Värmeväxlare, strålning m.m

A2. Två vanliga typer av värmeväxlare är tubvärmeväxlare och plattvärmeväxlare.
a) Ange ungefärliga U värden för de två värmeväxlar-typerna vid värmeväxling av utspädda vattenlösningar.

Tubvärmeväxlare:
• Typiskt U-värde för utspädda vattenlösningar är 1,5-2,0 kW/(m2K).

Plattvärmeväxlare:
• Typiska U-värden för utspädda vattenlösningar är 3,5-5,5 kW/(m2K)

b) Vilket fysikaliskt fenomen är den främsta orsaken till att dessa värden skiljer sig åt?

Konvektionen är större mellan strömmarna som sprids ut över plattorna med fiskbensmönster (mer turbulenta förhållanden) □ bättre h-värden än i tubvärmeväxlaren där turbulensen endast beror på hastigheten av flödet.

c) I en motströms tubvärmeväxlare ändras konfigurationen från 1-pass till 2-pass. Hur ändras värmegenomgångstalet U av denna förändring? Motivera ditt svar.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \frac{D_o - D_i}{k} \quad \frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} + \frac{D_o - D_i}{k}$$

Nu = f(Re, Pr)

$$h = \frac{Nu \times k}{D}$$

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

1 pass □ 2 pass medför att v ökar □ Re ökar □ Nu ökar □ h ökar □ U ökar

d) Som så mycket annat kommer en förbättring inte gratis utan har ett pris. Vid re-konfigurering till 2-pass, vad är det mer som förändras?

-Investeringskostnaden ökar pga lägger till nytt rör/ ökar diameter
-Tryckfallet ökar, vilket alltid kostar pengar.

d) En fabrik som genererar sitt värme med en oljepanna har beslutat att ersätta denna med en spillvärmedriven värmepump. Efter installationen av värmepumpen behöver fabriken inte längre köpa in någon olja. Det är inte självklart att denna åtgärd leder till sänkta utsläpp av koldioxid. Motivera!

Elen som krävs för att driva pumpen i värmepumpen kanske måste jobba hårdare. Om denna el produceras på ett sätt som ger koldioxidutsläpp (vilket är troligt) så kan detta motverka detta byte ut CO2-emissionssynpunkt.

A2. Två vanligt förekommande typer av värmeväxlare är tubvärmeväxlare och plattvärmeväxlare.
a) Jämför dessa med avseende på

• Vilka typer/kombinationer av flöden de är lämpade för (gas/vätska/…, flödeshastigheter mm)
• Lämplighet för höga tryck
• Värmeöverföringseffektivitet
• Rengöringsmöjligheter
• Lämplighet för ”aggressiva” fluider (korrosion mm)

Tubvärmeväxlare	Plattvärmeväxlare
• Kan användas för olika kombinationer av vätska, ånga och gas.	• Bäst lämpad för vätska/vätska (kond.ånga; svetsade)
• Lämplig för kraftigt olika volymflöden på kall och varm sida. • Kan konstrueras för höga tryck, särskilt insida tub, och höga temperaturer. • Mekanisk rengöring, särskilt utsida tub, kan vara besvärlig.	• Arbetstemperatur och -tryck begränsas främst av packningarnas speciella egenskaper (ej svetsade konstruktioner). • Enkel att demontera för rengöring (ej svetsade konstruktioner).
• Typiskt U-värde för utspädda vattenlösningar är 1,5-2,0 kW/(m2K).	• Goda h-värden vid måttliga tryckfall. (sämre för höga P) Typiska U-värden för utspädda vattenlösningar är 3,5-5,5 kW/(m2K)

Tubvärmeväxlare
Man använder sig oftast av motströmsvärmeväxlare, vilka är effektivast. Inuit tuberna strömmar en fluid (den smutsigaste, ty den är lättast att rengöra) som ska värmas eller kylas, detta motsvarar tubsidan. På mantelsidan finns så kallade bafflar som för att mantelströmmens hastighet kan regleras och bra omblandning kan uppnås.

Tuberna kan arrangeras sick-sack eller parallellt.
Om parallellt får sämre värmeöverföring, speciellt vid låga Re-tal, men också mindre tryckfall, den är lättare att rengöra.
Med sick-sack fås mer turbulens och därav bättre värmeöverföring, men större tryckfall.

Plattvärmeväxlare
Alltmer populär idag. Mängden material i vvx är vid plattvvx så liten relativt ytan att det normalt inte finns andra alternativ än syrafasta sådana.
Med påtryckt mönstret uppnås god värmeöverföring även vid Re-värden emot 50 till 100.
Tryckfallet blir dock betydande jämfört med innan.
Kan användas för kondensation.

Plattvärmeväxlarna bör generellt fungera bäst för korrosiva ämnen just med avseende på rengöring och underhållsarbete.

Litet material man kan använda
Den kan vara svetsad på olika sätt: (Alfa Laval tillverkar båda)
- Compacbloc:

Kompakt, helsvetsade plattvärmeväxlare, speciellt utvecklade för värmeväxling med korrosiva ämnen. Kvadratiska plattor som är korrugerade, finns som kondensor/återkokare, special för korrosivt. Tvärströms (korsströms), kan konfigueras för flera pass på varje sida. Kan användas för vätska-vätska, men även som kondensor och återkokare.
Klarar upp till 3.2 MPa, -30 till 350 grader.

- AlfaRex:
Liknar de tradionella plattvärmeväxlarna. Uppbyggnaden är samma, men istället förpackningar är plattorna sammanfogade med svets. Omöjlig att öppna värmeväxlaren för inspektion eller rengöring funkar detta bara för ”rena” värmeväxlingar.
Begränsning vid 350 grader och 4 MPa.

b) I tubvärmeväxlare använder man sig ibland av ytförstoring. Ange under vilka förutsättningar det är lämpligt och beskriv utseendet hos en vanligt förekommande typ.

Ytor med dåligt värmeöverföringstal kompenseras genom värmeförstorande element typ kamflänsar och liknande.

Tubvärmeväxlare med ytförstoring

Vid svår obalans hos h-värdet. Speciellt:
• Ånga / gas
• Vätska / gas
• lättviskös vätska / högviskös vätska
Ytförstoring på sidan med lågt h-värde
• Plåtelement
• Kamflänsar
• Längsgående flänsar
• Spiralflänsar

a) Värmestrålning kan ofta anses ske i en inneslutning och då förekommer begreppet ”reciprocitet”. Beskriv kortfattat vad reciprocitet innebär och vad man kan använda detta samband till.
Siktfaktorn: ”Hur mycket ser vi av den andra ytan från den yta vi befinner oss på”.
Det kan användas för att bestämma siktfaktorer för att sedan kunna bestämma hur strålningen ser ut som avges från en viss yta.

$$A_i F_{ij} = A_j F_{ji}$$

reciprocitet

b) Vad är det för likhet och skillnad mellan en adiabatisk, återstrålande yta och en helt blank, reflekterande yta?
Adiabatisk – Q=Qstrålning (ingen annan värmeöverföring)
Återstrålande – Allt absorberas inte, något går ut
Helt blank – epsilon =0 (ungefär)
Reflekterande – Låg absorbans, alpha=0 (ungefär) rå=1 (ungefär)

c) Vid beräkningar hos en inneslutning kan två olika uppsättningar randvillkor särskiljas. Vilka är det och hur skiljer sig beräkningarna i princip? Ange med motivering ett viktigt undantag.

$$\sum_{j=1}^{n} F_{ij} = 1$$
$$A_i F_{ij} = A_j F_{ji}$$

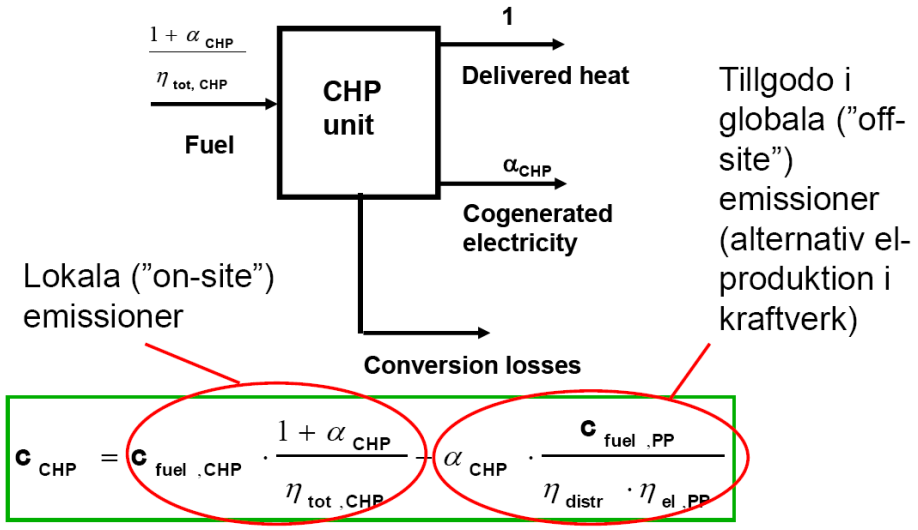
reciprocitet

Värmeöverföring mellan i svarta ytor i en inneslutning (23-25)

