

Sveriges energianvändning 2010

610 TWh ($T=10^12$)

ingen naturgasledning i Sverige faktum & från sköre ...

Utklipp av koldioxid

Kol 1/3

dia 1

Naturgas 0,7

Sverige - Vattenkraft

Kärnkraft 38% el

65% röda byggs med kolvatten.

Omvandlingsförluster i Kärnkraften

ENERGIFÖRBRUKNING

Industri - 240%

Konstater - 40%

Transport - 20%

SVERIGES TOT. EFTILFÖRSEL 1970-2010



Värme pumpar: Fjärrvärmesystem 7,5 TWh

villor

Vindkraft: 2008 2 TWh mölet 30 TWh (2020)
2012 6 TWh

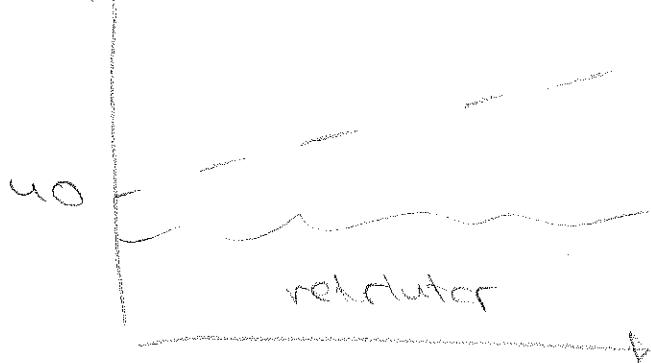
Elevändning: mest industri samt bostäder och
service.
sammantaget 150 TWh.

all kraftvarme ges från biomasse, (resten?)
(slår ut lika mycket som det tas in)

Solceller: 0,000... (forsomlöst)

Användning av biomassan, TWh

[TWh]



GROT - grön och torr (trädbränsle)

BIOOMASSA

andra källor

Industri: 65 TWh

Fjärrvärme: 55 TWh

ved i villor: 15 TWh

bioaffärer

145 TWh

den största koldioxid-buren: Elproduktion
(avskogning)

SO_x NO_x CO₂

Skymdel: 2020

öka 20% förryktat

minsta 20% genom besparingar och
effektivisering

minsta 20% GHG-utsläpp

(green-house gas).

nu ett energi effektivitetsinitiativ:

brygghäder + industri.

Sverige: tredjepraktstillskede för fjärverke:
(hela elsektorn avregleras)
ingen monopol.

Elcertifikat - 2035 (stimulerar produktionen
av grön el)

Skymdel: - skatter

- flexibla mekanismer
- CO₂-handel (s. 33)
- CDM och JI

Bränsle baserade varme- och Elproduktions tekniker Del 1

Värmeproduktion

förluster

öngbenor (resikt)

Kraftproduktion

behov

förluster, n, kraftprocesser

Öngkrafts processen

asynchron processen

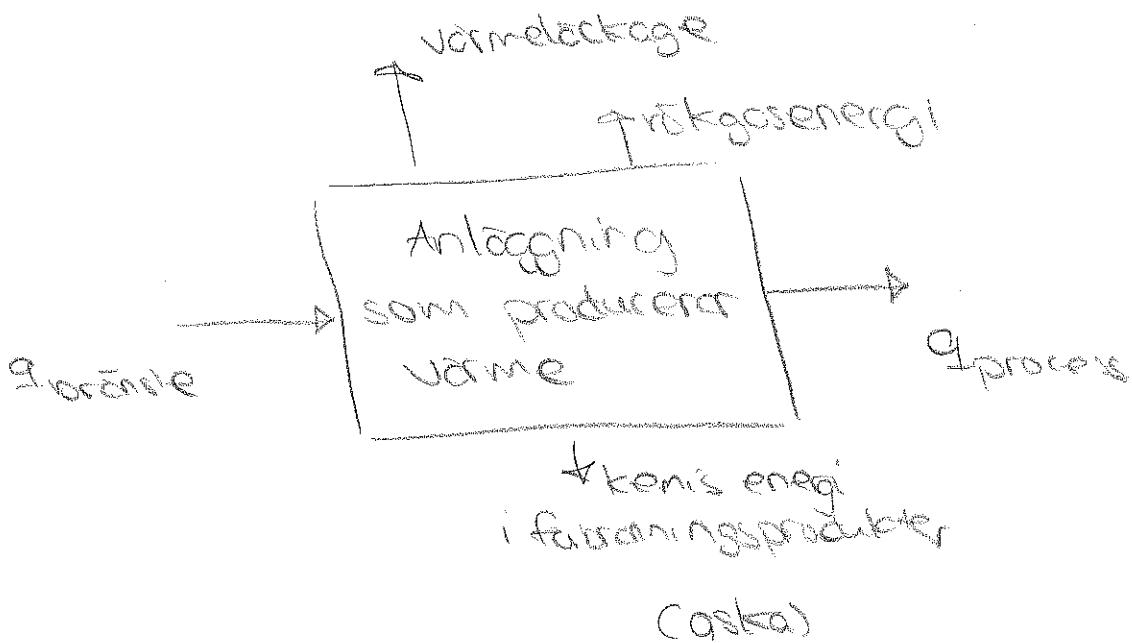
Ciaskombi processen

Ånga kondensera vid konstant temperatur och
avger kondensationsvarme.

m [ton]

$\dot{Q}_{öngvarme} = m_{önga} (\Delta h_{kondensation})$

Fabrikens öngbenov = summan av behovet i
de olika öngvärmare.



$$\text{Pannverkningsgrad: } \eta = \frac{\text{Qprocess}}{\text{Qbränsle}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{stora pannor } \eta_p = 0,9 \sim 0,95 \\ \text{små pannor } \eta_p = 0,75 \sim 0,90 \end{array} \right.$$

BRÄNSLE-BASERAD ELPRODUKTION

elkonsumtion i Sverige ~ 60 TWh/år

ökar kontinuerligt 1970-2008

elproduktion ~ 160 TWh/år 10^{12}

upptar nästan alla vattenkraft, mycket sv.

behov av el ökar

vattenkraft kan endast byggas ut maginellt.

kernkraft är nedskräddas för sv.

vindkraft/solceller teknik ej kopplat ihop.

några elspårer

elcertifikat till 2030 (visa med)

förnyelsebar...)

KONDENSATOR - enbart elproduktion.

KRAFTVÄRME - värme/elproduktion

utnyttjar bränsleenerginiväde MEN
värmerederlag måste finnas.

BRÄNSLEN - olja, kol, NG, gasol, färdverkstills

ölkut, biogas, Kernmagi

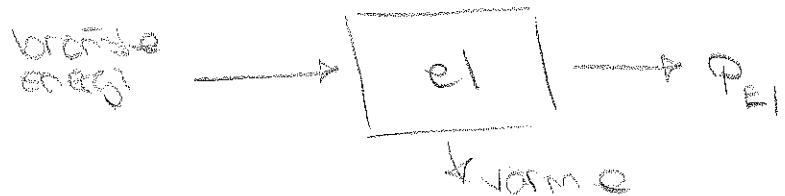
NG-natursgas,

andra timmen

Energi balans elproduktion:

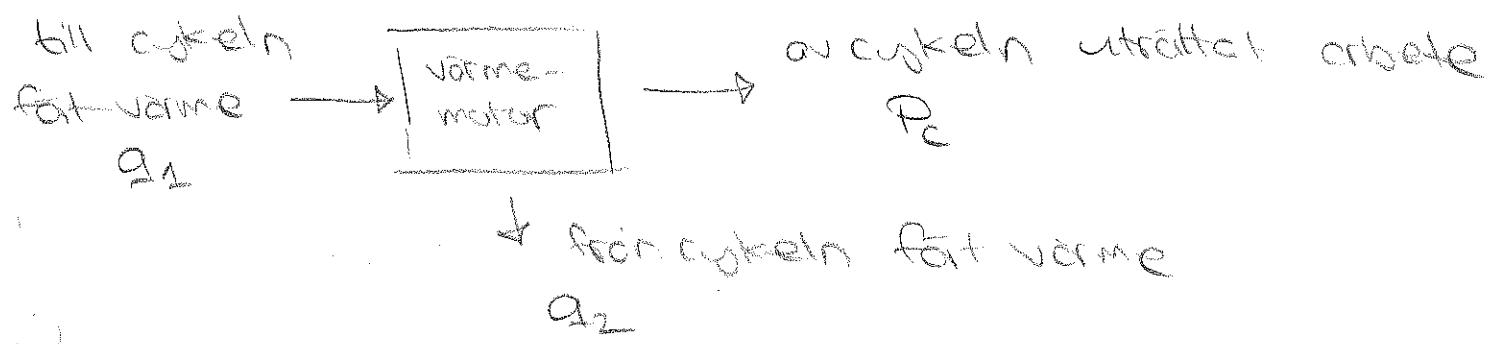
elektriska & mekaniska förluster

↑ förbrunningsförlust



$$\eta_{el} = \frac{\text{Elproduktion}}{\text{Tillförd bröndle energi}} = \frac{P_{el}}{Q_{bröndle}}$$

Termiska förluster (Carnot)



$$\eta = \frac{\text{av cykeln uträttat arbete}}{\text{till cykeln fort värme}} = \frac{P_c}{Q_1} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$$

Förluster och varmelökage

$$\eta_p = \frac{\text{Till processen fort värme}}{\text{Tillförd bröndle energi}} = \frac{Q_1}{Q_{bröndle}}$$

Mekaniska och elektriska förluster

$$\eta_{\text{m+g}} = \frac{\text{Elproduktion}}{\text{av året i en utvärmt arbete}} = \frac{|\text{Per}|}{q_1 - |q_2|}$$

η_m = mekanisk friktionseffekt..

η_g = generatoreffekt..

Totala förluster vid elkraftproduktion

$$\eta_{\text{el}} = \frac{\text{Elprod.}}{\text{bilförd. vär.}} = \eta_f \cdot \eta_g \cdot \eta_{\text{m+g}}$$

Ångkraftcykeln

- kondenskraftproduktion,
- kraftvarme/mottryckscykel

$$\eta_T = \frac{P_e}{q_1} = \frac{P_f - |\text{Per}|}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1}$$

Kompression av vätska. Från liten energi

$$|\text{Per}| < P_f$$

"För att få hög termisk verkningsgrad:

q_1 vid hög temp!

q_2 vid låg temp!

KRAFTCYKEL

skillnaden!

i regn trycket inom kondensatör!

Kondensatörerna skapar vid en hög temperatur.

KRAFTVÄRME - Värme-η:

$$\eta_q = \frac{q_2}{q_{\text{brönd}}$$

KRAFTVÄRME - TOTAL-η

$$\eta_{\text{tot}} = \frac{q_2 + P_c}{q_{\text{brönd}}} = \eta_q + \eta_{el}$$

P_c - elektrisk
energi

(värmeutnyttjande).

KRAFTVÄRME - alfvärde

$$\varphi = \frac{\text{Ehrod}}{\text{värmeprd.}} = \frac{P_c}{q_2} = \frac{\eta_{el}}{\eta_q} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{tot} - \eta_{el}}$$

$$\boxed{\eta_{tot} = \eta_q + \eta_{el}}$$

∴ olika värkningssätt

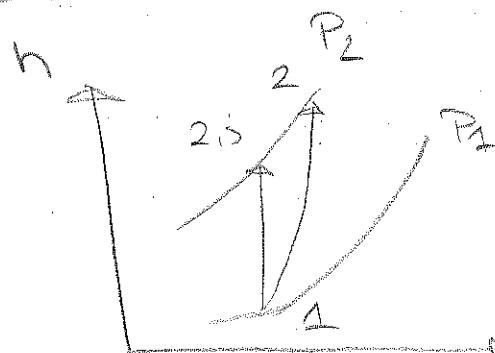
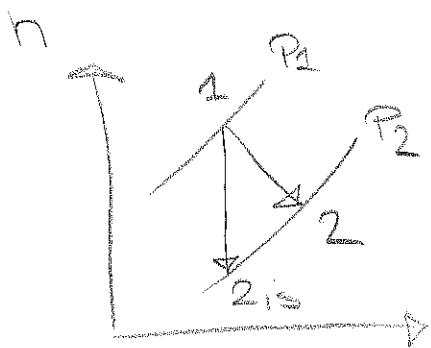
η_{el}

η_q

η_{tot}

φ

Iseenkopplingsverkningsskator



Turbin S

$$n_{is} = \frac{P_{c,rel}}{P_{c,rel} - \Delta h} = \frac{\Delta h}{\Delta h + h_{is}}$$

(n_T)

$$\eta_c = \frac{P_{c,rel}}{P_c} = \frac{\Delta h_{is}}{\Delta h}$$

OBS! viktigt att inte blanda inget!

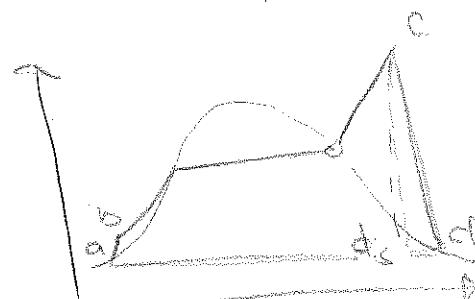
Energi balanser

$$(W_f) = n_b \cdot h_a = (n_{bis} \cdot h_a) / n_p$$

$$W_f = n_c \cdot h_d = (n_c \cdot h_{ci}) \cdot n_T$$

$$Q_1 = h_a - h_b$$

$$|Q_2| = h_d - h_a$$



ÄNGKRAFTSPROCESSER: BEGRÄNSNINGAR & PRESTANSA

~ max 600°C

~ 22,1 MPa

~ fukthalt efter expansion ca. 15%

~ η_{el} : 0,45 - 0,48

~ investeringskostnader

10500 - 12000 kr/kW_{el}

20/3-12 föreläsning 4 ETM

Värmevärmekedja ...

Gasturbinprocessen (Kraftverk och kraftvärme)

Gaskombiprocessen

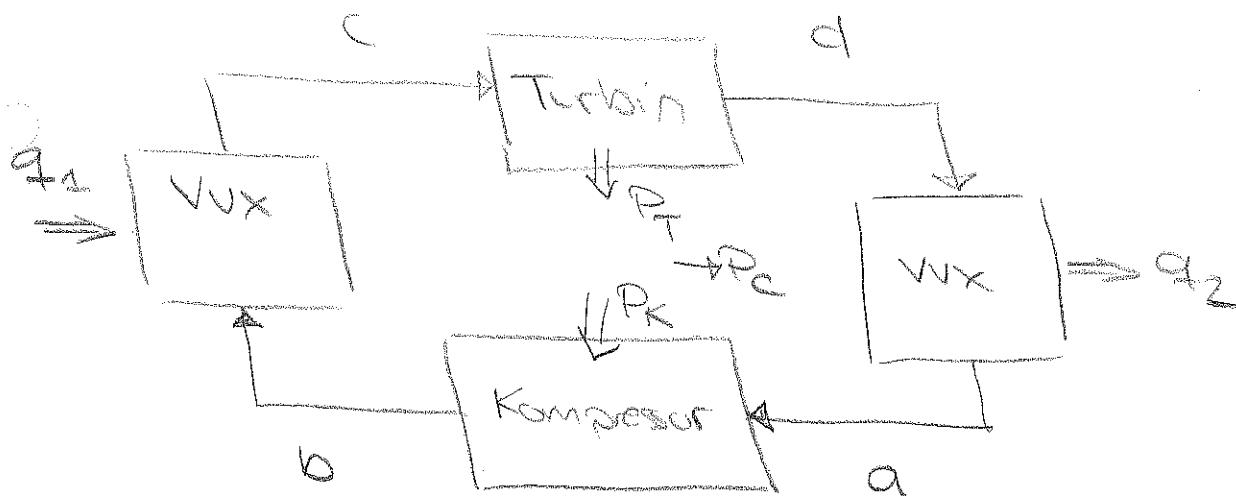
I kondensatorn kan vi reglera tempo vilket gör att
vatten i kondensatorn vid ett specifikt tryck

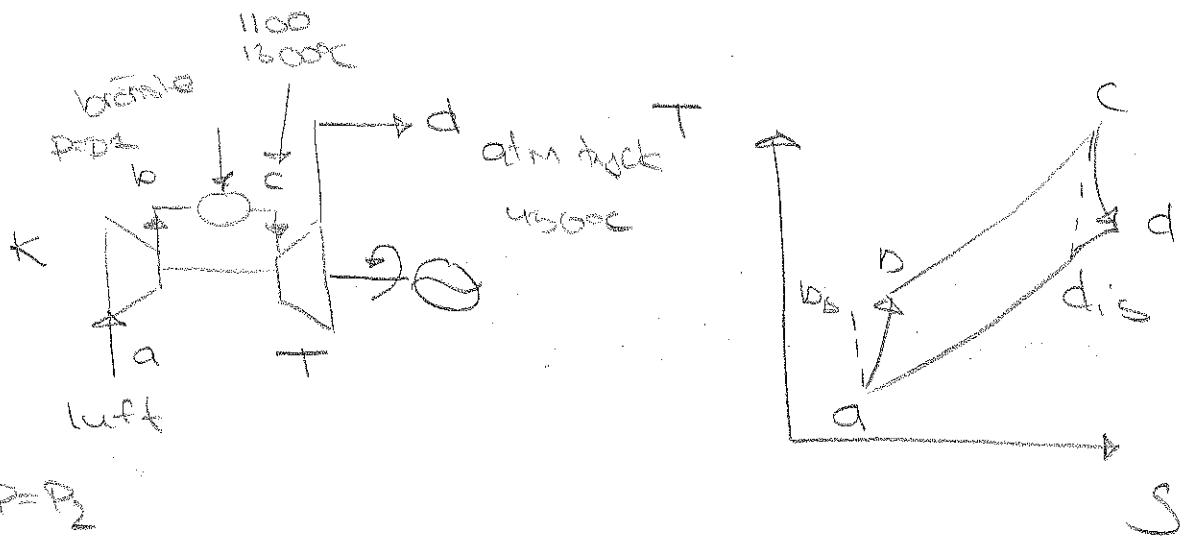
$$\eta_{el} = \eta_f \cdot \eta_{vap} \cdot \eta_{mag} = \frac{\text{Elproduktion}}{\text{Bränsle energi}}$$

obst. skillnad mellan örtskraftsfaktel och kraftvärme ...

