



AUR JA AURULAHENDUSED

Peeter Kutti, MSc | sales engineer

peeter.kutti@filter.eu

+372 50 83 954

| filter.eu

Auru ja aurulahendused

- Miks kasutada aru?
- Auru omadused,
- Aurutabel,
- Auru kvaliteet,
- Auru tootmine,
- Auru mõõtmine,
- Aurusõlmed:
 - Aur / vesi
 - Aur / aur
 - Ülekuumendatud vesi / aur

Auru alused

Miks aur?

- Vesi on ilmselt kõige levinum aine maakeral
- Vesi ei ole agressiivne ega mürgine ja on odav
- Aurutemperatuuri on lihtne kontrollida (RÕHK)
- Auru massiühiku energiasisaldus on väga kõrge
- Aur omab kondenseerumisel kõrget soojusülekandevõimet
- Vesi aurustub ja kondenseerub konstantsel temperatuuril
- Enim uuritud soojuskandja maakeral...



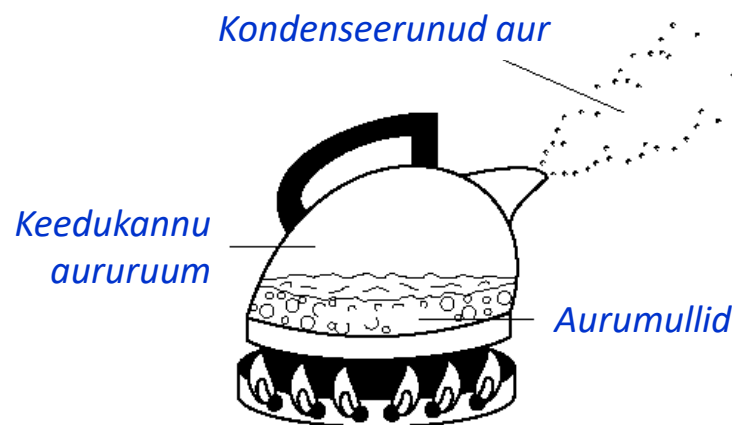
Auru alused

Kas aur?

AUR	VESI	TERMAALÕLI
Kõrge soojussisaldus. Latentne soojus ~2 100 kJ/kg	Mõõdukas soojussisaldus. Erisoojus 4,19 kJ/kg °C	Kehv soojussisaldus. Erisoojus 1,69...2,93 kJ/kg °C
Odav, mõned veetötluskulud	Odav, vähesed veetötluskuud	Hinnaline
Kõrgete temperatuuride jaoks on vajalik kõrge rõhk	Kõrgete temperatuuride jaoks on vajalik kõrge rõhk	Kõrgete temperatuuride jaoks ei ole vaja kõrget rõhku
Tsirkulatsioonipumpasid ei ole vaja. Väikese läbimõõduga torud	Tsirkulatsioonipumbad on vajalikud. Suure läbimõõduga torud	Tsirkulatsioonipumbad on vajalikud. Torude läbimõõdud veelgi suuremad
Lihne kontrollida – 2-tee ventiilid	Keerulisem kontrollida – 3-tee ventiilid ja/või dif-rõhuventiilid	Keerulisem kontrollida – 3-tee ventiilid ja/või dif-rõhuventiilid
Temperatuuri alandamine on lihtne – rõhku alandava ventiiliga	Temperatuuri alandamine on keerulisem	Temperatuuri alandamine on keerulisem
Kondensaadialdeid on vajalikud	Kondensaadialdeid ei ole vaja	Kondensaadialdeid ei ole vaja
On vaja käidelda kondensaati	Kondensaadi käitlemine puudub, on vaja tagada ringlus	Kondensaadi käitlemine puudub, on vaja tagada ringlus
Heitauru tekkimine	Heitaur puudub	Heitaur puudub
Katla läbipuhe vajalik	Läbipuhet pole vaja	Läbipuhet pole vaja
Korrosiooni vältimiseks on vajalik veetötlus	Vähem korrosiooni, väiksemas mahus veetötlus	Korrosioon ei ole arvestatav
Tuleoht puudub	Tuleoht puudub	Tuleoht

Auru alused

Mis on aur?



NIISKE KÜLLASTUNUD	kuiva küllastatud auru ja vee segu
KUIV KÜLLASTUNUD	ei sisalda vett = teoreetiline auru olek
ÜLEKUUMENDATUD	auru temperatuur on kõrgem tema rõhule vastavast küllastustemperatuurist

Auru alused

Mis on aur?

Vaatama 1 liitrit keeva vett keedukannus
Pidevalt kuumutades – muutub kogu vesi auruks
Saadava auru ruumala on 1 673 liitrit



Auru alused

Mis on aur?

Kui see on 1 liitri vee suhteline ruumala,



Mis on aur?

Siis on selle lehe suhteline ruumala 1 liitri aurustunud vee ruumala atmosfääri rõhul

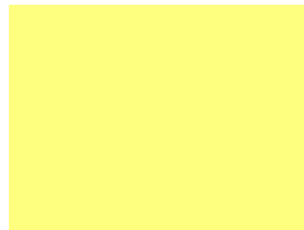


Auru alused

Mis on aur?