$$q_{1-others} = \sum_{i=1}^{n} q_{1i} = \sum_{i=1}^{n} (E_{b1} - E_{bi}) A_1 F_{1i}$$

siktfaktor

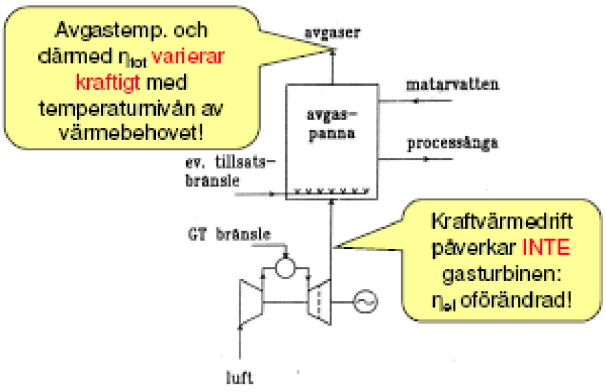
A3. Härled (ställ upp och motivera) ett uttryck för en eldriven värmepumps specifika koldioxidemissioner, dvs de CO2-emissioner den ger upphov till per enhet levererad nyttig värme! Använd följande beteckningar:
***c HP* – värmepumpens specifika CO2-emission**
***c fuel, pp* – CO2-emission per enhet (värmevärde) i (referens)elproduktionen**
***n el,PP* – Elverkningsgrad i (referens)elproduktionen**
***n distr* – Verkningsgrad i transmission/distribution av el från produktionen till värmepumpen**
***COP* - Levererat (användbart) värme per tillförd el i värmepumpen**
Du får anta att eventuellt bidrag från läckande arbetsmedium är försumbart.



Uttrycket kräver omskrivning med enheter: alpha och ntot ska uttryckas som COP.
Alpha = producerad el/producerad värme
ntot= (producerad el+producerad värme)/Tillförd värme i bränsle
COP = Producerad värme/tillförd el

A3. Gasturbinkraftvärme kan användas för att uppnå högt α-värde i industriella processanläggningar som behöver både el och ånga. Den vanligaste utformningen av en sådan anläggning är att gasturbinen kompletteras med en avgaspanna för produktion av processånga.
a) Rita ett processchema för en sådan kraftvärmeanläggning och förklara funktionen för all utrustning som ingår.
Kompressor – Ökar trycket för att kunna tillsätta värme vid högre temperatur.
Turbin – Få ut elektriskt arbete.

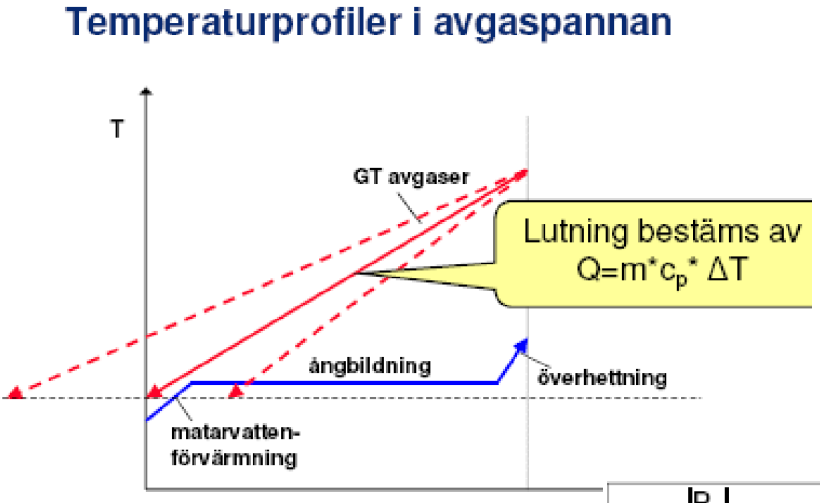
Panna – Här tillsätts bränsle för att öka temperaturen för uppnå hög verkningsgrad i turbinen.
Avgaspanna – Använda värmen hos avgasen för att värma matarvatten och använda detta som fjärrvärme eller dylikt.

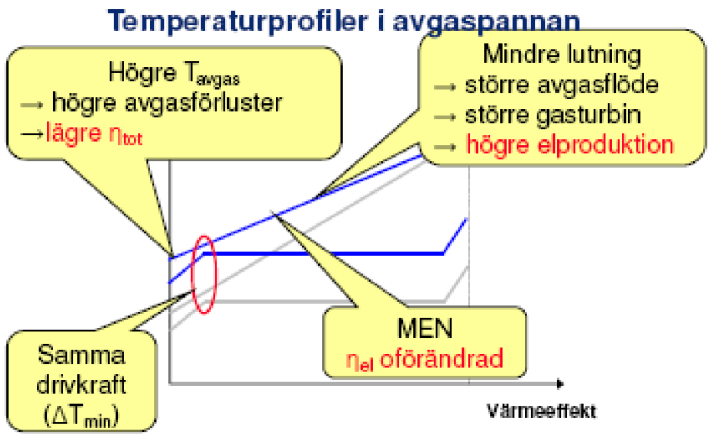


b) Diskutera hur anläggningens prestanda (ηel, ηtot, och α) påverkas av val av ångtryck i processens ångnät. Illustrera ditt svar genom att rita temperaturprofiler i ett (T,Q) diagram för de tillhörande termiska processerna i avgaspannan.

Med högre tryck så fås en högre avgastemperatur innan turbinen, vilket också ger en större eleffekt (mer energi i gasen). Trycket som man har efter turbinen påverkar hur mycket energi vi får ut i turbinen, ett större tryck ger en mindre eleffekt och därav mindre nel och α. Ett mindre tryck ger större eleffekt i förhållande till värme och detta ger större nel och α. Nel påverkas av båda dessa effekter och det är en balansgång för att optimera denna.

(ev) För att få så hög termisk verkningsgrad som möjlig ska man tillsätta värmen vid så hög temperatur som möjligt.
För att få så hög ntot som möjligt vill man att avgaserna kyls så mycket som möjligt för att inte få för mycket spillvärme.





$$\text{Värm}\ \alpha = \frac{|P_{el}|}{q_{process}} = \frac{\eta_{el,CHP}}{\eta_{tot} - \eta_{el,CHP}}$$

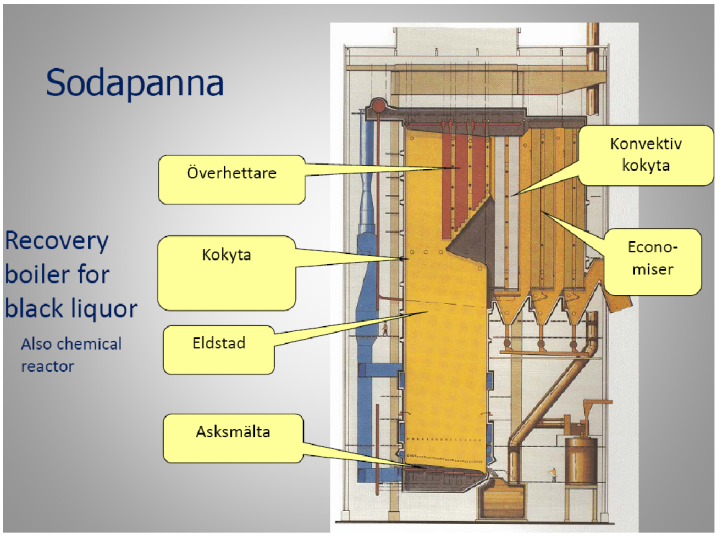
$$\eta_{el} = \frac{|P_{el}|}{q_{bränsle,GT}}$$

$$\eta_{tot} = \frac{|P_{el}| + |q_{process}|}{q_{bränsle,GT} + q_{bränsle,TV}}$$

$$\eta_{el,CHP} = \frac{|P_{el}|}{q_{bränsle,GT} + q_{bränsle,TV}}$$

Ångpannor och ugnar

A1. Sodapannor är en viktig typ av kraftpannor med speciell funktion. Förklara med hjälp av en enkel skiss hur eldstaden i en modern sodapanna är uppbyggd och fungerar?



