

Kalle Helmiö

## **SAIRAALAN HÖYRYVERKOSTON TARKASTELU**

# **SAIRAALAN HÖYRYVERKOSTON TARKASTELU**

Kalle Helmiö  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma, LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Kalle Helmiö

Opinnäytetyön nimi: Sairaalan höyryverkoston tarkastelu

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 32 + 8 liitettä

---

Työn tarkoituksena oli selvittää Oulun yliopistollisen sairaalan länsisiiven höyryverkoston nykytilannetta ja sitä, kuinka nykyinen höyryverkko soveltuu tuleviin höyryjärjestelmän muutoksiin. Oletuksena oli ennen työn aloittamista, että höyryverkosto on tällä hetkellä ylimitoitettu. Työn tilaajana toimi Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin LVI-huolto.

Tarvittavat lähtötiedot saatiin työhön tilaajalta, joka seuraa höyryverkoston kuluista Siemens EMC -ohjelmistolla. Höyryverkoston soveltuvuus nykytilanteessa selvitettiin kolmella eri tavalla: Excel-ohjelmistolla, Spirax Sarcon mitoituskäyrästöllä ja laskurilla.

Tarkastelussa huomattiin, että höyryverkosto on ylimitoitettu. 11 bar:n höyryn tuotto DN200-runkolinjassa on liian suuri, jolloin höyryn virtausnopeus jää liian alhaiseksi. Liian hidas virtausnopeus aiheuttaa suurempaa lauhteen syntymistä ja lisää tuotannon kustannuksia.

Ehdotuksena höyryverkoston toiminnan parantamiseksi nykytilanteessa on verkoston paineen vähentäminen, jolloin virtausnopeutta saadaan kasvatettua. Tulevaisuuden muutoksien myötä höyryverkoston runkolinja tulisi rakentaa uudelleen pienemmällä putkikoolla.

---

Asiasanat: Talotekniikka, Höyry, Mitoitus, Kestävä kehitys

## **ALKULAUSE**

Insinöörityön tilaajan toimi Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Työn aihe herätti kiinnostusta höyryjärjestelmiin ja niiden suunnitteluun. Haluan kiittää Juhani Kettusta mielenkiintoisesta aiheesta ja Veli-Matti Mäkelää opinnäytetyön ohjauksesta.

Oulussa 8.4.2017

Kalle Helmiö

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
1 JOHDANTO	7
2 OULUN YLIOPISTOLLINEN SAIRAALA	8
2.1 Höyryn käyttö sairaalassa	8
2.2 Autoklaavi	9
2.3 Huuhtelu- ja desinfiointikone Deko	10
3 HÖYRYPUTKISTO	11
3.1 Höyryverkoston suunnittelu	11
3.2 Höyryverkoston mitoitus	12
4 SAIRAALAN RUNKOLINJAN TARKASTELU	14
4.1 Pesulan ja sairaalan käyttämä höyryteho	15
4.1.1 Laskenta Excel-ohjelmistolla	15
4.1.2 Virtausnopeuden ja painehäviön selvittäminen käyrästä	18
4.1.3 Nykytilanteen tarkastelu Spirax Sarco laskurilla	21
4.2 Sairaalan käyttämä höyryteho	23
4.2.1 Laskenta Excel-ohjelmistolla	24
4.2.2 Putkikoon selvittäminen käyrästä	24
4.2.3 11 bar:n verkoston mitoitus Spirax Sarcon laskurilla	25
5 TULOSTEN TARKASTELU	27
5.1 Pesulan ja sairaalan höyrykulutuksen tarkastelu	27
5.2 Tulevaisuuden sairaalan höyrykulutuksen tarkastelu	28
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	32
Siemens EMC höyrykulutuksen seuranta 18–25.1.2016	
Siemens EMC höyrykulutuksen seuranta 18.1.2016	
Oulun yliopistollisen sairaalan höyryverkon aluekuva	

## LYHENTEET

bar(a)	Absoluuttisen paineen yksikkö, baari
bar(g)	Ylipaineen yksikkö, baari
d	Putken sisähalkaisija millimetriä (mm)
DN	Putken nimelliskoko
h <sub>1</sub>	Höyryn entalpia (kJ/kg)
h <sub>2</sub>	Lauhteen entalpia (kJ/kg)
kW	Kilowatti
MW	Megawatti
m <sub>s</sub>	Massavirtaus kilogrammaa sekunnissa tai tunnissa (kg/s)(kg/h)
m <sup>3</sup>	Kuutiometri
v	Virtausnopeus metriä sekunnissa (m/s)
V	Ominaistilavuus kuutiometriä kilogrammassa (m <sup>3</sup> /kg)
Ø	Teho kilo- tai megawattia (kW) (MW)