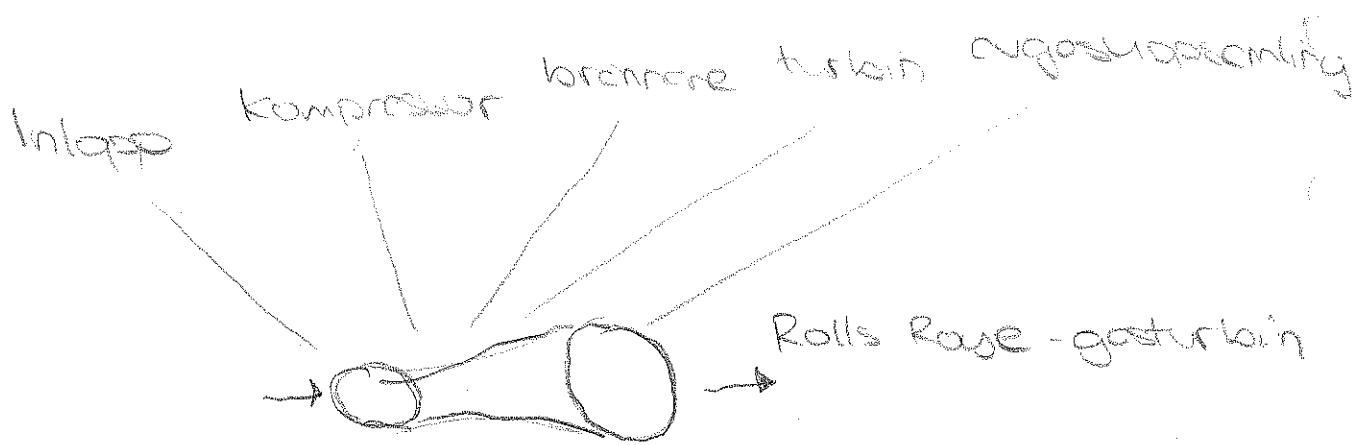
$$\frac{\text{elprod.}}{\text{värmeprad.}} =$$

GASTURBINER (sluten krets) (Brayton)





atm tryck



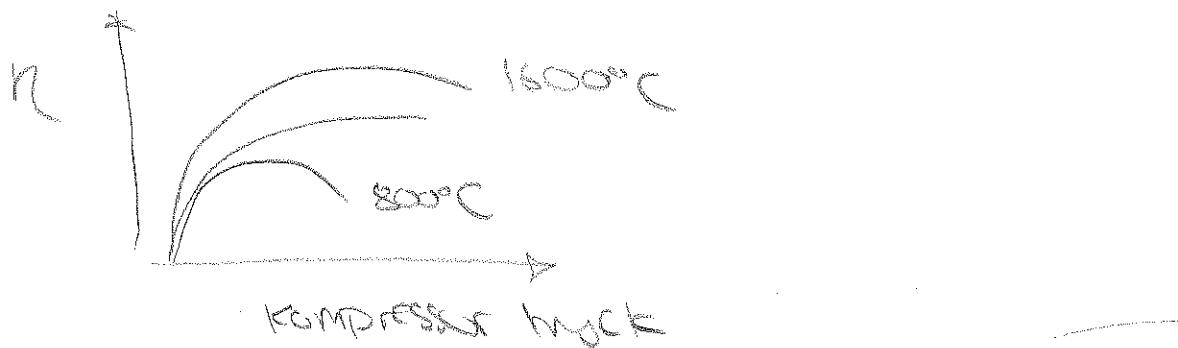
Joule-Braytoncykeln ns termiska verkningsgrad

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R-1}{K}}$$

verkliga omloppen har icke-vanliga
kompressions och expansionsprocesser!

hos η_t erhålls med hos η_t !

Termisk verkningsgrad för gasturbin.

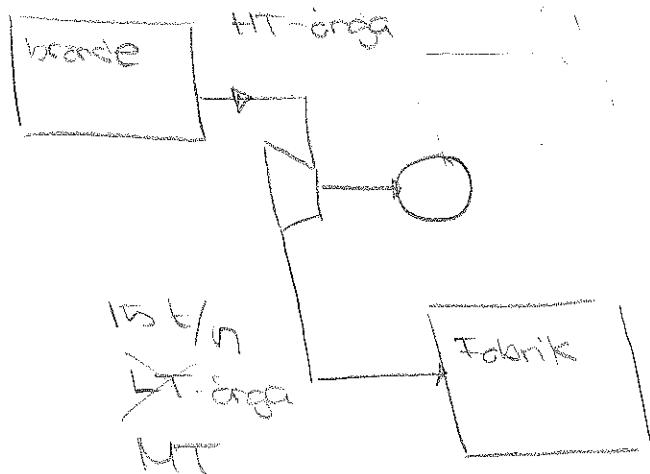


60-65% av gasförluster

35-40% η_d

investeringsteknisk kostnad 5000-7000 kr/kW_{el}

andra timmen.



av mottrycket för vi
el?

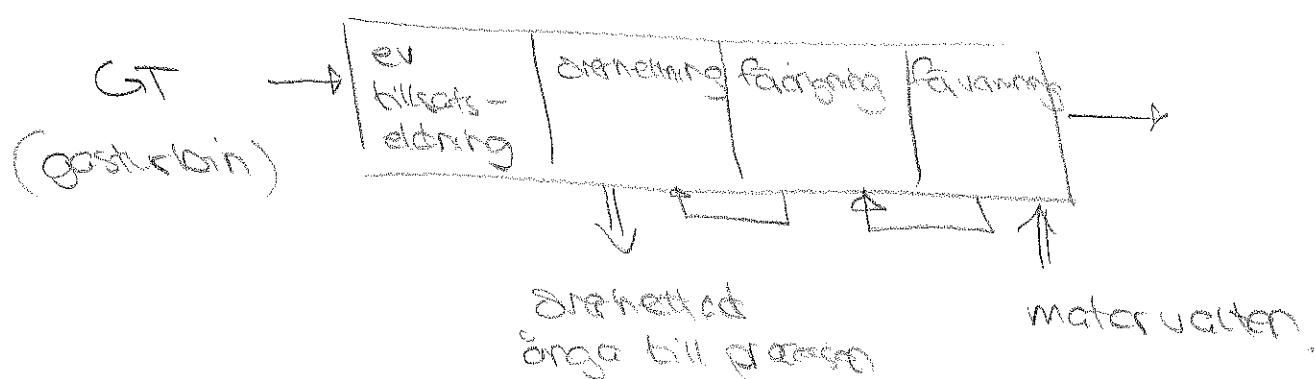
Gasturbin teknik

Kraftverk med till påverkar inte gasturbinen neg

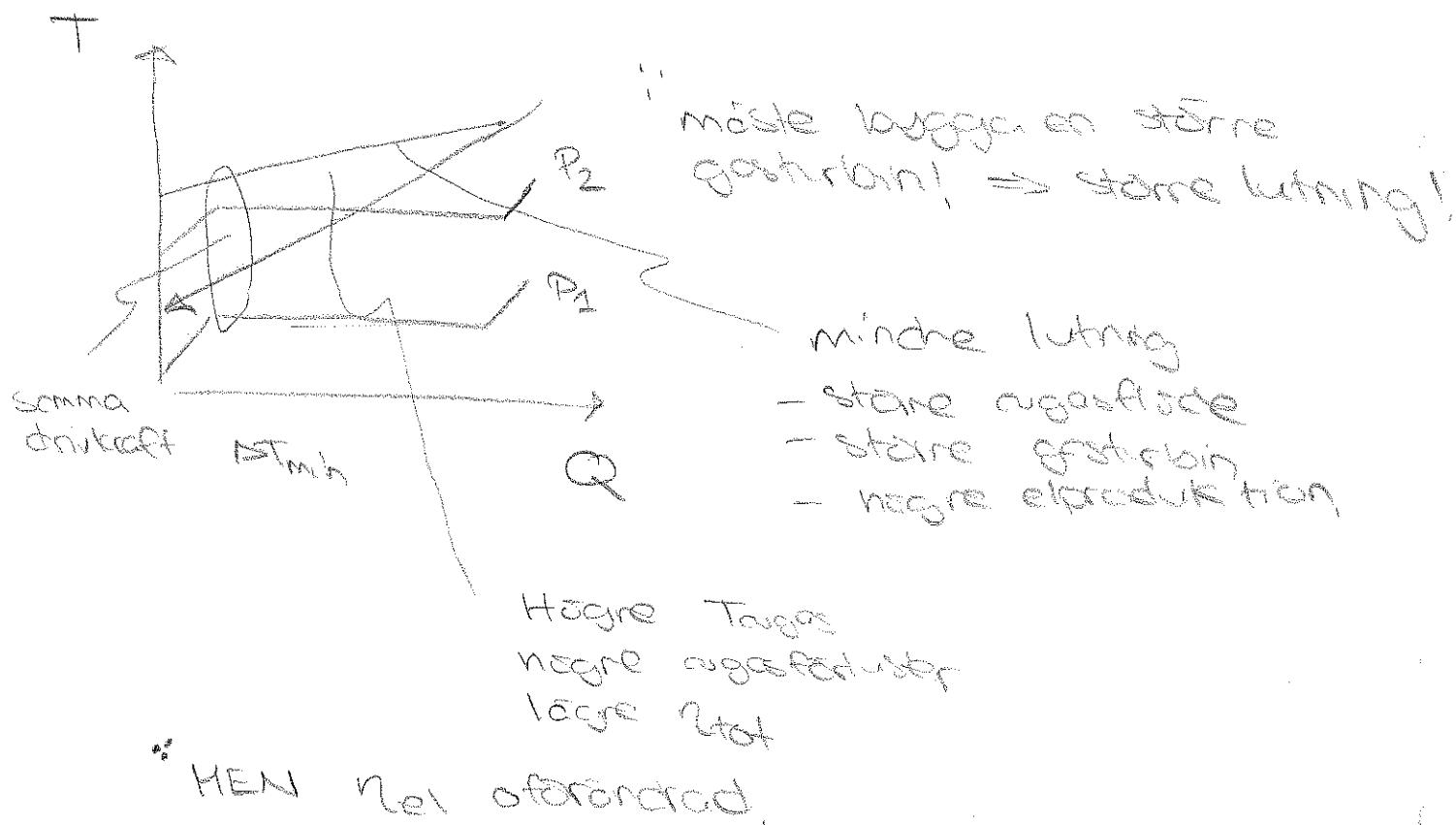
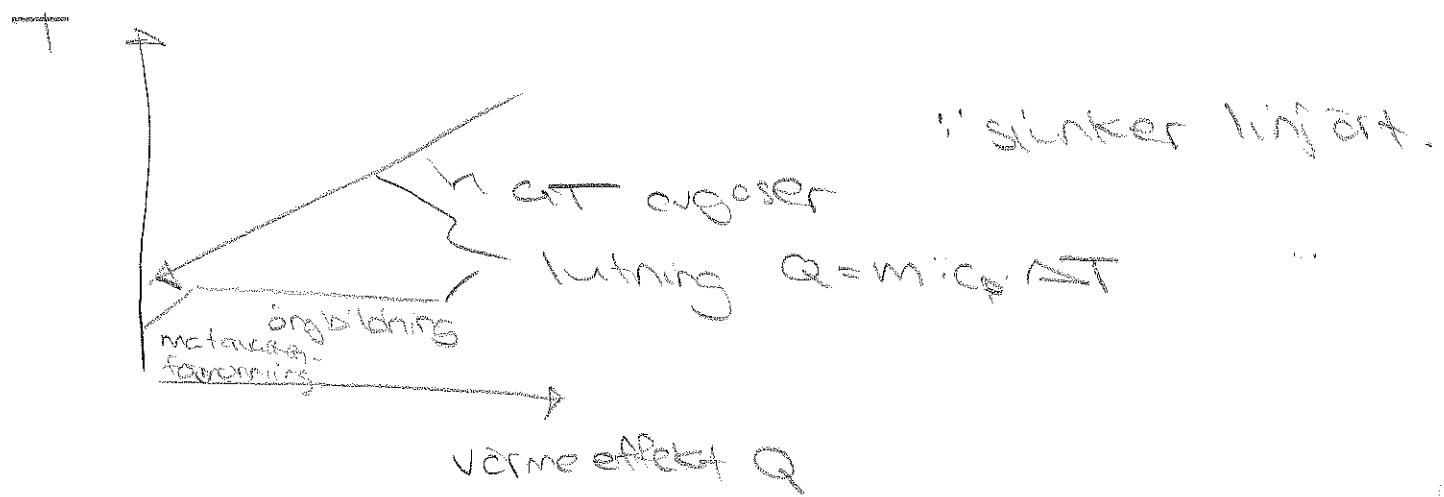
{ augstemp och därmed ~~mot~~ varierar
kraftigt med kompressionen av
varmekonvekt. (GT)!

oförändrade

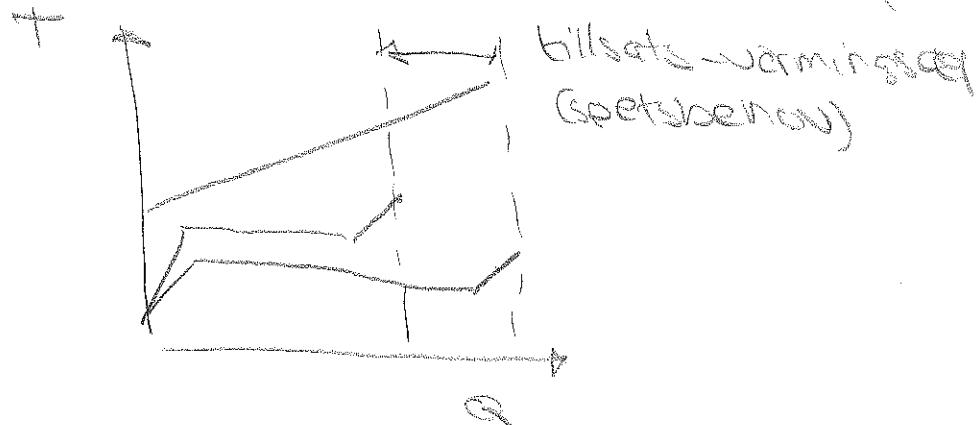
ANGASDANNA



Temperaturprofiler i värmeplatten



Förde med tillståndsvärming: möjlighet att skapa varmepräduktion under vissa förhållanden (flexibilitet)



Förde med tillräcklighetsvärning; möjlighet att upprätta
högre nivå

HEN stårre hittning

- mindre avgasflöde
- mindre gasturbin
- lägre elproduktion! (+)

lägre Tgas

→ högre nivå

⇒ Kombibegagnelse - kombinera gasturbin med
öngaskabin

VÄRMEVÄXLARE

beräknings typer:

Rating

- utgår från given:
- typ
- utförande
- styrkt.
- fjäder & kemp
- beräknar:
- utväxternas och
- tröckfall.

Design

- utgår från givet behov
- val mellan olika alternativ
- typ
- konfiguration
- oftast iterativt

Stärkning till tidigare
kurser, värmedrifftal

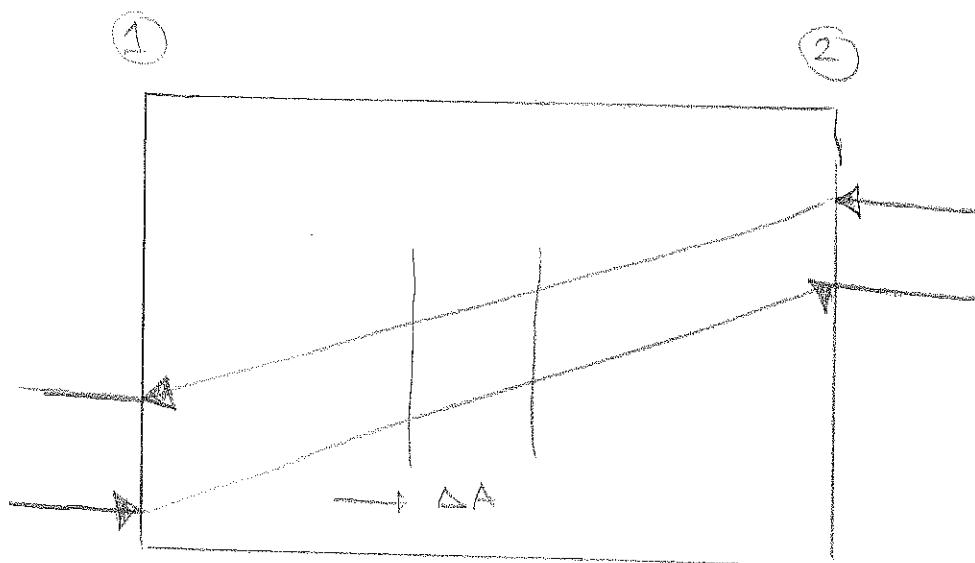
- material
- val av typ och utförande

- Turbinrören
- Kondensation
- Förlängning

RATING

- utgår från ett litet snitt.
 - tröckfall: kostnad
 - entalpi: den efterlängtade värmen.
 - den totala förlängningen följs genom integration.
- $$\frac{dh}{dz} = \frac{dp}{dz}$$

Kap 22 i transportprocesser - luften.



$$dq = -m_{\text{H}} dh_{\text{H}} = m_{\text{C}} dh_{\text{C}}$$

$$dq = U \Delta A (T_H - T_C)$$

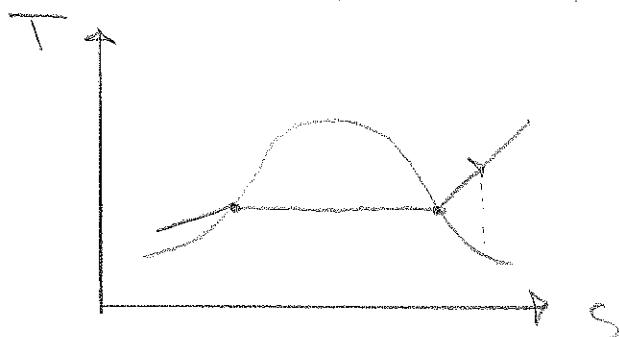
Integration ger:

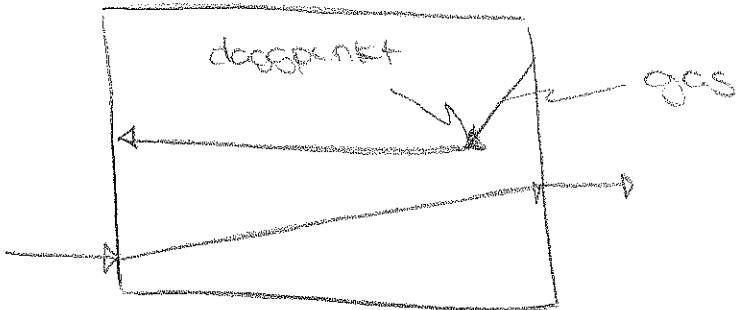
$$\rightarrow q = UA \Delta T_{\text{in}}$$

Vilka antaganden gör vi?