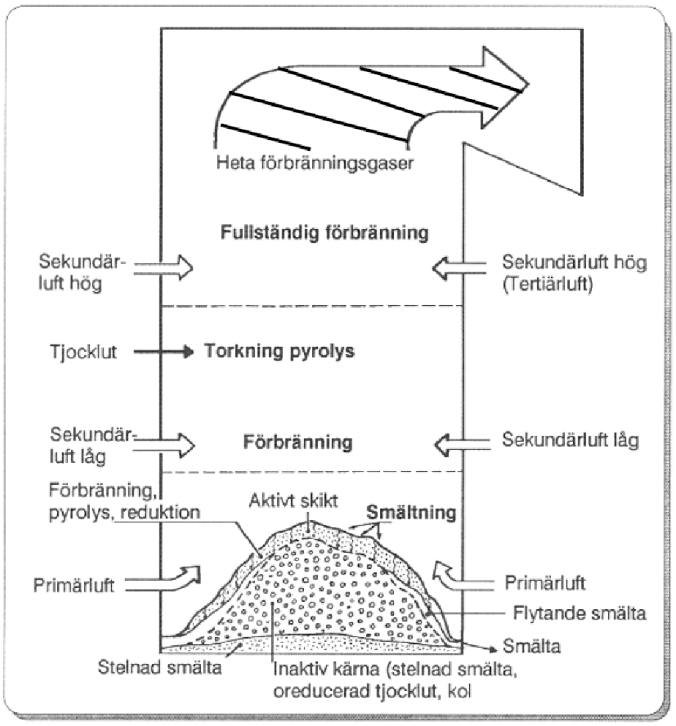


Fig 2.30 Fysikaliska och kemiska processer i sodapannan.

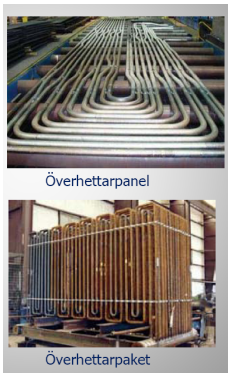
Fungerar som en överhettare med värmeöverförande ytor där den mättade ångan från domen överhettas till en viss föreskriven temperatur. Det ska finnas ett luftunderkott där nere samt ett luftöverkott där uppe. Se fig 32 i TFB

Sprutar in bränslet (svartlut) tillsammans med luft. En smälta bildas på botten där kemiska reaktioner pågår. Grönlut tas ut från botten.

I moderna sodapannor används alltid en vanlig typ av överhettare. Vilken typ är det? Visa med en enkel skiss hur den ser ut! Varför används den här?
Hela ugnen, botten, väggar och tak består av tuber som är ställda in till varandra och dragna från fördelningslådor vid botten och upp till samlingslådor vid toppen. Dessa lådor förbinds med rör till ångdomen.

Överhettarens uppgift är att med rökgaser överhetta utgående ånga från ångdomen.

Gardinöverhettaren som hänger i elstadens övre del, vilket passar bra i sodapannan. Gardinöverhettaren består av tubknippen mellan vilka gasen strömmar. För att underlätta temperaturreglering uppdelas överhettaren ofta i flera tubknippen, som i detta fall.



c) Ekonomizern i en sodapanna är ofta försedd med ytförstoring. Förklara varför det kan vara lämpligt!

Ytförstoring kan vara bra om vi har svår obalans hos värmegenomgångstalet, tex vid vätska/gas eller gas/ånga. Detta är fallet för en sodapanna.

A2 Förbränningstemperaturen i en konventionell ångpannas eldstad kan variera i ett brett intervall.
a) Ange minst 3 olika faktorer, som påverkar förbränningstemperaturen.

-Effektivt värmevärde i Bränslet
-Luftöverskottet som påverkar hur bra reaktionen går
-Hur exoterm reaktionen är

b) Vilka konsekvenser kan en ovanligt låg och en ovanligt hög temperatur ha?

En ovanligt låg temperatur
-Minimerar Termisk NO_x –bildning
-ställer inte lika höga krav på temperaturtåliga material.
-Inte lika hög värmeöverförande effekt, inte lika hög Temp på överhettad vattenånga Lägre elproduktion

Ovanlig hög temp

-Motsatta effekter till låg temp

A3. Ångpannor, särskilt vattenrörspannor, är vanligt förekommande i kemiska processindustrin.
a) Hur definieras en ångpanna?

-Apparat, i vilken frigjort värme från förbränning, överföres till vatten och producerar ånga

b) Vilka komponenter ingår vanligtvis i en vattenrörskraftpanna?

• eldstad med (eller utan) värmeytor
• ångdom
• konvektionsvärmeytor (värmeväxlare)
• förbränningsanordning

c) Hur ordnas lämpligen förbränningen av ett flytande bränsle i en sådan panna?

- Det sprutas in genom en brännare tillsammans med luft. Vart brännarna kan placeras varierar men några alternativ är tex hörnbrännare, frontbrännare och golvbrännare.

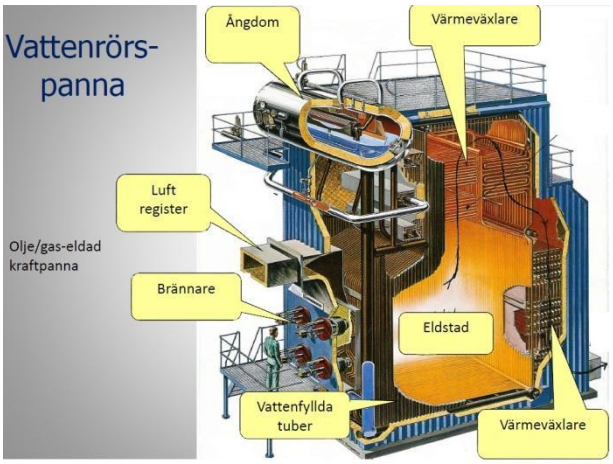
d) Nämn minst två, helt olika, flytande bränslen och förklara deras ursprung.

- Svartlut är ett flytande bränsle som förbränns i pappersmassaindustrins sodapannor. Det är en kemikalieblandning som uppstår i tidigare steg i pappersmassaprocesserna.
- Olja är flytande och är ett fossilt bränsle som tas upp ur jorden

A3. En vanlig typ av ångpannor är en vattenrörspanna med självcirkulation och med brännare gör gas eller olja.
a) Visa med en enkel skiss hur en självcirkulationspanna fungerar.

Ett självcirkulerande vattensystem som kopplas parallellt med pannan där vatten faller ner från ångdomen, genom fallrör och förångas av pannan. Självcirkulation uppstår som följd av densitetsskillnad mellan ånga och vatten. Denna skillnad minkar med ökande tryck och försvinner helt i kritiska punkten.

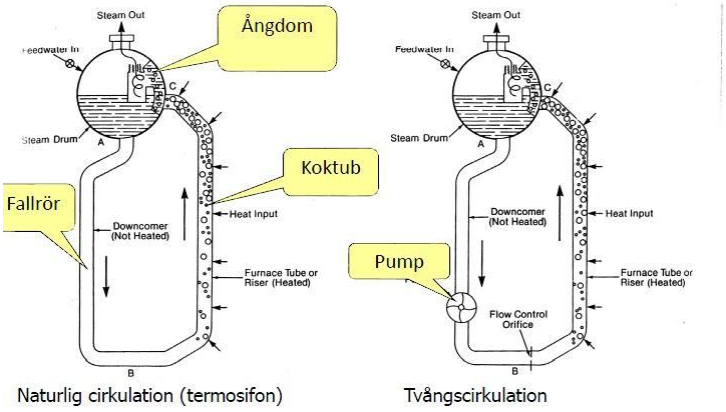
b) Visa med enkel skiss hur en eldstad för en vattenrörspanna, med helt kylda väggar, ser ut.



c) Vad är en brännarlans?
Brännarlansen sitter i ett skåp genom vilket förbränningsluften tillföres. I skåpet finns ledskenor som ger luften en roterande rörelse. En luftskärm finns i brännarlansens främre del vars uppgift är att ytterligare blanda den finfördelade oljan som sprutas in i eldstaden med luften.

A2. En vattenrörspanna karakteriseras av att vatten, som värms i tuber i eldstadens väggar, ingår i en cirkulationskrets.

a) Vad består cirkulationskretsen av och hur fungerar den. Förklara med hjälp av en skiss.



Finns två varianter, naturlig cirkulation (Termosifon) och Tvångscirkulation.

Båda varianter består av

- Ångdom – Där ingående matarvatten blandas med ingående vätska-ångblandning, från eldstaden, och separerar de två faserna så att vätskan går ut i botten och gasen ut i toppen för att gå vidare till turbinerna. Fungerar även som ett vattenmagasin
- Fallrör – Vätskan faller ner från ångdomens botten genom fallrören
- Koktuber – Vätskan som kommer ner från fallrören kommer till koktuberna och börjar förångas. Densitetsskillnaderna mellan ånga och vätska utnyttjas för att transportera ånga tillbaka till ångdomen. Vätskan lyfts med av ångan.
- I tvångscirkulationsfallet pumpas ång- vätskeblandningen i koktuberna upp till ångdomen.

b) Överhettare och ekonomizer kopplas in på cirkulationskretsen. Var sker detta?

- Överhettaren skall kopplas in med ångflödet ut ur ångdomen så att ångan får en väldigt hög temperatur och turbinverkningsgraden ökar.
- Ekonomizern skall kopplas in så att rökgaserna ut ur överhettaren går in som varm ström och den kalla strömmen utgörs av ingående matarvatten som värms upp till koktemperatur innan det går in i ångdomen (förvämning av matarvatten).

c) Vad heter alternativet till vattenrörspanna och var finns vattnet i denna konstruktion?