Sama 1 liiter vett

Suhteline kogus auru rõhul **5 bar g** on nii palju



Auru alused

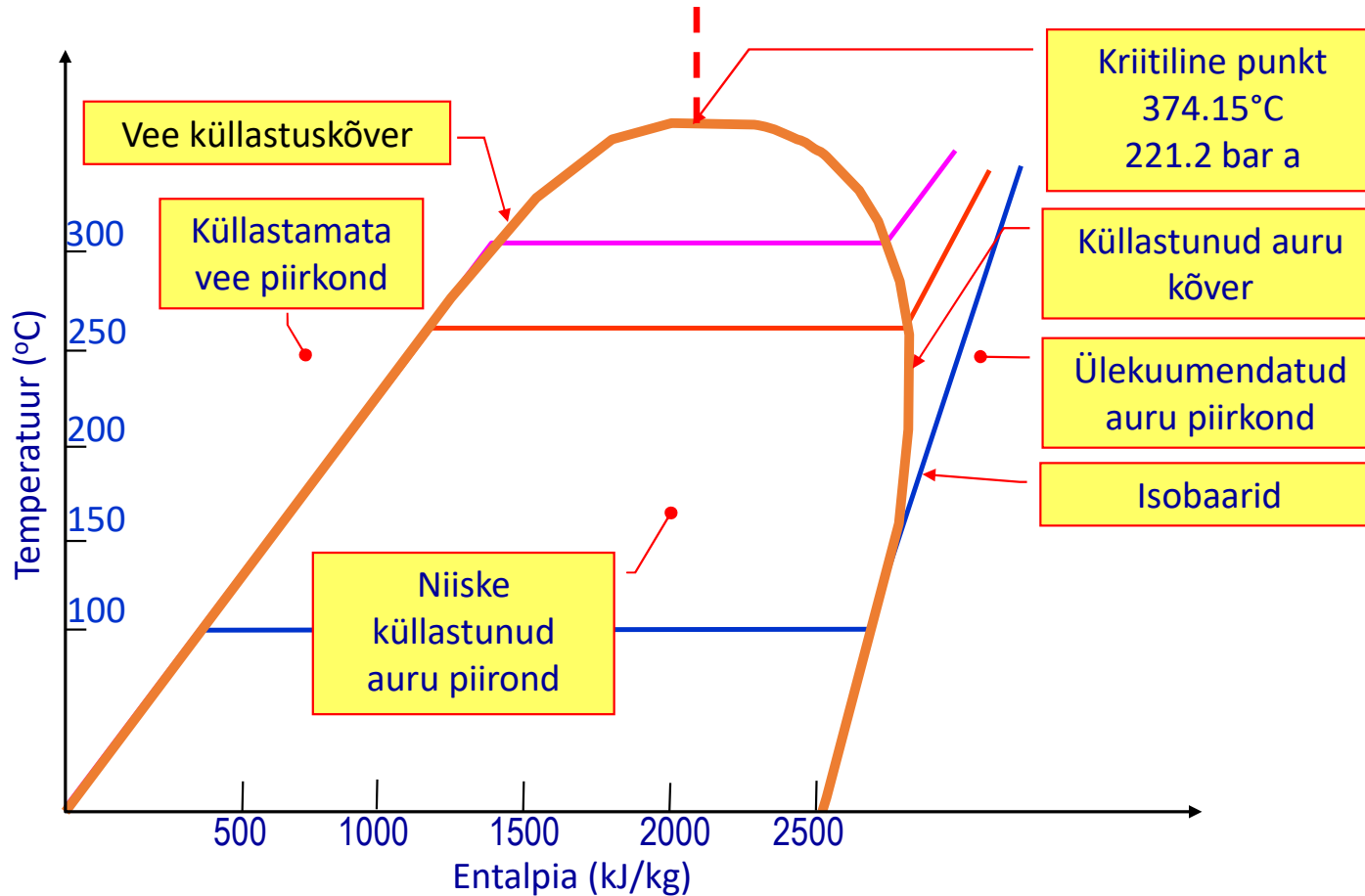
Mis on aur?

Sama 1 liiter vett

Suhteline kogus auru rõhul **10 bar g** on nii palju

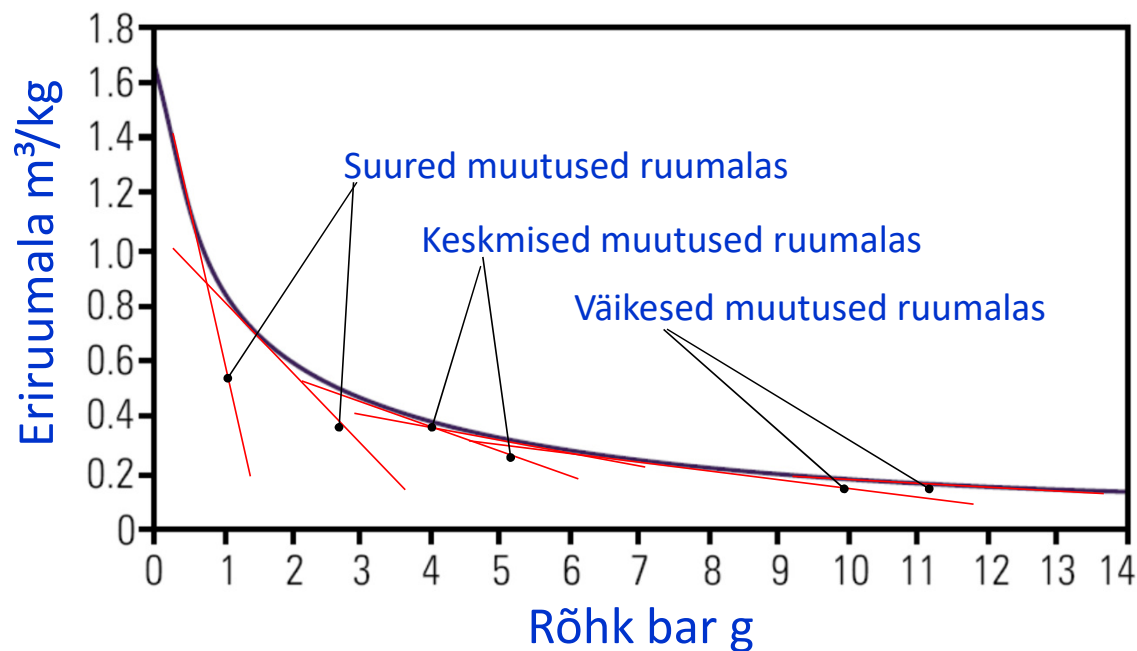


Mis on aur? Temperatuur ja entalpia



Mis on aur? Rõhk ja ruumala

Kuni 4 bar = suured muutused ruumalas
4 - 9 bar = keskmised muutused ruumalas
üle 9 bar = väikesed muutused ruumalas



Auru alused

Mis on aur? Aurutabel

Manom rõhk	<u>Temp.</u> (keemis)	Entalpia kJ/kg			Eiruumala kuiv küll.
		Vee	Aurustumis	Auru	
bar	°C	h_{vesi}	h_r	h_{aur}	m^3/kg
0	100	419	2257	2676	1 673
1	120	506	2201	2707	0,881
2	Energia mis on võimalik auru kondenseerumisel				0,603
	Energia mis jääb kondesaati auru kondenseerumisel				0,315
	Auru ja kondesaadi temperatuur <u>antud rõhul</u>			2769	0,240
	Auru eriruumala <u>antud rõhul</u>		2000	2782	0,177
14	198	845	1947	2792	0,132

Auru alused

Mis on aur? Aurutabel

Manom rōhk	Temp. (keemis)	Entalpia kJ/kg			Eiruumala kuiv küll.
		Vee	Aurustumis	Auru	
bar	°C	h_{vesi}	h_r	h_{aur}	m^3/kg
0	100	419	2257	2676	<u>1 673</u>
10	184	782	2000	2782	<u>0,177</u>

