIONE: passo avanti perché riescono ad ~~avere~~ ^{lavorare anche} **Bonero 25/11**
 di $\eta = 100\%$ (perché sfruttano il calore recuperato dal PCI)

Briovasse poco utilizzate soprattutto in occidente, dove non c'è combustibile d'uso e usappon. La percentuale di vapore acqueo nei liquidi è molto minore quindi è più e meno combustibile di fare; se comba l'eccesso d'aria, in particolare bumentata, e vapore d'acqua diminuisce \rightarrow scende $T \downarrow$ limita la condensazione \rightarrow danno nel poter recuperare energia.

I fumi sono + caldi nel centro del flusso, ~~invece~~ \rightarrow la condensazione alla parete inizia con una T alta, sebbene in parete sia + bassa. Calore di condensazione dipende da T_{in} e T_{out} . + le T_{TS} sono + aperte + recupero.

⑤ **CALDARA A CONDENSATIONE** va bene. La reazione stechiometrica per H_2O in uscita:
 $2 m^3 H_2O$ per ogni $m^3 CH_4$ la caldaia collegata alla fognatura $\times k$ mi escono $1.6 kg H_2O$



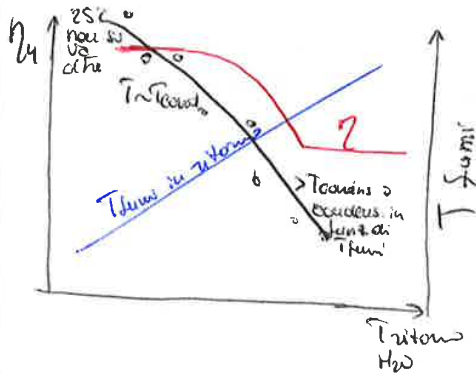
PCI = $34.54 kJ/m^3 \rightarrow 8250 kcal/m^3 \rightarrow$ molto + basso

PCS = $91.56 kcal/m^3$ ($38.33 kJ/m^3$) \rightarrow rendimento + alto

usato in

ITALIA $\eta > 100\%$

• Per condensare deve lavorare a bassa $T \rightarrow$



10) deve avere acqua di ritorno bassa \Rightarrow fumi escono + freddi \Rightarrow perdita al camino diminuiscono + c'è aria in eccesso usappon e la massa di fumi e usappon e l'energia da spendere \rightarrow tempo l'eccesso basso e parte anche alla T bassa dei fumi \rightarrow vantaggio in termini di condensazione e in termini di calore sensibile. La T di ritorno è la T_{min} a cui possono scendere i fumi; linea rossa = scala rendimento, scala T scarico = scala blu.

scende $\Rightarrow T_{fum} - T_{ret}$. Impianto è piccolo e i fumi escono prima alla T di scarico acqua.

La linea nera ci dice qual condensa c'è in funzione alla diminuzione di fumi. Se $T_{fum} > T_{condens}$ \Rightarrow non ho condensazione; non si va ~~alla~~ ^{sotto} $25^\circ C$ che non esistono impianti utili che usavano acqua al di sotto dei $25^\circ C$ (piscine, coltivazione piante in inverno, riscaldamento a pavimento) Curva η sale appena si condensa! non solo raffredda i fumi ma ho anche condensazione ($\Rightarrow \eta = 108\%$ a $25^\circ C$)

SCHEMA CALDARA A CONDENSATIONE (Solitamente di tipo C nelle piccole potenze).
 con bruciatore atmosferico

1 volta avevano tubo di mandata in alto e di ritorno in basso $\times k$ senza pompe \rightarrow effetto termosifone

1. primo scambiatore
 2. secondo scambiatore per 2a) / redattore
 3. raccolta condensati
 4. sifone
-] obbligatorio perché $\forall 1 m^3 CH_4$ ne ho $2 m^3 H_2O$.

Radiatori in gesso: l'impianto riempito ad acqua fredda liquida e si dilata del 4% ; se le tubazioni rigide e anche i radiatori non permettono l'espansione \rightarrow Salgou pressione di riempimento atm, senza pressione = coeff. di dilatazione (danni H_2O condensa \rightarrow poltiglia della casa).

Eq. Conservazione energia: $W_s = W_u + W_{PC} + W_{P, pariti}$

↳ potenza persa al camino a $T > T_{combustibile}$
non usiamo tutto PCI altrimenti userebbe a $T > 200^\circ C$

Con impianti piccoli il sistema di ventilatori (70W) usati si apprende dopo

$\Rightarrow \eta = \frac{W_u}{W_s} + \frac{W_{PC}}{W_s} + \frac{W_{PP}}{W_s} \Rightarrow \eta = \eta + P_c + P_p$ P: perdita in %

↳ (1-2% caldaia)
↳ (20% forno)

Un impianto con Poax a cui più funziona (come obbligo di legge) ma non funziona sempre a Poax gli fornito nei η nei dati di tarpa e a $P_{normale}$

MAX \rightarrow devo sapere di quanto diminuisce in funzione della scala di carico

- η dipende da tipologia di regolazione
- η dipende dalla curva di carico
- η non è più in funzionamento norm. e η cambia!

REGOLAZIONI BRUTALI: $\rightarrow \eta$ bassi poco costose \rightarrow per impianti piccoli

" raffinate $\rightarrow \eta$ alti e costose \rightarrow per impianti + grossi

All'acquisto bisogna prendere i dati di funzionamento reali previsto e valutare un η medio che dipende dal tipo di bruciatore dell'impianto, mai usare potenza massima \rightarrow rendim. medio stagionale (da 1 idea del consumo, non fornito dal costruttore)

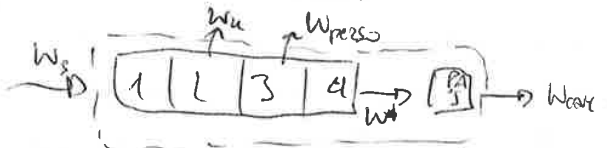
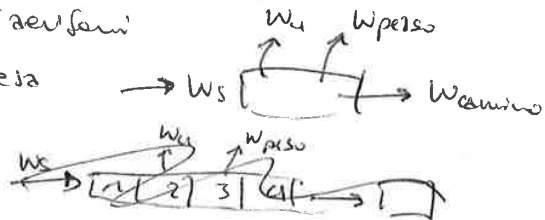
Uso Hi in Europa (in America $H_s \rightarrow PCS$) \rightarrow Sodc Tax trova fumo

Eu. fumo usata per preriscaldare l'aria di combustione ($W_s = \dot{m}_a \cdot h_i$) = spesa

$W_d = \dot{m}_a \cdot C_p \Delta T$ C_p valutato a precost ed è in $f(T)$ \dot{m}_i = portata aria.

$\left[\frac{kcal}{kg} \right]$ i combustibili 0.5 liquidi, 0.25 aerofumi
potenza entrata \neq potenza spesa

in realtà W^* va al preriscaldatore e ci abbiamo W_{camino}



$W_{entrata} = W_s + W_{aria}$

W_{aria}

\rightarrow sistema di controllo: bilanciere esterno superiore

Il preriscaldamento dell'aria non entra nel bilancio globale, ne tempo conto in più loco per la camera di combustione. Se non ho perdita aria (perdite) i 2 concetti coincidono.

Potenza utile \rightarrow ceduta al fluido termovettore $W_u = \dot{m}_u \cdot \Delta h$, non $C_p \Delta T$ $\times k$
ho passaggio di fase ($C_p \rightarrow \infty, \Delta T \rightarrow 0$)

$W_{cam} = \dot{m}_{fumo} C_{PF} (T_{fumo} - T_{aria})$

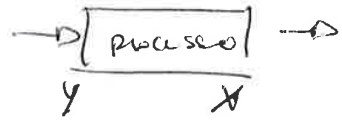
\dot{m}_{fumo} generata dal fumo; se eccesso d'aria troppo alto, \dot{m}_{f} alto ∞
 $\rightarrow W$ aumenta, ma se E è troppo poco è incombustibile \rightarrow EQUILIBRIO

- ON-OFF e 2 stadi \Rightarrow bastano i termostati ($\sim 40€$, basso costo elettronico)
- regolatori modulanti continuo costa. Regolatori raffinati:

T_e , sole, macchine elettriche accese, T_{H_2O} radiatori \rightarrow alterano condizioni operative ambiente

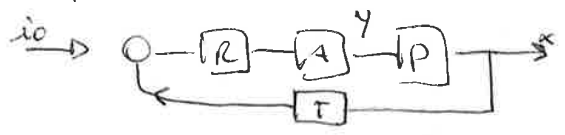
y = grandezza regolata

x = grandezza regolata che vogliamo mantenere



SISTEMA AD ANELLO CHIUSO

La grandezza x (normalmente T viene convertita in V o A grandezze elettriche $i \neq i_0$ normalmente



* Il trasduttore porta i riferimenti al regolatore.

- REGOLATORI, TIPI: $[R]$ \rightarrow Attuatori si apre, aumenta la T_{H_2O} = valore y , se va al di sopra inizia a diminuirsi
1. P proporzionali
 2. D DERIVATI
 3. I INTEGRALI
 4. misti - PI
- PIO** Comp tecnico + P se usano pst I
- \hookrightarrow riporta in con nom + velocemente

① **PROPORZIONALI**: legge x , sottrae x_0 , moltiplica per un numero negativo (che deve essere il regolatore) \Rightarrow ottengo y (T acqua radiatori) - valore di progetto

$>$ e $x - x_0 +$ acqua manda! \rightarrow riduzione della T

se $(x - x_0) < 0$ devo avere 1 elemento di T

$(x - x_0)(-m) = y - y_0$ \rightarrow Sign di $(-m)$ costante di proporzionalità

rapido ma instabile

② **DERIVATO**: guarda quanto rapidamente varia il valore! tempo morto del transistor! cambiamenti

$\frac{dx}{dt}(-m) = y - y_0$ rifida bruschi ~~equilibrio~~

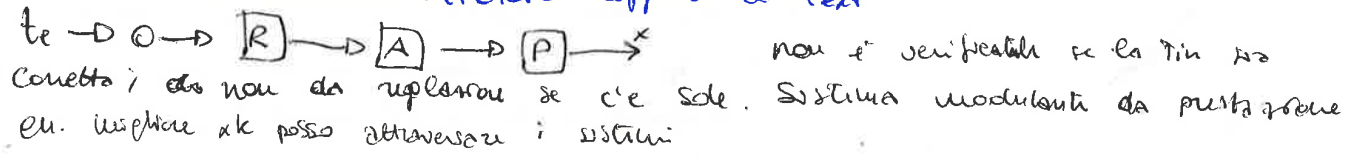
Soluto nei transistori! Non viene usato solo