- Eldrörspanna. I denna konstruktion transporteras bränsle och luft genom horisontella rör och vattnet finns på utsidan av dessa rör för att ta upp värmen.

A1. Fluidiserad bädd-pannor har fått en stor betydelse på senare år.
a) Förklara principen för de två grundtyperna!

-**Cirkulerande fluidiserad bäddpanna** har ett inert material (tex sand, aska, kalksten) som fluidiseras av luft som har så pass hög hastighet att det lyfter med sig det inerta materialet + bränslepartiklar och får det att cirkulera upp ur ugnen och till cyklonen. En cirkulerande fluidisering medför god syrefördelning och kontakt mellan bränsle och syre. Kan användas för massa olika typer av bränslen. Hög kapacitet dvs kan förbränna mycket bränsle samtidigt pga den höga cirkulationen. Minskad NOx bildning pga stegvis förbränning, dvs luft tillsätts stegvis.

- I en **Bubblande fluidiserad bäddpanna** så bubblar inert material på botten tillsammans med bränslet vilket är gynnande för kemiska reaktioner men minskar kapaciteten för hur mycket bränsle som kan förbrännas i taget samt att endast vissa bränslen kan användas. Effektiv för avsvavling.

b) Vilka speciella egenskaper har panntypen?
- Förbättrad förbränning pga turbulent blandning av bränsle, inert material och luft
- Minskad NOx bildning och slaggbildning pga att förbränning kan ske vid lägre temperaturer.
- Stabiliserad förbränning pga att inert material absorberar mycket värme (fungerar som värmebärare).
- Avsvavling vid tillsats av kalksten som inert material.

c) Är följande bränslen lämpliga för eldning i denna panntyp? Motivera! Om inte, ange lämplig panntyp, inklusive förbränningsanordning!
En fluidiserad bädd lämpar sig väl för förbränning av fasta bränslen. Tack vare den stora värmekapaciteten i bäddmaterialet störs förbränningen inte av variationer i bränslets egenskaper på samma sätt som i andra typer av förbränningsanläggningar. Bränslets innehåll av fina partiklar och flyktiga beståndsdelar har betydelse för utbränningsgraden och därmed pannans verkningsgrad.

🛆 **Hushållsavfall**
- Går att förbränna i båda två typerna men lämpar sig nog bäst för den cirkulerande fluidiserade bäddpannan då den har både goda avsvavlings- och NOx-minimerande egenskaper samt att den höga askhalten i avfallet fungerar som inert material.

🛆 **Naturgas**
- Tror jag är mer lämplig att förbränna i en vanlig ångpanna pga att den är i gasform och inte i fast- eller flytande form vilket medför att det inerta materialets funktion minskar.

🛆 **Bark**
- Fungerar nog bäst i den bubblande fluidiserade bäddpannan ty barkbitarna kanske är för tunga för att lyftas av luften vid de vanligast använda hastigheterna.

🕳 **Svartlut**
- Mest lämplig för den bubblande fluidiserade bäddpannan som gynnar kemiska reaktioner.

Turbomaskiner

A3. För turbomaskiners teori är Eulers ekvation central och den skrivs:

a)Vad står de använda symbolerna för?

w = relativhast. (mellan skovelhjulets och fluidens hastighet)
u = periferihast. (hastigheten bladet har längs ute i kanten)
c = absoluthast. (summan av dessa)

b) Y ingår i definitionen av reaktionsgrad. Vad är reaktionsgrad och hur definieras den matematiskt?

Y är den specifika energiomvandlingen (ändring av energin) och definieras av

$$Y = 1/2\left[c_1^2 - c_2^2\right] + 1/2\left[u_1^2 - u_2^2 + w_2^2 - w_1^2\right] \quad (J/kg)$$

rörelseenergi | statisk tryckenergi

R är reaktionsgraden, hur stor del av den totala specifika energiomvandlingen som ändringen av den statiska tryckenergin utgör,

$$R = 1/2\left[u_1^2 - u_2^2 + w_2^2 - w_1^2\right]/Y$$

$$0 > R \leq 1$$

c) Eulers ekvation kan användas vid uppskalning av turbomaskiner. Hur?

Vid likformiga maskiner med likformiga hastighets-trianglar kan specifika energiomvandlingen skrivas

$$Y = konst\, n^2\, D^2$$ — Euler

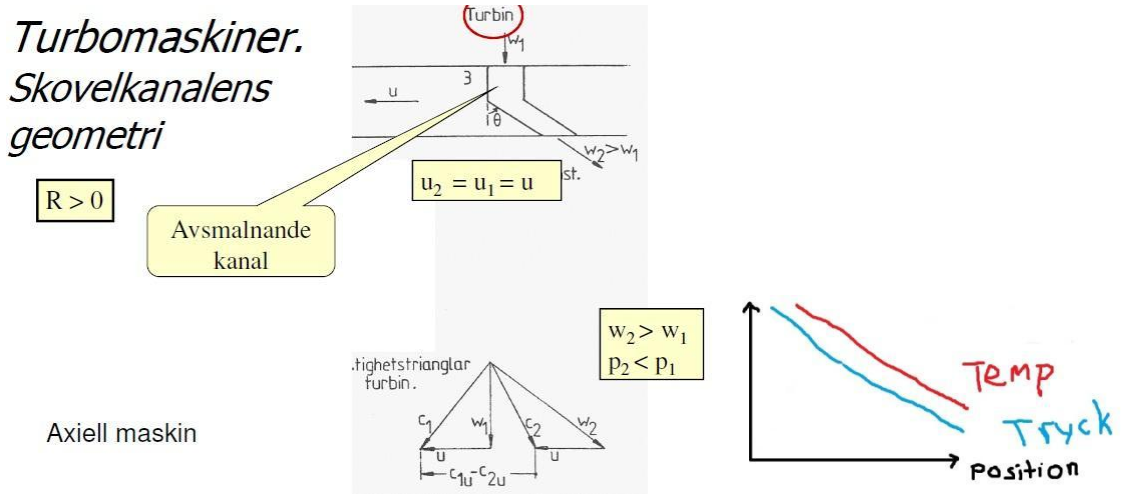
Denna ekvation kan användas för att skala upp turbomaskiner enligt

1. Först beräkna konstanten mha tillgänglig turbomaskin med känt Y och D.
2. Därefter beräknas nytt D på större turbomaskin vid krav på Y.

A2. Ångturbiner utförs numera oftast som axiella flerstegsturbiner av reaktionstyp.

a) **Visa hur hastighetsvektorer och trycknivåer ser ut**

Axiellt – bladet rör sig i axelns riktning
Flerstegsturbin – Stator och rotor (flera blad som kan ha varierande storlek)
Reaktionsmaskin – p ökar/minskar (Alternativet är aktionsmaskin – p konstant)



u – skovelbladets hastighet
w – relativa hastigheten
c – absoluta hastigheten
Mediumet kommer och rör sig neråt. Skovelblad längs horisontalen åt vänster. Fluiden tvingas röra sig snett nedåt åt höger men den resulterande hastighetsvektorn är egentligen mer åt vänster så turbinen sätter snurr på fluiden och ändrar dess energiinehåll både i form av rörelseenergi och statisk energi. Trycket är lägre i utlopp. Area minskningen i utloppet ger upphov till att W2>W1 □ dynamiska tryckenergin ökar och statiska tryckenergin minskar □ P2<P1

För kompressor gäller det motsatta.

b) Hur kan dellast åstadkommas i en renodlad reaktionsturbin. Visa i ett lämpligt diagram hur dellastegenskaperna ser ut.

Se ångturbiner: reglering och dellastförhållanden speciellt fig 7.
Uppgiften hos en ångturbin är att mha totalentalpifall av ånga utvinna ett arbete.
Där effekt=m*dh*turbinverkningsgrad, varför effektreglering kan ske genom ändring av ångflödet eller entalpin. Reglermetoder för detta kallas stryp eller partialreglering.

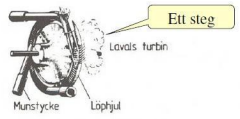
Strypreglering: ångflödet stryps mha en reglerventil, så att trycket sänks framför första turbinsteget. Framför turbinen fås då ett mindre tryck än utan strypreglering och vi får då sedan ett mindre tryckfall och entalpifall över turbinen.
(Ångflöde minskar och även entalpifallet över turbinen)

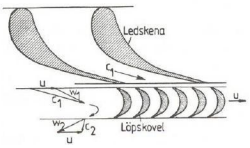
- Fungerar både för reaktions- och aktionsturbiner

Partialreglering: Innebär att ångan tillförs turbinen via ett antal munstycken, vart av ett avstängbart med en ventil. Meningen är att tilloppsarean ändras. Vi reglerar då trycket och därmed hur långt turbinen kan expandera

- Fungerar för aktionsturbiner

c) visa med en skiss hur ett steg i en sådan maskin ser ut. (axiell ångturbin)





Figuren visar en aktionsturbin

Kombination av ledskening (ej roterande skovelkanaler eller munstycken) och det efterföljande löphjulet (roterande skovlar) kallas turbinsteg. I reaktionsturbiner som kännetecknas av att ångans expansion äger rum i både de fasta ledskenorna och i löphjulets skovelkanaler, sjunker ångans tryck och temperatur i båda dessa. Detta till skillnad från aktionsturbiner som kännetecknas av att expansionen uteslutande sker i de fasta, ej roterande kanalerna dvs tryck och temp sänks här.