Muutub keemistemperatuur

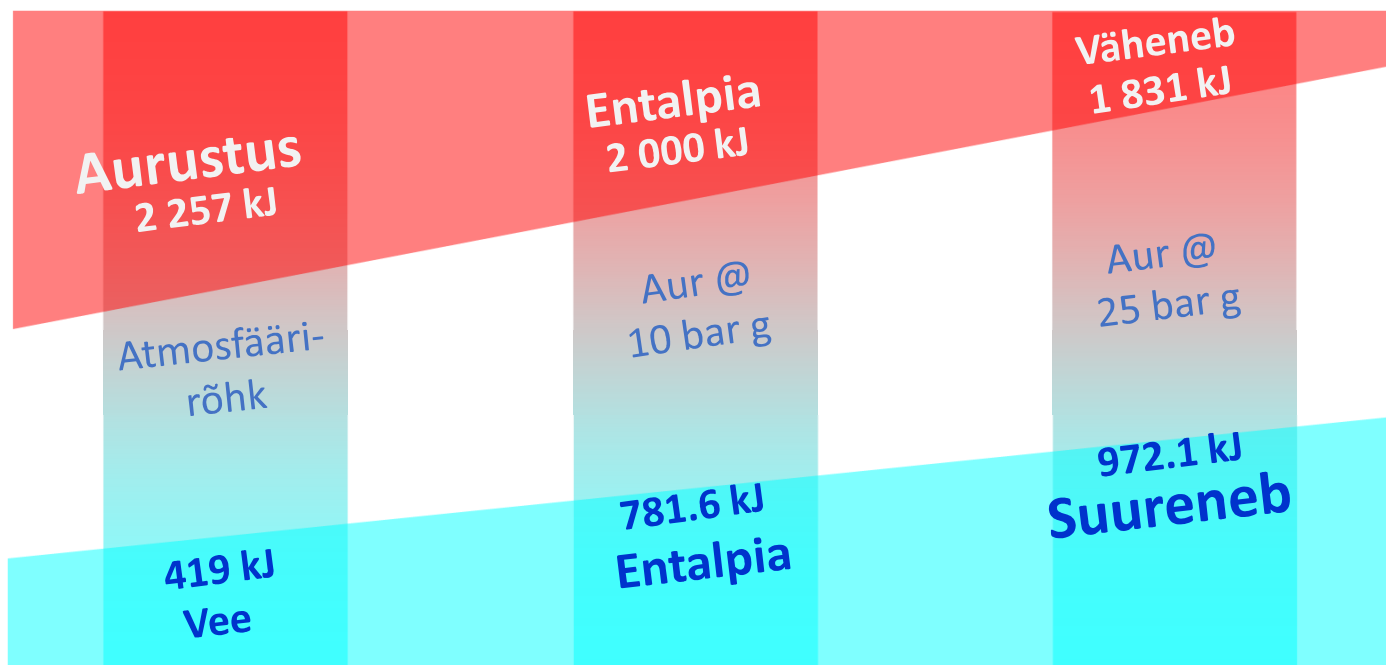
10 bar g aur sisaldab 363 kJ/kg rohkem vee-energiat

10 bar g aur sisaldab 257 kJ/kg vähem aurustumisenergiat

Auru eriruumala väheneb

Auru alused

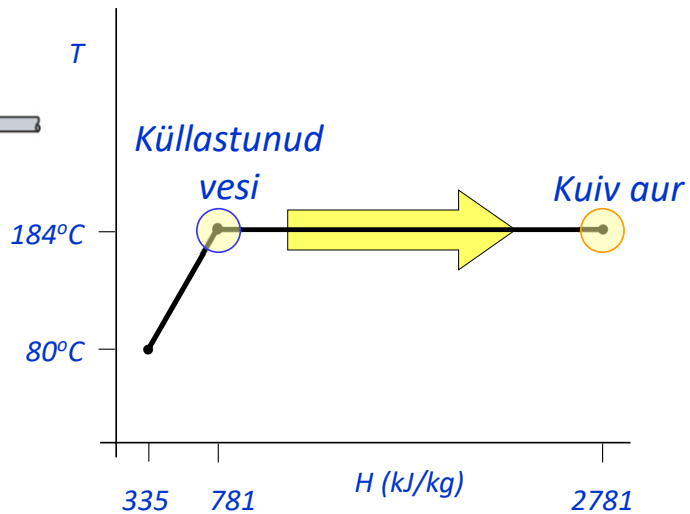
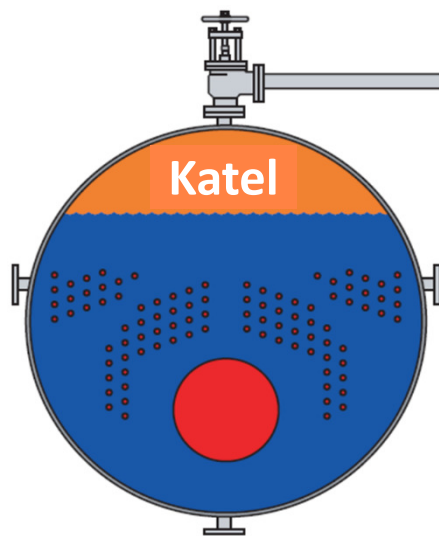
Mis on aur? Auru rõhk ja energiasisaldus



Auru alused

Mis on aur? Auru rõhk ja energiasisaldus

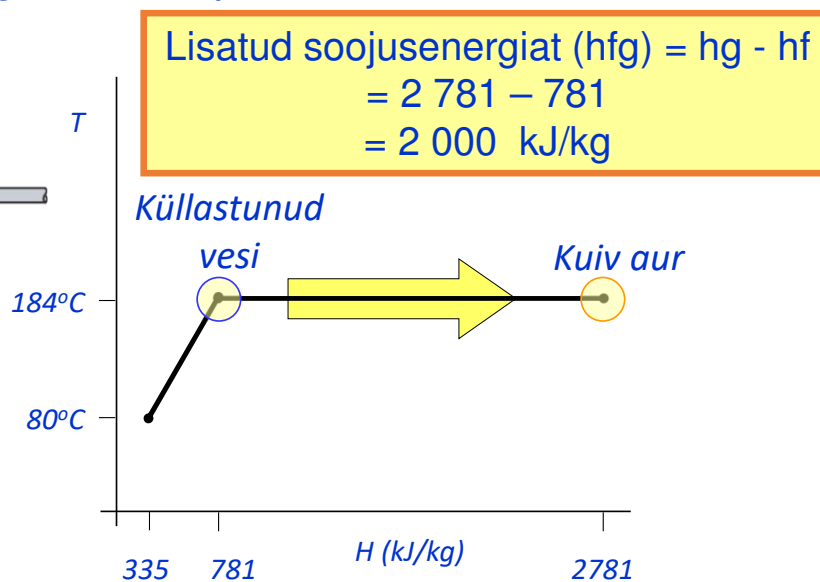
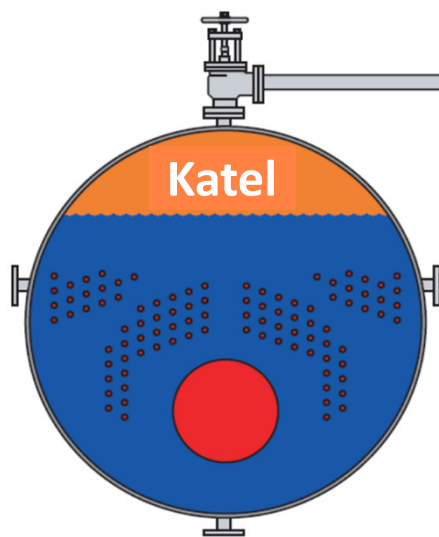
Katel rõhul 10 bar g → aurustab vee auruks
Auru temperatuur on 184°C