③ **INTEGRALE**: L'INTEGRALE nel tempo degli spostamenti:

$-(p) \int_0^T (x - x_0) dt = y - y_0$ lento e incapace di aprire da solo

PI $\rightarrow y - y_0 = -m(x - x_0) - \int_0^T (x - x_0) dt$ \rightarrow $y - y_0 = m(x - x_0) - \int_0^T (x - x_0) dt - p \frac{dx}{dt}$

SISTEMI AD ANELLO APERTO: legge la Text



IN GIAPPONE

REGOLAZIONE FUZZY!



parto dal presupposto di non avere 1 sistema fisso ma fa funzionare in combinazione tutti i mede T_{in} A e B T_{in} e T_{in} ; mi trova in 1 va di mezzo. Cio vale solo nei superben industriali

In Giappone finestra tutti ~~costi~~ e regolata costi.

irritazione pelle o melanomi ed altre malattie, UVA e UVB 2 tipi di radiazione

- I cambiamenti:
- input Sole → tipo di emissione solare
 - tipo di assorbimento prima di arrivare sul pianeta
 - circolazione legata a come si muovono i venti
 - ciclo idrologico: capacità evaporazione oceanica, $> <$ evap. → precip.
 - interazione tra atmosfera e pianeta
 - troppa energia nello strato superiore dell'atmosfera, legato all'evap. → tifoni, anche se la concentrazione di gas serra è maggiore e reagisce con gli oceani; si dovrebbero stabilizzare tra ~1000 anni → condizioni planetarie combinate sicuramente.

Consensus in calo e prevalenza energie pulite (2000-2100): IMPROBABILE

Classificazione inquinanti (eccetto CO₂)

Naturali + attività antropiche:

- Proibito con aggiunta di biocombustibili non si usa + nelle benzine → voluto
- Composti organici volatili → idrocarburi e di tipo aromatico (chiusi a catena) sono cancerogeni (VOC, NMVOC non metano)
- ↳ VOC
- naturali: incendi, vulcani che emettono gas e polveri, polline, caduta meteoriti.

- S zolfo SO₂ crea piogge acide, effetto serra; (0.1% zolfo nei paesi moderni)
- CO soprattutto dal traffico veicolare; sistema nervoso e cardiovascolare.
- NO₂ da qualsiasi sistema di combustione e traffico a scaricamento veloce; stress fotochimico
- O₃ non ha fonti dirette, ma vengono emesse sostanze che favoriscono post reazione (bassa persistenza)
- Pb₁₀ (diam. eq. = 10µm) tutte le combustioni
- C₆H₆ (benzene) limiti traffico veicolare → causa leucemia
- Pb processi industriali (batterie automobili, elettrodi a Pb) combustioni rifiuti

5/12

Abbattimento emissioni SO_x e NO_x da combustione

* Se durante la combustione di due combustibili non ho formazione di SO₂, T_{comb} dell'acqua rimane sui 100°C; in caso contrario T_{comb} più elevata a 110-120°C in quanto SO₂ (in perc. 1%) fa da catalizzatore → che forma acqua e poi H₂SO₄ acido solfidrico che genera il ~~precipitato~~ che mi serve per spuntare il colore del fumo per preriscaldare l'aria per far ~~precipitazione~~ aumentare ?

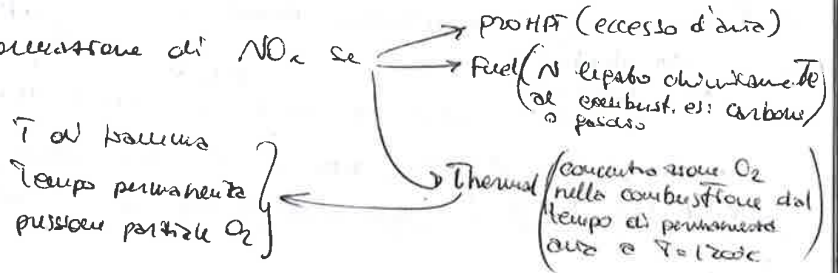
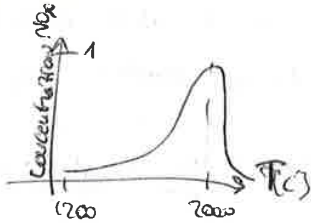
- Abbattimento SO_x: la presenza di zolfo nella combustione mi porta ha i prodotti SO₂ e SO₃
- ⇒ posso agire:
- a monte della combustione (usando combustibili a basso tenore di zolfo)
 - durante la combustione
 - dopo la combustione
- } posso solo agire ⇒ solo le centrali grosse lo utilizzano.

Inquinare le zone circostanti; oppure se troppo acqua possono inquinare le falde al di sotto della elisarcaia \rightarrow se impermeabilizzo il fondo ~~con~~ ~~appart~~ ~~o~~ ~~esito~~, una tale soluzione è costosa per realizzazione, sorveglianza e manutenzione.

In alternativa posso utilizzare i sistemi **circuito chiuso** capaci di produrre SO_2 concentrato, o zolfo elementare, o H_2SO_4 senza altri sottoprodotti. Un esempio sono i sistemi **WELLMANN-LORD**

DESOLFORAZIONE in-combustione: è iniezione dei sorbenti più in camera di combustione, eventualmente premiscelati con il combustibile; T ottimali $\approx 1000^\circ C$, T normali o valle della ~~camera~~ ~~franca~~ nella caldaia, nella parte alta della combustione.

Abbattimento NO_x :



Abbattimento:

- ricircolazione fumi (**mixing**): **DILUISCO** il combustibile con fumi ~~senza~~ ~~dalla~~ ~~caldaia~~ \rightarrow in uscita
 \rightarrow P parziale $O_2 \downarrow \rightarrow v_{comb.} \downarrow \Rightarrow \uparrow$ concentrazione gas inerti $\Rightarrow T$ frammenti
 ho un ottimo rendimento nel caso di gas naturali (NO_x sono solo termici) non posso dire altrettanto per olio e carbone dove ho anche gli istantanei e da combustibile

MILD COMBUSTION (Moderate or Intense Low-oxygen Dilution): ricircolo parte dei prodotti reintroducibili nella zona di fiamma. \rightarrow ho reagenti molto riscaldata \rightarrow rapporto $T \times T$ autoignition della miscela reagente. (ma la forte diluizione fa sì che T non è abbastanza alta da alimentare fiamma). \Rightarrow processo combustione senza fiamma (**VISIBILE**) poiché la combustione avviene per a T alto e ho un piccolo $\Delta T > 0$

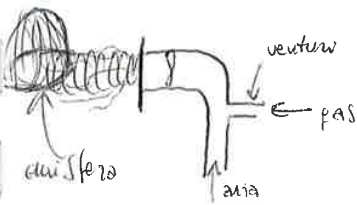
- BENEFICI:**
- $NO_x \downarrow$ per gli abbattimento dei picchi di T dei processi tradizionali;
 - ricircolazione aumenta Δt residenza fumi in camera $\Rightarrow \downarrow$ concentrazione del particolato solido carbonioso (o "soot")

COMBUSTIONE A STADI: va bene per oli e carbone: dose aria e combustibile in modo da $\downarrow T$ fiamma e produrre zone riducenti in cui avviano i processi di reazione che ~~rispa~~ ~~mi~~ ~~distrucono~~ ~~NO_x~~ . Tale combustione va bene nei bruciatori a bassa produzione NO_x in cui con opportuni accorgimenti aerodinamici ottenuto ottimali propri fiamma, zone ricche di combustibile e poi svecchiati.

Tale tecnica se applicata in camera di combustione si chiama **POST COMBUSTIONE**: alimento i bruciatori con aria inerte alla percentuale stoechiometrica in una zona ricca di combust. mentre in una zona povera di combustibile meglio è l'aria restata; l'efficienza del processo dipende dalla stechiometria delle 2 zone di combustione trovando il compromesso tra abbattimento di NO_x e produzione di incombusti solidi.

Tale processo nella pratica avviene nei seguenti modi:

Buciatori premiscelati: premiscelazione aria-gas viene fatta con turbo di ventura che



manutene cost. il rapporto di aria e gas per ogni range di [W]
 Si lavora con basso eccesso d'aria; la modulazione di potenza è
 gestita elettronicamente con inverter al venturatore.

lo strato poroso catalitico sui fili della rete emisferica attiva la combustione della miscela a T non così alta da generare NO_x. l'emissione diventa incandescente, e diffonde calore per irraggiamento.

- Bruciatore atmosferico Low-NO_x con frangia lamellare: doveva servire ad abbassare la formazione di NO_x, ma non ha funzionato.
- Bruciatore atmosferico Low-NO_x iperultrasonico raffreddato ad acqua: la T frangia viene mantenuta a bassa parte a dei tubi con acqua all'interno

POLVERI

• **PM₁₀** = particelle microscopiche con $d_m \leq 10 \mu m$; le principali fonti di PM₁₀ sono:

NATURALI: incendi, erosione suolo, eruzioni vulcaniche, polline, sale marino;

ANTROPICHE: combustione motori a scoppio, impianti di riscaldamento, attività industriali;

La nocività delle PM₁₀ dipende dalle loro dimensioni \rightarrow più sono piccole più riescono ad oltrepassare le difese dell'apparato respiratorio. Se $d \leq 7 \mu m$ riescono ad oltrepassare la cavità nasale e orale. Qst particelle possono provocare asma, disfunzioni polmonari, affezioni condicio-polmonari. ^{CAUSANO} Causano 0.5% delle morti/anno.

NOTTE: 2 limiti max: ① 50 $\mu g/m^3$ / 24h da non superare + di 35 $\mu g/m^3$ / anno
 ② 40 $\mu g/m^3$ / anno. VALORE MEDIO ANNUO

In Italia, nonostante il traffico stradale è responsabile del 30% delle emissioni totali; tuttavia, nonostante l'utilizzo dell'auto come mezzo proprio sia aumentato, le emissioni sono diminuite grazie ai processi tecnologici; ora come ora il TOP sono i filtri a particelle: il suo scopo è fermare, o al meno limitare le emissioni di PM₁₀; fatto composto da 1 letto poroso (metallico o in ceramica), che col tempo può intasarsi, compromettendo le prestazioni del motore, va pulito periodicamente. Ql per i DIESEL è in materiale carbonoso, perché per pulirlo bisogna bruciarlo (ossidarlo) = RIGENERAZIONE; tale processo avviene a 300-600°C e i fumi di scarico sono intorno ai 200-300°C.