- antar inga föruster
- $dh = C_p dT$ antar att C_p -konstant över intervall
- antar att entalpien är en linjär funktion av temperatur.

Fasövergång vid värmeväxling:





Kron: är linjär funktion av T

- Dela upp i delar med förutsättning uppfyllt i respektive del.
- vid motström kan T_2 vara negativ än $T_{0,2}$!

Repetera transport...

$$G = \frac{1}{A \left(\frac{1}{A_{in}} + \sum_i \frac{\ln}{k_A A_n} + \frac{1}{A_{out}} \right)} \quad (15-18)$$

$$\text{där } \sum_i \frac{\ln}{k_A A_n} = \frac{r \ln(r/r_i)}{2 k_A r L} = \frac{r \ln(r/r_i)}{k_A} \quad (15-19)$$

KONVEKTIV VÄRMETRANSPORT

$$Re = \frac{\rho v D}{\eta} = \frac{\text{magnetiska krofler}}{\text{viskosa krofler}}$$

$$Pr = \frac{\rho}{\mu} = \frac{\text{relativt mänskligt diffusivitet}}{\text{varm diffusivitet}}$$

$$N_u = \frac{h}{k} =$$

Filmmodell: $q = hA\Delta T$

$$Nu = \frac{hD}{k}$$

Varmeströmföring i tuber Kortationser.

$Nu = f(Re, Pr)$ laminart flöde

$Nu = f(Re, Pr)$ Dittus-Boelter (turbulent)

$$Nu = 0,023 Re^{0.8} Pr^n$$

n=0,4 om varming
n=0,5 om kyldning

- * kolla giltighetsområden! Re, Pr, f
- * - II - fluidegenskaper!

T_b - bulk-temperatur

T_{film} - film-temperatur

(*) (*) (*) /

andra timmen.

Tröckfall i tuber.

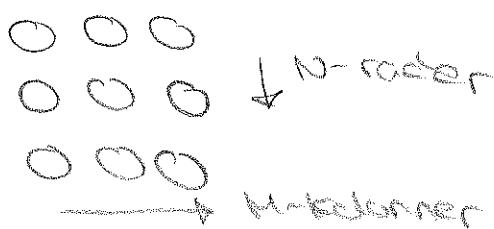
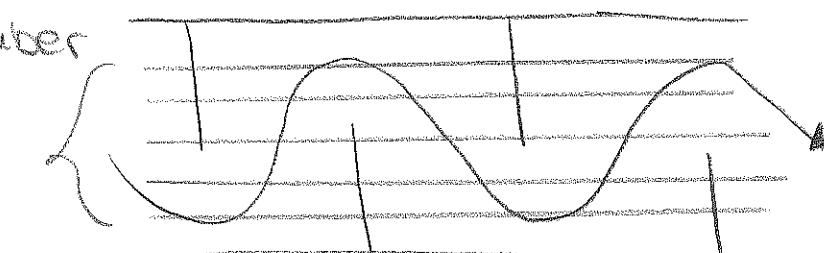
$$n_2 = 2ff \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{g} \quad (B3) \quad \text{höjdfelust}$$

$$\Delta P = 2ff \frac{Lv^2 s}{D} \quad \text{ekivalentförlust}$$

$$\begin{aligned} \text{För höga } Pr \text{ tal: } \Delta P &= 2ff \frac{Lv^2 s}{D} \left(\frac{\mu_w}{\mu_b} \right)^{0,4} \\ &= 2ff \frac{L \cdot m^2}{DA_{tv}^2 s} \left(\frac{\mu_w}{\mu_b} \right)^{0,4} \end{aligned}$$

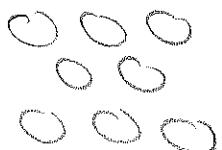
TURKNIPPER

Parallelle ställningar:



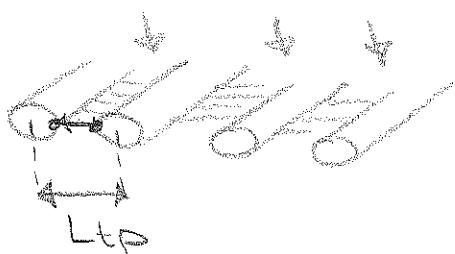
→ N-rader
→ N-takanner

Sicksackställning:
(oftast)



(svart och gora
rekt)

VÄRMEÖVERFÖRNING I TURKNIPPER



A_q - minsta ytan.
vid tvärströmningen.

M - antalet kolonner

L_b - avstånd mellan bafflar

$$A_q = (L_b - D)(M + 1) L_b \quad - \text{uttryck för minsta}$$

tvärnittsytan.

$$Re = V \cdot \frac{\Delta t}{\nu_D} = \frac{m}{A_q \cdot S} \cdot \frac{\Delta t}{\nu_D} = \frac{m \Delta t}{A_q \cdot M \cdot D}$$

TRYCKFALL I TUBKNIAPPEN

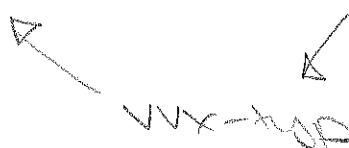
Rental, Agi: som Värmeöverföring

A passage = ... skriv ut slides ...

d_p -hypotetiska diametern?

DESIGN

material \rightarrow fluid



- utgör från tillämpningens krav
 - typ av medium på resp. sida
 - risk för fastning/nedsmutning?
- Materialval (se kurskomp. kap 2)
 - kompatibilitet? (risk för korrasjon?)
 - kostnad?
 - bearbeitningsbarhet?
 - hållfast för obalala temperaturer/mek?
- val av typ?
 - regression (katalys, krigsmunsform ämne)
 - slutna (rekuperativ)
 - * tub
 - * platt
 - * spiral

REGENERATIVA

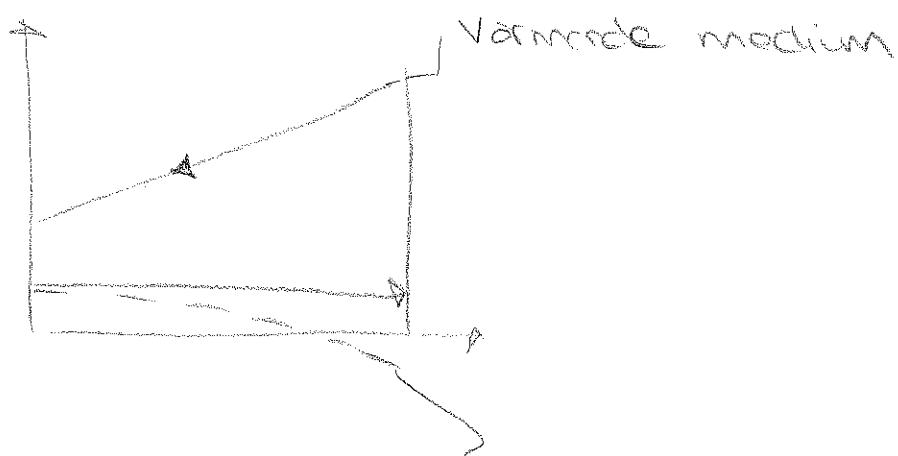
nästan alltid ges/ges ...

TURVUX

värme, öngegas

kraftiga volymsflöden på kall och varm sida...

Exempel



Tryckfall kan ge temperaturminskning! \oplus ! \ominus !

I detta exempel
stötte medström varit bra!

Kan reglera mängd pass för att komma
motstående! "Där varje motströmkänslig!!"

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_A i} + \dots + \frac{1}{h_{AB}}$$

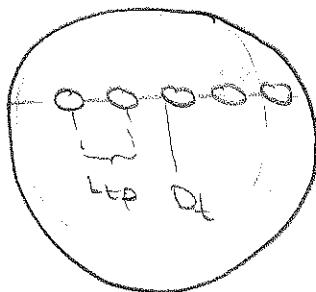
+ R kompensera med ökat A_B !
lägt

Kan detta dit fönster!, gör stora A o!
Obalans hos Ah-Wadell.

26/3-12 föreläsning 6 ETM LV

Tentauppgift

parallelställning



$$A_g = ?$$

D_g - manteldiameter

N_t - antal tuber

D_t - tubyterdiameter

L_tp - tubelängd

L_ba - bafflestånd

M=15 maxima vid notdörrar

$$V = \frac{\dot{m}}{A_g S}$$

$$A_g = (M+1)L_{ba}(L_{tp} - D_t) =$$

$$Re = \frac{\rho V D_t}{\mu} = 2,71 \cdot 10^4$$

Figur 4 kan användas för att beräkna j-faktorn

$$j = j(Re = 2,71 \cdot 10^4, \frac{L_{tp}}{D_t} = 1,25) = 0,0062$$

$$n = j \cdot C_0 \frac{\dot{m}}{A_g} \cdot Pr^{-2/3}$$

Kolla mer!

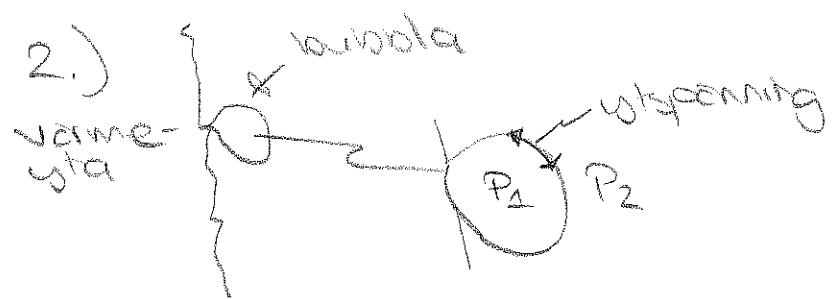
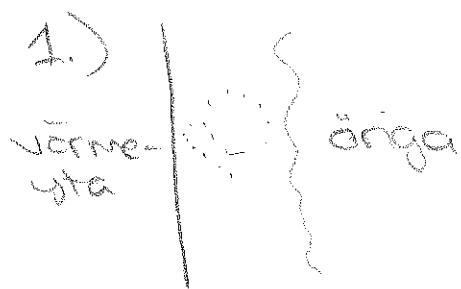
Värmeväxlare - del 2

Kunna rita upp förloppet vid 2-fasflöde.

- a) förlängning
- b) kondensation med high liquid loading
- c) - II med low liquid loading

Förlängning: Två huvudmekanismer:

- 1.) -ytförlängning - ledning \rightarrow yta
- 2.) -korn eller bubbelkötning



$P_1 > P_2$
hos värme-yta!
Vätskan hindrar
bubblan från att
bildas!



ONB - onset of nucleate boiling

φ_{onb} - det varme som behövs för att förigöra
körntekning/kubbelbildning

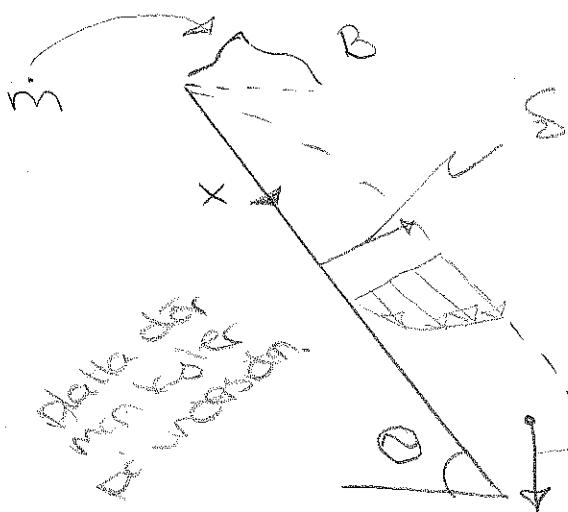
värmedräneringen vid förhöjning är mycket
effektivt!

Kokning: förändrade

utförande (typiskt)

- Liggande tubvux
Kokning på utidan/insidan
- Stående tubvux.
Kokning på insidan.

Nusselt's filmteori för kondensation



gravitationskraft:

$$(\beta_L - \beta_V) g \sin \theta$$

$$v_x = (g_L - g_v) g \sin \theta \frac{s^2}{\mu} \left[\frac{y}{s^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{s} \right)^2 \right] \quad (21.12)$$

K_1 värtska värtska

$$\Gamma = \frac{\text{massflöde}}{\text{meter tvärslit}} = \frac{m}{B} = g \int_0^s v_x dy =$$

$$= g K_1 \int_0^s \frac{s^2}{\mu} \left[\frac{y}{s^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{s} \right)^2 \right] dy =$$

$$= g K_1 s^2 \left(\frac{s^2}{2\mu} - 0 - \frac{1}{2} \frac{s^3}{3\mu^2} \right) = g K_1 \frac{s^3}{3\mu} \quad (21.13)$$

"Värmebalans"

Bortfört varme genom väggen = det som behövs för kondenstningen.

$$\boxed{\frac{q}{B' dx} = k \cdot \frac{dT}{dy} \Big|_{\text{vid väggen}}}$$

$$\approx \frac{k \cdot (T_{ext} - T_w)}{\delta}$$

antaq att
temp-profilen genom
filmens är linjär,

$$\frac{q}{BAx} = h_{fg} \frac{d\Gamma}{dx}$$

+

önybildningsvarme

$$\frac{d\Gamma}{dx} = \frac{d\Gamma}{dS} \cdot \frac{dS}{dx}, \quad \frac{d\Gamma}{dS} = \beta k_1 S^2$$

Vi hade uträknat för
 Γ , derivat!

$$d\Gamma = \frac{K(T_{sat}-T_w)}{Sh_{fg}} dx = \beta k_1 S^2 dS,$$

integra från $x=0 \rightarrow x=x$ ($S=0 \rightarrow S=S$)

$$\int_0^S S^2 dS = \frac{K(T_{sat}-T_w)}{\beta k_1 h_{fg}} \int_0^x dx$$

$$\Rightarrow S = \left[\frac{4K(T_{sat}-T_w)}{\beta k_1 h_{fg}} \right]^{1/4} x^{1/4}$$

Vad blir då h känd?

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow h = \frac{q}{A(T_{sat}-T_w)} = \frac{q}{S} = \frac{K}{k_2} x^{-1/4}$$



medeltal

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h(x) dx = \frac{1}{L} \int_0^L \frac{K}{K_2} \times \frac{1}{4} K_2 dx = \frac{4}{3} \frac{K}{K_2} \frac{L}{L} = \frac{4}{3} K$$

$$\Rightarrow (21-20) \frac{4}{3(4^{1/4})} = 0,943$$

Förutsättningar:

- konstant väggt temperatur
- ingen underkylning av kondensatet
- inga tryck, koncentrations och temp grader i ångfaser (rent omne)
- försumbar öngestignhet (ingen impuls),

$$G_c = \frac{\text{kondensatflöde}}{\text{film bredd}} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}} \right] = \frac{\dot{m}}{n D \delta}$$

$$\text{massflöde per tvärsnittsarea } G_c = \frac{F_c}{\delta}$$

Reynolds tal

$$Re = \frac{v d_n}{\nu} = \frac{G_c d_n}{\mu_L} = \frac{4 F_c}{\mu_L}$$

Film kondensation:

$$\begin{aligned} q &= h A (T_{sat} - T_w) = h L \rho D_t (T_{sat} - T_w) = \\ &= \Delta h_{fg} \rho D_t \end{aligned}$$

Kolla mer på filmkondensationsekvationer.

Fortsättning av beräkning:

Hur för vi in för horisontell tub?

Låt $k_1 = k_3 \sin\theta$

$$F = Sk_3 \sin\theta \frac{S^3}{3} \quad S = \left(\frac{3F}{Sk_3 \sin\theta} \right)^{1/3}$$

$$dR = \frac{k(t_{sat}-t_w)}{(3R)^{1/3} h_{fg}} (Sk_3 \sin\theta)^{1/3} R d\theta$$

Integration ger... (21-25)

Kondensation

Film kondensation:

- kontinuerlig kondensatfilm på värmeljuten.

Drops kondensation:

- växande kondensatdroppar som glider över värmeljuten.

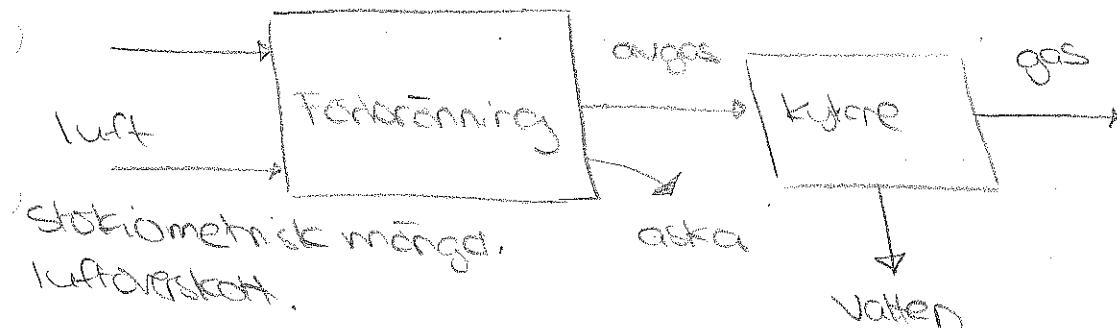
27/3-12 föreläsning 7 ETM L.V

Förbrinningslåra kap. 4



luft $5 \cdot \frac{79}{21} N_2$ $\frac{8}{21} N_2$ kvarer deltar ej i reaktionen

bränsle



Vad innehåller bränslet?
Kvalitet?