Auru alused

Mis on aur? Auru rõhk ja energiasisaldus

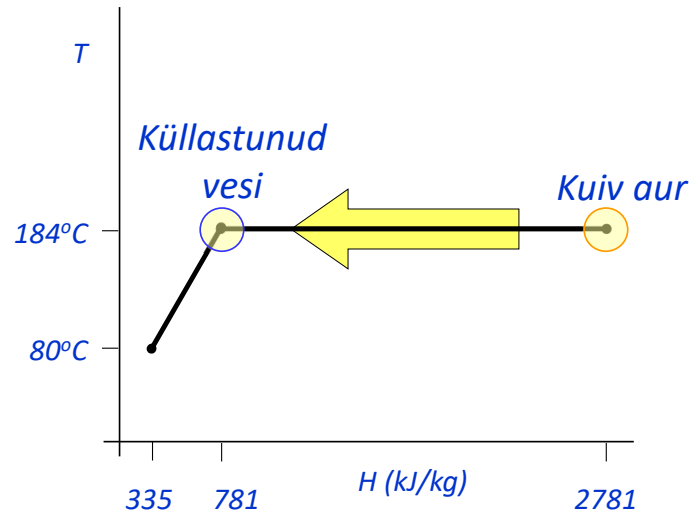
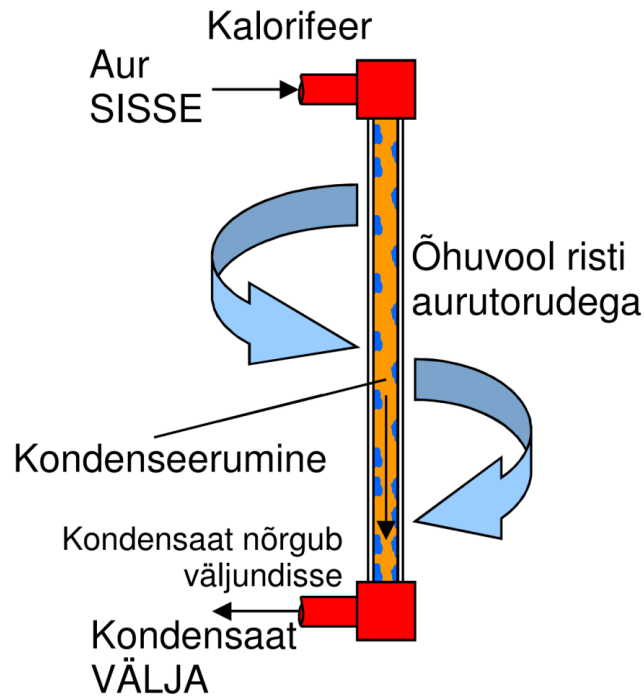
Katel rõhul 10 bar g → aurustab vee auruks
Auruentalpia 2 781 kJ/kg, auru temperatuur 184°C,



Auru alused

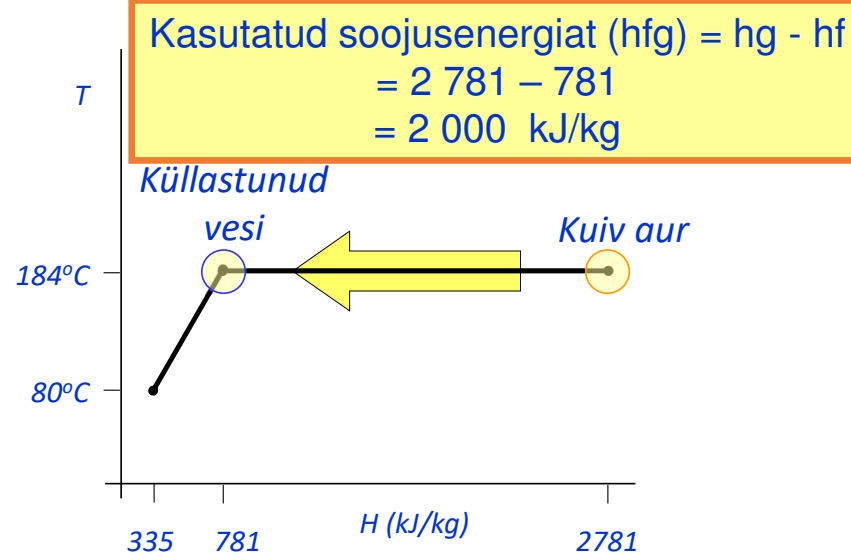
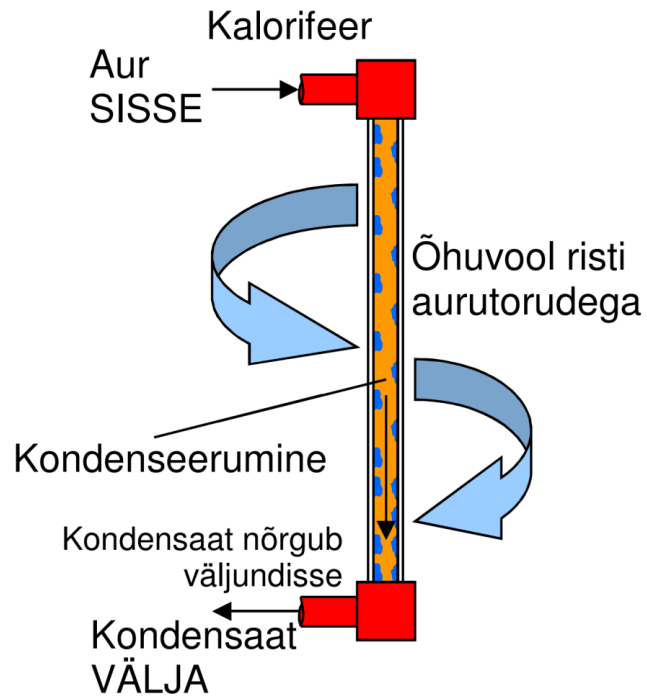
Mis on aur? Auru rõhk ja energiasisaldus

Soojusvaheti auru rõhul 10 bar g → aur kondenseerub tagasi veeks
Auruentalpia 2 781 kJ/kg, auru temperatuur 184°C,



Mis on aur? Auru rõhk ja energiasisaldus

Soojusvaheti auru rõhul 10 bar g → aur kondenseerub tagasi veeks
Auruentalpia 2 781 kJ/kg, kondensaadi temperatuur 184°C,



Auru kvaliteet

Niiske (märg) aur

- Auru kuivus on auru energia seisukohalt kriitilise tähtsusega
- Aurutabelis toodud andmed on puhta kuiva küllastunud auru kohta
- Niiske auru korral on auruentalpia madalam

Näiteks:

Aur, 5 bar g, mille kuivuse aste on 90% sisaldab endas 10% vett ja ainult 90% kuiva küllastunud auru.