Se fig 6 kompendium

För en aktionsturbin: R = 0 □ Har ingen areaändring mellan skovelbladen!! (W1 = W2) Ledskenorna innan aktionsturbinen (se bild ovan) ger upphov till en areaminskning □ c1 > c2 □ Dynamisk tryck energi ökar och det är sedan denna ökning som ger upphov till att fluiden ”trycker på” skovelbladen och får hjulet att börja snurra □ Mekaniskt Arbete

För en aktionskompressor: Mekaniskt arbete tillförs □ Dynamisk tryckenergi tillförs fluiden från skovelbladen □ c2 > c1.
Ledskenorna sätts efter kompressorn istället □ Areaökning □ c3 < c2 □ Dynamisk tryckenergi har minskat □ Statisk tryckenergi har ökat □ p3 > p2

A2 Ett reaktionshjul kan förekomma både i turbiner och i kompressorer.
a) Vilken form har då skovelkanalen och vad händer i kanalen i dessa båda fall?

Se fig 6 kompendium

Reaktionsturbin: R > 0 □ Har en areaminskning från inlopp till utlopp □ W2 > W1 □ Den dynamiska tryckenergin ökar □ Statisk tryckenergi minskar □ p2 < p1. Den dynamiska tryckenergin ”trycker på” skovelbladen och medför att hjulet tar upp ett mekaniskt arbete

Reaktionskompressor: R < 0 □ Har en areaökning från inlopp till utlopp □ W2 < W1 □ den dynamiska tryckenergin minskar □ statisk tryckenergi ökar □ p2 > p1.

(Kan även visa bild). Med skovelkanalen konstruerad så att dess bredd ökar från inlopp till utlopp samt rörelse åt höger arbetar hjulet som en kompressor med en viss reaktionsgrad. I de roterande skovelkanalerna sänks fluidens relativa hastighet från w1 till w2 varför fluidens statiska tryck ökar. (jag fattar inte varför men ok...)

Med skovelkanalen konstruerad så att dess bredd minskar från inlopp till utlopp och rörelse åt vänster så arbetar hjulet som en turbin. Här sker acceleration av fluiden i skovelkanalerna

varför den relativa hastigheten ökar från w1 till w2 vilket ger en reaktionskraft på skovlarna och en trycksänkning hos arbetsmediet. När hastigheten på fluiden ökar avger fluiden tryckenergi till rörelseenergi för skovlarna.

c) Nämn ett vardagligt exempel på en reaktionsturbin! Förklara!

Vattenspridare/hakkors… Den expanderar ingående vätska genom en trycksänkning från högt tryck i slangen till atmosfärstryck utanför.

A1. Turbomaskiner är den viktigaste typen av strömningsmaskiner inom energi och processtekniken
a) Vad karakteriserar energiutbytet i en turbomaskin?

Kompressor: Skovelblad utför arbete på fluiden Tryck och temp höjning
Turbin: Motsatt

Energiutbytet äger rum mellan en fluid och ett roterande skovelhjul. Det baseras på dynamiska krafter som uppstår mellan skovelhjulet och det strömmande mediet. Skovelarbete är alltså det arbete som fluiden utför i maskinen per massenhet eller som maskinen tillför fluiden per massenhet. I kompressorer används den tillförda effekten för att öka fluidens termiska och mekaniska energi. I turbiner går energiomvandlingen i motsatt riktning som i ång- och gasturbiner.

A1. Det påstås för radiella turbomaskiner att volymflödet är proportionell mot
- gashastigheten
- hjuldiametern i kvadrat
Under vilka förutsättningar gäller det? Motivera svaret!

Enligt likformighetslagar. Alla likformiga maskiners geometrika mått ändras från ena maskinen till den andra med samma skalfaktor. Likformighet är ett samband mellan likformiga maskiners prestanda, uttryck som volymsflöde, specifik energiomvandling och effekt vid given ändring av varvtal och storlek.

Vprick=konst*c*D^2, c=konst*n*D, där c=fluidens absoluta hastighet och D=hjuldiameter och n=varvtal
Dessa förutsättningar gäller om verkningsgraden är oförändrad.

Specifika energiomvandlingen är Y=konst*n*D^2
Skoveleffekten är Y=konst*Vprick*Y

A1. Kompressorer är en viktig typ av strömningsmaskiner.
a) Vad är en kompressors uppgift?

En kompressor höjer trycket hos en gas.

b) Vilka viktiga egenskaper har en turbokompressor?
Energitillförseln till gasen sker mha roterande skovelhjul. Den antags vara adiabatisk. Ökningen av det statiska trycket är en följd av centrifugalkraftens ökning i skovelhjulet och/eller omvandling av hastighetsenergi i tryckenergi inom löphjulets skovelkanaler.

c) Vilka viktiga egenskaper har en deplacementkompressor?

Här alstras tryckökningen genom att det utrymme gasen befinner sig i minskar sin volym. När kolven rör sig utåt skapas ett undertryck i cylindern vilket gör att gasen strömmar in genom den öppna sugventilen. När kolven rör sig inåt minskar cylindervolymen vilket skapar en tryckökning. Under denna rörelse är både sug och tryckventilen stängda.

A3. Turbokompressorer indelas i två grupper, deplacement- och turbokompressorer.
a) Nämn minst 3 fördelar hos vardera gruppen i förhållande till den andra gruppen.

<u>Turbokompressorer:</u>
- Stora flöden
- Ingen smörjolja
- Dåliga dellastegenskaper
- Högt varvtal
- Risk för instabilitet

<u>Deplacementskompressor:</u>
Ökningen av gasens tryck alstras genom att det utrymme i vilket gasen är innesluten minskar sin volym.

- Svagt beroende av tryckförhållande map flödet.
- Flödet är proportionellt mot varvtalet.
- Kräver smörjolja
- Aldrig instabila

b) Reaktionsgrad är ett viktigt begrepp hos turbokompressorer. Definiera begreppet i ord! Begreppet kan också definieras matematiskt med hjälp av rörelseenergiändringar över skovelhjulet. Visa hur!

”Hur mycket som händer i hjulet jämfört med totalt”
Den talar om hur stor del av den specifika energiomvandlingen Y som utgörs av ändringen av fluidens statiska tryckenergi.

Då R=0 undergår fluiden ingen statisk tryckändring. Reaktionen kan vara 0 i t.ex en impuls/aktionstyp(paddelhjulet) då undergår fluiden ingen statisk tryckändring, alltså då u1=u2, w1=w2, och <u>då är energiöverföringen enbart genom ändringen av fluidens absoluta hastighet.</u>

c) Radiella kompressorer har i princip alltid reaktion över skovelhjulet. Varför?
Om vi inte har en reaktion:

Då R=0 undergår fluiden ingen statisk tryckändring. Reaktionen kan vara 0 i t.ex en impuls/aktionstyp(paddelhjulet) då undergår fluiden ingen statisk tryckändring, alltså då u1=u2, w1=w2, och <u>då är energiöverföringen enbart genom ändringen av fluidens absoluta hastighet.</u>

I den radiella kompressorn har man alltid roterande skovelblad och därav reaktion R =/ 0. För få till den radiella kompressionen krävs ett skovelblad. Det går inte att genomföra med en aktionstyp.

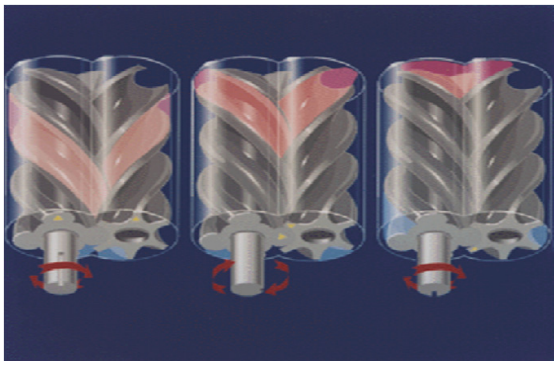
Den axiella varianten kan vara både av aktionstyp eller reaktionstyp. Det är alltså i princip alltid enbart den axiella varianten som kan vara av aktionstyp (inga roterande skovelblad).

A3. Deplacementskompressorer är en viktig grupp av kompressorer.

a) Vad definierar deplacementskompressorn?

Maskin, som karakteriseras av hantering av definierade volymer.

b) Skruvkompressorn är en sådan. Visa med hjälp av enkla skisser hur den ser ut



c) Vilka egenskaper och vilken användning har skruvkompressorn!