Teknisk förbrinningslåra

Bränslekunskap
Varmeväärde
massabalanser
energibalanser.

Definition av förbränning: En stark exoterm och relativt snabb reaktion mellan en oxidator substans...

Bränslets kvalitet

- varmevärdet hos den bränsliga substansen.
- fullhåll
- askhåll

Bränsletyper

fasta - kol ..

flytande - dia ..

gaskrämiga - gasen

Fasta bränslen

* Kol

- antracit
- bituminos
- torvkol (låg kolhalt)

kot-hall

* Trädbränslen

- ved
 - färs
 - bark
 - pellets
- olika fuktigheter.

Flytande bränslen

* petroleumbränslen

- bensin
- diesel/dia
- eldningsolja (E015), bunker C

* Motoralkoholer

- etanol
- metanol

* Avtutar

- sulfatbut, $\text{C}_3\text{H}_7\text{SO}_3^-$

Gasformiga bränslen

* petroleumbränslen

- naturgas
- raffinaderigas
- kondensatpetroleumgas ("gasol")

* Pyrolysgas

- kolgas (stadsgas)
- oljegas
- frödags
- lutgas

* Biogas

- rotgas
- deponi/sumpgas

Produkter "direkt" ur råolja "krackning"

Raffinaderigas

Destillat

Aterstod

→ bensin
→ gasell
→ fotogen

Bränslecomposition baserad på analys.

- halt av bränbara substanser, oskildbara substanser och funkt. grupper
- halt av flytlig komponent och aterstod vid torrdestillation.
- halten av otannade halt av komponenter,

Värmevärde Definition: En typ av reaktionsenthalpi för förbränningssättningar.

Typer av värmevärdet:

Kalorimetrisk (H_f)

- förbränning i kalorimeter
- kylning till 25°C \Rightarrow vattenörga koldioxiddr

Effektivt (H_f)

- förbränning i tekniska anläggningar
- kylning till temperatur öres duggpunkt

Effektivt värmevärde

Bränsletyp

en komponent/enkel
bränning av kemi

odel. kompl. bränning

Kompl. faste struktur

$\text{J}/\text{kg}/\text{K}^2$

D.R.D s. 25-26

D.R.D s. 23, 25-26

formel 2

D.R.D s. 22

25 (romvärde)

formel sid 21

formel 2

(ur elementtafel)

Värmevärde ur elementanalys:

Kom. ekv. 2

$$H_i = 34C + 12O + 6S + 19S - 100 - 2,5F$$

Theoretisk och veriktig förbränning

Theoretisk förbränning defineras så att syrenheten i förbränningsluftet är en standardvärde.

Annas är veriktig förbränning

Specifika avgas- och luftmängder samt värter i avgas.

l luft [$\text{Nm}^3/\text{kg bränsle}$]

g avgas [--]

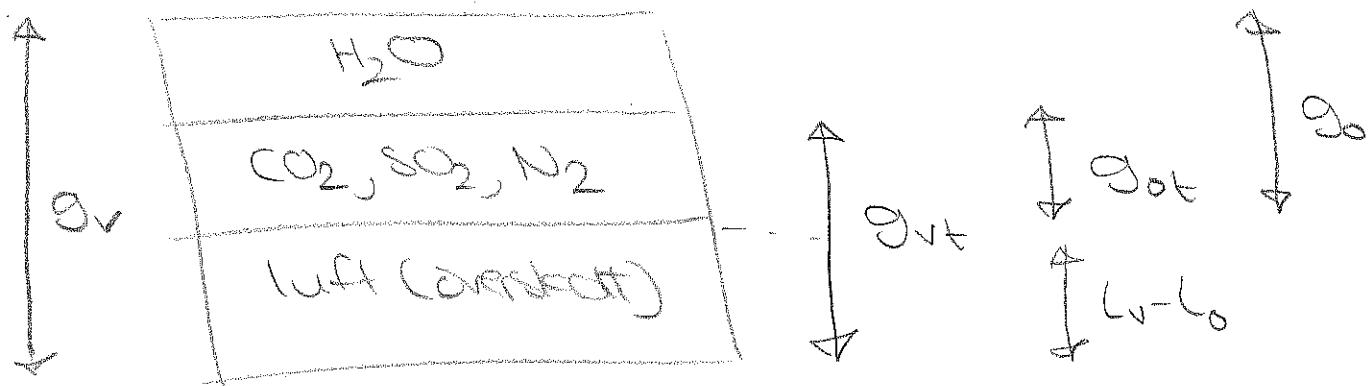
index:

{
o - teoretisk förbränning
t - torka gaser (utan H_2O)
v - veriktig förbränning (utan luftöverstötf)



Avgaser

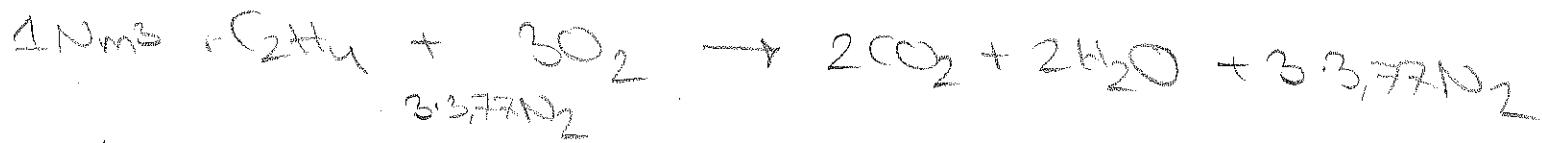
Kan inag bilde m.m.



Massbalanser vid förarening visar här koncentrationer uträknat mm.

Metod 1: halt av ingående komponenter kända

Exempel Eten (dels uten, dels med $\frac{1}{3}$ luftrestkatt)



$$1 \text{ kmol} \Rightarrow 22,7 \text{ Nm}^3$$

$$l_v = l_o = 3 + 3,77 = 6,77 \text{ Nm}^3 \text{ luft}$$

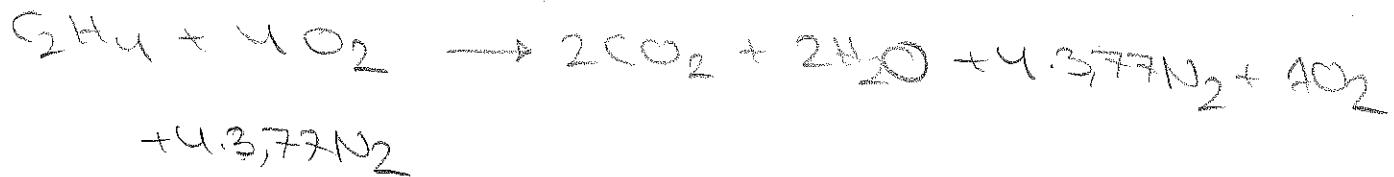
plus EtOH

$$g_v = g_o = 2 + 2 + 3,77 \cdot 3 = 15,3$$

$$g_t = g_o = 15,3 - 2 = 13,3 \quad (\text{minus vatten})$$

$\frac{1}{3}$ luftrestkatt

andra timmen



$$g_V \neq g_0$$

(#3)!

$$g_V = 2 + 2 + 4,377 + 1 = 20,1$$

$$g_T = 20,1 - 2 = 18,1$$

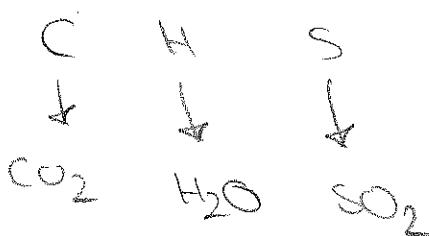
$$L_V = 4 + 4,377 = 19,1$$

Metod 2: Halten av viktigere atomslag kons.

* Fritt eller bundet syre i bränslet?

Vi antar att det reagerar med kol eller vete,

till CO_2 eller H_2O



Exempel

Stenkol: 92% C, 3,75% H, 3,1% O vikt%

40% luftomsättning

Metodi: utgå från 1 kg bränsle.

räkna först ut bidraget från 1 kg C, 1 kg H och 1 kg O, vikta sedan ihop.

1 kg C



$$\frac{22,7}{M_C} \quad \frac{22,7 \cdot 3,77}{M_C} \quad \frac{22,7}{M_C} \quad \frac{22,7 \cdot 3,77}{M_C} \quad (\text{ i } Nm^3)$$

$$l_0 = \frac{4,77 \cdot 22,7}{12} = 9,02 \frac{Nm^3}{kg \cdot C} \quad g_0 = 9,02 \frac{Nm^3}{kg \cdot C}$$

$$(l_0)_C = 0,92 \cdot 9,02 = 8,30 \frac{Nm^3}{kg} \\ (g_0)_C = 8,30 \frac{Nm^3}{kg}$$

1 kg H



räkna för sammansatt summa för C

$$\Rightarrow (l_0)_H = 0,035 \left(\frac{(1+3,77)22,7}{M_H} \right), t_0 = 6,05 \text{ Nm}$$

$$(g_0)_H = 1,14 \text{ Nm}$$

Hur ska vi tänka för O_2 ?

"ersättande" luft, dvs. $O_2 + 3,77 N_2$

1 kg O

* $\frac{(1+3,77) \cdot 22,7}{1} = 3,38 \frac{\text{Nm}^3 \text{ luft}}{\text{kg O}}$

därför?

* avgas: $\frac{3,77 \cdot 22,7}{15} = 2,67 \frac{\text{Nm}^3 \text{ avgas}}{\text{kg O}} \quad \text{"specif!"}$

$$(l_o)_o = 0,031 \cdot (-3,38) = -0,10 \text{ Nm}^3$$

$$(g_o)_o = 0,031 \cdot (-2,67) = -0,08 \text{ Nm}^3$$

$$\boxed{l_o = (l_o)_c + (l_o)_N + (l_o)_o = 8,3 + 9,95 - 0,1 = 9,15 \text{ Nm}^3}$$

$$w = m \cdot l_o = 1,4 \cdot 9,15 = 12,81 \text{ Nm}^3$$

+

$$\text{Luftfaktor } m = \frac{3}{5}$$

$$\boxed{w - l_o = 3,65 \text{ Nm}^3}$$

$$g_o = \sum_i g_{oi} = 9,36 \text{ Nm}^3$$

$$g_l = 9,36 + (w - l_o) = 13,02$$

overstyrkelse

Aktionskraft

$$= w - b_0 =$$

Aktionsfaktor

$$m = \frac{w}{b_0} = 1 + \frac{(w - b_0)}{b_0}$$

Aktionskraft och CO₂-halt

CO₂-mängden är konstant, vilket ger

$$\Rightarrow \frac{(CO_2)_{ot}}{(CO_2)_t} = \frac{g_{vt}}{g_{ot}}$$

$$m = 1 + \underbrace{(m-1)}$$

Kolla formel 5a)

$$\frac{g_{vt}}{g_{ot}}$$

$$\underbrace{\frac{g_{vt}}{g_{ot}}}_{b_0}$$

$$\frac{g_{ot}}{b_0} \left(\frac{g_{vt}}{g_{ot}} - 1 \right)$$

$$\frac{(CO_2)_{ot}}{(CO_2)_t}$$

Vattenöring i suggen, vattenöring i affären kan
komma från tre olika källor

o) körrets innerell o. vätske

o) fukt

o) vattenöring i förbränningstiden (försämrar ofta)

$$g_{to} = g_{v} - g_{w}$$

Koldioxid i ørger

Koldioxidemissioner pr sentaksjon

- flode $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$, $\frac{\text{Nm}^3}{\text{s}}$
- spesifikt mengd m_{CO_2}

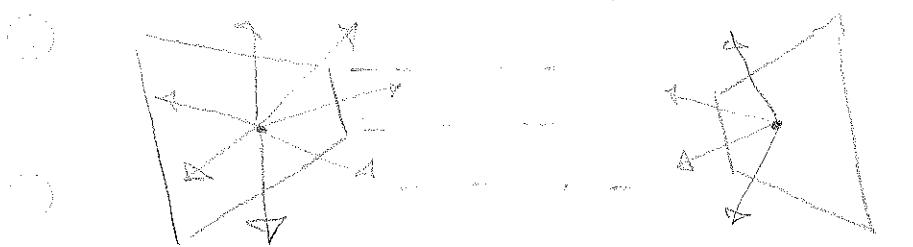
29/4-12 föreläsning 8 ETM LV

Löe!

Värmeöverföring strålning kap. 23

termisk strålning

2 plattor



skillnad mot konvektiv värmeöverföring:

- 1) Inget "medium" behövs (kan snarare vara ett hinder)
- 2) beror köde på temp-skilnad och temperaturnivåer.

samband

$$C = \lambda \cdot \nu$$

frekvens
våglängd
ljus hastighet

- * Kort våglängd \rightarrow hög energi gamma och rentgen gör igenom föremål
- * långa våglängder \rightarrow låg energi radiovaggar

Suntligt ljus

$$\lambda < 0,76$$

Värmestrålning definition:

vägrörelseenergi (elektromagnetisk) från en godtycklig källa. energin utbreder sig med ljusets hastighet.

* Hur mycket av strålningen når fram från A1 till A₂? "geometri"

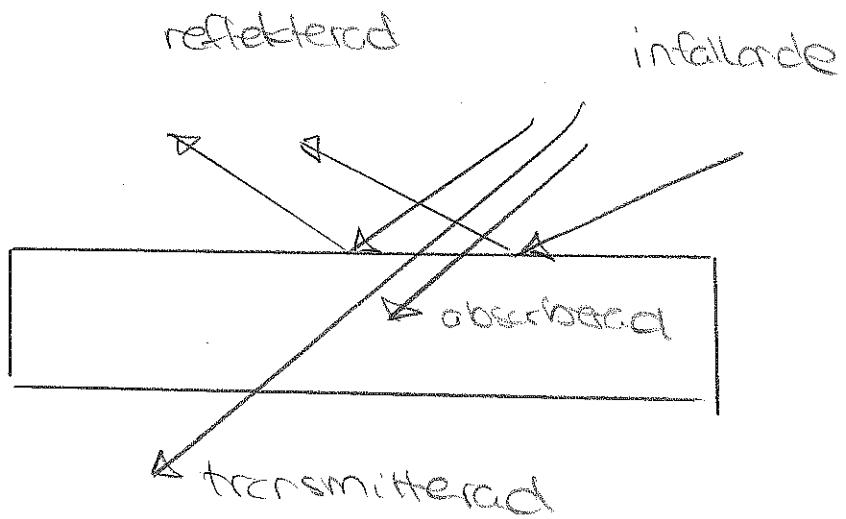
- Hur mycket har ströks ut från A₂?
- Hur mycket tas upp i A₂?
- Hur mycket ströks ut igen?

Teori för värmestrålning

⇒ Matematisk modell

Värmestrålning

Vägoch sde:



Definitioner:

- Totalt utstrålat (emitterat) effekt per ytenhet (E) W/m^2 (alla våglängder)
- Totalt utstrålat effekt per ytenhet för en svart kropp (E_0) W/m^2
(alla våglängder)

Reflekterad : andel ς

Absorberad : andel ϑ

Transmitterad : andel χ

$$\varsigma + \vartheta + \chi = 1$$

ögonomstintlig: $\rightarrow \chi = 0$

allt absorberas: $\vartheta = 1$

\Rightarrow svart kropp - black body

E-totalt angiven effekt genom strålning från en yta i alla riktningar och för alla veggängar per ytenhet $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

TEORI

Planck -

$$E_b = \sigma \cdot T^4$$

$$\text{där } \sigma = 5,676 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

+
svart kropp

Stefan Boltzmanns
Konstant.

$$E = \epsilon E_b$$

+

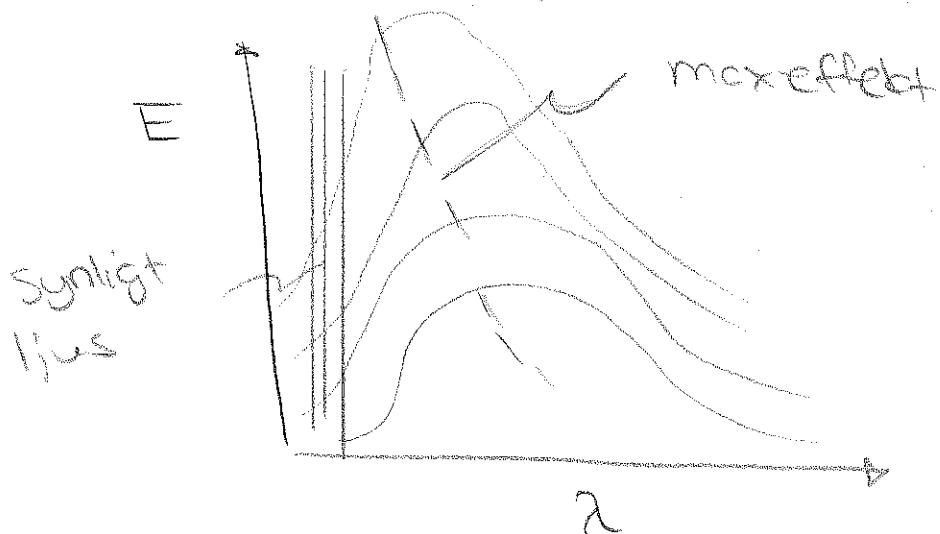
emissivitet (faktor)

Absorptions (α) $\alpha = \epsilon$ (Kirchhoffs lag) OBS!

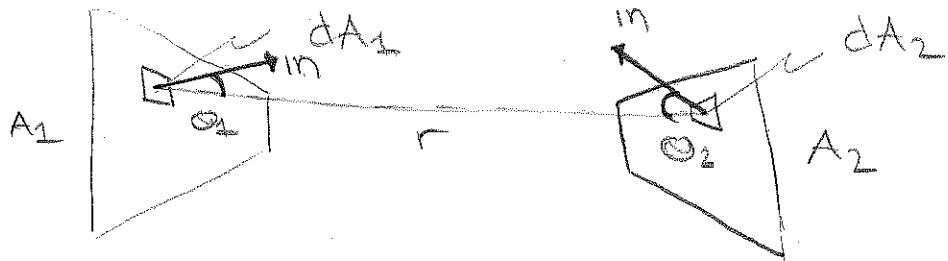
Reflektions (β) $\beta = 1 - \epsilon$ för ogenomskinliga kroppar,

GOD APPROXIMATION!