Aurutabelis on **kuiva** küllastunud auru kogumentalpia **2 756,2 kJ/kg**

Tegelik **niiske** auru kogumentalpia on aga

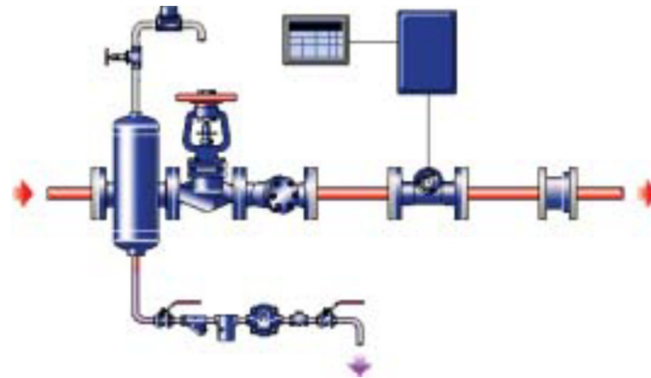
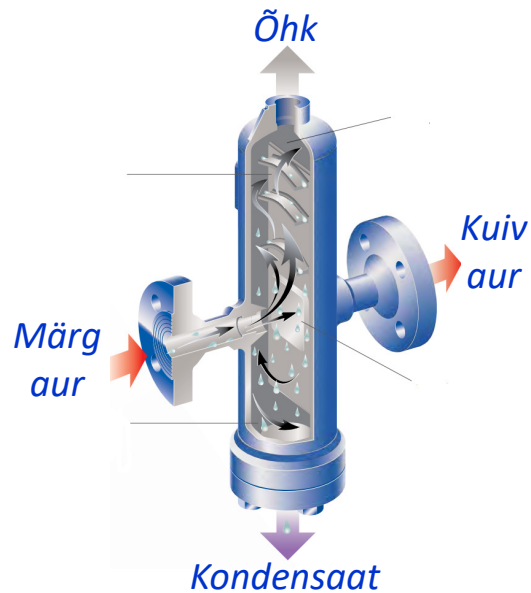
$$670,9 + 2\,085,4 \times 0,9 = \mathbf{2\,547,8\ kJ/kg}$$

Erinevus on 208,4 kJ/kg

Auru kvaliteet

Niiske (märg) aur

- Auru energia mõõtmisel on vaja määrata auru kuivus. Täna ei ole veel kinnitatud meetodikat auru niiskuse sisalduse mõõtmiseks on-line ehk pidevmõõtmise meetodil.
- Ainuke võimalus on täna kasutada auru separeerimise sõlme enne aurukulumõõtjat/auru energia mõõtmist.



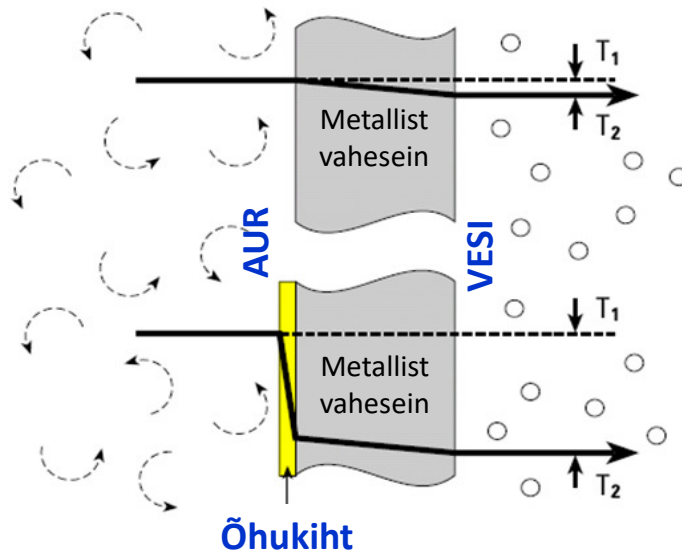
Auru kvaliteet

Õhk aurus

Õhk aurusüsteemis tekitab õhukorke, soojusülekande vähenemist, korrosiooni, külmi kohti, temperatuuri langust

Aurutabelis toodud andmed on puhta kuiva küllastunud auru kohta

Madalam temperatuur ja/või isolatsioonikiht soojusülekandepindadel on suurem ajakulu kuumutusprotsessides



