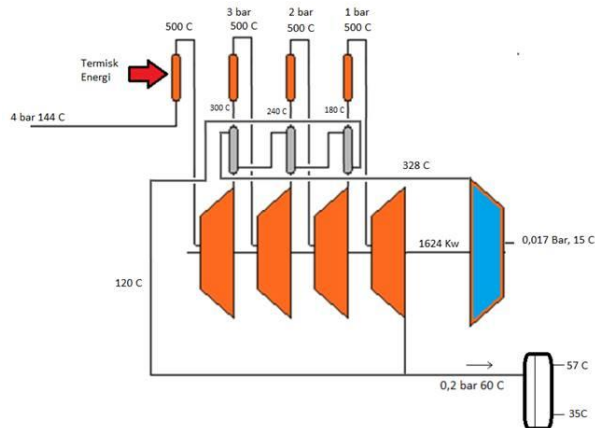


Damp drevet vanddamp kompressor

Oplægget til specifikationerne til energibalance beregningerne fremgår af den fremsendte figur fra NHSolutions A/S.

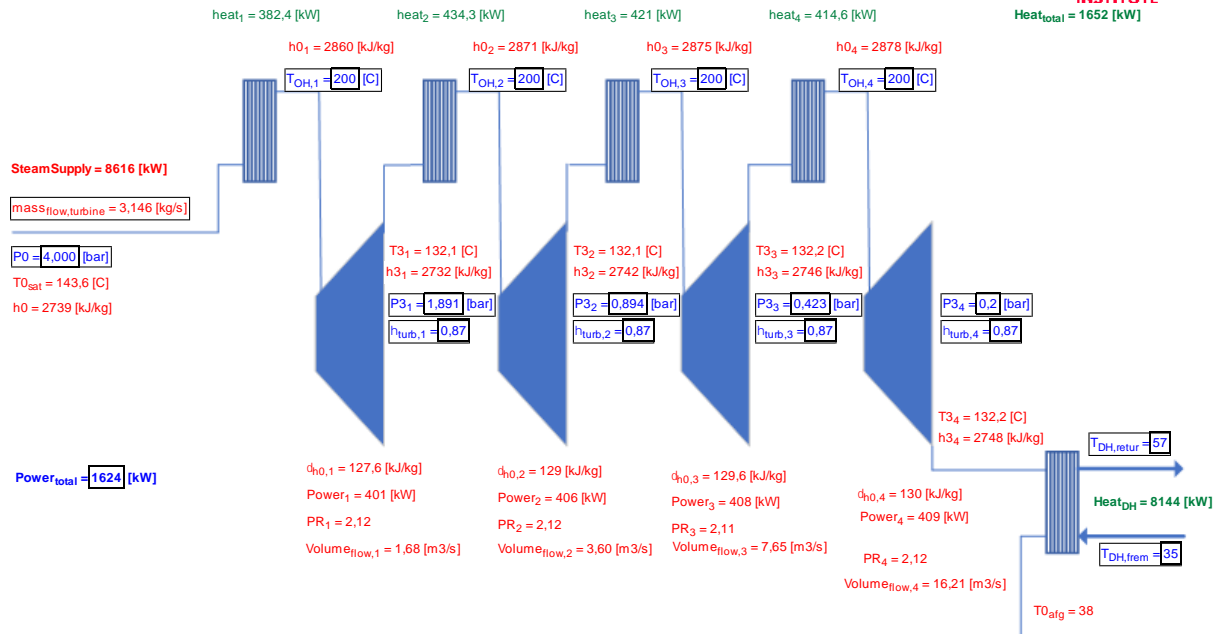


Figur 1 Oplæg til konfiguration af ekspander og kompressor anlægget

1. Version uden brug af trykgas temperaturen fra vanddamp kompressor

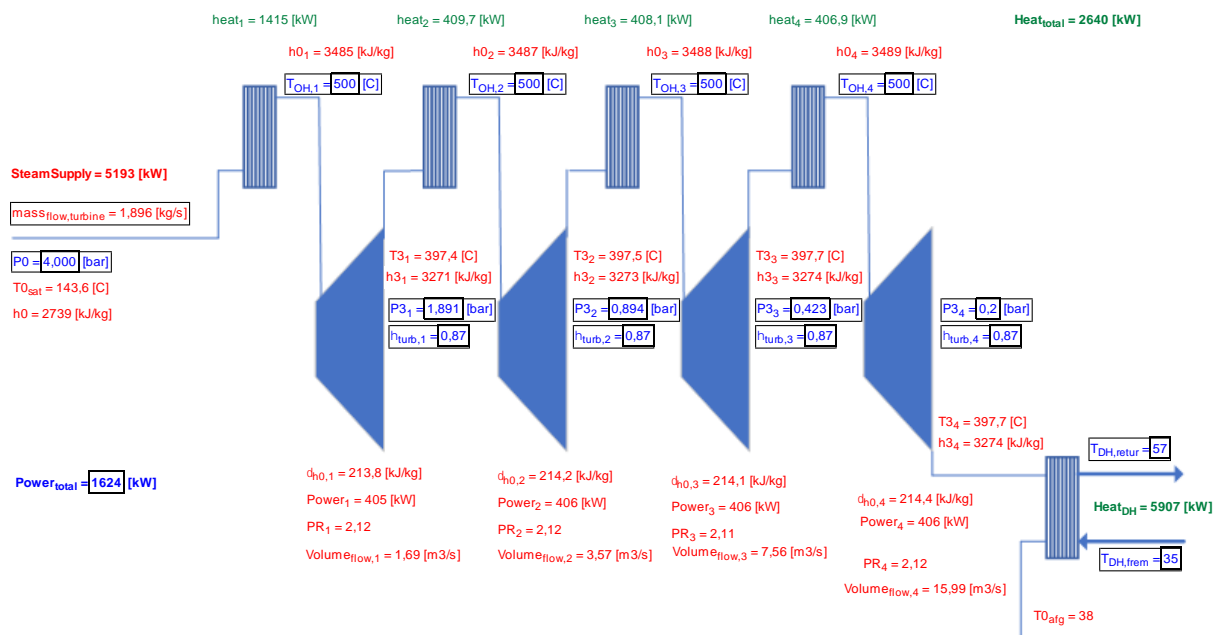
I den første version af turbine anlægget sker overhedningen af dampen til de enkelte turbine trin udelukkende ved hjælp af termisk varme fra 600 C lageret. Den energi der hentes fra ekspansionen er proportional med trykforholdet, så de enkelte tryk er justeret i forhold til at give ens trykforhold pr trin. Energibalancen er opstillet i to tilfælde, dels en overhedning til 200 C og dels til 500C.

Desuden skal nævnes, at det samlede trykforhold på 20:1 sandsynligvis vil kunne løses ved et tre trins ekspander anlæg med nogenlunde lige så god virkningsgrad, trykforhold på 3:1 er velkendte for damp.



Figur 2 Energibalance for turbine anlæg ved overhedning til 200C vha eksternt varmelager