Den slussar gas från lägre till högre tryck pga ett övertryck i skruven, som funktion av mindre volym och roterande rörelse, och ett undertryck utanför skruven och är designat på det sätt att flödet endast kan röra sig framåt och inte bakåt.

A3. Turbokompressorer finns både i radiellt och axiellt utförande.
a)Jämför egenskaper hos dessa båda utföranden!

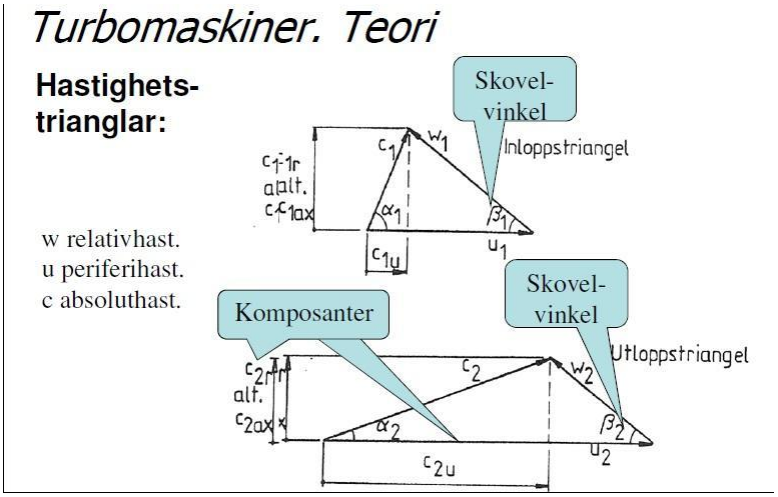
I jämförelse med axialkompressorer har radialkompressorer:

- En enklare och robustare konstruktion
- Ett bredare stabilt område mellan pumpning och choking
- Mindre allvarlig pumpningsrisk
- Något sämre verkningsgrad vid höga tryckförhållanden
- Större diameter (Lämpligt i Jetmotorer)

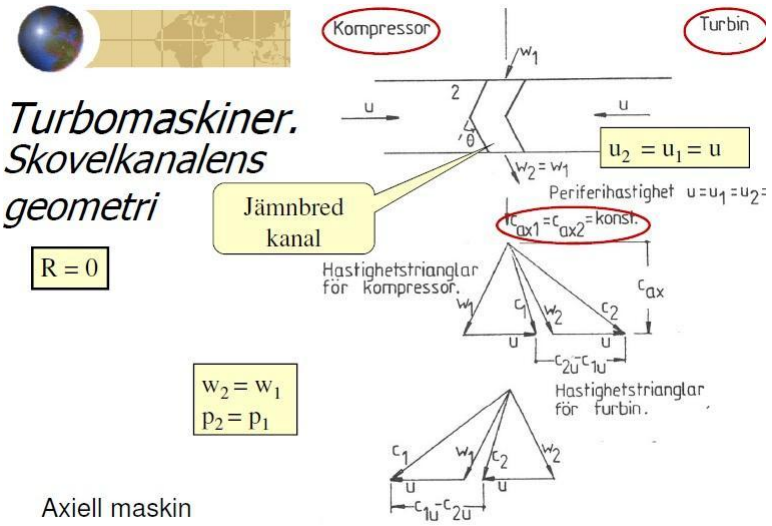
Tryckförhållande per steg är för radialkompressorer upp till 6, för axialkompressorer 1.2-2.

b) Visa hur hastighetstrianglarna i princip ser ut, både i in- och utlopp för ett radial- och ett axialhjul. Motivera!

Radialhjul;

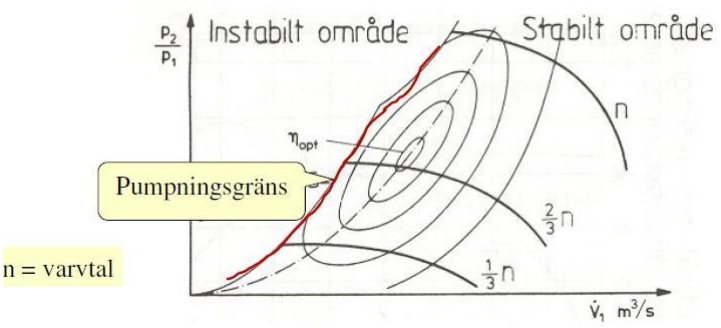


Axiellt Hjul; (Aktionstyp ty R=0, u2=u1=u)



c) Visa med en skiss hur en turbokompressor-karaktäristika ser ut och diskutera den!

Radialmaskiner



Pumpkaraktäristikan för en Radialturbokompressor visar hur stor tryckökning som kompressorn klarar av, dvs vid vilka tryck den är stabil, vid ett visst volymsflöde och varvtal n. Du vill alltid ligga om det stabila området för att minimera pumprisken. I mitten av det stabila området uppnås en optimal verkningsgrad.

Samma princip gäller för Axialhjul.

Utsläppshantering

Alla bränslen ger vid förbränning en restprodukt, som är i form av rökgaser, aska och rökgaskondensat.

a) Diskutera rökgasen, som bildas vid förbränning av kol, vilken sammansättning den har och (översiktligt) vilka åtgärder som kan vidtas för att minska eventuell miljöpåverkan.

Det största problemet för växthuseffekten är den stora mängd koldioxid som bildas. Den kan avskiljas från rökgaserna och möjligen lagras på olika sätt. (metoderna ingår ej i kursen)

SOx bidrar till försurning, NOx bidrar till försurning, övergödning, ozonbildning och vegetationsskador, (det är dessutom hälsoskadligt och korrosivt). Åtgärderna vid förbränningen eller efter denna kan göras (mer senare).

Organiska komponenter som är oförbrända finns också med. Denna minskas genom att genomföra en så fullständig förbränning som möjligt.

Man inför skatter för att reducera utläppen.

b) Ett flertal bränslen ger en restprodukt i form av aska. I dagsläget deponeras den mesta askan i olika typer av avfallsanläggningar. Det vore betydligt bättre att kunna använda askan i olika applikationer. Ge exempel på tre tänkbara applikationer, vilka egenskaper askan lämpligen bör ha i dessa applikationer och om det finns några begränsningar (t.ex. kemisk sammansättning)

När massa aska samlas i deponier sker en urlakning av naturen/skogen/miljön. Därför bör aska från biomassa återföras till skogen tex. Då måste däremot tungmetaller och lättlösliga salter separeras bort, vilket kostar pengar. Askan måste omvandlas till granuler eller pellets innan det sprids i skogar och mark. Forskning sker för att billigare kunna återföra bioaska.

Återanvänds i processen (bäddmaterial tex)

Vägbyggen – Måste blandas med exempelvis kalk eller cement för ökad tjältålighet

Konstruktionsmaterial

Tätskikt på deponier – Mycket som löses upp i sur miljö CaO, $CaCO_3$.

A3. NOx-bildning i ångpannor är ett stort problem.
a) Beskriv i detalj de två viktigaste mekanismerna för NOx-bildning i en stor oljeeldad ångpanna.

Termisk, bränsle och prompt (NOx).

Termisk är endotermt och starkt temperaturberoende, sker i efterreaktionszonen med hög T>1400 och lokalt syreöverskott, låg hastighet i förhållande till bränsle-NOx bildning.

Bränsle: bildas genom att kväve som sitter bundet till bränslet förbränns i flamfronten, alltså beroende av kväveinnehåll i bränslet.

Promt: luftens kväve reagerar med bränsleradikaler, karaktäriseras av lokalt reducerande atmosfär och korta tider. Dem är minst viktiga i förhållande till termisk eller bränsle mekanism.

b) Diskutera hur NOx-emissioner kan begränsas i en ångpanna med hjälp av stegvis luft vid förbränning. Diskussionen bör kopplas tydligt till de NOx bildningsmekanismer som beskrivits ovan.

• Stegvis förbränning – Stegvis luft
- Slutförbränning → luftöverskott MEN lägre temperatur → låg NOx bildning
- Luftunderskott → reducerande atmosfär → låg NOx bildning
- Risk för korrosion

A1. Askhantering är en viktig miljöfråga.
a) I dagsläget läggs nästan all aska på tipp/deponier. Vilka nackdelar är det med detta?

Medför urlakning av skogen osv som nämnts tidigare... Deponier är även väldigt dyra, och dyrare ju farligare askan anses vara (tungmetaller m.m). Transport och att iordningställa deponi kostar även.

b) Vilka bränslen ger vid förbränning upphov till aska i någon utsträckning? Ange minst två förbränningsanordningar för askrika bränslen och visa med en enkel skiss deras konstruktion!

Bark och ved ger upphov till aska.
Rostförbränning.