Õhukiht puudub

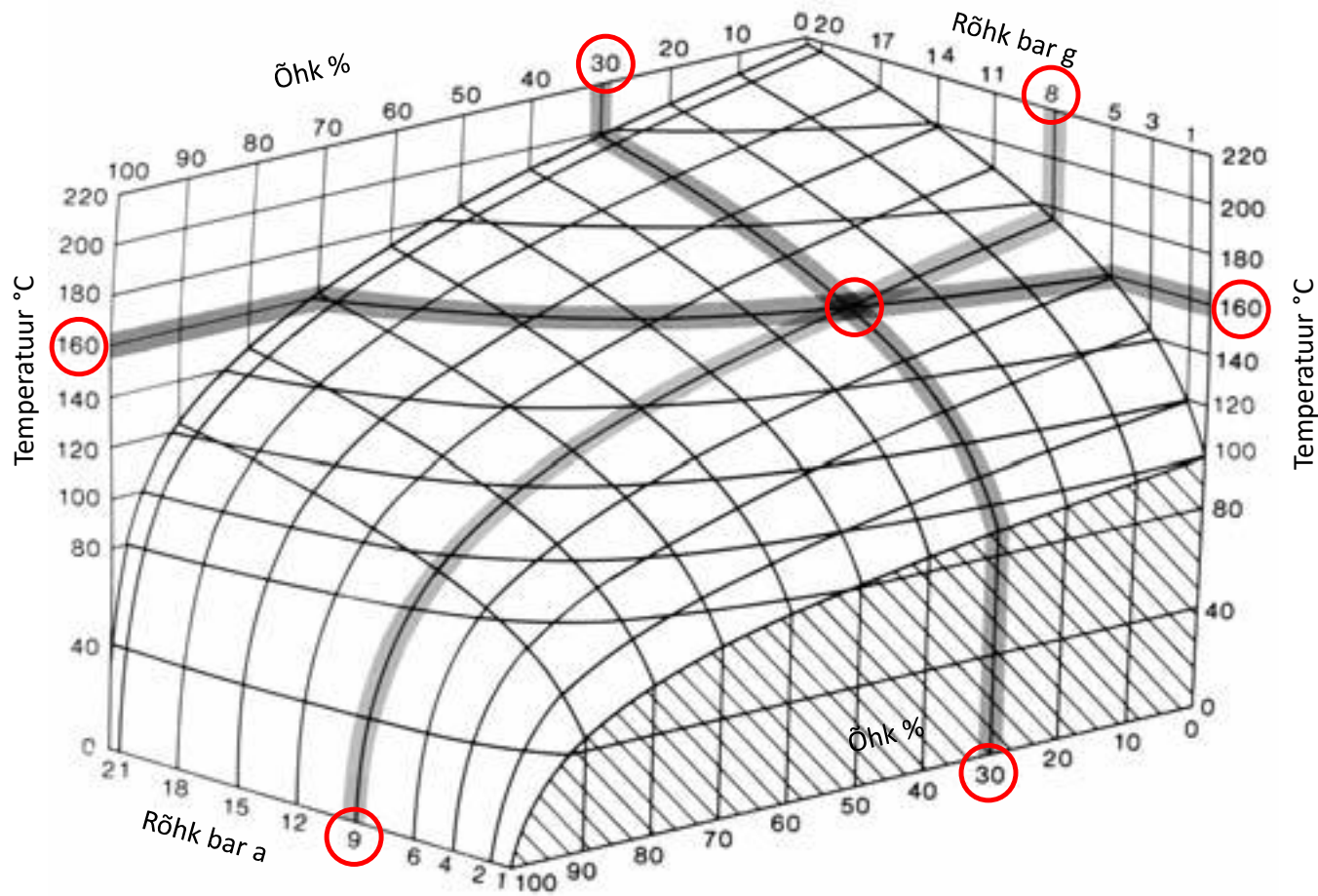
Soojuse ülekande langus läbi metallist sein on tühine

Õhukihi korral

On suur soojuse ülekande langus võrreldes õhukihi ja metallist seinaga võrreldava paksusega