Svartkopp strålning som funktion av veggäng och temperatur:



GEOMETRI



OBS! Utan här en normalvektor! vinkeln blir Θ_1 resp Θ_2 !

$$d\sigma_{1 \rightarrow 2} = I_b \cdot \cos\Theta_1 \cdot d\Omega_{12} dA_1 = \quad (1)$$

intensitet

$$\frac{E_{b2}}{\pi}$$

π

$$\downarrow$$

$$\cos\Theta_2 \frac{dA_2}{r^2}$$

$$= E_{b1} dA_1 \left\{ \frac{\cos\Theta_1 \cos\Theta_2}{\pi r^2} dA_2 \right\}$$

$$d\sigma_{1 \rightarrow 2} = E_{b1} dA_1 \left\{ \frac{\cos\Theta_1 \cos\Theta_2}{\pi r^2} dA_2 \right\}$$

$$- E_{b2} dA_2 \left\{ \dots dA_1 \right\}$$

$$= (E_{b1} - E_{b2}) \frac{\cos\Theta_1 \cos\Theta_2}{\pi r^2} dA_1 dA_2$$

Integration ger:

$$\Phi_{1 \rightarrow 2} = (E_{b1} - E_{b2}) A_1 \left[\frac{1}{A_2} \iint_{A_2} \frac{\cos\Theta_1 \cos\Theta_2}{\pi r^2} dA_2 \right]$$

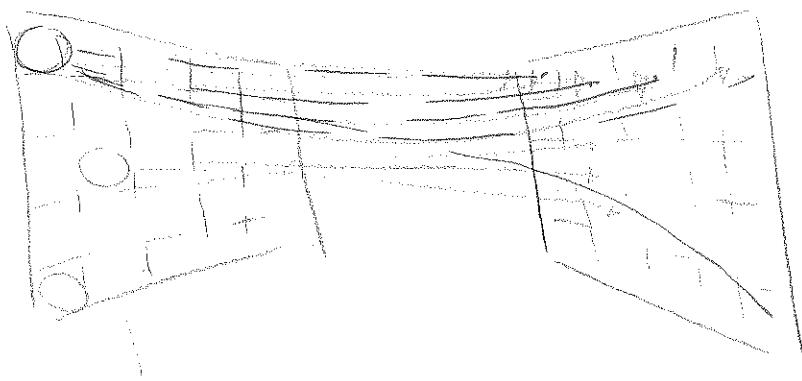
Sikt faktor! F_{12}

OBST.

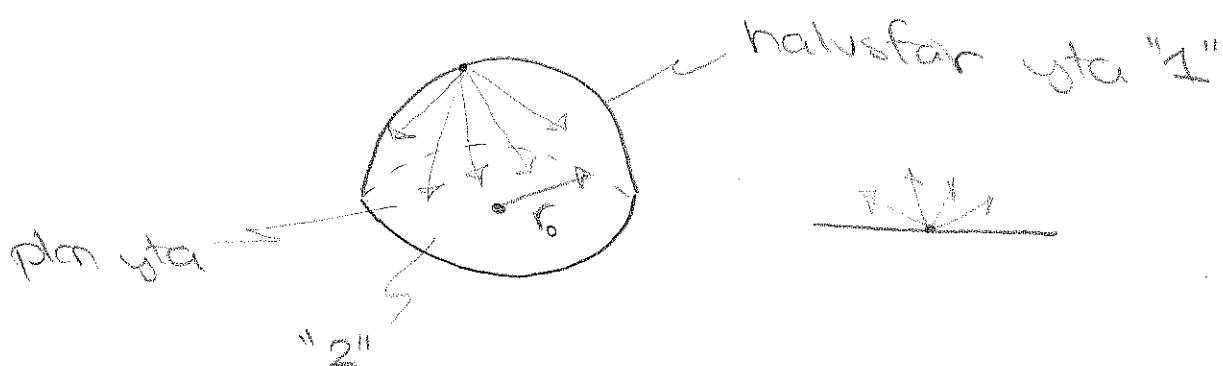
$$d_{g_1 \rightarrow 2} = d_{g_1 \rightarrow 2} - d_{g_2 \rightarrow 1} \quad \text{netto strömning}$$

andra timmen

$$\left. \begin{array}{l} A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \\ \text{reciprocitet!} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{VIKTIGT!} \\ \text{siktfaktor } F_{21} \end{array}$$



Exempel 1



$$\left\{ \begin{array}{l} F_{21} = 1 \\ F_{12} = ? \quad (\text{reciprocitet!}) \\ F_{11} = ? \quad (\text{slutet uttrymme}) \end{array} \right. \quad F_{11} + F_{12} = 1$$

$$F_{22} = \frac{A_2}{A_1} F_{21} = \frac{\frac{\pi r_0^2}{2Rr_0^2}}{2Rr_0^2} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore F_{22} = \frac{1}{2}$$

Slutet utgymme $\Rightarrow F_{11} + F_{12} = 1$

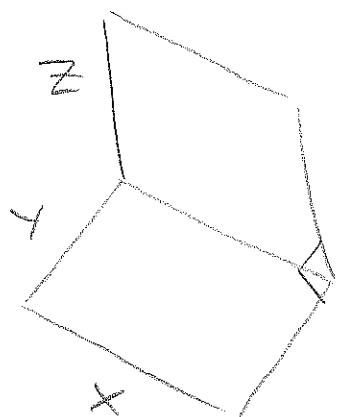
$$\Rightarrow F_{11} = \frac{1}{2}$$

Närmesträffning mellan två svarta ytor
som ser varandra (23-13)

$$q_{1+2} = (E_{b1} - E_b) A_1 F_{12}$$

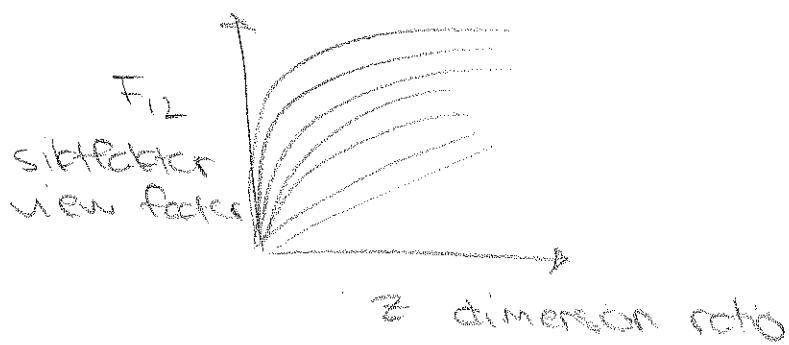
$$E_b = \sigma T^4$$

* siktfaktor!



$$F_{12} = f\left(\frac{Y}{X}, \frac{Z}{X}\right)$$

siktfaktordiagram fig 23.13



INNESLUTNING

siktfaktordiagram för inneslutning

?

$$\sum_{j=1}^n F_{ij} = 1 \quad (\text{inneslutning bort})$$

$$A_i F_{ij} = A_j F_{ji} \quad (\text{eller alltid})$$

Värmeöverföring mellan sista yta i
en inneslutning

$$q_{1-\text{others}} = \sum_{i=1}^n q_{1i} = \sum_{i=1}^n (E_{bi} - E_b) A_1 F_{1i}$$

Nettovärmeöverföring för en grå responsivlig yta

$$J = \epsilon G + \epsilon E_b \quad \leftarrow \text{fig 23.8}$$

(23-27/28/29)

$$\frac{q_{\text{net}}}{A} = J - G \quad \text{eller} \quad \epsilon = 1 - \frac{G}{J}$$

$$\frac{q_{\text{net}}}{A} = \epsilon E_b (1 - \frac{G}{J}) \quad \frac{\epsilon}{1-\epsilon} (E_b - J)$$

G = infallance strömning

(#)

$J = \text{det som lämnar ytan}$

viktigt!

- Nettovärmeutströmning för en yta (i) i en inslutning med godtyckligt antal ytor
Från (23-30)

$$\frac{q_i}{A_i} = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_i - \epsilon_b} (E_{bi} - J_i) = J_i - G_i \quad (23-32)$$

Strömningsbalkas

$$A_i G_i = \sum_{j=1}^n A_j F_{ij} \quad (23-33)$$

$$\begin{aligned} A_i G_i &= (\text{summen av det som lämnar från andra ytor}) \\ &= \sum_{j=1}^n J_j A_j F_{ji} = (\text{reciprocitet}) = \\ &= A_i \sum_{j=1}^n J_j F_{ij} \end{aligned}$$

$$q_i = A_i (J_i - \sum_{j=1}^n J_j F_{ij}) = \frac{A_i \epsilon_i}{1 - \epsilon_i} (E_{bi} - J_i)$$

$$J_i = \sum_{j=1}^n J_j F_{ij} = \frac{q_i}{A_i}$$

$$\begin{aligned} J_1 - F_{11}J_1 - F_{12}J_2 - \dots &= \frac{q_1}{A_1} \\ -F_{21}J_1 + (J_2 - F_{22}J_2) + \dots &= \frac{q_2}{A_2} \end{aligned}$$

Ställ upp \Rightarrow matrisform

Nettovärmeenerfaring för en vektor i en investering med ett godtyckligt antal vektorer.

$$J_i(1-F_{ii}) - \sum_{j \neq i} F_{ij}J_j = \frac{q_i}{A_i} \quad (2382)$$

eller

$$(1 - F_{ii} + \frac{e_i}{1-e_i})J_i - \sum_{j \neq i} F_{ij}J_j = \frac{e_i}{1-e_i} E_i \quad (2383)$$

n vektorer

$$E_i = ST_i^{-1}$$

Grundläggande ekvationer för en investering i matrisform.

$$[A][J] = [B] \quad (*)!$$

$[A]$ är koefficientmatris

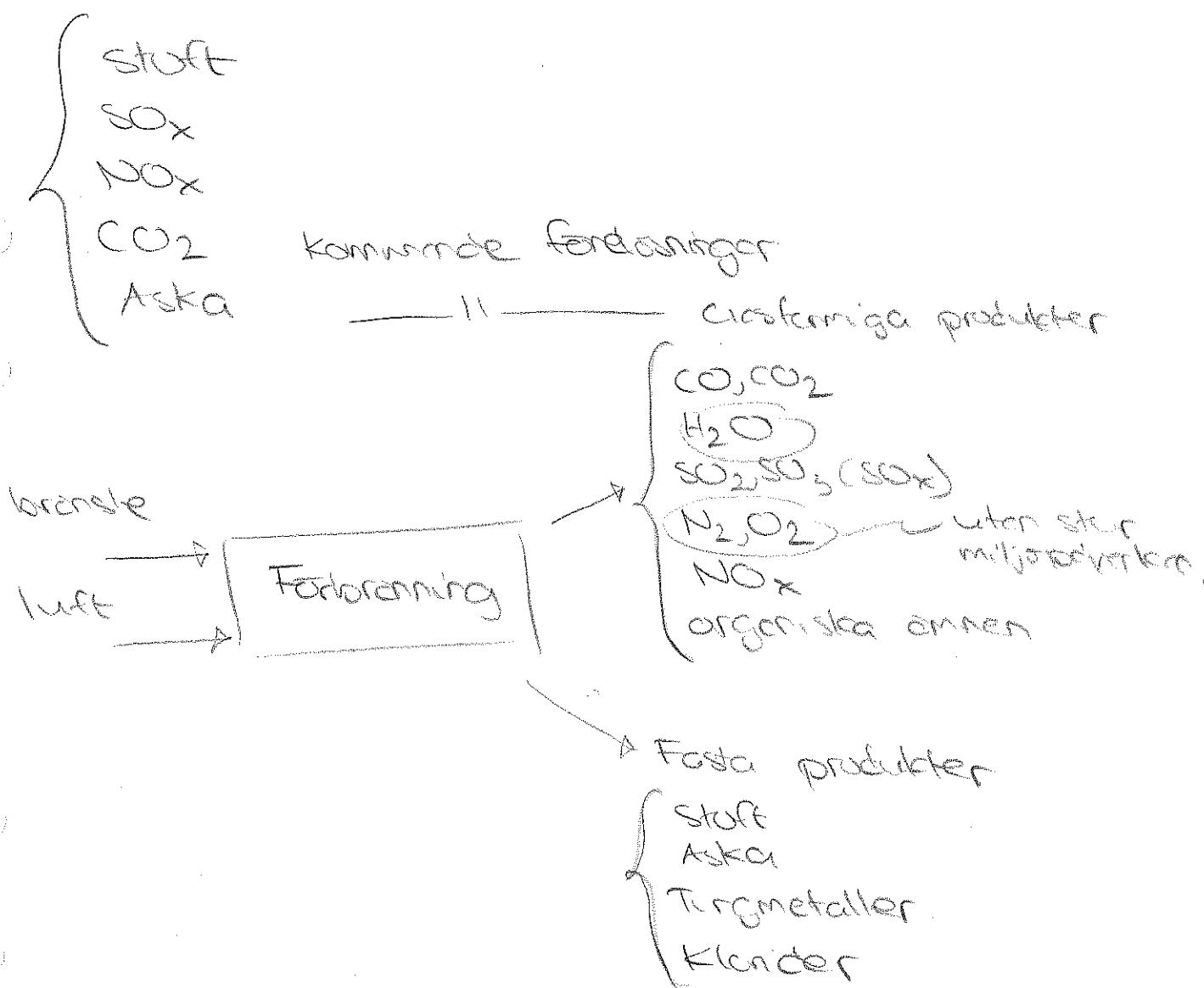
$[J]$ = skänd vektor

$[B]$ är känd vektor lösnings

$$[J] = [A]^{-1}[B]$$

24/4-12 föreläsning 9 LV ETM

Reducering av Emissioner, en metodoversikt



Syrmedel för minskning

- Sörel: 30 kg/kg.S i brennstoff
- NO_x-avgift: 60 kg/kg.NO_x

Nollsummesystem - öter fels per MW
levererad energi

- CO₂ - skatt
- Energi
bensin 365/L olja diesel osv...

- Skatter utgör 2,2% av BNP totalt 73 Mdkr 9,3% av statens intäkter.
 - Utvecklingsrettheter: värst c:a. 2,6 Mdkr örliger.
-

Stoftavskiljning (exempel Island, vulkan, stoft)

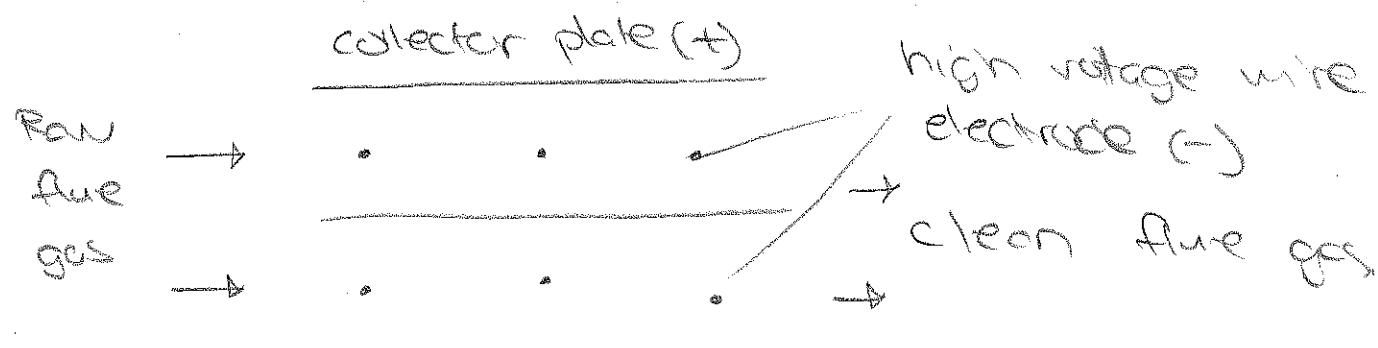
Metoder för stoftavskiljning:

- a) Cyklon
- b) Skubber (Vätskaskiljning)
- c) Elektrofilter
- d) Spärrfilter (textilfilter)

SE FIGUR!

OBS! diskutera röckslag!

ELEKTROFILTER



STOFFAUSKILJNING : EFFEKTIVITET

- Cylkoner: ødelægger partikler over 25 µm men bører 40% under 5 µm
- Elektrostatiske filter: 99,5% av partikler over 10 µm, 90% under 5 µm
- Spærfilter: over 99,5% av den smørpunktikl.

SNAVELDIOXIDER (SO_x)



Problemet: færing af mørk øen vetter.

METHODER FOR MINSKNING AV SO_x-UTSLÅRSP

- anvende brenstof med relativt lav svovelsalt
- anvende brenstof (dje og kol) da svovel har autogenhet.
- øvsænke brenstof på plads
- øvsænke røkgaserne.

CFB - cirkulerande fluiserande bödd.

Reaktioner vid svavelrenning

- Absorbent CaCO_3 (kalksten) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO
- Mekanism STEG 1: Dissociering (endoterm)



mekanism STEG 2: Absorption



- SO_2 reducering > 90% (vid rostredning 50-70%).
- Optimat. Ca färdihållande 1,6-2.

Vätskrubbing av rötgaser (icke-regenerativ)

- Kalltödning i vätskeform
- Rötgasen fuktig \Rightarrow problem med korrasion
- processen klar nära svavelhalter
 - kostar kalk in sann ut (inte bra)
 - endel bra renrig

Vät rökgassavsnittning med gips biprodukt (regenerativ)

• vi får ut kugg-gips (gypsum)

OBS! vät process (fär med vatten i rökgasserna)

vill ha torra avgaser!

Vät-torr rökgassavsnittning (direkt-regenerativ)

Cintusiv partikulering

Fördelar: torra restprodukter (lättare att hantera)
lägre investeringskostnader

Lämpligast för låg- och medeldrakiga kol

Nackdelar: ?