Ho 2 modi per la rigenerazione: ① Aumento la T gas di scarico con un eccesso di combustibile bruciato all'interno di 1 catalizzatore \rightarrow sale T. ② uso dei catalizzatori addizionali al combustibile (x es: bossolo di Cerio) oppure depositati sulla superficie attiva del filtro (metallo platino, palladio o rame). Qst è rigenerazione discontinua; qd continua si basa sul fatto che il particolato si ossida a $\approx 250^\circ C$ $NO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow NO_2$ e $2NO_2 + 2C \rightarrow N_2 + 2CO_2$
 PRO: η riduzione = 90-95%. CONTRO: +3% consumi per l'intasamento del filtro.
 • $\downarrow CO$, $\downarrow HC$, \downarrow aromatici (IPA) • nella rigenerazione posso avere CO

Limiti di impiego: bassa % di S, se ho il catalizzatore; sostituzione periodica del filtro ogni 80.000 - 100.000 km, più ultimi anche dopo 180.000 km

Il bossolo di cerio ossida il PM₁₀ \rightarrow a monte del filtro mette il catalizzatore ossidante che $(NO \rightarrow NO_2) \rightarrow PM_{10}$

T di scarico fess del ciclo Rankine $<$ T scarico ciclo Joule ($\sim 500^\circ\text{C}$): q_{st} se è facile passare da 1 gdl con funzione a ciclo Rankine per far evaporare $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ ciclo combinato \Rightarrow migliore η Energia elettrica con Rankine; Energia termica con Joule

Joule \rightarrow Rankine \rightarrow O_2 gessere ed. termica allo scarico recupero.

① Definisce il η dell'investimento = TASSO DI RENDIMENTO INTERNO DELL'INVESTIMENTO [i]

② Valore attuale netto VAN valutato rispetto al i che mi rende l'investimento.

\rightarrow DEVO guadagnare (%) + del tasso di prestito della banca VEDI FRACAZIONE VAN

T = valore dell'investimento nel pp in cui viene fatto, $\&$ valuta.

R = risparmio che ottengo per l'investimento fatto, con il valore combustibile di pt anno

J = fattore di attualizzazione = T/R

se non ci fosse € (costo denaro) mi darebbe 1 tempo di prestito.

$$J = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

n = n° anni in cui ho R
Sistema senza inflazione o cost per tutti i prodotti

Esempio modo 1

Bisogna assumere la manutenzione \rightarrow il non è tutto il risparmio $\&$ ha costi extra \neq investimenti di costo del prodotto combustibile $>$ dell'incremento del valore dell'inflazione che è 1 vantaggio $\&$ mi portiamo una R + alta (sulla manutenzione non ho vantaggio)

$$R = \frac{E}{n} - \frac{(C_m - C_a)}{n} \rightarrow \text{extra costo}$$

costo combust. prima e dopo risparmio

$$1000 \text{ €} \rightarrow 250 \text{ €} \approx 25 \text{ €/anno su}$$

se combustibile ha il aumento nel calcolo del rendimento prendo i'

$$i' = (1+r)(1+i) - 1$$

r = incremento % del valore vero del combustibile (prezzo a volume medio)

r_m = incremento reale del costo della manutenzione

al posto di r , interesse $r' = \frac{(E+r) - M r_m}{E}$

$$i' = (1+r')(1+i) - 1$$

risultanti

$n = 8$ anni se si continua il + basso n anni dell'età impianto o nel mercato

$$E = 130 \text{ €} \quad r = 3\% \quad r_m = 8\%$$

$$R = 250 - 25 = 205 \text{ €}$$

$$J = 1000 \text{ €} \quad r' = \frac{(230(1.03) - 25 \cdot 7)}{130} = 2.57\%$$

con delle tabelle attualizzo il costo del denaro $\frac{1}{(1+i)^n}$, legge $\&$ anni; se non ho il valore di J , lo interpolo al punto corrispondente $i \sim 13\%$.

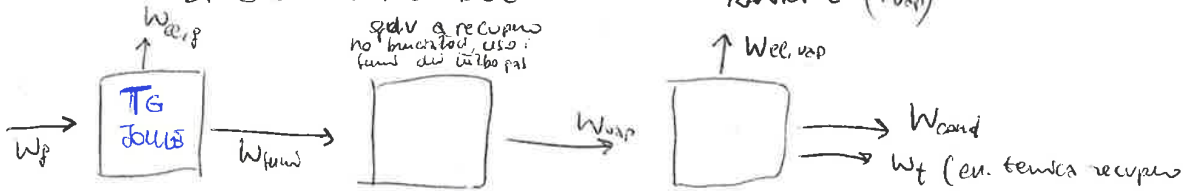
$$J = \frac{1000}{205} = 4.88$$

$$i' = (1+r')(1+i) - 1 = 13.9\%$$

Tasso η interno usfrou con $n=10$, $r=4\%$ e $r_m=9\%$
facendo i costi $\Rightarrow r' = 3.46\%$, $i = 17.6\%$, $i' = 29.7\%$ || più e più richiesta

3 salti di pressione $\eta \sim 57 - 59\%$

SCHEMA DI COSTRUZIONE DEL SISTEMA RANKINE (TURB)



Chim. comb. utilizzato

W_p = potenza fuel di servizio

220°C
100°C → non scambio tutta l'ev. a disp. usa ho 1
perdite al cammino è efficace del sistema

E = sistema di trazione, No η finale

η dipende dalla T_{ev} (1350-1400°C); esuberation con eccesso d'aria (x O₂ alta nello scavo) 15-18% O₂ post combusti potrebbe essere usata per altre soluzioni

$$W_{el,t} = W_p \eta_p \quad W_p = \dot{m}_b H_i$$

$$\rightarrow W_{el,t} = \eta \dot{m}_b H_i \quad W_f = W_p - W_{el,t} = (1 - \eta_p) W_p$$

$$W_{vap} = E_r W_p = E_r (1 - \eta_p) W_p$$

$$W_{el,v} = \eta_{vap} W_{vap} = E_r W_p \eta_v = E_r (1 - \eta_p) W_p \eta_v$$

$$\eta_{ciclo\ comb.} = \frac{W_{el,t} + W_{el,v}}{W_p} = \eta_p + \eta_v E_r (1 - \eta_p)$$

η_{tot}
potenza recuperata, riscalda la potenza di E_r e $1 - \eta_p$ che non rielabora più che gli è andato

$\eta_p = 0.31 \rightarrow$ troppo basso
 $\eta_v = 0.50 \rightarrow$ tenuto in considerazione il vapore, visti i 2 salti di pressione non si supera più Rankine + di 30.
 $E = 0.78 \rightarrow$ non posso fare meglio

$\eta_{cc} = 0.47 \rightarrow$ rendimento troppo basso che combinabile è caso ecci sono anche: usi us di lavorano con le rinnovabili
 la centrale di Cavour è stata messa in standby e non lavora

(Cmp meglio dei Rankine normali ~ 41% non non conviene)

T addizione alla turbina aumenta $\rightarrow \eta$ aumenta

Soluzioni moderna: $\eta_p = 40 \quad \eta_v = 0.36$ (3 salti p e alto T)

$$E_r = 0.87 \rightarrow \eta_{cc} = 0.59$$

rispetto 12 punti consumo 25% in meno rispetto a più chiuso

da turbina escono molto caldi ~ 600°C \rightarrow
 \rightarrow lo fa uscire a 100°C \rightarrow E usapione
 sotto non si può andare a più non ha E usapione il caso più

Se W_t viene recuperato $\rightarrow \eta \sim 60\%$
 con COGENERAZIONE

Turbo pas con recupero: tutti prendono un ciclo combinato di turbo pas in alcuni punti con lo scopo di aumentare P_e non η (sto pic punto) ~~P_{tot}~~
 $P + 20\%$, $\eta - (2-4\%)$

RE-HEATER: ② ciclo combinato parziale o su SH o su RH o su gascarico.

③ Interviene sulla combustione da GV e non sul circuito d'acqua come (1-2) con O_2 contenuto nei fumi uso gas \rightarrow fumi di scarico di pt sistema con 113% O_2 anziché il puriscalatore, per riscaldare (a 580°C ad alte T appunto solo combustibile). Ho anche 1 sistema d'emergenza con riscaldatore d'aria

1 job funzione \rightarrow Il puriscalatore era dimensionato la T di uscita dei fumi dal GV (da 500 \rightarrow 100°C)
 Trasformo il puriscalatore e lo uso come economizzatore standard

COGENERAZIONE: genero en. elettrica + energia termica insieme.

16/12 Barbero

devo mantenere le condizioni di progetto. Se 1 dei 2 sistemi non mi serve, pos soluzione è sbruttappo. En. termica deve essere utilizzata subito e stessa (pu W alle)

INTERVENTO CHE HA VALORE IN TERMINI DI RISPARMIO ENERG.

2 Sistemi: TOPPING pu + utilizzato
 BOTTOMING nuovo afflus.

TOPPING: sottrappo ~~per~~ energia prima di entrare in turbina.
 perdite ~~per~~ \rightarrow SCAMBIO TERMICO \rightarrow CICLO COMBINATO.
 perdite al caricamento \rightarrow perdite termiche \rightarrow perdite termiche

Le perdite termodinamiche nel ciclo recupero parzialmente convertite senza buttarle tutte via con scambiatori di calore; ricavo energia termica da usare subito.

BOTTOMING: sottrappo durante lo scambio termico: una parte dell'energia la sottrappo dallo scambio termodinamico e la uso come calore utile all'utlità.

Risparmio: $\frac{pu \text{ che avrei usato} - pu \text{ che ho usato}}{pu \text{ che avrei usato}} \cdot 100 = \%$

PES: Primary Energy Saving

$$\eta = \frac{E_{cop} + Q_{cop}}{W_{in} H_i} = \frac{\text{elettrico} + \text{calore prodotto}}{W_{in} \text{ combustibile}}$$

$$\Delta W_i H_i = \frac{E_{cop}}{\eta_{elett}} + \frac{Q_{cop}}{\eta_{termica}} - W_b H_i$$

cio' che spenderei di solito nelle 2 centrali

$$\rightarrow PES: (\Delta W_i H_i) / \left(\frac{E_{cop}}{\eta_e} + \frac{Q_{cop}}{\eta_t} \right)$$

$$= 1 - \frac{\left(\frac{E_{cop}}{\eta_e W_i H_i} + \frac{Q_{cop}}{\eta_t W_i H_i} \right)}{1} = \text{modo formale per usato per le percentuali.}$$

Esempio: $E_{cop} = 30$
 $\eta_e = 47\%$ $\eta_t = 95\%$

$Q_{cop} = 55$

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{30}{0.47 \cdot 100} + \frac{55}{0.95 \cdot 100}} = 22.5\%$$

($W_{in} H_i \sim 100 \dots$)

Deve essere recuperato il termico se no non ha senso perché η_e solo è $> 47\%$, ma scende a vantaggio del termico, ma se non uso il termico non ho ~~scade~~ bene. l'elettrico viene messo in rete

Vantaggi co generatore a motori industriale o automobilistico (es. Diesel)

- non modifico macchina, η_e è elevato, elevata P nella variazione di carico (??)