Auru kvaliteet

Õhk aurus



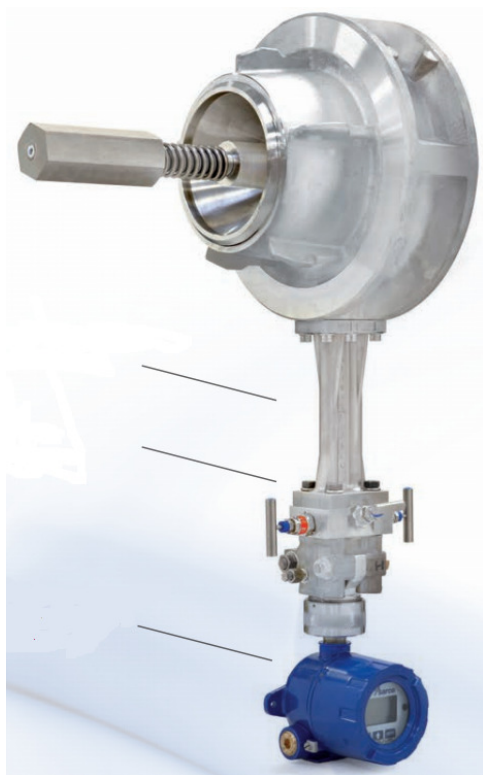
Auru mõõtmise

100:1 aurukulumõõtja - Gilflo ILVA

spirax
sarco
First for Steam Solutions

POWERING
YOUR INDUSTRY | **FILTER**
ENERGY WATER SOLUTIONS

DN200 ja DN300



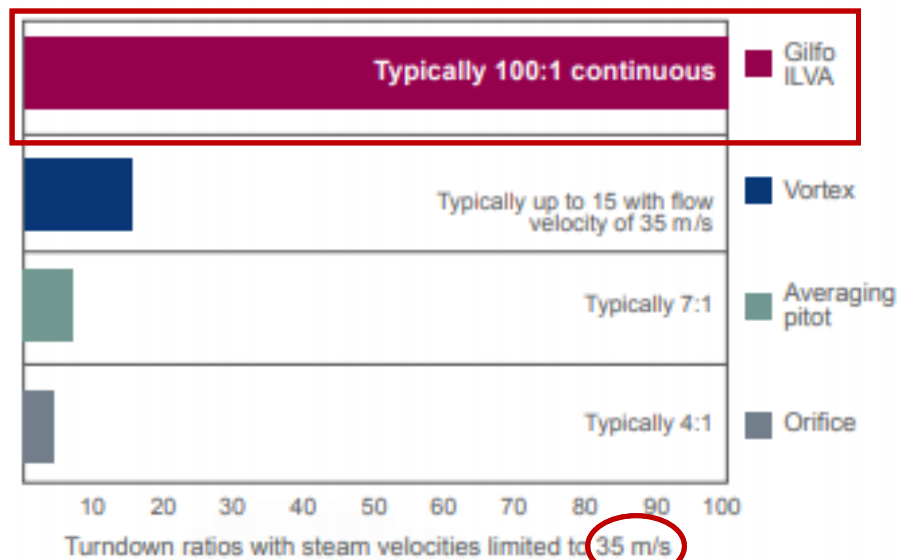
DN50 kuni DN300



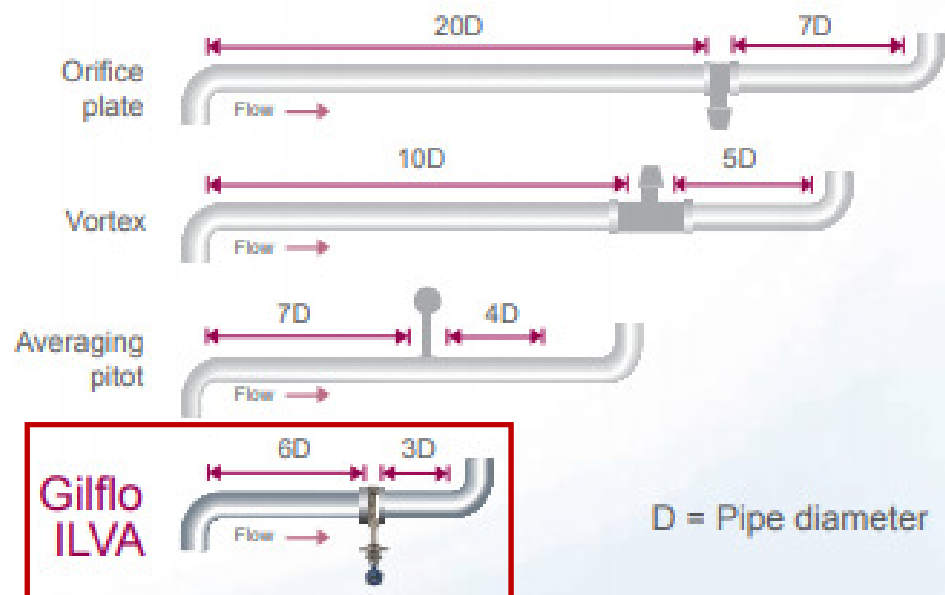
Auru mõõtmine

100:1 aurukulumõõtja - Gilflo ILVA

Mõõtmine - min → maks
(mõõtepiirkonnad - võrdlus)



Nõuded montaažile





Vertikaalne vastuoolu aurugeneraator



Aurugeneraatorit on otstarbekas kasutada kui:

- Aurukatel ei ole koormatud 24/7 ja tihti vähem kui 50% oma nimivõimsusest
- Auru tarbimine on lünklik ja ebaühtlane – pidevad seisakud ja järsud auru võtmised



Aurugeneraatori eeliseks on:

- Kiire käivitumine
- Separeeritud kõrge kvaliteediga kuiv aur
- Puudub vajadus hoida teda kuumas reservis
- Lahkuvate suitsugaasid temperatuur on madal
- Võimekus kiirelt reageerida aurutarbimise järskudele muutustele
- Ei vaja eraldi paiskpindadega ruumi
- Ei kätke endas plahvatusohtu
- Väiksed mõõtmed ja mass



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

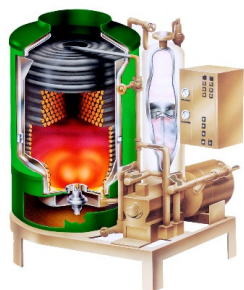
Madalmaade Ettevõtlusagentuuri soovitus

- Vähendada aurutoodangut vastavaks üksnes tegelikule vajadusele
- Auru tootva seadme vahetusel eelistada võimalusel aurugeneraatorit

Auru tootmine

Kahte tüüpi aurutekiteid

Tootlikkus: 10 t/h. Auru rõhk: 10 bar g.



Näitaja	Nimetus	Ühik	Näitaja
1 200	Vesi (töö)	L	18 000
1 900	Vesi (ootel)	L	22 500
3 100	Pikkus	mm	6 600
2 100	Laius	mm	3 200
4 500	Kõrgus	mm	3 600
~10	Käivitus (~100°C [↑])	min	~180
8 800	Mass	kg	44 000
6,5	Põranda pindala	m ²	21
30	Ruumala	m ³	76



Auru tootmine

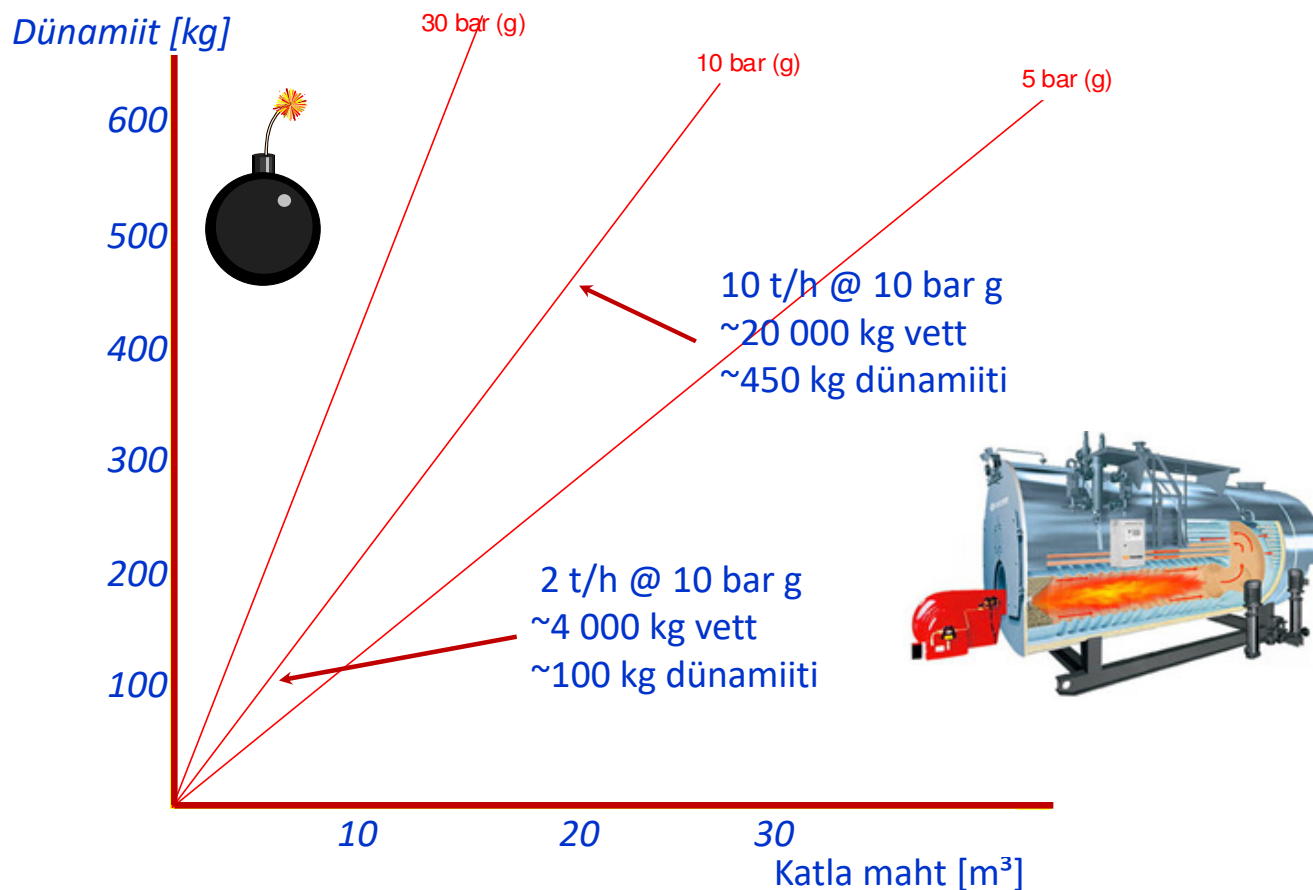
Kahte tüüpi aurutekiteid

Tootlikkus: 10 t/h. Auru rõhk: 10 bar g.