Kommentar: hantering av restprodukter efter
avsnittning är ofta problematisk
(stora volymer) användlig för
förbränning är oft felenda! #(#)

- 900 MW kolkraftsanläggning: kol med 2,7% S
- Kolförbrukning: 276,5 ton/h
- Kalkstenförbrukning: 82,7 ton/h
- Gipsproduktion: 201,5 ton/h

(SO₂ utsläppskvar enligt US miljölogistiken)

Kvarexider NO_x

Smog: (bild L.A)

- Vanlig sammansättning: 80% NO + 20% NO₂
- Bildas i kugget i brenslet och i färbrenningsluften
- Problem: försurning, övergödning, ozonbildung, vegetationsskador, helsefårligt, korrosiv
- Lösningar:
 - välj bränsle med lågt kvareinnehåll
 - styr färbrenning (minsta åtgärder)
 - Röra rökgaserna (sekundär =+)

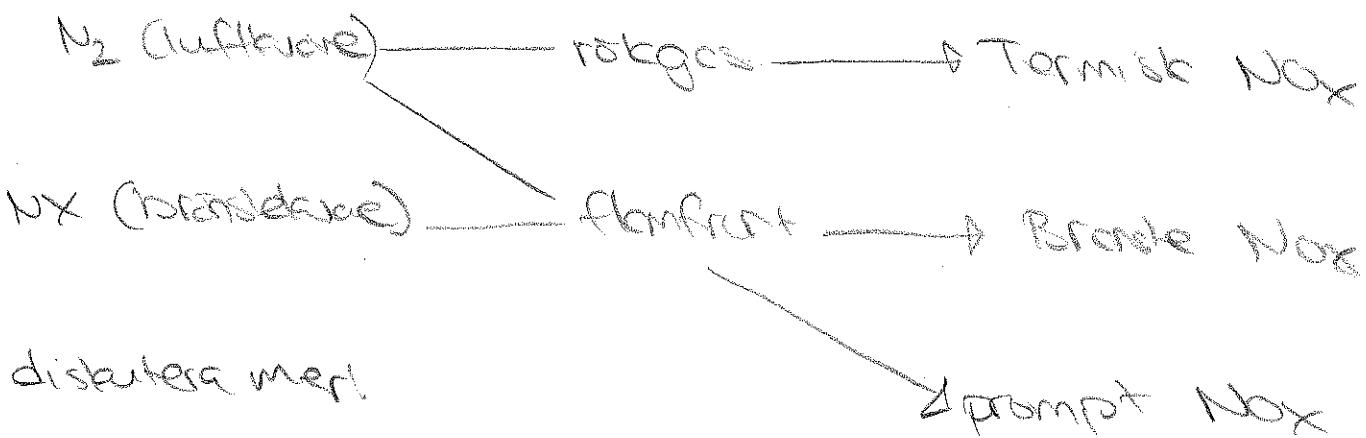
andra timmen

NO_x - bildningsmekanismer

källor

Reaktionsmedium

NO_x-bildnings-
mekanism



Termisk NO_x-bildning (Zeldousit)



- hög bildningsmöjlighet för N₂

- Termisk NO_x-bildning startar medeltemperatur och temperaturberörande

- sker i effektionszonen med neg + G-koeff och litet O₂-överflöd
- Låg hastighet jämfört med bränsle-NO_x-bildning

Prompt NO_x

- "Mekanism": Luftens kvarre reagerar med bränsleradikaler
- Karaktäriseras av:
 - litet reducerande atmosfär (bränslet kan inte oxidas optimalt) vilket ofta innebär lägre temperaturer
 - Korta tider (radikaler är kortsiktiga)
- Måste viktiga ifr. termisk NO_x eller bränsle-NO_x.

Bränsle- NO_x bildas lettare än kemisk NO_x
pga. svagare C-N- och H-N-binding
jämfört med N-N binding i luft- N_2

Primära ötgörder för att reducera NO_x -emissioner

- val av beroftigt bränsle
- Förbränningstekniska ötgörder för att kontrollera:
 - förbränningstemperatur
 - upphöjningshöjd för den mett-zonen
 - syrets delatelse i förbrinningszonen

se slides för Förbränningstekniska ötgörder för minskad NO_x -bildning i stora motorer.



Lög- NO_x bromare: STEAMIS luft i bromare,
vontigt vid koldeldning!

* Sekundära ötgörder för att reducera
 NO_x -emissioner (taggsvärning)

Itagning: SCR (selektiv katalytisk reduktion)
SNCR (selektiv icke-katalytisk reduktion)

OBS!

Selektiv katalytisk NO_x-reduktion SCR

(SNCR + SCR)



Katalysator, ex: 1,5% V₂O₅ + 9% WO₃ on TiO₂

SCR-Temperatur: 300-400°C

SNCR-Temperatur: ca 900°C (SNCR+SCR)

1000°C (SCR)

SCR - EFFEKTIVITET OCH PROBLEM

- NO_x minskning: over 90% (bättre än SNCR)
- Väletablerad teknik MEN dyrt
(investering och drift i flt. SNCR)
- Kort livslängd för katalysator
(kan förgiftas eller bli igenväxt)

4/5-12 föreläsning II. ETM

Framtida energitekniker

Thore Berntsson

Energisystemet (el, värme och transportsystem)

Stör ömtänkande inför tre långsiktiga utmaningar

- i) Ressurssorgen
- ii) Energisystemet
- iii) Klimat påverkan

Vidare, beteende

- Använda mindre energi - effektivisering 40%
- Förydelsebara energikällor - snarlig förydelsebut 40%
- CCS - Carbon Capture and Storage 20%
"afslar ner CO₂"

Nya tekniker för energieffektivisering

	solfärggr	värme	Industri	bioenergi	transport
solceller	X				
vindkraft	X	X			
biobränsle					X
Artificiell lära					
vägvärmekraft					

OBS! Kolla slides!

CO₂-utsläpp

Eproduktion 30-35% största problemet!

Industri 18%

Transport

bryggcider

kottproduktion ~ 18%

∴ vindkraft och solceller! Total el: 150 Twh

Vindkraft: 6 Twh → 30 Twh (2030)

Solceller: 0 Twh → ? → (2030)

vöxthuseffekten.

mångd koldioxid i atmosfären.

Strategier för att minska CO₂-utsläppen

- Lifestyle changes
- Efficiency measures

Koncentrationen av de tre viktigaste växthusgaserna
CO₂:
metan:
koldioxider: } alla har ökat

CO₂-utsläpp per capita

USA

Canada, Nya Zeeland.

se sidan!

Vad kan hänta vid en global upphöjning?

- ① - Sea level rise
- precipitation
- ② - Väderrelaterade dödsfall, infektioner, mårnässpridning
- Anvärldningen förändras, beroende av klimatförändringar
- Skogens sammansättning, geografisk förändring
skogens halsa
- Vattentillgänglig vatten-tillförsel
- Erosion av stränder, kuststräckor vattenfria
- Fåbräde växt och djur ofta

Transport: Effektivisering

effektiva motorer

mindre omvälvning

alternativa drivmedel

el, hybrid, etanol, metanol, OMV, syntetisk diesel

Nederbörden på jorden har förändrats.

Temperaturerna

För en energibillforsel och avväntning i Sverige.

Trender i utsläpp av koldioxid i Sverige.

Sektorer har en förenklad systemprincip

för DC-el AC-el väme $\approx 100^\circ\text{C}$

SHARP-G810

Exempel elvarmeanläggning i Kungsholm.

10000 m² - 6 MW_{th} \approx 2000 sotar årligen

Exempel hus utan värmsystem i Lindöö

Solar systems i EU-15* $\approx 1000 \text{ MW}_{th}$ - 2003
Cneste i centrala Europa

andra timmen

Brensekällor:

Väte H₂

syre O₂

⊖

O_2 - elektrolyt
H⁺

⊕

elektricitet

Vindkraft

Max potential i Sverige ~7-10 TWh

Biotränsle

Energiskog - stor potential men globalt begränsat av marknaden för mätrörelsen.

Användning av biotränsle i Sverige

TWh/år

småhus	12
skogsindustri	55
övrig industri	1
värme- och kraftförsörjning	32

Uttvärge potential från skogsindustri: 100 TWh

Energiskog: 5-10 TWh

CO₂ Capture, Transport & Storage (CTS)

- Refinery with pure CO₂-stream
- Injection/production-installation
- Powershot with CO₂-membrane separator
- Main transport pipeline
- Injection/production platform
- on/off-shore storage

SMART-GEVO = solcells (wind/soil) mes in i
systemet!

Biobransleforgning

Liquefaction → gasification ($H_2O + C$)

→ pyrolysis → combustion
(upshettning) oxidation (converting
energy into heat)

Fluidized-bed gasification Technology

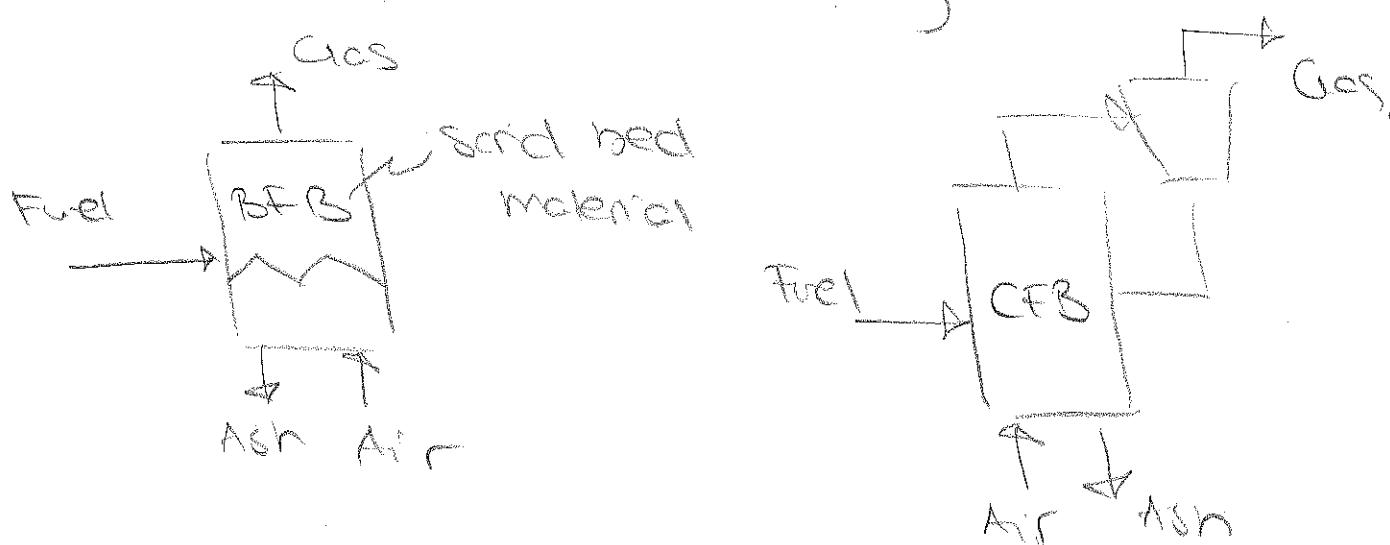
modernt

läger plants

clean syrges

BF-BG (bubbling fluidized-bed)

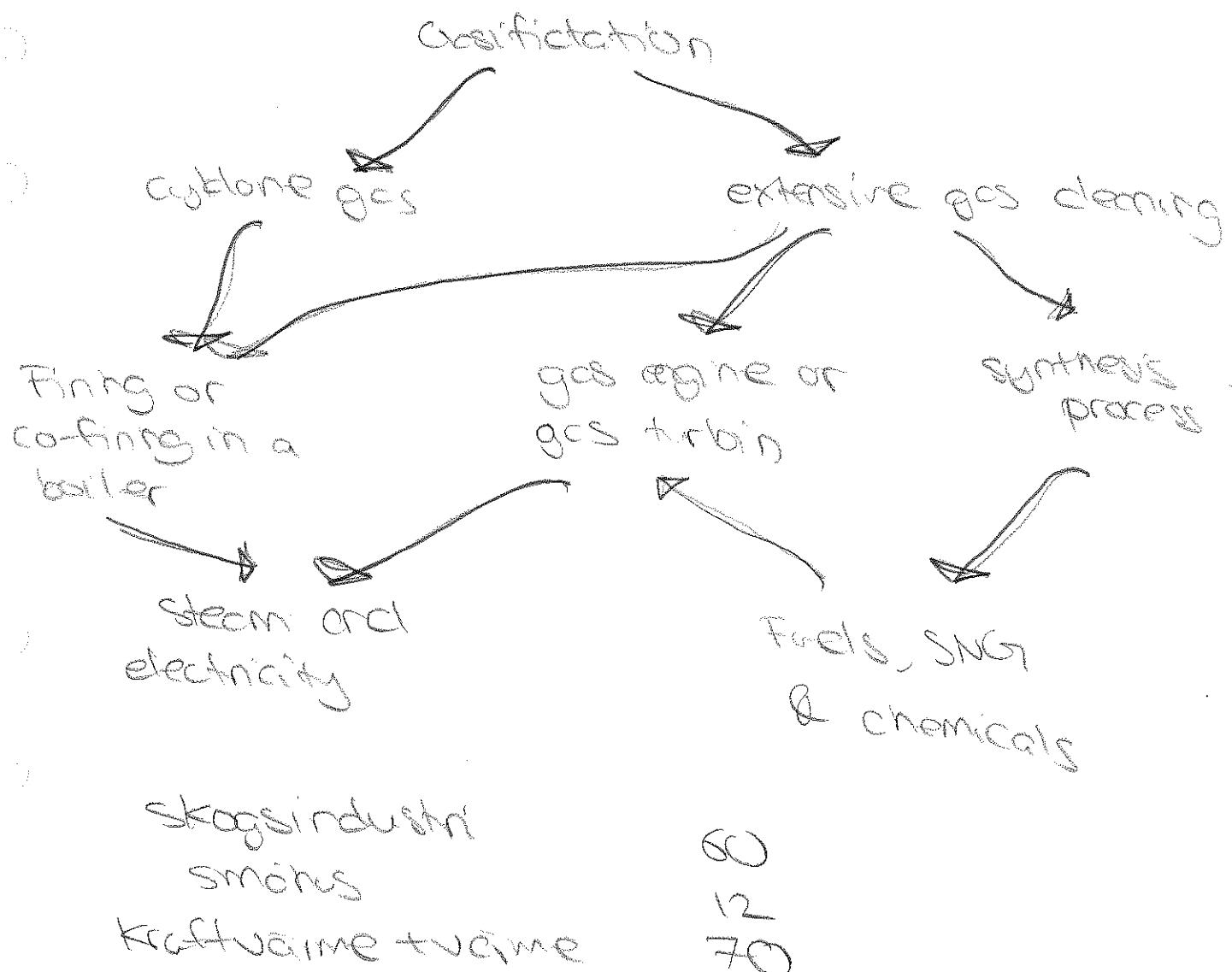
CFB (circulation -)



Biomasse

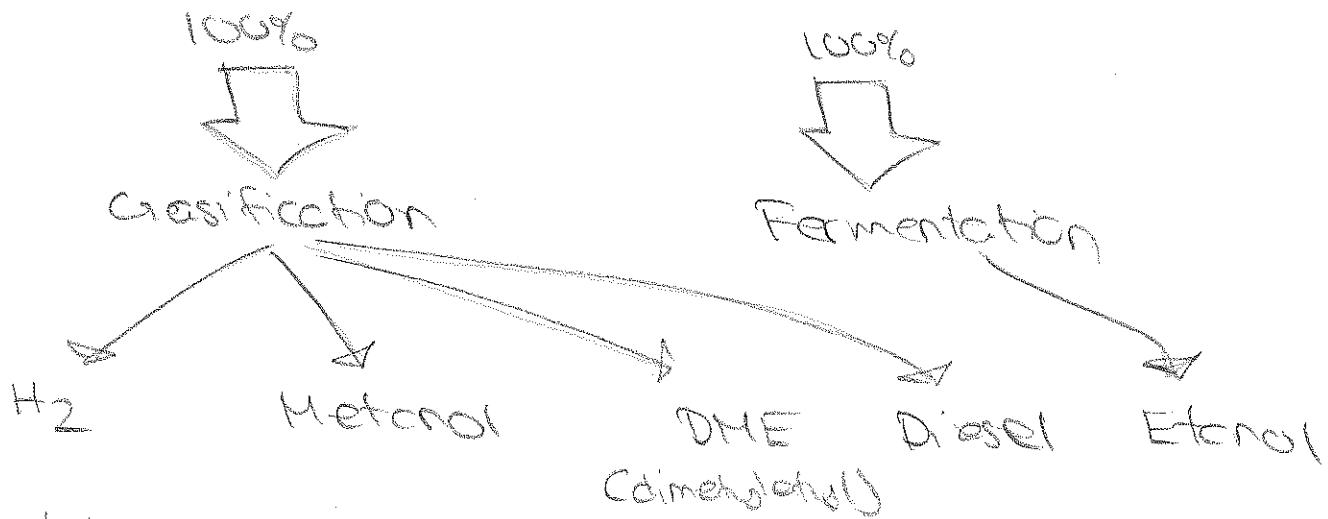
viktigt, snyggt!
energi effektiv & nog värmevärdig.