Svantaggi: pesanti, macchine alternative (problemi di manutenzione), molto rumorose.

CELLE A COMBUSTIBILE

LEONE

17/12

Combustibile e ossidante non entrano mai a contatto diretto; le ~~celle~~ celle convertono direttamente in en. elettrica l'energia chimica attraverso un generatore elettrochimico → meno conversioni → + efficienti. I principi di funzionamento sono usati da 2 secoli, ma lo sviluppo è ~~stato~~ avvenuto negli anni '60 grazie a più dei materiali (cella semplice $H_2 = \text{combustibile}$ $O_2 = \text{ossidante}$). Posso ~~costituire~~ usare anche CO come combustibile o gli idrocarburi (alcune celle riescono ad usare anche il Diesel) utilizzando O_2 dell'aria.

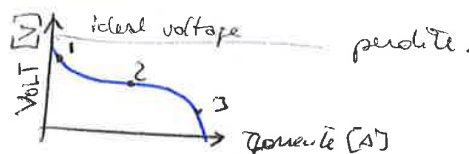
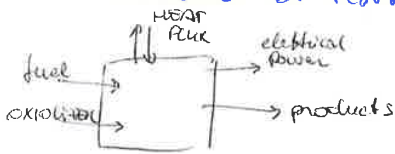
La cella è costituita da: 2 elettrodi

• 1 elettrolita: chiude il circuito, e non permette il contatto tra ossid. e comb.

5 elementi: ANODO, CATODO, ELETTROLITA, 2 fili di materiali conduttore (trasmissione an. e cat.)

Produzione H_2 : oggi + del 90% di H_2 è ottenuto da processi chimici che utilizzano ~~le~~ combustibili fossili. Ottenibile anche da elettrolisi H_2O . La modalità di utilizzo H_2 + efficiente è la cella a combustibile, ma usata anche nei motori a combustione interna. (per vedere formule chimiche → SLIDES)

MAX TENSIONE DI FUNZIONAMENTO



- 1) sovratensione di attivazione: en. necessaria a attivare le reazioni chimiche
- 2) sovratensione chimiche: trasporto di carica elettrica: legge Ohm
- 3) trasporto massa di siti di reazione che hanno difficoltà ad entrare → perdite

Se non viene utilizzato H_2 bisogna considerare delle reazioni catalitiche che scompongono il combustibile ⇒ STEAM (vapore)

REFORMING (reazione endotermica): il catalizzatore converte CH_4 complessi in gas semplici basati sulla ^{600°C} minimizzazione dell'en. libera di Gibbs

Per il complesso il CH_4 + complesso sarà la reazione → non è facile ottenere alte e

REFORMING:
 → reazione esterna alle celle
 → integrato meccanicamente
 → direttamente sull'anodo

TIPOLOGIE DI CELLE A COMBUSTIBILE

Le + promettenti:
 - classificate su base allo ione trasportato
 - in base alla T funz.
 - presenza di inquinanti

- celle a elettrolita polimerico (PEMFC-DAPC)
 Scambiano H^+ a $T \in [80 - 200^\circ C]$
- MCFC (CO_3^{2-}) $T \sim 600 - 700^\circ C$
- SOFC (O^{2-}) $T \sim 650 - 1000^\circ C$ celle a combustibile ad ossidi solidi

*celle alcaline sono le + vecchie:

- le celle a bassa T sono usate per il trasporto (hanno il trasporto ridotto ridotto)
- sistemi ad alta T usati per applicazioni stazionarie → avviamenti abbastanza lunghi (1-2h) che sono molto lunghi.

La T di funzionamento determina un range in cui gli ioni sono trasportati e gli elettroliti riescono a condurre solo tra 100 e 1000°C

Le miscele + complicate possono essere usate nelle celle a T alta (le auto a H_2 usano celle a T bassa → non posso utilizzare altri comb. per via della T bassa). $\eta \sim 60\%$

La tolleranza di inquinanti nel gas di alimentazione è bassa → deve distillare → SO_2 nel CH_4 deve fare diversi processi per l'eliminazione di C (per uso a T basse) → Et

07/01

TELE RISCALDAMENTO

Produzione di energia termica concentrata in 1 centro punto e poi ridistribuita in edifici, quartieri, città. Torino è la + tele riscaldato d' Italia: negli anni '80 copertura zone da motori Diesel, poi da centrale di Braucalieri. Ci sono caldaie tradizionali per la via da bilanciare gli eventuali squilibri. Progetto partito 15 anni fa, ancora in fase di sviluppo, richiede ulteriori investimenti - tutta Torino sud è compresa, i tubi sono lunghi 1.5 metri anche arrivano alle case con $\phi = 15\text{cm}$: costruiti in acciaio rivestito da isolanti e infine pittura esterna.

Allacciamento: deve necessariamente essere un impianto centralizzato; 3 circuiti separati (acqua Rankine; acqua tele riscaldamento; acqua impianto domestico). Nei condomini è necessario un sistema di contropeso centralizzato.

l'acqua entra nei radiatori a 80°C, e esce a 60 \Rightarrow salto di $\sim 20^\circ\text{C}$

3 SISTEMI DI COLLEGAMENTO della rete centrali o secondari:

- 1) ad albero, tutti rami, + semplice e meno sicuro perché se ho un problema da fornitura in un punto non ho altro modo di soddisfare la richiesta. (piccola utenza)
- 2) Ad anello dal quale partono dei rami per le utenze;
- 3) A "maglie" con + collegamenti ed è giusto \rightarrow + costoso, ma + sicuro. a Torino c'è pst.

In caso di una sola centrale per zone molto estese, sorgono dei problemi:

- problemi di bilanciamento della pressione e della portata (serpenti H₂O pressurizzati a 12 bar)
 - nel caso di durata \rightarrow tutta la zona al freddo \rightarrow avere 2 sorgenti + caldaie accurate + sparse
- Caldaie di integrazione e riserva all'interno della centrale di cogenerazione.

CENTRALI A BIOMASSE \rightarrow COGENERAZIONE + CALDAIE TRADIZIONALI per espliciti piani / così sfruttando al massimo gli a biomasse.

Fluidi termovettori utilizzati in base alle potenze:

- oltre 5 MW d'edilizio: Acqua surriscaldata (120°C)
- 1-5 MW m³ Acqua surriscaldata + acqua calda
- utenze piccole \rightarrow acqua calda

a Braucalieri gruppi 2 e 3 cicli combinati ($\eta \approx 40-42\%$) e cogenerativi. JOLIS + Rankine a tre salti di pressione + appositi separatori per cogenerativi

In assetto cogenerativo poco di energia elettrica che mette sulla rete, una porzione di energia termica, tuttavia di essa, più al di sotto dei 60°C è quasi tutta persa.

L'energia del tele riscaldamento è tutta di cogenerazione: a Torino 89%.

2-3: in uno scambiatore nel ho lavoro meile, $\Rightarrow dq = dh$

3-4: in compressore adiabatica non ~~ha~~ cede calore $\Rightarrow dh = dh$

\hookrightarrow talmente veloce che non fa in tempo a cedere calore all'esterno.

4-1: $dq = dh$

1-2: $dh = 0$ $dh = 0 \Rightarrow dq = 0$ (valvola di laminazione $l = 0$ $h = \text{cost}$)

Definire il η nei cicli RANKINE Tramite ~~coefficiente~~ coeff di funzionamento:

(coeff. of performance = COP)

+ fuori fa freddo +
sara' l'eff. utile;
+ fa freddo meno
è efficace.

quanta energia preparata serve per ottenere l'effetto utile?

$\frac{\text{effetto utile}}{\text{en. spesa}} \rightarrow$ cambia per frigoriferi o pompe di calore

~~COP~~ $COP_{\text{frigo}} = \frac{W_{2-3}}{L_{3-4}} = \frac{h_3 - h_2}{h_1 - h_3}$

non è un η termodinamico ma pratico: è un rapporto tra spesa e ottenuto.

+ le 2 temp. sono vicine maggiore sarà il suo valore. COP è (216)

• Se ho pompa di calore $\Rightarrow COP'$: l'effetto utile è il Q_2 ceduto all'esterno ad alta T

$COP' = \frac{W_{4-1}}{L_{3-4}} = \frac{h_4 - h_1}{h_1 - h_3} = \frac{h_4 - h_2}{h_1 - h_3} = \frac{h_4 - h_3 + h_3 - h_2}{h_1 - h_3} = 1 + COP$

\rightarrow l'energia usata del compressore è en. da usare.

anche più + le 2 T sono vicine meglio va (ma non troppo altrimenti non mi serve).

Principio di funzionamento

Frigoriferi: a contatto con l'ambiente abbasso l'evaporazione $\Rightarrow VA \Leftrightarrow COND$

Pompe calore: a contatto con l'ambiente abbasso la condensazione.

Se è lo stesso oggetto (e quindi stesso ciclo termodinamico) combinate solo ~~tra loro~~

MACCHINA FRIGORIFERA A COMPRESIONE: + aumento la T di condensazione, + avvicino le isoterme e aumento l'effic. Non sono scelte libere ma dipendenti dall'utilizzo dell'impianto

[veder i grafici COP delle slides: sia pompa calore che frigoriferi]

Se T_{ext} aumenta a parità di curva ~~aumenta~~ aumenta il COP

$\langle T_e \text{ e } T_n \rangle$ voluto $\langle \epsilon \text{ COP} \rangle \rightarrow$ sono condizioni ~~termodinamiche~~ termodinamiche per rendere il sistema utile.

CONFRONTO POMPA CALORE con CALDAIA

per sapere il valore minimo da avere per dimensionare una + bisogna che l'altra.

CALDAIA: tutta l'energia chimica preparata la converto in en. termica.

POMPA: funziona con motori elett. e il η della rete = 40% (obiettivi)

$COP = 2.5 \Rightarrow$ \hookrightarrow si merita \hookrightarrow equivale ad 1 caldaia con $\eta = 100\%$ ($0.4 \times 2.5 = 1$)

\Rightarrow l'utilizzo di pompe dipende dal tipo di rete elettrica.