Auru tootmine

Leegi-suitsutoru katla ohtlikus



Auru tootmine

Leegi-suitsutoru katla ohtlikus



Prantsusmaa, Dana Corporation, 2007

Küttesõlm - aur / vesi (2009)

Lähteülesanne:

- Teha komplektne keskküttesõlm (aur/vesi) võimsusega 600 kW

Primaarpool:

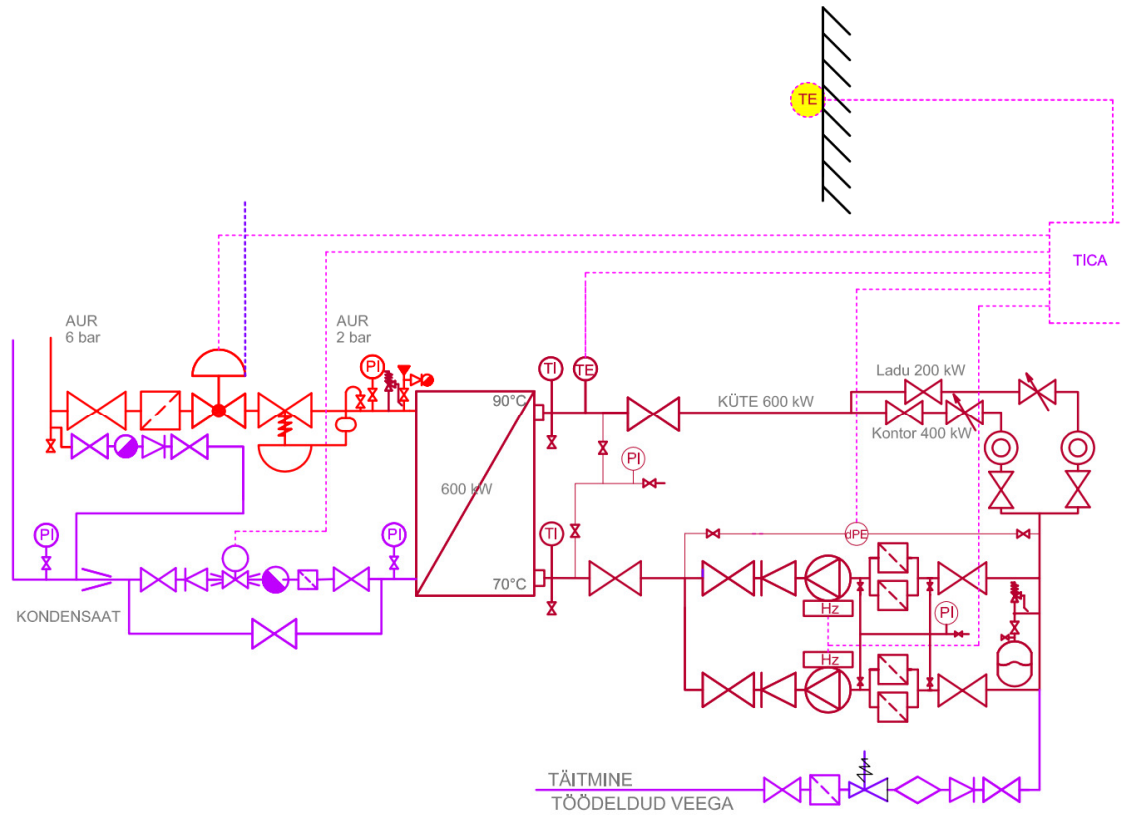
- tagab tellija
- Küllastunud aur 6 bar g, 165 °C

Sekundaarpool:

- Vesi,
 - Temperatuurid talvel 90 °C / 70 °C
 - Temperatuurid suvel 60 °C / 40 °C
- Ringluspumbad ja vee filtreerimine kaksik-korvfiltritega

Aurusõlmed

Küttesõlm - aur / vesi (2009)



Küttesõlm - heitaur / vesi (2014)

Lähteülesanne:

- Auditeerida trummelkuivatitelt saadava heitauru energiasisaldust
- Leida lahendus heitaurus oleva energia kasutamiseks

Auditi tulemusena:

Primaarpool:

- Küllastunud märg aur 0 bar g, ~80 °C
- Saadud küttevõimsus ~770 kW

Sekundaarpool:

- Olemasolev aur / vesi küttesõlm ~370 kW,
 - Temperatuurid 60 °C / 30 °C
- Olemasolev tarbevee soojussõlm ~250 kW
 - Temperatuurid 5 °C / 55 °C
- Uus lahendus siduda olemasoleva küttesüsteemiga

Aurusõlmed

Küttesõlm - heitaur / vesi (2014)



Küttesõlm - aur / vesi (2019)

Lähteülesanne:

- Teha komplektne keskküttesõlm (aur/vesi) võimsusega 500 kW. I etapp 300 kW

Primaarpool:

- Tagab tellija
- Küllastunud aur 7...8 bar g, 170,5...175,4 °C

Sekundaarpool:

- Vesi,
 - Temperatuurid talvel 90 °C / 70 °C talv
 - Temperatuurid suvel 60 °C / 40 °C suvi
- Ringluspumbad

Aurusõlmed

Küttesõlm - aur / vesi (2019)



Puhta auru generaator - aur / aur (2017)

Lähteülesanne:

- Teha komplektne puhta auru generaatorseade (aur/aur) tootlikkusega 400 kg/h @ 6,5 bar g, kalkuleeritud võimsus 300 kW

Primaarpool:

- Tagab tellija
- Küllastunud aur 7,5 bar g, 173 °C
- Pöördosmoosvesi

Sekundaarpool:

- Puhas aur rõhul 6,5 bar g, 167,8 °C
- Tootlikkus 400 kg/h
- Toiteveepaak

Aurusõlmed

Puhta auru generaator - aur / aur (2017)



Aurugeneraator - ülekuumendatud vesi / aur (2019)

Lähteülesanne:

- Teha komplektne vesi/aur aurugeneraatorseade tootlikkusega 1000 kg/h @ 4,5 bar g
- Kalkuleeritud võimsus 760 kW

Primaarpool:

- Tagab tellija
- Vesi 165 °C @ 8 bar g

Sekundaarpool:

- Aurugeneraator, aur rõhul 4,5 bar g
- Tootlikkus 1000 kg/h
- Veetöötlus – pehmendi, pöördosmoosseade, toiteveepaak

Aurusõlmed

Aurugeneraator - ülekuumendatud vesi / aur (2019)



FILTER | POWERING
YOUR INDUSTRY
ENERGY WATER SOLUTIONS

TÄNAN OSALEMAST!

Jälgi meid internetis:



| filter.eu