Options for gasification



- EL
- Värme
- Alternativa drivmedel
- Material → polyester, mica pläster, taffibor, lägger
- specialkemi/kalier

Wood to Fuel: Routes and Efficiency



- biomassa till metanol eller DME via svart liquidergasifikation: 66%
- Etanol och (metanol) kan också produceras genom gasifikation men ett värme uttag

Repetera öringkraftslagel & kraftvärmeverk

SVARTLUTSFERGASNING

Dagens kemiska öfeningsleknings teknologi:

Evaporator → recovery buntar → karsticering
→ digester

Framtidens kemiska öfeningsleknings teknologi:

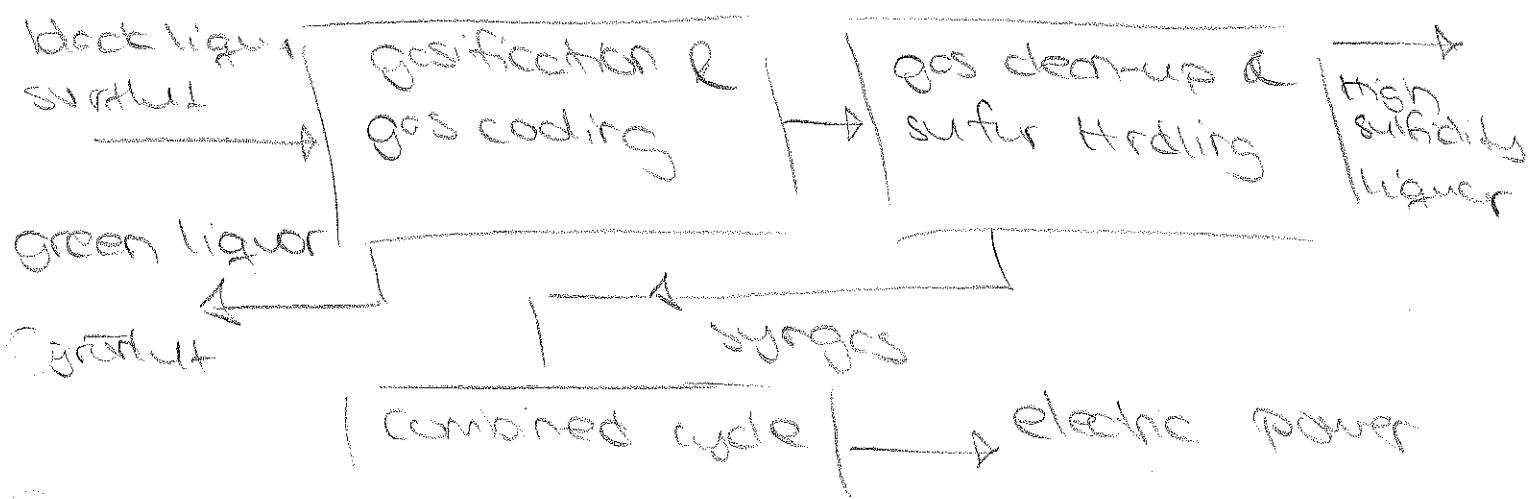
Evaporator → gasifier → karsticering
→ digester

Repetera paperbruksans kemikalierna
öfenings

Black liquor gasification combined cycle

(Svart)stegsning!

Air separation → oxygen (BLGCC)



Black liquor gasification with motorfuels

(BLGMF)

På samma sätt som (BLGCC)
fast:

↔ Syringes

Methanol or DME synthesis → Methanol etc
DME

FUSION

$2H \rightarrow He$ (Konservationsreaktion)

summanfattning:

Utsläppen av koldioxid från energisystemet kan minskas genom att

- Använda HINDRE energi.
- Använda ANNAN energi
- Använda fossil energi med långtidslagring av CO_2 .



Artificiell fotosyntes

Avisiken är att göra vatten från solenergi med rent vatten som råvara vad som kallas bionerisk supra molekylär kemi

- studera nukleareaktioner i den naturliga fotosynesen.
": i princip kan vetejonerna användas till att göra vatten i ett artificiellt system.

Föreläsning 7 8/5

Nuclear Power

10-12 HC1

Nuclear fission (klystrin)



$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

BRA

Chemical processes: 1-10 eV/reaction
(>10 milj x difference)

Neutronen

- inducerar känreaktioner ej stark hindrad av Coulombkräftr.
- sätter ner genom elastiska collisioner.

andra himmen

Vad hände i Fukushima?

utvecklas väme vid särerfall

re radioaktiva strålkällor producerar energi

Breeding! skräp upp kärnbränsle!

7/5-12 föreläsning B ETM Lennart Elmroth

HC1 ons.

Ångturbiner och kompressorer

WWW kap 14
Kurskompendium
Turkomsteknologi

Energimaskin: En energimaskins uppgift är att m.h.a tillfört arbete öka cel mekaniska energinnehållet hos ett fluidum. Eller m.h.a mindre energinnehållet hos fluiden kringa kortsida arbete.

Indelning - a) Displacement (Förfrärgnings-Maskin)
b) Turbomaskin.

Displacementsmaskin definition: Maskin som karakteriseras av hantering av definierade volymer.

Displacementmaskiner:

- Hydrauliska (inkompressibel)
Förfrärgningsmaskiner (ex kolbomotor)
- Termiska (kompressibel)
displacementskompressor (ex kolbkompressor)
ångmaskin

Ångmaskin

Trippelexpansions maskin, ...

Turbo maskin definition: Adiabatiska (approx)

Maskin som krockenses av strömspelet mellan ett kontinuerligt strömmande medium och en rotor.

exempel: Hydrostika

turbomotorer
flikter
vattenturbiner

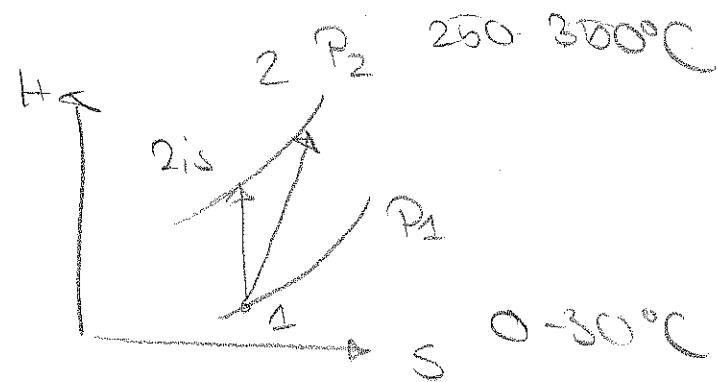
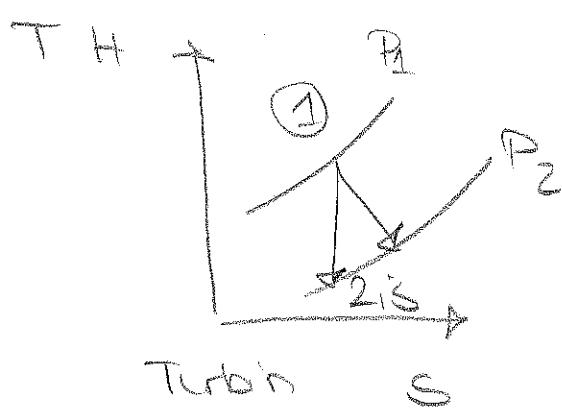
Turbiner (kompression)

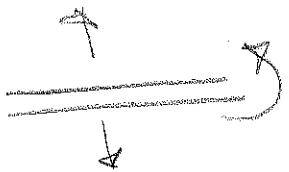
turkoturbiner,
örgturbiner
"gas" turbiner

Föras radial och axiella.

centrifugalpump (radial pump)

Isentropverkningsgrader





radiell

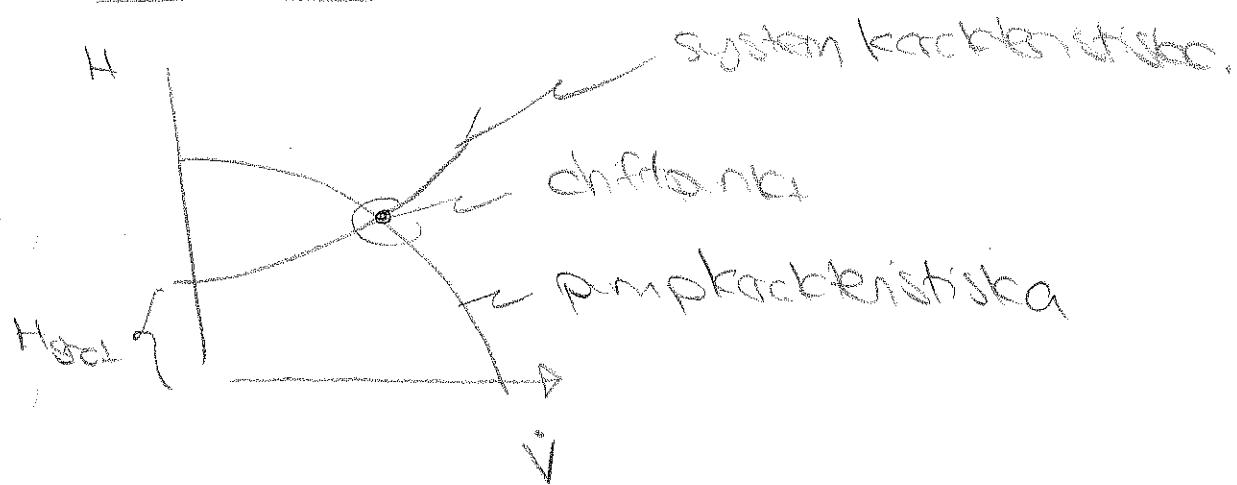


axiell

Karaktäristiska egenskaper hos turbomaskiner:

- lompliga för stora flöden.
- kan byggas för mycket stora flöden.
- typiskt vibrationsfria
- relativt billiga
- enkel mekanik
- har kontinuerlig strömning

Turbosamp



Turbomaskin viktigt egenskap:

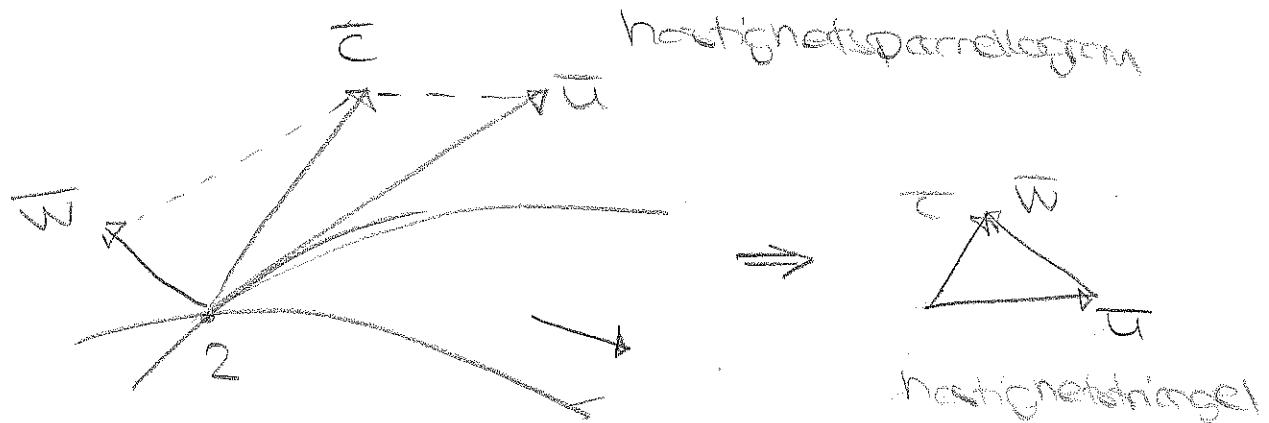
maskinen sätter konst. till bestämme sät arbetspunkt. Maskinen kan arbeta varsemt längs en prestationslinje.

Arbetspunkten bestäms av det system som maskinen är tillkopplad till.

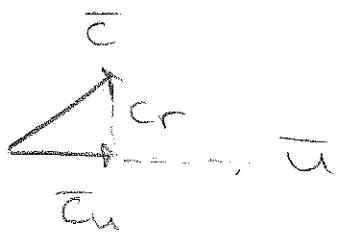
Turbomaskiner (teori)

$in = 1$
 $ut = 2$

hastighetsvektorer: w - relativ hastighet
 u - periferi - u
 c - absolut - u



radiell hastighetsloop



Specifika energiomvandlingar

- enligt "Impulsmomentlagen"

$$\dot{I} = u_1(c_u - u_2) \cdot c_u \quad [\text{J/kg}]$$

"Eulers ekvation"

- enligt energielagen:

$$\dot{I} = \frac{1}{2} [c_1^2 - c_2^2] + \frac{1}{2} [u_1^2 - u_2^2 + w_1^2 - w_2^2]$$

rörenergi

statisk tryckenergi

Skoreffekten:

$$P = m \cdot I \quad (\text{W})$$

Reaktionsgrad:

$$R = \pm \sqrt{u_1^2 - u_2^2 + w_1^2 - w_2^2} \quad 0 < R < 1$$

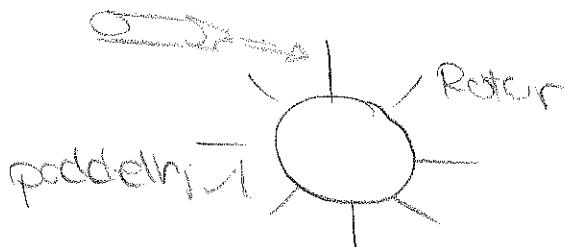
Σ

Indelning efter traktörning i skovelkronen

Aktionsmaskin: P är konstant

Reaktionsmaskin: P ökar/minder

Aktionsturbin = impuls turbin

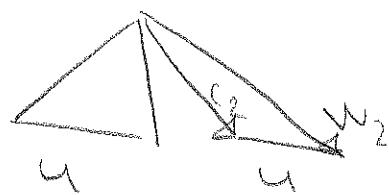


Reaktionsturbin (vattenspridare)

skovelkronens geometri

andra timmen

axiell maskin skorellkronans geometri.



Kunna skriva mellan avståndet och vinkel
krona

Likformighetslagen är sambandet mellan likformiga maskiners prestanda uttryckt som volymflöde, specific energiomdelning och effektförhållande vid given andring av vental och storlek.

OBS! Samma skalfaktor för alla mot.

Turbomaskiner. Likformighetslagen

vid likformiga maskiner med likformiga hastighetshörningar kan volymflödet skrivas

$$\dot{V} = \text{konst} \cdot C^3$$

$C = \text{konst}$ $\propto D$

$$\text{eg } C_r = \text{konst } C$$

eller $\dot{V} = \text{konst} \cdot n D^3$

D -diameter
 n -vental

vid likformiga maskiner med likformiga hastighetssträngor kan specifika energiområdningen skrivas.

$$I = \text{konst} n^2 D^2 \quad - \text{Euler}$$

Likformigetslagen gäller likformiga maskiner vid driftbanor där hastighetssträngen är likformiga.

Affinitetslagen gäller en och samma maskin vid driftbanor där hastighetssträngarna är likformiga.

Kompressor Uppgift

Uppgiften är att m.h.a tillfört arbete öka totaltrycket avsevärt hos ett gasformigt medium.

Om totaltrycksdifferensen är begränsad är uppgiften löpnd för en flöd:

Indelning

- a) Turbokompressorer, som är teknikerna
- b) Färröringskompressorer som arbeta med
ekvanta volymer

Tryckförlåtande kompressorer

$$\eta_p = \frac{P_{ut}}{P_{in}}$$

över flera

- kolvkompressorer $\eta_{p,kg} < 7$ (dig)
- skruvkompressorer $\eta_{p,kg} \approx 4$ (ofta ofta)
- Roots kompressorer $\eta_{p,kg} \approx 2$

Displacementskompressorer

Rootskompressorer

Typiska egenskaper:

- flödet är svagt beroende av tryckförlåtelse
- stora tryckförhöjningar med lågt utflöde
- flödet är nästan proportionellt mot varvtal
- aldrig instabil
- kräver ofta smörja.

Turbokompressorer

Ortogen av det statiska trycket i ett kompressrhus är en följd av:

- centrifugalkraftens storlek i skivhjulet - u_2^2
- omväxling av rörelseenergi i trycknog - w_2

Ortogen av det statiska trycket i en ledskenebox (=diffiser) är en följd av:

- omväxling av dynamiskt tryck - c_2

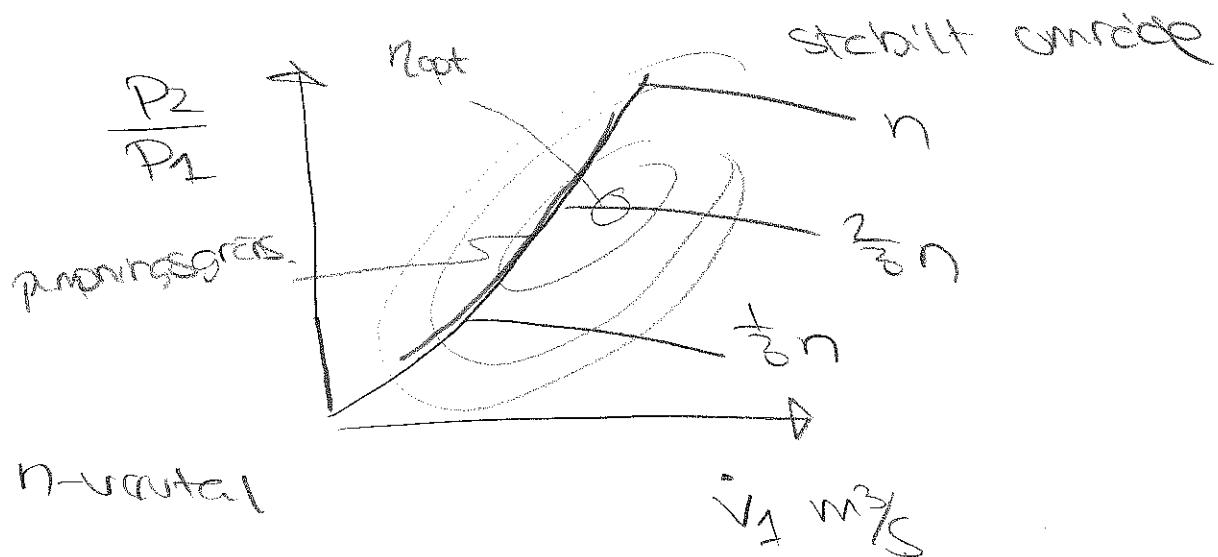
Inledning

- axialkompressor $\text{M}_1 \gg 2$
- radialkompressor $\text{M}_1 \leq 6$

Typiska egenskaper

- lantliga & stark flöden
- kräver (resten) ingen smörjning
- dåliga tillståndsgrader
- högt varvtal underlättar drivningsmotor
- risk för instabilitet

Kompressor, Kraftkennstöcker



Angrutbänk uppgift

Lavat:

Uppgiften är att m.h.a. totalentalpifall hos en strömmade öring utvinna arbete

a) Aktionsturbiner) Lavaturbid
(lavalmurströken)

b) Centrifugalturbin : ett steg = ledskensström
("minstydelen") + losskvensström (vif)

Kondensatorn för mossa och rörsystem

Effektreglering

- Skystyrdeering = (ventil före inloppet)
 - reaktionsturbiner
 - aktionsturbiner
- Partialreglering - elektro men inte vult
 - aktionsturbiner

8/5-12 föreläsning iU ETM Konin Petersen

Konsultation ons 16/5
13-14.30 Vom
bibliotek

Koldioxidemissioner ur systemspänkt

- växthuseffekten, ötgäder, styrmedel och metod för att bättre konstatera för globala koldioxidutsläppen av olika i industri.
- Sveriges totala utsläpp av växthusgaser 2009: 60 miljoner ton koldioxidekvivalenter.
- utsläpp koldioxid 2009: 46,6 miljoner ton.
 - koldioxid snar för ca. 78% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, dessutom är 98% av utsläppen från energiomvandling koldioxid.