Overhedning til 500 C



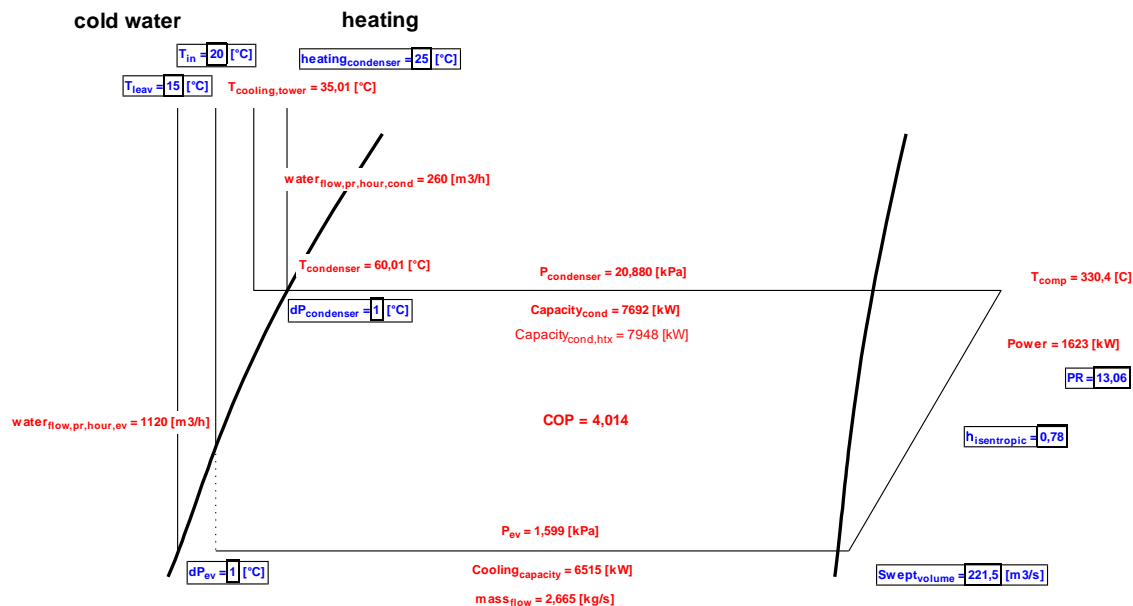
Figur 3 Energibalance for turbine anlæg ved overhedning til 500C vha eksternt varmelager

For begge versioner gælder at der fremstilles ca 1625 kW el. Hvis denne el anvendes til at drive et vanddamp kompressor anlæg med afgang temperatur 15C og kondensering 60C, vil et sådant anlæg levere ca 6.5 MW køling samt levere ca 8.0 MW varme til fjernvarmen ved opvarmning til 57C.

2. Vanddamp kompressorer

Aksel effekten på 1624 kW benyttes til at drive en chiller, i dette tilfælde et vanddamp kompressor anlæg med fordampningstemperatur 15C og kondensering på 60C.

I tilfælde af et-trins kompression vil trykgas temperaturen blive temmelig høj, ca 325C, kredsløbet er vist på den følgende figur.



Figur 4 1-trins vanddamp kompression fra 15C til 60C, trykforholdet er ca 1:13

Denne kompression i et trin kan ikke gennemføres ved hjælp af nogen af de typer af kompressorer der er på vej til at blive kommercialiseret, det vil kræve en helt nyudviklet kompressor.

- 1) Nyudviklet aksial kompressor
 - a) Al legering, tip speed appr 450 m/s
9-10 trin, impeller diameter ca 1.35 m
 - b) Ti legering, tip speed appr 560 m/s
6-7 trin, impeller diameter ca 1.15 m

Derimod kan to-trins kompression med mellemkøling gennemføres på flere forskellige måder ved hjælp af de kompressorer, der er på vej i forskellige stadier af udvikling og kommercialisering.

Flg typer er enten under udvikling, findes i prototype i laboratorier eller er i field test og kan forventes at ville være til rådighed for to-trins kompression på et tidspunkt de kommende år.