A2. Vid förbränning av de flesta bränslen bildas ofta svaveloxider (SOx) och kväveoxider (NOx). För båda typer av utsläpp diskutera följande:

a)Miljöpåverkan

- SO_x ger upphov till försurning som innebär för låga pH –halter i naturen vilket bla får sjöar att dö ut.
- NO_x ger upphov till försurning, övergödning, ozonbildning och vegetationsskador. Det är dessutom hälsofarlighet och korrosivt.

b) Bildningsmekanismer

-SO_x bildas vid förbränning vid kontakt med syre och vidare vatten enligt

Sbränsle + $O_2 \rightarrow SO_2$

$SO_2 + ½\ O_2 \rightarrow\rightarrow SO_3$

$SO_2 + H_2O$luft $\rightarrow\rightarrow H_2SO_3$

$SO_3 + H_2O$luft $\rightarrow\rightarrow H_2SO_4$

-NO_x kan bildas på flera olika sätt som

- **Termiskt NO_x**

  N2 + O ↔ N + NO (Ef = 314 kJ/mol; Er=0)
  NO + O ↔ N + O2 (Ef = 163 kJ/mol; Er=29 kJ/mol)
  N + OH ↔ NO + H (Ef = 0; Er= 165 kJ/mol)

  • Hög bindningsenergi för N2.

  • Termisk NOx-bildning, **starkt endoterm** och **temperaturberoende**

  • Sker i efterreaktionszonen om hög T (>1400°C) och lokalt O2-överskott

  • Låg hastighet jämfört med bränsle-NOx-bildning

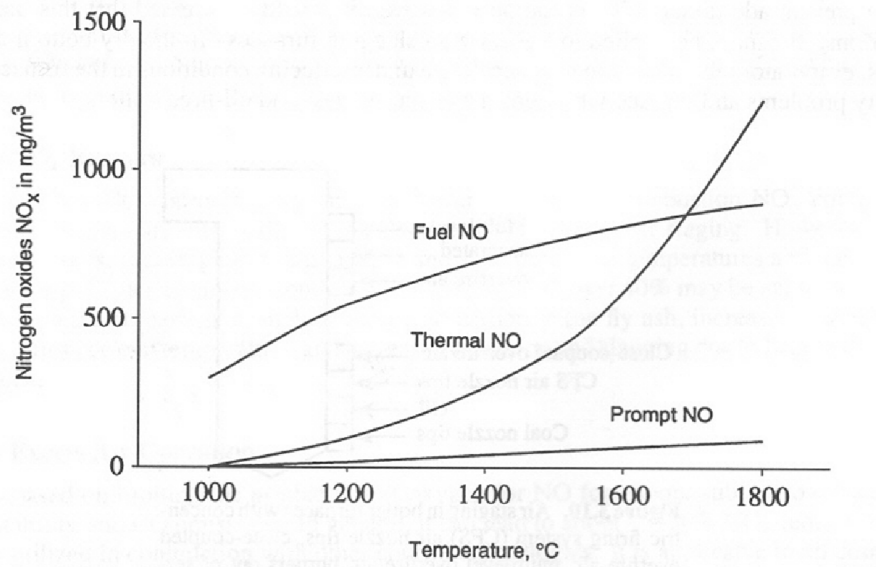
- **Bränsle NO_x**
  Reaktion mellan N i bränslet och O i luften. Den vanligaste mekanismen för bildning av NO_x vid lägre temperaturer.

- **Promt NO_x**

  • ”Mekanism”: Luftens kväve reagerar med bränsleradikaler

  • Karaktäriseras av:
    – Lokalt reducerande atmosfär (bränslet kan inte oxideras optimalt) vilket ofta innebär lägre temperaturer
    – Korta tider (radikaler är kortlivade)

  • Minst ”viktiga” (jfr termiskt NO_X eller bränsle-NO_X)



c) Åtgärder för att minska utsläpp (en översikt).

-SO_x

- Avsvavling vid förbränning – Avsvavling av avgaser
- Återvinningsprocesser (användbar form)
  - ”bortkastningsprocesser” (deponi)
- Våt (våt-torr) metod – torr metod
  - Våt: kalk-vatten (Ca(OH)2, CaCO3, CaO)
  - Torr: t.ex. NaHCO3

-NO_x

- Stegvis tillsats av luft
- Användning av kvävefattiga bränslen
- Förbränning vid låga temperaturer

A2. Vid förbränning bildas oftast NOx:
a) Det finns flera olika bildningsmekanismer för NOX. Redogör för de två viktigaste mekanismerna.

- **Termiskt NO_x**

  $N2 + O \leftrightarrow N + NO$ (Ef = 314 kJ/mol; Er=0)
  $NO + O \leftrightarrow N + O2$ (Ef = 163 kJ/mol; Er=29 kJ/mol)
  $N + OH \leftrightarrow NO + H$ (Ef = 0; Er= 165 kJ/mol)

  • Hög bindningsenergi för N2.

  • Termisk NOx-bildning, **starkt endoterm** och **temperaturberoende**

  • Sker i efterreaktionszonen med hög T (>1400°C) och lokalt O2-överskott

• Låg hastighet jämfört med bränsle-NOx-bildning

- **Bränsle NO_x**
  Reaktion mellan N i bränslet och O i luften. Den vanligaste mekanismen för bildning av NO_x vid lägre temperaturer.

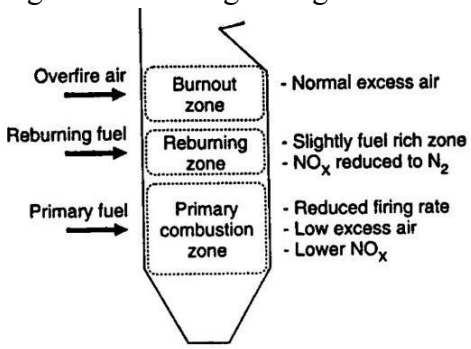
b) För att reducera mängden NOX till omgivningen finns flera metoder förutom val av bränsle: primära (vid förbränningen) och sekundära (efter förbränningen) metoder. Redogör för en metod av varje typ (primär och sekundär) och diskutera för- och nackdelar med dessa metoder.

Primärt - Förbränningstekniska åtgärder för minskad NOx-bildning i stora pannor:
• Lämplig utformning av eldstaden (detta innebär större volym som ökar värmeupptagning och ger lägre T)
- Minskar bildning av Termiskt NO_x
- Lägre krav på temperaturtåliga material
- Minskad värmeöverföring till vattensystemet
- Ökad investeringskostnad

• Mindre luftförvärmning
- Minskar bildning av Termiskt NO_x
- Inte lika fullständig förbränning

• Stegvis förbränning – Stegvis luft
- Slutförbränning → luftöverskott MEN lägre temperatur → låg NOx bildning
- Luftunderskott → reducerande atmosfär → låg NOx bildning
- Risk för korrosion

• Stegvis förbränning – Stegvis bränsle



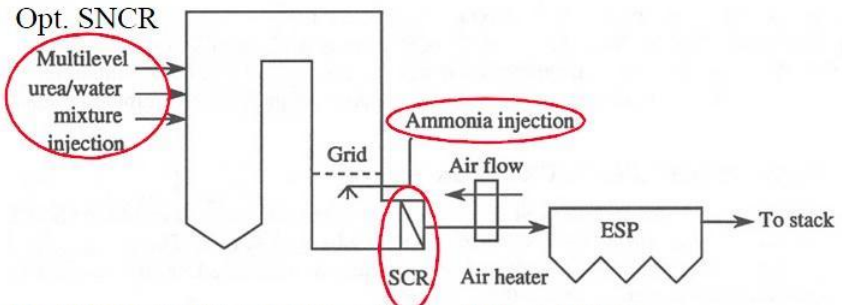
• Förbränning med lågt luftöverskott
- Minskar bildning av Bränsle NO_x
- Inte lika fullständig förbränning

• Rökgasåterföring (kyld rökgas återförs till pannan, vilket ger lägre T och lägre O2-halt)

Sekundärt
– **SCR** (selektiv katalytisk reduktion)
- NOx minskning: över 90% (bättre än SNCR)
- Väletablerad teknik MEN dyrt (investering och drift) jfr. SNCR
- Kort livslängd för katalysator (kan förgiftas eller bli igensatt)

– **SNCR** (selektiv icke-katalytisk reduktion)

- Selektiv katalytisk NOx-reduktion **SCR (SNCR+SCR)**



Reaktion: $4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$

Katalysator, ex: $1.5\%\ V_2O_5 + 9\%\ WO_3$ on TiO_2

SCR-Temperatur: 300 - 400°C

SNCR-Temperatur: ca 900 °C (SNCR+SCR), 1000 °C (SNCR)

b) Vid förbränning bildas även fasta produkter, däribland stoft. Nämn minst 2 olika metoder för stoftavskiljning.

- Cyklon
  - Utnyttjar Densitetsskillnader. Sätter snurr på gasen Partiklar dras ut i kanten och faller ner.
- Skrubber
  - Våtavskiljare. Filter tvingar vätska ner, gas upp.
- Elektrofilter
  - Elektriskt fält Partiklar avskiljs
- Spärrfilter (Textilfilter)

c) Efter förbränningen återstår bl.a. aska. Hur hanteras askan efter förbränning i industriella processer? Nämn minst 2 olika sätt. Vilket av dessa är det vanligaste sättet att hantera aska?