Grenliga åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser.

- energieffektivisering
- byta till bränslen som ger lägre utsläpp.
- avskaffning och begäring av växthusgaser. (CO_2)

Hägder som kan minskta utsläppen av CO₂ i industriella processer.

- Energieffektivisera och minskta konsumtion av el
 - öka verkningsgraden vid varme- och elproduktion
 - öka återvinningsgraden - tex. gjutsmältning
 - öka värme- och koldioxidetillstånd vid värme- och varmepumpning.
 - öka kraftverkseffekten
 - byta till fossila bränslen med lägre CO₂-utsläpp
 - använda fartygsell energi.
- "På sikt: koldioxidaskifflning och lagring."

Styrmedel för minskade utsläpp av växthusgaser

- Skatter och avgifter i Sverige
 - CO₂- och energiavgifter
 - utsläppsskatter
- EU:s klimat och energipaket
mars 2002

Mars 2007 - EU fattar beslut att Europa:
ska ta ett globalt ledarställ i klimatfrågan.

- kostnackerna för att inte agera noga
- stigande pris på dia och gas.
- ökad konkurrens om energiresurser.
- Energieffektiviteten och brytelskattarna reser: vinstgivande investeringar.
- Ju längre Europa väntar, ju dyrre blir anpassningarna.

EU:s klimat och energipaket

"20-20-20"

- minska CO₂-utsläpp med 20% 2020
- höja andel brytelsebar energi med 20% 2020
- Effektivisera (minskad) energianvändning med 20%

⊕⊕!

CO₂ emissioner vid förbränning: principer

- specifika emissioner (fuel(kg/GJ) eller (kg/MWh)) kan erhållas ur koldhalten i bränslet (fuel (kgC/kg bränsle) under omgång av fullständig omvandling av C till CO₂)

$$C_{fuel} = C_{fuel} \frac{4u}{12} \frac{1}{H_i}$$

Cfuel - kohlhalt i
bränsle

Cfuel - specifika
emission.

H_i - effektiva
värmevärdet.

Obs! Kolla upp enheter!

Kg/kWh värmelek.

Tabell: CO₂-emissioner vid förbränning av olika
bränslen

Bränsle	CO ₂ -utsläpp (kg/kWh)
Gas	~ 0,05
Kok	~ 0,07
Öl	~ 0,08

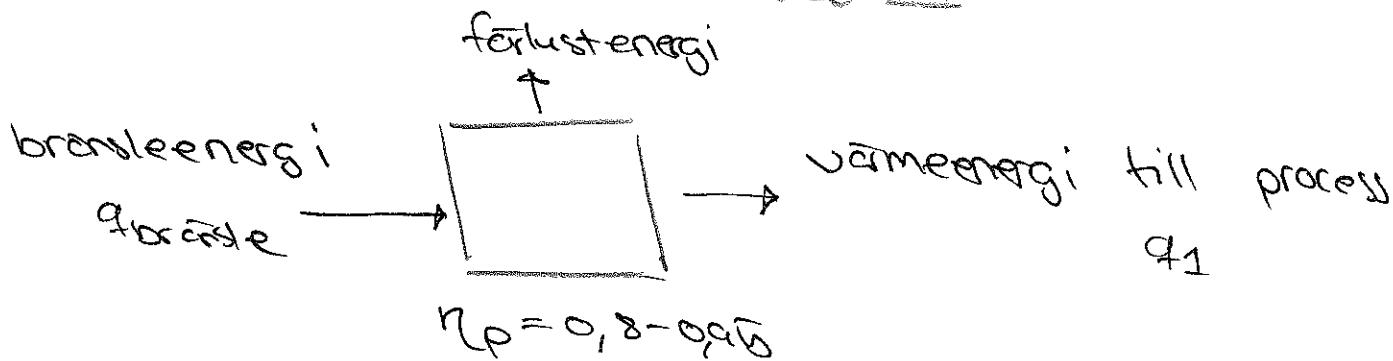
Peat - torv

Coke - Koks

Uppskattning av specifika CO₂-utsläpp, ej
för industriella värmeproduktionsystem.

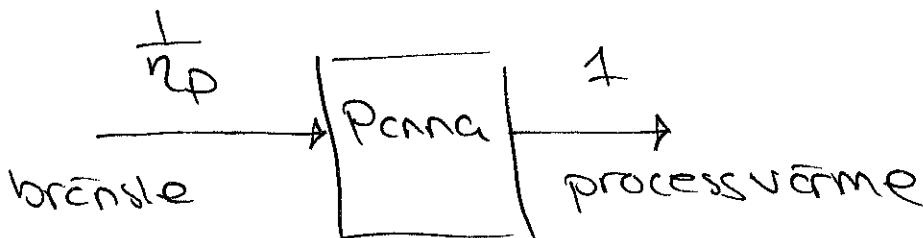
TVÅ EXEMPEL: Ångpanna
Kraftvärme

Pannans vertningsgrad



$$\eta_p = \frac{\text{Till processen får varme}}{\text{tillförd bränsleenergi}} = \frac{\dot{q}_1}{\dot{q}_{bränsle}}$$

Specifika CO_2 -emissioner från penna (c_{boiler})

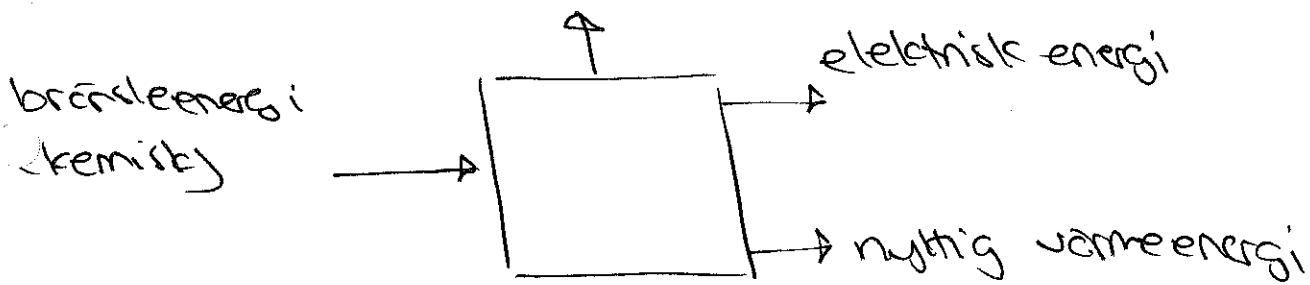


$$c_{boiler} = \frac{1}{\eta_p} \cdot c_{fuel}$$

(fuel-specifika
emissioner)

Kraftvarme

förstenergi



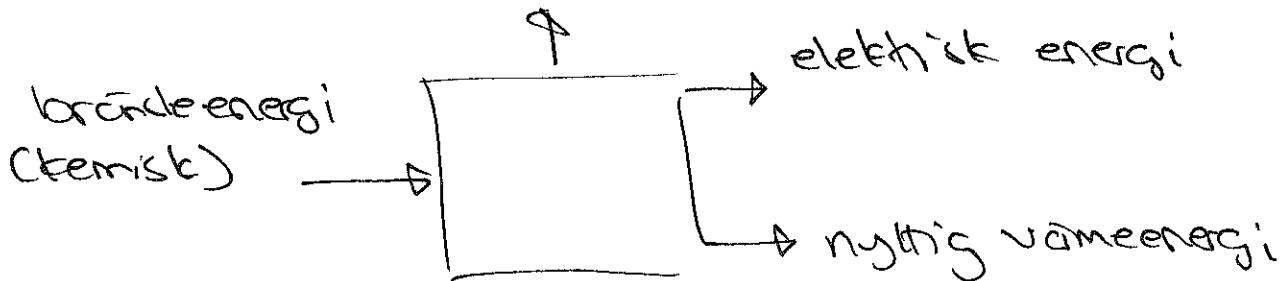
Totalverkningsgrad η_{tot}

$$\eta_{tot} = \frac{\text{elprod. + värmeprod.}}{\text{tillförd bränsleenergi}}$$

$$\alpha = \frac{\text{Elprod.}}{\text{värmeprod.}} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{tot} - \eta_{el}}$$

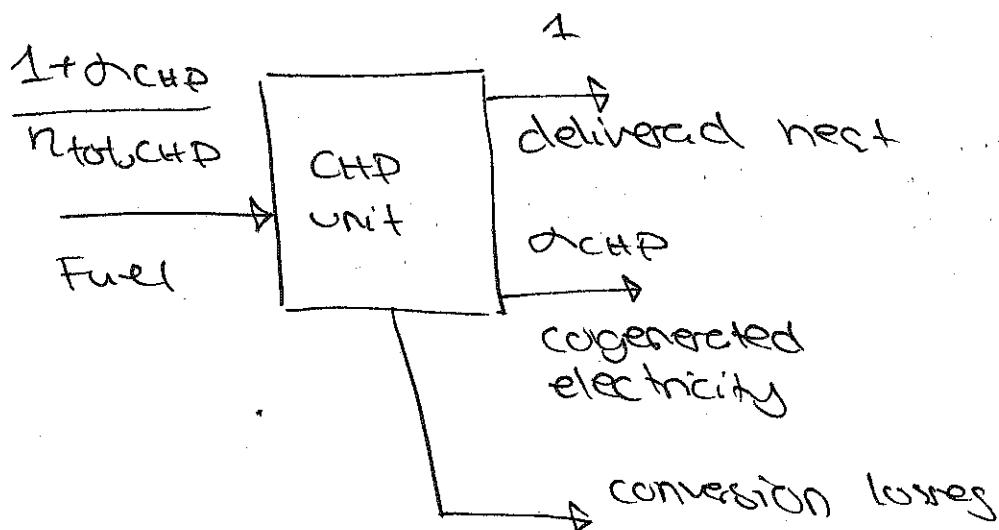
Kraftvärmeförbund (CHP)

förluster



Problem: Allokering av emissioner mellan nytiga utströmmar

Vänlig lösning: betrakta varme som "huvudprodukt" utöver systemgränsen till att inkludera alternativ produktion av samma mängd el.



$$C_{CHP} = (C_{fuel})_{CHP} \cdot \frac{1+\delta_{CHP}}{n_{tot,CHP}}$$

$$\delta_{CHP} = \frac{C_{fuel,pp}}{n_{dist} \cdot n_{el,pp}}$$

Iotata ("on-site")
emissioner

Tillgodo i globala
("off site") emissioner

(alternativ elprod. i kraft)

andra timmen

CHP - combined heat & power

Kraftvärmeproduktion

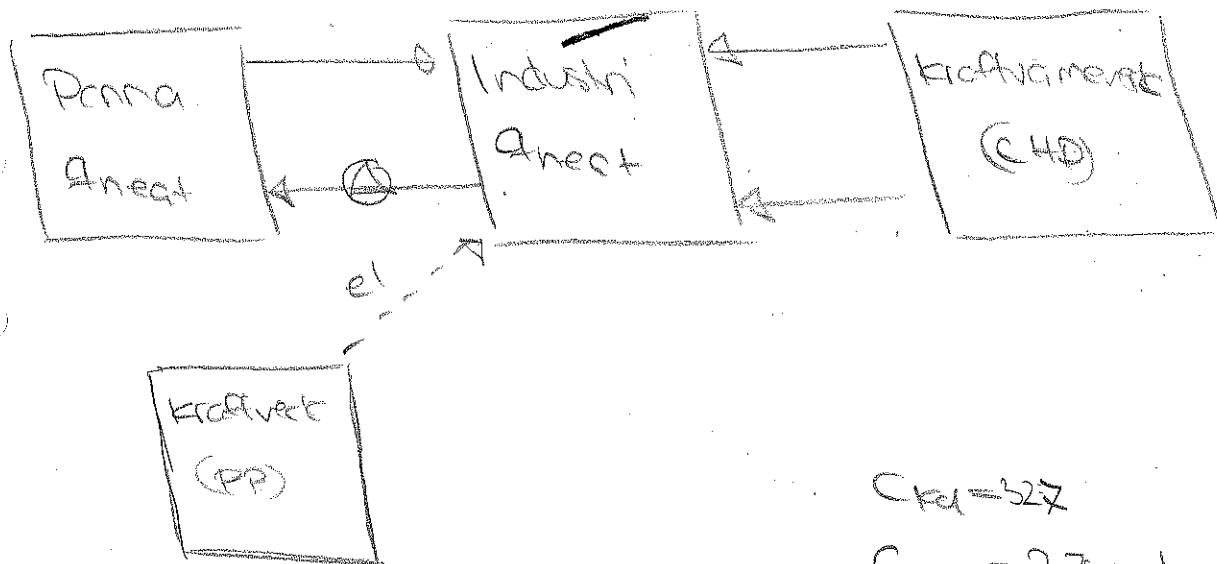
Exempel Industri & Värmebehov

Hur förändras de örtiga globala CO₂-utsläppen
av detta omloppsväte?

- ?) Hur förändras industriens örtiga CO₂-utsläpp
av detta omloppsväte.
- b) Hur förändras de örtiga globala CO₂-utsläppen
av detta omloppsväte?

Ideas

Sen



Givet: $q_{heat} = 80 \text{ MW}$

$t = 8000 \text{ h/år}$

$n_{boiler} = n_{kraft} = 0,9$

$$C_{CO_2} = 327$$

$$C_{El} = 274 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh}$$

$$C_{dist} = 0,1$$

$$\eta_{kraft, CHP} = 0,9$$

$$\eta_{el, CHP} = 0,35$$

$$\eta_{el, PP} = 0,42$$

$$\eta_{distr} = 0,95 \quad 5\% \text{ förlust}$$

Innan bytet:

- CO₂-utsläpp från förbränning av EG5 (eldningsstof)
 - specifika CO₂-utsläpp från en person

$$\text{CO}_2\text{-utsläpp} = \frac{1}{n_{\text{boiler}}} \cdot C_{\text{fuel}} \cdot \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{MWh varme}} \right] \cdot \left[\frac{\text{MWh bränsle}}{\text{MWh varme}} \right] \cdot \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{MWh bränsle}} \right]$$

- * Täckta örliga CO₂-utsläpp från personen

$$\text{CO}_2\text{-utsläpp} = \frac{1}{n_{\text{boiler}}} \cdot C_{\text{fuel}} \cdot q_{\text{heat}} \cdot t = \mu \left[\frac{\text{foton CO}_2}{\text{år}} \right]$$

EO5

$$\left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{år}} \right] \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{MWh varme}} \right] \left[\frac{\text{MWh varme}}{\text{år}} \right]$$

Efter bytet

- CO₂-utsläpp från förbränning av biobränsle =
 - ① indirekta utsläpp i extern elproduktionsflödning
 - ②

$$\textcircled{1} \quad C_{\text{CHD},1} = \frac{1}{n_{\text{heat,CHD}}} \cdot C_{\text{fuel}} = \frac{1}{n_{\text{heat,CHD}} - n_{\text{el,CHD}}} C_{\text{fuel}} =$$

$$\left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{Mwh varme}}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Mwh varme}} \right]$$

$$= \frac{1}{\frac{n_{\text{heat,CHD}}}{n_{\text{el,CHD}}}} C_{\text{fuel}} = \frac{d_{\text{CHD}}}{n_{\text{el,CHD}}} C_{\text{fuel}}$$

$$\rightarrow C_{\text{CHD},1} = \frac{d_{\text{CHD}}}{n_{\text{el,CHD}}} C_{\text{fuel}}$$

vi använder

$$C_{\text{CHD},1} = \frac{1}{n_{\text{heat,CHD}} - n_{\text{el,CHD}}} \cdot C_{\text{el,el,heat,t}} = 0$$

$$\left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{Mwh varme}}{\text{Mwh varme}} \right]$$

\textcircled{2}

$$C_{\text{CHD},2} = d_{\text{CHD}} \cdot \frac{1}{n_{\text{el,el}}} \cdot \frac{1}{n_{\text{el,PD}}} \cdot C_{\text{fuel,PP}} =$$

$$\left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{Mwh el till process}}{\text{Mwh varme}} \right] \left[\frac{\text{Mwh el}}{\text{Mwh el}} \right]$$

$$\left[\frac{\text{Mwh varme till PD}}{\text{Mwh el}} \right]$$

Observera att $\chi = \frac{n_{el}}{n_{tot} - n_{el}}$ (✓)

$$\Rightarrow C_{CHD2} = \frac{n_{el}}{n_{tot} - n_{el}} \cdot \frac{1}{n_{el} \eta_{pp} \eta_{distr}} \cdot C_{fuel} \cdot q_{heat} \cdot t = \underline{\underline{334}}$$

Emissions
CO₂
t/kr

$$\Delta C_{global} = C_{CHD1} - C_{CHD2} - C_{boiler} = 0 - 334 + 478 = 478$$

t/ton/år

SNAR: De örtiga CO₂-utsläppen minskar med 478 t/ton!

Sammanfattning

Kenna omgång!

$$C = \frac{1}{n_c} \cdot C_{fuel}$$

$$C = \frac{1}{n_c} \cdot C_{fuel} \cdot q_{heat} \cdot t$$

$$C_{CHD1} = \frac{1}{n_{tot} - n_{el}} \cdot C_{fuel} \cdot q_{heat} \cdot t$$

$$C_{CHD2} = \Delta \eta_{pp} \cdot \frac{1}{n_{el}} \cdot \frac{1}{\eta_{distr}} \cdot C_{fuel} \cdot q_{heat} \cdot t$$

$$\Delta \eta_{CHD} = \frac{n_{el}}{n_{tot} - n_{el}}$$

Kunna ta fram C_{fuel} för respektive område.