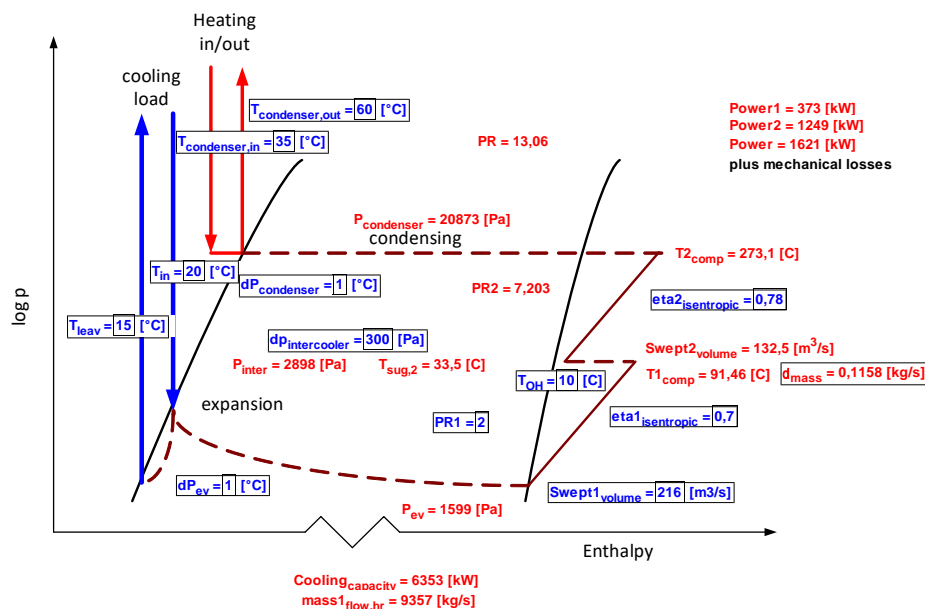
- Solid Energy, stor centrifugal kompressor med slagvolumen ca 150 – 250 m³/s (skalbar) og trykforhold på ca 1:2 (ca 10C løft).
- Kobe Steel, to størrelser 4-trins aksial kompressor, trykforhold ca 1:3.4 (ca 20C løft) hhv 100 m³/s og 45 m³/s

- JCI, 7-trins aksial kompressor, trykforhold ca 1:7,5 (ca 35C løft) ved 45 m³/s
- GE (ell lign) har sandsynligvis centrifugal kompressor med trykforhold 1:3 (ca 15 C løft) og slagvolumen op til 30 – 40 m³/s.

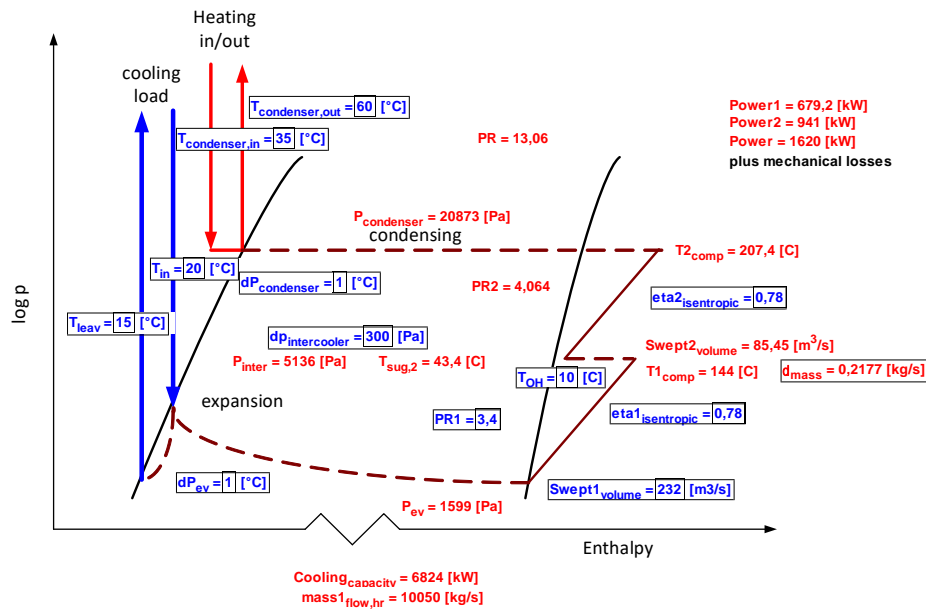
Det samlede temperatur løft er ca 45C og det samlede slagvolumen er ca 220 – 230 m³/s for det første trin. Desuden er antaget at 7-trins og 4-trins aksial kompressorerne vil forholdsvis enkelt vil kunne modificeres til 5-trins versioner.