(a 150 slide 6/14) se la caldaia ha $\eta < 1$ la pompa può essere con $COP < 2.5$ per essere equivalente; la caldaia hanno aumentato η ma anche più della rete è aumentato.

\Rightarrow condizioni di ~~rispetto~~ equilibrio energetico \Rightarrow

\Rightarrow pompa di calore molto + € en elettrica € > en. primaria } \Rightarrow ~~NO~~ NO equilibrio di €!

$$Q_{el} = \frac{25000}{\frac{28 \cdot 0,75}{0,85}} = 10.119 \frac{kWh}{anno}$$

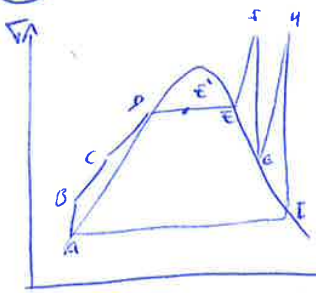
$$p = 0,20 \text{ €/kWh} \rightarrow c = 2024 \text{ €/anno}$$

$$Q_{tras. primaria} = \frac{10.119}{0,4} = 25298 \frac{kWh}{anno}$$

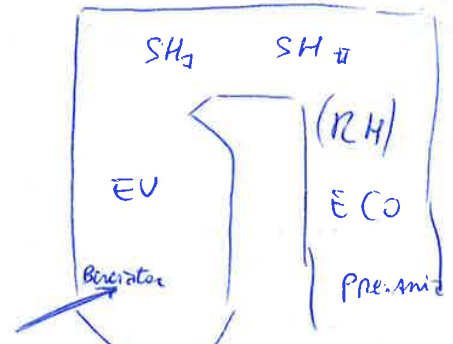
η_{rete}

(1 minuto di
applauso
in piedi)

7 GENERATORI VAPORE SURRISCALDITO



Sono presenti a circolazione d'acqua con tubi con acqua. È presente l'evaporatore che circonda la CAM.



Circ. a tubi d'acqua
EVAPOR. parti membranate attorno alla CAM. COIB.

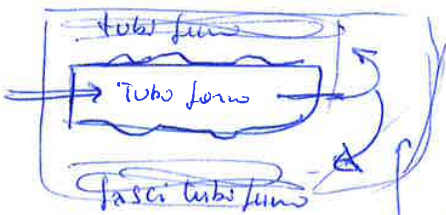
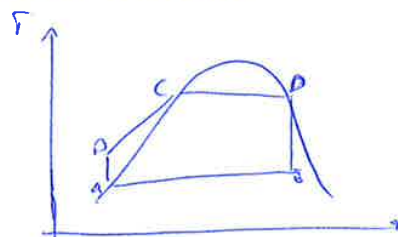
naturali: corpo cil. superiore → Tubi discesa ($\phi=10cm$)
inferiore → tubi salita ($\phi=4cm$)
ve ebollizione nucleata (NO FILM) titolo al corp. cil. sup. $\sim 10\%$
ASSISTITA (LAFONI) → pompa circolazione in tubi discesa → $P_{max} 190bar < P_{crit.} \approx 220bar \times \approx 25\%$

prima che l'acqua passa dall'ECO → rapp. saturazione (D).
Il vapore in E va nella serie di SH (possono essere + di 1) → turbina AP → RH → Turbina BP.
Per sfruttare l'energia dei fumi caldi → preriscaldatore (spesso LUNSTRON)

problema condensa fumi da escori a $\approx 1bar \rightarrow T_{cond} \approx 70c$
 $SO_3 \rightarrow 130c \rightarrow$ condensa con LUNSTRON non ho QUEST PROBLEMA per $W > 10MW$ perché costoso e alla fine si condensa anche lui



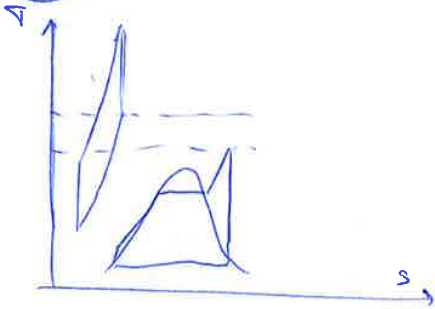
8 GEN. VAPORE SATURO: circolazione a tubi fumi.



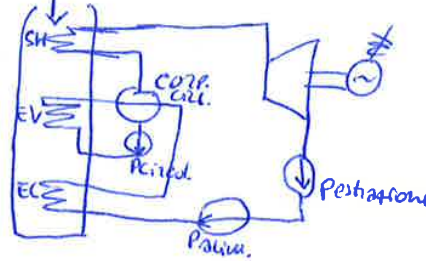
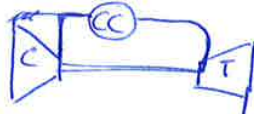
inizialmente era a PENTOLONE da cui USCIVA VAPORE; poi tubi fumo → + scambio termico fasci tuberi sopra e sotto e poi camino (doppio) TUBO FUMO DISASSATO → circol. naturale MANOMINATURA → camera di iniezione

produttori di vapore saturo TECNOLOGICO, non SURR. e no generazione potenza det.
DIAMETRI non elevati → tenuta → problemi tenuta (5-10 atm)
VENGONO USATI ANCHE COME LOCOMOTIVE
PROBLEMI DI PERDITE (VALVATURE MA FORTI) e di circol. naturali. INFIASAMENTO dovuto a particelle PM10 (con NAFFA)
VANTAGGI: PAVOBLOCCO → GRANDI POT. e spazi contenuti

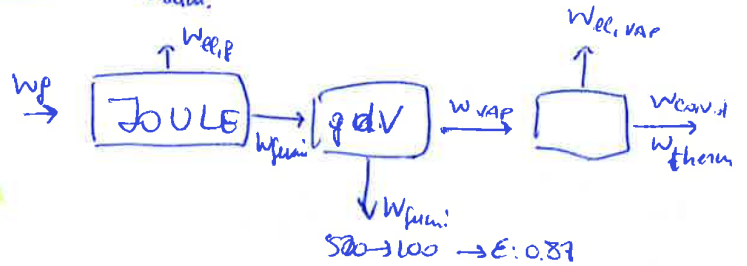
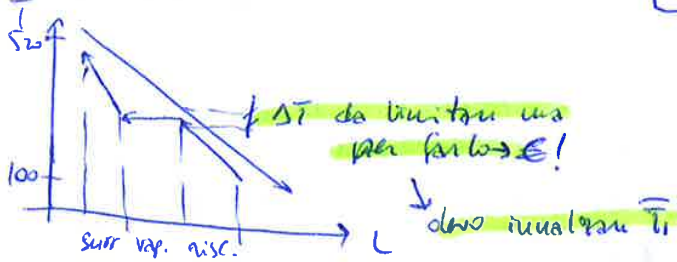
(13) Cicli COMBINATI JOULE + RANKINE per una sostanza η uso T fumi caldi del JOULE per scaldare il vapore nel Rankine.



UNFIRED (senza bruciatori ausiliari) $P_{IG} \approx 2 P_{IV}$
 EXHAUST fired cycle $\rightarrow P_{u}^{IV} > P_{u}^{IG} \rightarrow TG = auxiliary$
 ho scarico fumi turbo pat in conto corrente



NO RIGENERAZIONE per di L_t ↓ e inoltre non mi serve perché NO COMBUSTIBILE \rightarrow NO Polpo in ECO \rightarrow NO CORRELAZIONE



Bisogna essere anche a 2 o 3 livelli di pressione
 $\eta_{2p} \approx 47\%$
 $\eta_{3p} \approx 60\%$ vari

$$W_{el,g} = W_p \eta_p \quad W_p = \dot{m} H_i$$

$$W_f = (1 - \eta_p) W_p \quad W_{vap} = \epsilon W_f = \epsilon (1 - \eta_p) W_p$$

$$W_{el,v} = \eta_{va} W_{vap} = \epsilon (1 - \eta_p) \eta_{va} W_p$$

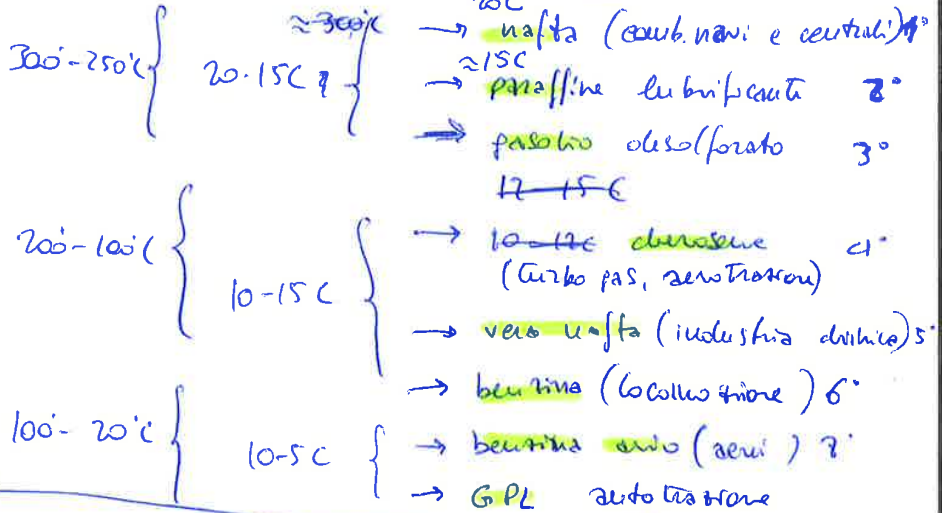
$$\Rightarrow \eta_{cc} = \frac{W_{el,p} + W_{el,vap}}{W_p} = \eta_p + \eta_{vap} \epsilon (1 - \eta_p)$$

Uso il repowering prendo la centrale a vapore, e inserisco a monte un turbo pat $\Rightarrow P \uparrow \approx 20\%$, $\eta \uparrow \approx 2.3\%$

Petrolio: estrazione da pozzi, facile trasporto (~ piccolo ~ acqua)

lavatura in forno a 8 passi: 400°C → catrame

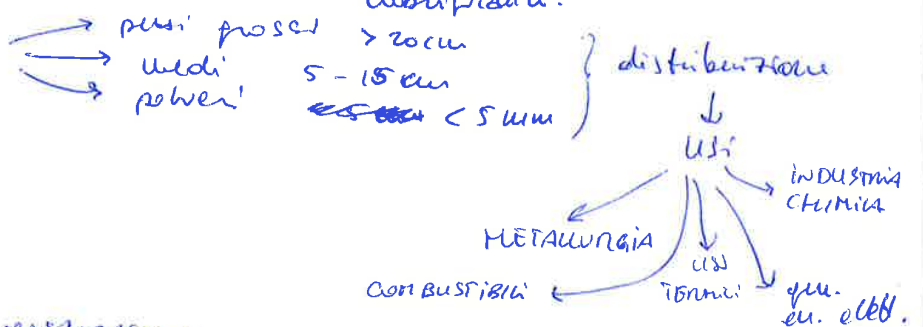
(2)



Carbone: TORBA (65% C) molto H₂O, reazioni anaerobiche (No in Italia) (pasta e legna)

- (3)
- LIGNITE + profonde; 4000-5000 kcal/kg → polvere No in Italia diff. da Uosp.
 - LITANITACE (75% C) e ANTRACITI (90% C) → impianti di aeri di usat. usat. → usat. in centrali termo elett.
 - GRAFITE (100% C) ≈ 9000 kcal/kg. No uso termico, ma come lubrificanti.