- Deponering
- Byggmaterial. Blandas med cement.

Deponering är vanligast.

c) I framtiden kan man komma att avskilja och lagra koldioxid. Ge två exempel på var man tänker sig kunna lagra koldioxid.
Att pumpa ner den i berggrunden eller under haven. Det kan vara möjligt att lagra koldioxiden som Ca2CO3 (kalksten), vilket kan förhindra utsläppen än mer när koldioxiden inte lagras i form av gas.

A2.
a) Beskriv fördelar (ekologiska och ekonomiska) med att återföra bio-aska till skogen. Ange också minst två faktorer som är viktiga att ta hänsyn till i valet av sätt att behandla askan innan den återförs.

Om detta görs måste lättlösliga salter och tungmetaller separeras bort, vilket kostar pengar. Askan måste omvandlas till granuler eller pellets och springs i skogar eller mark. Transporten för detta måste tas hänsyn till och även risk för damning (risk för de som lägger ut askan). För att få ekonomi krävs en långsam upplösning på minst 10 år. Detta kan åstadkommas med så kallade granuler eller pellets. Än så länge kostar återföring till naturen mycket pengar, men forskning pågå och detta är viktigt för inte naturen ska urlakas på näringsämnen.
Den bör återföras där undervegetation finns, inte på ett kalhygge tex.

b) Idag läggs oftast aska på deponi. Nämn minst 3 alternativ till att göra det, förutom det ovan nämnda.
Återanvänds i processen (bäddmaterial tex)

Vägbyggen – Måste blandas med exempelvis kalk eller cement för ökad tjältålighet

Konstruktionsmaterial

Tätskikt på deponier – Mycket som löses upp i sur miljö CaO, $CaCO_3$.

A1. Vid förbränning bildas oftast NOx.
a) Vilken miljöpåverkan har utsläpp av NOx?
Försurning, övergödning, korrosion, ozonbildning, skador på vegetation.

b) Det finns flera olika bildningsmekanismer för NOx, redogör för de två viktigaste.

Bränsle NOx (mest):	Termiskt NOx (mellan):
Bränslets kväve oxideras	Luftens kväve oxideras
Luftöverskott	Luftöverskott
Låga T	Höga T
	Höga uppehållstider

Bränsle-NOx bildas lättare än termisk-NOx pga svagare C-Noch H-N-bindning jämfört med N-N-bindning i luft-N_2.

c) Beskriv minst två åtgärder i själva förbränningsprocessen som kan minska mängden bildat NOx.
(se tidigare exempel)

Stegvis förbränning
Man kan tillföra både bränsle och luft stegvis. Man tillför då en ett primärt steg endast ett litet luftöverskott, med högre T, för att sedan tillföra mer bränsle i en mellanzon, där NOx-gaser reduceras till N_2. I Den sista zonen sker slutförbränning med lägre temperatur men med ett överskott av luft.

- Lämplig utformning av eldstaden tex större volym
- Låg NOx-brännare (modifiering av brännarkonstruktionen)

A2. De tre gaser som främst är förknippade med miljöaspekter är CO_2, SOx och NOx. Beskriv övergripande för var och en av dessa:

a) Hur absoluta storleken av utsläppen i Sverige förändrats sedan 1990 (storleksordningar)

Idag:

- Stoft: 66 000 (*17000*) ton (PM10-2000)
- SO_2: 35 000 (*16000*) ton (2010)
- NO_X: 161 000 (*35000*) ton (2010)
- CO_2: 46 Mton (*12 Mton*) (2009)

Förändring:
Alla har minskat. NOx och SO2-utsläppen dock i mycket större storlekar. CO2 har minskat i mindre utsträckning.

Energitekniker

A1. I Energimyndighetens statistik (Energiläget) för elproduktion i Sverige under senare år visas, förutom vattenkraft och kärnkraft, ett antal kraftslag.

a) Nämn minst 4 av dessa kraftslag!

-Solkraft
-Biomassa
-Vindkraft
-Kondenskraft

b) Nämn och beskriv kortfattat minst 3 framtida tekniker, som ej nämnts ovan, för elproduktion i Sverige!

-Bränsleceller
- Att mha tillsats av vätgas, H_2 och syre, O_2 till en elektolyt i en elektrisk krets utvinna el ur den kemiska reaktion som uppstår.

-Fluidized-bed Gasification Technology
- Tillsätter ett bränsle till en fluidiserad bädd reaktor, vilket blandas med fluidiserad sand och omvandlas till relativt ren syntetisk gas.
- Reaktorn kan vara antingen en bubblande fluidiserad bädd reaktor (BFB) eller en cirkulerande fluidiserad bädd reaktor (CFB)

-Artificiell fotosyntes
- Att imitera den naturliga fotosyntesen för att kunna producera el från sol och vatten

-Fusion

- Att vid väldigt höga temperaturer få två partiklar att smälta ihop till en ny partikel och därifrån utvinna energi

A1. Sveriges energianvändning i två av de tre samhällssektorerna under 1975-2005 är förbluffande konstant. Ändå har den totala energianvändningen öka påtagligt under perioden.

a)Vilka är de två samhällssektorerna och vad beror ökningen i total energianvändning under perioden på?

- Industrin
- Bostäder och Service

Förluster i kärnkraften har ökat i och med att användningen av kärnkraftraften har ökat. [Bild 3 av 18 i PPT F2]

b) Den slutliga energianvändningen utnyttjar ett antal energibärare. Vilka är de viktigaste energibärarna i var och en av de tre samhällssektorerna?

-Transportsektor: Diesel och Bensin
-Industrisektor: El och Biobränslen
-Bostäder och Service: El och fjärrvärme

A1.
a) Sverige släpper ut drygt 50 Mton CO2 varje år. Mängden växthusgaser är dock ca 65 Mton CO2-ekvivalenter. Förklara denna skillnad

-Även CH_4, freoner och andra gaser som släpps ger också upphov till en växthuseffekt.

b) **Sveriges elproduktion utgörs främst av 2 kraftslag. Vilka är dessa och hur stor andel av den totala elproduktionen utgör vart och ett? Vilka andra kraftslag bidrar till Sveriges elproduktion?**

- Vattenkraft står för ca 40% av elproduktionen
- Kärnkraft står för ca 40% av elproduktionen

I övrigt är gasturbiner, kraftvärme och vindkraft viktiga bidrag.

A1.
a) EU-parlamentet har beslutat om en ny lagstiftning för EU's klimat- och energipolitik. I denna lagstiftning finns de s.k. "20-20-20-målen". Redogör för minst 3 av målen i denna lagstiftning (finns fler).

- CO_2 utsläppen ska minska med 20%
- Användningen av förnyelsebar energi ska öka med 20%
- Användningen av Energi ska minska med 20%

a) Industrin står för ca 20% av världens CO2-utsläpp. Ange två principiellt olika åtgärder som en processindustri kan vidta i dagsläget för att minska utsläppen av CO2.
Minskning av värmebehov i processen genom ökad värmeåtervinning eller processmodifiering.
Ökning av omsättningsgrad vad gäller energiproduktionen. Detta betyder till exempel ökade verkningsgrader för samtliga komponenter.
Använda kraftvärmesystem för att slippa importera el som produceras med fossila bränslen till exempel.
Använda förnybara energikällor som solenergi, vindkraft m.m för eventuell elproduktion.

b) EU fattade ett principiellt beslut i mars 2007 om EU's framtida klimatpolitik. Beslutet kallas "20 20 by 2020", vad innebär detta beslut?
Kort beskrivning:
Det innebär att växthusgaser ska minska med 20 % till 2020, att minst 20 % av energin då ska vara förnybar och energieffektiviteten ska öka med 20 %.

Mer långrandig beskrivning:
-År 2020 skall 20% av energitillförseln komma från förnybara källor (Sverige 49%)
-Minst 10% av energianvändningen i transportsektorn måste vara från förnybart ursprung 2020
-Utsläpp för personbil skall vara i genomsnitt 130gCO2/km
-Öka inblandning av förnybara drivmedel i bensin o diesel samt minska utsläpp under omvandlingskedjan med 6%
-Utsläppen (av växthusgaser) från förbränningsanläggningar och stora industrier skall vara 21% lägre år 2020 (jfr2005)
- För utsläpp som inte omfattas av EU ETS skall utsläppen vara 10% lägre (Sverige 17%)
-Genom energieffektivisering skall enregianvändningen minska med 20% till 2020 (står ej i klartext i "energiläget", men finns från EU-källor
-Främja teknik för CCS

b) Hur fördelningen i utsläpp ser ut mellan olika samhällssektorer i Sverige genom att rangordna sektorerna. Med samhällssektor avses sektorerna förbränning inom industrin, transporter, bostäder och service, förbränning i el/gas/värmevärk samt industriprocesser.
Om Koldioxid avses: [Bild 17 av 18 i PPT Föreläsning 2]

Transporter > förbränning i industrin > förbränning i el/gas/värmevärk > Bostäder och Service