For eksempel følgende kombinationer med nogenlunde samme overordnede performance.

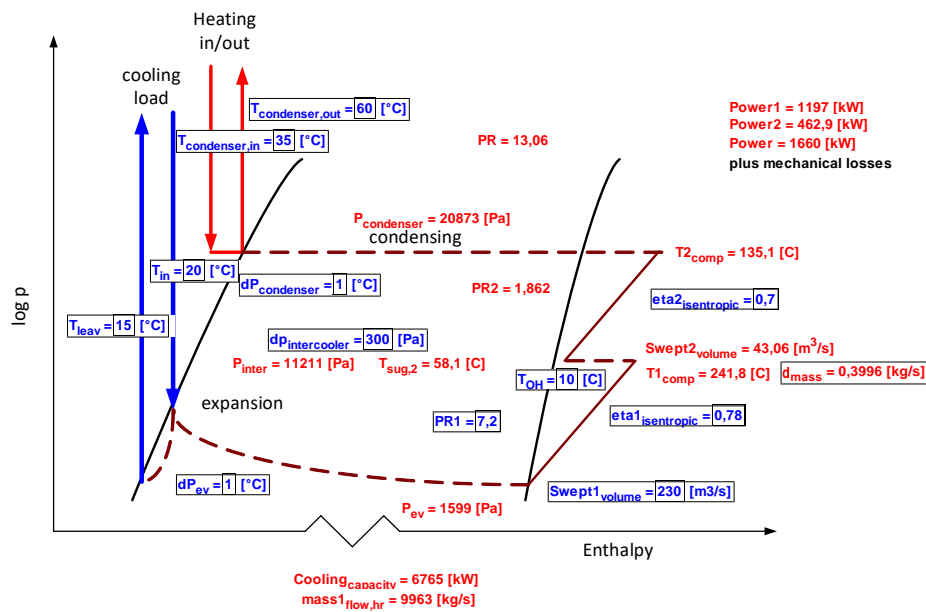
- Første trin: Stor centrifugal kompressor (Solid Energy)
Andet trin: 3 stk. 7-trins aksial kompressor (JCI)
- Første trin: 3 stk. 4-trins kompressor (Kobelco) (2x100 m³/s + 1x45 m³/s)
Andet trin: 1 stk. 5-trins kompressor (Kobelco/JCI) (1x100 m³/s)
- Første trin: 5 stk. 7-trins kompressor (JCI)
Andet trin: 1-2 stk. centrifugal kompressor (Solid Energy/GE eller lign)