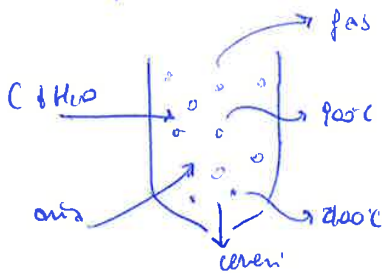
Filiera: estrazione da miniere
 Suprif. o sottosuolo
 STRIP / DEEP MINING



COMBUSTIONE → pulita, polverizzazione, letto fluido (sospensione in aria di polveri + grossi)

DISTILLAZIONE → separazione per volatilità (coke, scorie, catrame, H₂O, gas)

GASSIFICAZIONE (produrre gas da carboni) a letto fluido → SEMPLICE → SYN GAS usato nelle città vs coke



- IDROGASSIFICAZIONE ALTO PRESSIONE (H₂ pura) CO₂ + facile da catturare
- liquefazione, stoccaggio + facile

14) IMPATTO AMBIENTALE DEI COMBUSTIBILI:

Limitare CO₂ → ↑ effetto serra in particolare CO₂ rimpicciolisce la "finestra atmosferica"

O₂ e O₃ assorbono ad alta T; H₂O e CO₂ a bassa T
↓ UV

Limitare le fuoni uscite di inquinanti (SO_x, NO_x, O₃, CO, PM₁₀, C₆H₆, Pb) in particolare posso aprir molto su SO_x, NO_x e PM₁₀:

SO_x → ultime combustione: combustibili BTS, STZ

↓ durante e dopo con DESOLFORAZIONE

UMIDA
nebulino Ca(OH)₂ e/o CaCO₃ + H₂O con solfati
in un separator → fanghi facili da aspirare
η = 0.9

SECCA η = 0.8
Atorno CaO, CaCO₃
→ no CONDENSA
rimozione con filtri a manica (polveri)

DURANTE COMB.

inietto sorbenti in CAM. COMB. premiscelati con comb.

NO_x si formano con l'aria, N legato al comb., e dal tempo di perman. aria → T = 1200 e % O₂

RICICOLAZIONE: diluizione aria con gas caldi → ppm O₂ ↓ ν comb ↓ → T ↓

MILD COMBUSTION: rimetto parte dei fumi in acqua calda → T > T_{autoignizione} ma < T_{flamma}
→ comb. senza fiamma visibile → NO_x ↓ (picchi T_{NO})

COMBUSTIONE A STADI

↓
OFA: 1/2 aria sopra l'ultimo passo dei bruciatori
⇒ O₂ ↓ ⇒ NO_x ↓

RICOMBUSTIONE

- ① comb. eccessaria η = 0.7
 - ② resto comb. in difetto aria → NO_x di prima → N₂
 - ③ aria restanti
- ⇒ NO_x ↓ perché T cessa parzialmente e per

SANCR

neutrolizzato NO_x e metto NH₃ in C.C. → N₂ + H₂O

→ η = 0.5; posso avere formazione di NO₂
se non metto NH₃ con T ∈ [200-1100]°C

PM₁₀ limiti: ~~50 μg/m³~~ da non superare 35 vol_h/anno ~~40 μg/m³~~ limite valore medio.

Filtro anti particolato in metallo o ceramica → ↑ consumi del motore
pulizia filtro = RIGENERAZIONE i 2 modi → ① T scarico → 600°C con ricomb. in catalizz.
DISCONTINUA → ② catalizzatori addiz. (e O₂) + comb. in CC.

CONTINUA: a monte del filtro catalizzatore NO₂ ⇒ NO → NO₂ ⇒ NO₂ ↓ PM₁₀

Coke →

①

GAS NATURALE: PCS $\approx 10 \text{ kcal/kg}$ scorte 150 Gtep $\approx 60 \text{ anni}$ stato passato
 stime 400 Gtep $\approx 160 \text{ anni}$

impieghi: → comb in centrali Termoelett.
 → automotore
 → riscald.

COKE: PCS $\approx 10 \div 30 \text{ MJ/kg}$ (dipende da $\%C$ e $\%H_2O$) solido

SCORTE 700 Gtep $\rightarrow \approx 130 \text{ anni}$

STIME $\approx 3000 \text{ Gtep} \rightarrow \approx > 500 \text{ anni}$

impieghi: combustione in centrali termoelett.
 riscaldam.
 locomotive (ora non più)

Petrolio: PCS $\approx 10.5 \text{ kcal/kg}$ scorte $\approx 150 \text{ Gtep} \Rightarrow \approx 40 \text{ anni}$ liquidi
 stime $\approx 300 \div 500 \text{ Gtep} \approx > 200 \text{ anni}$

impieghi: comb in cent. termoelett.
 riscald.
 automotore
 industria chimica (plastiche e materiali sintetici vari)

Uranio 235: PCS $\approx 10^7 \text{ kcal/kg}$ scorte $\approx 60 \text{ Gtep} \rightarrow \approx 80 \text{ anni}$ in barre $\% \text{ in}$
 stime $\approx 250 \text{ Gtep} \rightarrow \approx > 300 \text{ anni}$ altri materiali

impieghi: reattori nucleari

ENTITÀ DELLA RADIAZIONE DIPENDE:

- posizione del sole (longitudine, latitudine, angolazione oraria, declinazione)
- orientamento superficie
- STATO fisico (nuvole, umidità, alberi)

DECLINAZIONE: rivoluzione terrestre con asse piano orientato verso stella polare.
 l'asse con l'equatore forma un angolo δ declinazione; inverno $\delta < 0$ e
 raggi vanno forti sotto l'equatore (al solstizio $\delta = 23,45^\circ$, equinozi $\delta = 0$)

FORMULA DI COOPER

$$\delta = 23.45 \sin 360 \left(\frac{284 + h}{365} \right) \quad n = n \text{ di giorni}$$

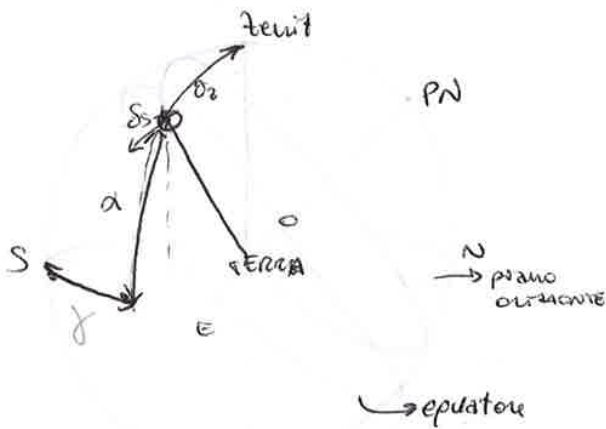
il 21/12 la maggior parte dell'energia solare finisce nell'emisfero australe, e il 21/06 viceversa (raggi \perp ai tropici dove il sole raggiunge lo zenit)

SISTEMA DI COORDINATE

stera celesti immaginaria su cui si muove il sole.

Angolo fra il piano orizzontale e piano equatore = latitudine.

Rotazione terra \rightarrow attorno asse piano α cui \perp il piano dell'equatore
 posizione del sole sulla volta celesti: **Azimuth β e Zenit D_z** . Piano che ^{interseca} ~~definisce~~



l'orizzonte definisce l'^{azimut} ~~azimut~~ e la distanza dal zenit: positiva verso ovest e negativa verso est

- D_z : distanza zenitale complementare di α
 $D_z = 90 - \alpha$
- α : altezza solare: angolo formato dalla volta Terra-Sole e l'orizzonte
- δ : angolo declinazione solare: angolo Terra-Sole e equatore.
- ω angolo orario: formato dal piano meridiano passante per l'osservatore con \perp passante per il sole

β, α, D_z dipendono dall'ora del giorno (Si indica con τ o $h \rightarrow$ ore che mancano al passaggio dal meridiano del Sole). Il Sole culmina può passa al meridiano: se mancano $2h$ alla culminazione, l'angolo orario è negativo \rightarrow mancano $30^\circ, 1h = 15^\circ$ ($360/24 = 15/h$)

Esercizio:

Calcolare l'angolo sotto cui è il sole il 10 ottobre ore 16 a Torino ($\alpha = 45^\circ$, $\delta = -7,5^\circ$)
 alba?

Culminazione?

tramonto?

max altezza del

Sole alla culminazione?

angolo ~~di~~ orario, ω , a alle 16:00?

$$h_{\text{culm}} = 12 + \frac{l - l_{\text{rit}}}{15} + ET + cor =$$

$$= 12 + \frac{-7,5 + 15}{15} + -13' + 1h =$$

$$= 12 + 0,5h - 13' + 1h = 13:17h$$

30'

$$W_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{284 + h}{365}\right) = -7,72^\circ$$

$$= W_s = 82,2 \rightarrow N = 2W_s/15 = 10,96h$$

$\approx 11h$ durata del giorno.

$$h_{\text{ALBA}}: \frac{-h}{2} + h_{\text{culm}} = 13:17 - 5:30 = 7:48h \text{ alba}$$

$$h_{\text{TRAM}}: h_{\text{culm}} + \frac{h}{2} = 13:17 + 5:30 = 18:46h \text{ tramonto.}$$

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \rightarrow \cos \theta_z = \cos(\phi - \delta) \rightarrow \phi - \delta = \theta_z$$

alla culminazione $\omega = 0$

$$\Rightarrow \theta_z = 45 - (-7,7) = 52,7 \rightarrow \alpha = 90 - \theta_z = 37,3^\circ$$

$$W_s = \frac{(16^\circ - 13^\circ 17')}{24 \cdot 360} = (2^\circ 43') \cdot 15 = 40,75^\circ$$

$$\cos \theta_z = \cos 45 \cos(-7,7) \cos(40,75) + \sin(-7,7) \sin 45 = 0,436 \rightarrow \theta_z = 64,1$$

$$\sin \delta = \frac{\sin \omega \cos \theta_z}{\cos \alpha} = 0,76 \rightarrow 46^\circ$$

DOTANDE POSSIBILI

- Costanti solari: valore dell'irradiazione che raggiunge la Terra fuori l'atmosfera per la distanza tra cielo e Terra è media, e se lo misurata su una superficie \perp alla radiazione solare: 1367 W/m^2 valore che oscilla durante l'anno tra 1300 e 1400 W/m^2 ; attraversando gli strati atmosferici si riduce e si distingue in RADIAZIONE DIFFUSA e DIRETTA che nascono dall'interazione con i gas: assorbimento a bande \rightarrow gas atomici (O₃ nell'ultravioletto, CO₂ e H₂O appena nell'infrarosso) che riscaldate emettono radiazione bilanciata della radiazione infrarossa terrestre. Abbiamo anche lo SCATTERING o diffusione \rightarrow gas atomici (O₂, N₂) con un effetto, comunque un po' piccolo (infatti CO₂ e H₂O emettono lo spettro molto dil + \rightarrow radiazione del cielo) e per cui arriva in modo rilevante nell'intervallo blu spostata verso il blu che è legato a $\sim 10^4$ e per cui arriva in modo rilevante nell'intervallo blu meno importante nel cielo gli solari

POSIZIONE SOLARE: ora del giorno, giorno dell'anno, moto rotazione e rivoluzione (attorno al Sole); I due angoli che esprimono solo ROTAZIONE \rightarrow ANGOLO ORARIO (tempo misurato dalla illuminazione, ore: 15) e RIVOLUZIONE \rightarrow DECLINAZIONE SOLARE \rightarrow FORMULA COOPER

DECLINAZIONE, AZIMUT, ZENIT \rightarrow definizione.

CARTA SOLARE: diagramma piano o cartesiano che permette di determinare l'altitudine del sole e del suo azimut senza fare conti (usa la latitudine locale).

LUNGHEZZA GIORNO: ampiezza e' altitudine solare (20) e risultato rispetto WS, cioè distanza in gradi dall'altitudine del sole \rightarrow 15 DA DISTANZA.

LEZIONI

RADIAZIONE SOLARE

• **Irradiazione**, ($G = [\text{W/m}^2]$) potenza che arriva sulla Terra; se angolo inclinazione \perp alla radiazione arriva \perp alla superf. In particolare ci interessano la DIFFUSA, TRASMESSA e RIFLESSA.

• **IRRAGGIAMENTO:** è l'integrale di G in un dato dt \rightarrow ENERGIA su una superficie ($H_s = [\text{MJ/m}^2], [\text{kWh/m}^2]$). Viene misurato il valore di irraggiamento solare su un piano orientato. UNI 10349 un' fornisce i valori medi giornalieri per ogni mese.

b = diretta, d = diffusa, h = orientata, sc = costanti solari

MISURA RADIAZIONE SOLARE:

• **Solarimetro TP (termopila)** (Zl + preciso) \rightarrow sfrutta l'effetto termoelettrico dei metalli che generano una ΔV (V) se posti a T diverse le 2 giunture (500/1000 e) effetto SEEBACK $\rightarrow \Delta V \sim \mu\text{V/grado}$; ha un ricevitore nero che è esposto al sole e uno mantenuto a T amb $\rightarrow \Delta T$

Esercizio 2

ore 16:00

10 ottobre

$G_{th} = 300 \text{ W/m}^2$

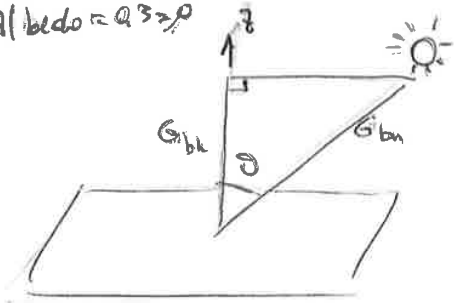
$G_{dh} = 0,7 G_{th} = 210 \text{ W/m}^2$

albedo = $0,3 = \rho$

$$G_{bh} = G_{th} - G_{dh} = 90 \text{ W/m}^2 = 10\% \text{ m}^2$$

diretto \uparrow totale surr. \rightarrow diff.

$F_{SP} = 1 - \rho$



$G_{bh} = G_{th} \cos \theta$

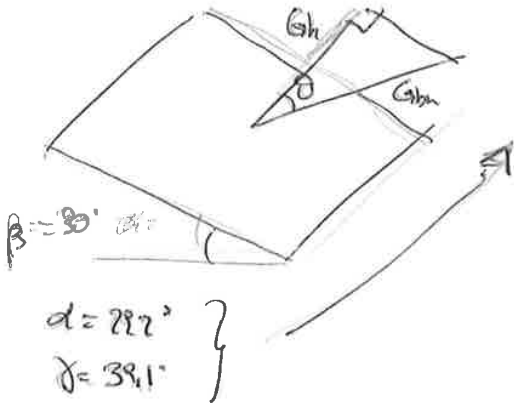
in prst caso $\theta_2 = \theta$

$\cos \theta_2 = \cos \delta \cos \alpha \cos \omega + \sin \delta \sin \alpha$

riprendendo i calcoli dell'esercizio precedente

$\Rightarrow \sin \alpha = \cos \theta_2 = 0,988$

$\Rightarrow G_{bh} = \frac{G_{th}}{\cos \theta_2} = 184 \text{ W/m}^2$



$\cos \theta = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \cos \delta$

$\Rightarrow \cos \theta = 0,976 \Rightarrow \theta = 10^\circ$

$G_b = 184 \cdot 0,976 = 139,8 \text{ W/m}^2$

$G_d = G_{th} \cdot F_{SP} = 210 \left(\frac{1 + \cos \theta}{2} \right) = 196 \text{ W/m}^2$

$G_d + G_b = 336 \text{ W/m}^2$

$G_r = \rho G_{th} F_{SC} = 0,3 \cdot 300 \cdot 0,02 = 6,3$

$G_{th} = 342,3 \text{ W/m}^2$ a 30°

Impianti solari termici - collettori e componenti

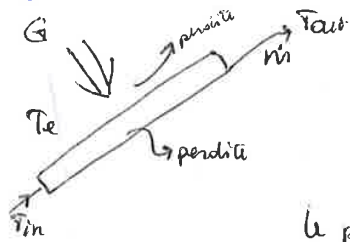
COLLEZIONE: produce acqua calda

PANNELLO: produce energia elettrica.

↳ impianto termoidraulico: collettore, pompa che fa circolare ~~acqua~~ ^{H₂O} all'interno, un vaso di espansione che fa espandere il fluido (acqua glicolata), una centralina, delle valvole che regolano l'installazione e l'iniezione di fluido; uno scambiatore di calore che riscalda l'acqua per l'uso → circuito chiuso.

+ c'è ΔT tra fluido interno e esterno allo scambiatore, > è la P scambiatore. T_{H₂O} nell'acqua non è costante, ma è stratificata; per favorire la stratificazione, la forma deve essere a cilindro allungato e per fenomeni naturali, l'acqua calda va verso l'alto → deve riscaldare in alto, se no con moti convettivi si mescola il fluido e non ha stratificazione. Se T troppo alta la stratificazione si dissolve; T_{H₂O} prodotta dal collettore < T acqua prodotta da caldaia. Caldaia backup che produce H₂O a T voluta es: 50°

Collettore solare:



Sistema termoidraulico aperto con fluido che non cambia di fase con T_{in} < T_{out} ⇒ scambiatore di calore che trasforma l'energia radiante in ↑ entalpia di un fluido ⇒ aumento + possibile T_{out}.
 Se T_{in} = T_{out} ⇒ zero efficienza;
 Se T_{in} > T_{out} → perde calore e non riscalda

la potenza in poco solo: IRRADIAZIONE SOLARE, PERDITE, ΔH ⇒

$$\rightarrow \dot{Q}_{\text{solare ass}} - \dot{Q}_{\text{disp}} = \frac{\Delta H}{\Delta t}$$

$$\dot{Q}_s = \tau \cdot \alpha \cdot A_c \cdot G_T = S \cdot A_c$$

fattore assorb. radiante
fattore trasm. apertura area

* è una piastra che raccoglie l'en. solare

$$\dot{Q} \Delta H = \dot{m} \Delta h = \dot{m} c_p (T_u - T_i)$$

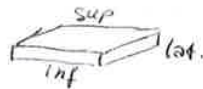
h_p fluido monofase

$$\dot{Q}_{\text{disp}} = U A_c (T_m - T_e)$$

↳ trasmittanza

* MASSIMIZZARE Q_u ⇒ posso aumentare la m di fluido ma con diminuisce ΔT = T_i - T_u; se T_u diminuisce ⇒ T_m diminuisce ⇒ S_{disp} diminuisce ⇒ a parte di en. solare Q_u cresce.

U_L = TRASMITTANZA = collettore a sei facce



$$U_L = \frac{U_{\text{top}} A_c + U_{\text{bot}} A_c + U_{\text{lat}} A_{\text{lat}}}{A_c}$$

dietro posso mettere isolanti, ma di lato ho la piastra esposita ⇒ non mi conviene

↳ media ponderata di tutti gli elementi dispersivi presenti sulle collezioni

U_L vale ≈ 3,5 - 4,5 W/m²K ≈ finestra sempre

Efficienza termica, diminuisce al crescere di T di funzionamento; rapporto T_{re} ciò che produce e ciò che rimpiega per produrlo

↳ COP, η

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_{s, \text{tot}}} = \frac{\dot{m} c_p (T_u - T_i)}{A_c G_T}$$

è alto per un buon collettore

$$\eta = \frac{\dot{Q}_s - \dot{Q}_{\text{dis}}}{\dot{Q}_s} = \tau \alpha - U_L \frac{T_m - T_e}{G_T}$$

per definire una T ridotta: T_m^{*} = $\frac{T_m - T_e}{G_T} = x \Rightarrow$
 ⇒ l'eff. dipende da q_{tot} con τ α e U_L ≈ cost

G_T cambia in base alla posiz. stan

T_e ↓ ⇒ η ↓ ; G_T ↓ ⇒ η ↓ ⇒ meno sole ho, meno posso utilizzarlo

• Copertura trasparente: in genere il vetro 3-4mm

Se non ho il vetro $\tau = 1 \Rightarrow$ migliori efficienza; ma $\partial U_c > 0$

$\eta = \tau \alpha - U_c x$ * le prestazioni dipendono da: angolo inclinazione tra θ e radiazione solare diretta; dalla lunghezza d'onda (proprietà intrinseca).