Figur 5 Kredsprocessen svarende kombination A



Figur 6 Kredsprocessen svarende til kombination B

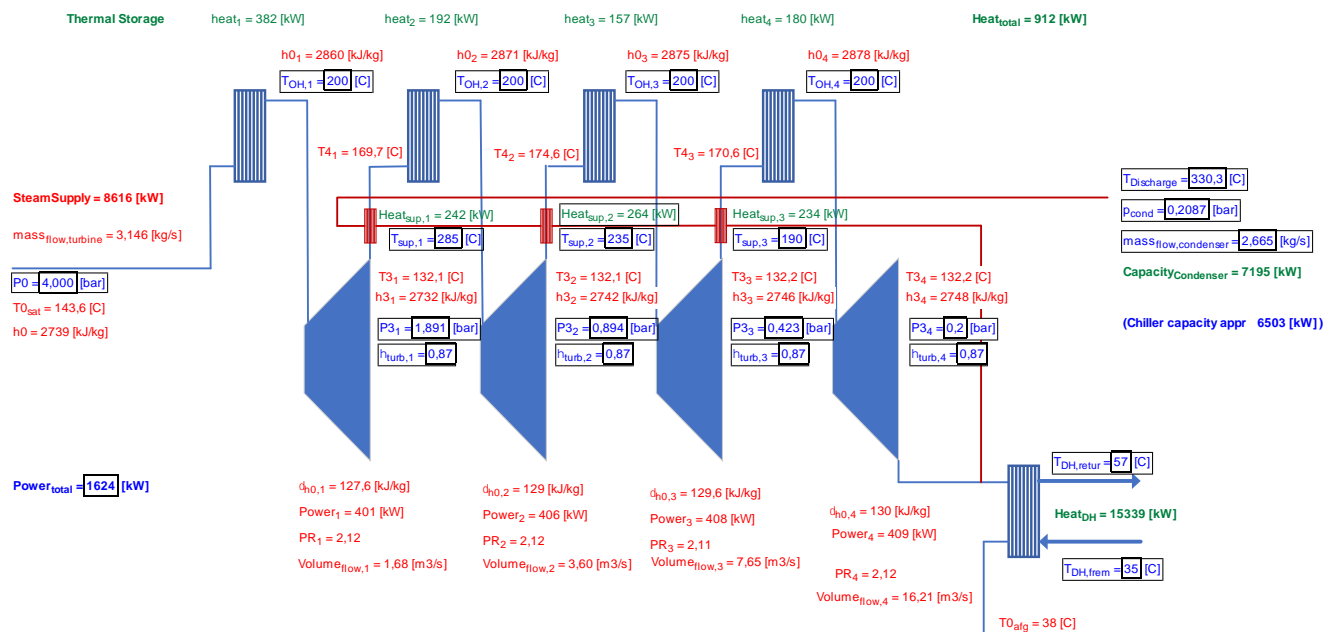


Figur 7 Kredsprocessen svarende til kombination C

3. Version med brug af trykgas temperaturen fra vanddamp kompressor

For alle to-trins kombinationerne gælder, at trykgas temperaturen er relativ lav sammenlignet med den ønskede overhedning af ekspander trinnene, så det er tvivlsomt om det er økonomisk rentabelt at implementere. Desuden er det kun i tilfældet overhedning til 200 C at der kan blive tale om at udnytte trykgas temperaturen – hvis der overhedes til 500C er ekspansions temperaturen ca 400 C som vist på fig 2.

Så den kombination hvor trykgassen kan tænkes at benyttes til overhedningen på ekspansions-trinnene med størst effekt er et-trins vanddamp kompressor og overhedning til 200C.



Figur 8 Energibalance for turbine anlæg ved overhedning til 200C vha eksternt varmelager og trykgas temperatur fra et-trins vanddamp kompressor

4. Summary

Der er opstillet energibalancer for et dampdrevet vanddamp kompressor anlæg, hvor der forbruges damp ved 4 bar samt varme fra et højtemperatur varmelager (f.eks. 600 C) og leveres køling ved 15C samt varme til fjernvarme vandet (opvarmning fra 35 til 57C). Der er tale om overordnede teoretiske model beregninger, hvor der kan forventes afvigelser på 5-10% med mere detaljerede beregninger som inkluderer diverse tryktab, mekaniske tab, el-virkningsgrader, mm..

De overordnede værdier er opsummeret i tabellen

	Overhedning til 200C	Overhedning til 500C	Udnyttelse af trykgas samt overhedning til 200C
Forbrugt damp ved 4 bar	3.15 kg/s Ca 8.6 MW	1.90 kg/s Ca 5.2 MW	3.15 kg/s Ca 8.6 MW
Forbrugt varme fra højtemperatur varmelager	Ca 1.7 MW	Ca 2.6 MW	Ca 0.9 MW
Leveret køling ved 15C	Ca 6.5 MW v 15C (eller ca 1.6 MW el)	Ca 6.5 MW v 15C (eller ca 1.6 MW el)	Ca 6.5 MW v 15C
Leveret fjernvarme ved 57C	Ca 16,1 MW Ca 8,1 MW v ekspansion Ca 8,0 MW kondensator	Ca 13,9 MW Ca 5,9 MW ekspansion Ca 8,0 MW kondensator	Ca 15,3 MW Ca 8,1 MW ekspansion Ca 7,2 MW kondensator