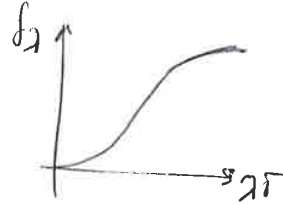
Se non ho le coperture vetrate, la radiazione solare ($0.2 < \lambda < 2 \mu\text{m}$) viene riflessa, e se scaldi la piastra, molta radiazione infrarossa ($5 < \lambda < 10 \mu\text{m}$) lascia la piastra!

La τ indica dove si trova la maggior parte della radiazione \rightarrow

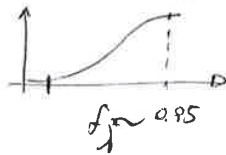
LEGAME di FAYONNE di RADIAZIONE

$f_\lambda = \frac{\int_0^\lambda \dot{Q}_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty \dot{Q}_\lambda d\lambda}$ $\int_0^\lambda E_\lambda^0 d\lambda$ $\int_0^\infty E_\lambda^0 d\lambda \rightarrow \sigma T^4$

poteri emissivi \rightarrow non ad 1 come τ
poteri emissivi \rightarrow poteri emissivi \rightarrow σT^4
poteri emissivi \rightarrow σT^4
radiocromatico non μm



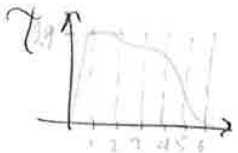
Per il Sole tra $0.2 < \lambda < 2 \mu\text{m}$



95% radiaz. solare se fosse corpo nero e compreso tra 0.2 e $2 \mu\text{m}$

Se la piastra è $100^\circ\text{C} \approx 400\text{K}$

$\rightarrow 1000 < \lambda T < 20000$ e a seconda di δ , λ cambia perche prodotto costante con $T = 400\text{K}$, con un max per legge di Wien $\Rightarrow \lambda_{max} T = 2898$
 λ a cui la radiazione è max



La τ del vetro lascia passare energia a basso λ e trasmette gli altri λ alla piastra (a λ alti del Sole)

Perdiamo 10-15% di τ ad vetro \rightarrow ma lo perdit per sovrapposizione le radiazioni. U_c diminuisce. Se aumenta τ , diminuisce a e $p \Rightarrow$ effetto serra della piastra che fa perdere meno calore.

Fino a 50°C non ho differenza tra i vetri e i vetri; a T + alte, \rightarrow nato differenza

$\Rightarrow \eta = \tau \alpha - U_c x \Rightarrow \eta_0 - \frac{a x}{U_c}$ se è fatta da U verso l'alto, che cresce col crescere di $T \Rightarrow \partial U_c \neq 0$

2) MATERIALE PIASTRA: si preferisce il Cu a causa della sua conducibilità molto alta; la lamiera è fatta in acciaio, o alluminio, o EPDM (gomma sintetica) Il rivestimento aureo con vernice nera, o coatings selettivi: Seim select c; blu select c; Sol-Titan c $U \Rightarrow$ selettive Esistono: s-2cm con strato riflettente di alluminio, cosa di vetro (isolanti in fibra) per un polimerico e polistirolo a alte temperature non sono buoni

3) COLLETTORI SOTTO VUOTO: massimizzano superf. assorbenti, la piastra si scaldi, ma non perde calore perche c'è il vuoto e vernice selettiva; il vetro è opaco alle radiaz. infrarosse.

Heat pipe: trascureranno e fluido che cambia fase; Test \rightarrow con misure su $(\tau, \alpha, U_c, \eta) \delta$ con formula parabolica: η_0, a_1, a_2
 $\eta = \eta_0 - a_1 x - a_2 x^2$ $x = \frac{\tau_0 - \tau_c}{\delta}$

FRACASTORO

28/10

ESEMPIARIO

3)

$H_T = 5.3 \text{ MJ/m}^2$ $H_{diff} = 4 \text{ MJ/m}^2$

$\beta = 30^\circ$ $\rho = (\text{albedo}) = 0.3$

$H_0 = 18.72 \text{ MJ/m}^2$ dipende dalla latitudine

Mese ottobre: $\delta = 45^\circ$, 15 del mese

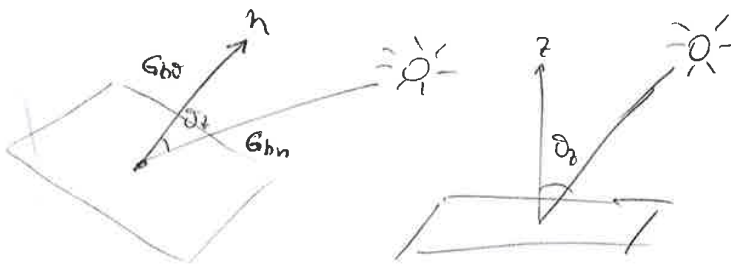
Scopo: es: confrontare i dati ricevuti sperimentalmente con gli ricevuti da Liu-Jordan

$k_T = \frac{H_T}{H_0}$: grado di serenità del cielo = $0.28 \approx 0.5 \rightarrow$ ~~$k_D = \frac{H_D}{H_0}$~~

$\omega_s = 82^\circ \Rightarrow k_D = 0$ grafico / correlazioni Liu Jordan = 0, ok

$\frac{H_D}{H} = k_D \Rightarrow H_D = H \cdot k_D = 3.8 \text{ MJ/m}^2 \Rightarrow H_b = H_T - H_{diff} = 1.5 \text{ MJ/m}^2$

$H_{t,D} = (H \text{ su una p.l.s. con surf., ed e' somma di 3 componenti})$



$H_{t,D} = \frac{H_b R_b}{\text{diretta}} + \frac{H_d F_{sc}}{\text{diffusa}} + \rho H(1 - F_{sc})$ (nessa)

\Downarrow

$6.49 \cdot 1.75 = 11.36 \text{ MJ/m}^2$

$G_{bn} = G_b / \cos \theta_2$

$G_{bd} = G_b \cos \theta$

$G_{bd} = G_b \frac{\cos \theta}{\cos \theta_2}$

\uparrow diagramma $\Rightarrow R_b = 1.75$

integrato nel tempo ho R_b

$F_{sc} = \frac{1 + \cos \beta}{2} = 0.933$

$H_T = \rho H(1 - F_{sc}) = 0.3 \cdot 18.72 \cdot 0.067 = 0.37 \text{ MJ/m}^2$

$H_d = 0.933 \cdot 3.8 = 3.54 \text{ MJ/m}^2$

$\Rightarrow H_{t,D} = 11.35 \text{ MJ/m}^2$

IMPIANTO SOLARE TERMICO, COMPONENTI e applicazioni

Fracastoro. 29/10

Deve essere un accumulo per il funzionamento (puffer - buffer) di collettori = pannelli.

A seconda del tipo di materiale:

1) liquidi (~~acqua~~ acqua, altro accumulatore di calore, $c = 4.186 \text{ kJ/kgK}$ è il tutto) - Sistemi ad aria; uso l'accumulo in letto di pietre, ~~senza~~ flusso tra; ~~collettori~~ (usato in USA). Obiettivo: compattare l'accumulo \rightarrow materiali a cambiamento di fase (paraffine) che sfruttano il calore di transizione di fase (bisogna ridurre il volume dell'accumulo per evitare problemi). Si usa il calore di proprietà ~~eterochimiche~~ con reazioni reversibili (calore latente) \rightarrow ossido di calcio.

2) Impianti che trasferiscono calore da 1 stazione all'altra (oggetti di grandi dimensioni) (non ho mai collegam. diretto tra collettori ed utente)

Se accumulo e non è utilizzato, è necessario smaltire con un dissipatore per evitare che i componenti fuso ~~si~~ a danneggiano il collettore.

Se il collettore non è attivo (giorno o notte) \rightarrow domanda utente sale \rightarrow l'accumulo fornisce, e se non basta utilizzato è obiettivo, o BACK UP permette di sopprimere alla domanda dell'utente anche se accumulo = 0; l'obiettivo deve essere capace di erogare P ~~anche~~ ^{come} se non avesse un impianto solare: quantità di energia da erogare deve essere uguale! Non è poi che tanto risparmio soldi; l'impianto solare non mi fa risparmiare sulla parte tradizionale dell'impianto, ma ~~solo~~ sulla gestione dell'impianto.

Calcola l'investimento di costo \rightarrow risparmio in energia

Sistemi di accumulo ad acqua: basso costo, scambio calore con ~~la~~ poca superficie, c elevato, piccolo volume, ~~si~~ sfruttamento della stratificazione (dispositi in verticale per sfruttare la stratificazione, se ci sono le ΔT , la parte + fredda è + pesante \rightarrow sta in basso; l'acqua superiore è + calda della media; con $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ riesce ad assorbire calore).

Per riuscire a catturare il calore del collettore ed avere la stratificazione, deve essere isolato con l'esterno. Solo in condizioni di ~~accensione~~ accensione presuntiva o + grossa non presuntiva, isolati.

Dimensionamento per garantire l'autonomia:

$$M = \frac{E}{C_p(T_{max} - T_{min})}$$

\rightarrow almeno gli richiesta a sic.
 \rightarrow motivi di sicurezza $\approx 90\%$
 [litere
 Saturated

Ambiano: caldaia o pompa di calore

Circolazione collettori: 1) circuito chiuso con pompa a circolazione meccanica (o senza pompa = sistema a termosifone) e deve circolare acqua tutte le volte che Tu collettore è usata. l'accumulo (si accende pompa), se $T_a > T_u$ la pompa si stacca. Esattamente la pompa si accende con $T_u > T_a + \Delta T$

2) Vaso di espansione ok T cambia e c'è rischio di spaccare i tubi

3) SCAMBIAZIONE trasferisce nell'accumulo, nota la trasmittanza che determina lo scambio tra H_0 opificata e pura, ~~nota~~ note le ΔT che anche con 10°C deve essere in grado di trasferire energia \rightarrow Devo trovare superficie di scambio; $\frac{P}{\Delta T \cdot 100}$ = superf.

Non sempre sono legati all'accumulo, possono essere a fasci di tubi, a serpentina, a pietra
 \rightarrow miglior anche la manutenzione.