# 1 JOHDANTO

Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirillä on meneillään tulevaisuuden sairaala 2030 -uudistamisohjelma. Tavoitteena on rakentaa ja perusparantaa kiinteistöjä vastaamaan nykyajan vaatimuksia ja tulevaisuuden haasteita. Uudistuksen ja purkutöiden alle joutuu myös Oulun yliopistollisen sairaalan höyrylaitos. Sen vuoksi höyryn tuotannolle mietitään erilaisia ratkaisumalleja. Työssä tarkastellaan nykyisen runkolinjan soveltuvuutta nykytilanteessa sekä höyryverkoston muutoksien jälkeen. Työn tilaajana toimi Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin LVI-huolto. Tilaajaa kiinnostaa erityisesti höyryverkoston muutoksien vaikutus verkoston toimintaan.

Sairalahöyryä käytetään välineiden steriloinnissa, pesukoneissa ja ilmanvaihdossa tuloilman kostuttamiseen. Oulun yliopistollisen sairaalan höyryverkkoa käyttää myös rakennuksen länsipuolella sijaitseva pesula, jonka höyrynkulutus on suurempi kuin itse sairaalalla. Tulevaisuudessa pesulalla on tarkoitus poistua sairaalan höyryverkostosta ja alkaa tuottaa itse tarvitsemansa höyry.

Työn tavoitteena on tarkastella höyryn tuotantoa Oulun yliopistollisen sairaalan länsisiivessä. Höyryn kulutusta seurataan automaatiassa olevan jatkuvan mittauksen seurannalla, josta höyryn kulutuksen maksimit selvitetään. Höyryverkoston tilannetta tarkasteltiin kolmella eri tapaa, käsin laskemalla sekä käyttäen Spirax Sarcon mitoitusohjelmistoja ja käyrästäjä. Oletus ennen työn aloittamista oli, että höyryverkoston runkolinja on ylimitoitettu kulutukseen nähden.

## **2 OULUN YLIOPISTOLLINEN SAIRAALA**

Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri (PPSHP) on yksi viidestä Suomen yliopistollisesta sairaanhoitopiiristä. Sairaanhoitopiiriin sisältyy kolme sairaalaa: Oulun yliopistollinen sairaala (OYS), Oulaskankaan sairaala ja Visalan sairaala. Pohjois-Pohjanmaan erityishuoltopiirin toiminta on liitetty osaksi Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiriä. Oulun yliopistollinen sairaala tuottaa suurimaan osan Pohjois-Pohjanmaan erikoissairaanhoidon palveluista. (1.)

Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirillä on tulevaisuuden sairaala 2030 -uudistamisohjelma, jonka tavoitteena on uudistaa sairaanhoitopiirin sairaaloiden toimintaa sekä rakentaa ja korjata kiinteistöjä. Tässä vaiheessa yleissuunnitelma on rajattu koskemaan Oulun yliopistollisen sairaalan uudistamista. Suurimmat uudistamistarpeet kohdistuvat avohoidon, tukipalveluiden ja logistiikan, vuodesastojen sekä sairaalan rakenteisiin. (2.)

Sairaalan höyryverkko on rakennettu vuosina 1969 - 1974, jolloin sairaala valmistui. Höyryverkostoon on tehty muutoksia vuosien varrella höyryn tarpeen mukaisesti. Alkuperäinen höyryverkko on kulkenut koko sairaalan ympäri, mutta nykyään alkuperäinen linja on katkaistu ja höyryverkko haarautuu kahteen runkolinjaan sairaalan länsi- ja itäpuolelle. Työssä tutkitaan länsipuolen höyryn tarvetta ja runkolinjan soveltuvuutta nykytilanteessa ja tulevaisuudessa, jolloin pesula ei käytä enää sairaalan höyryverkkoa.

### **2.1 Höyryn käyttö sairaalassa**

Sairaalassa höyryverkkoa käyttävät pesula ja välinehuolto välineiden puhdistamiseen. Osa höyrystä menee ilmanvaihtokoneille, joissa tuloilmaa kostutetaan. Lisäksi Oulun yliopistollisen sairaalan höyryverkkoon on liitetty viereisessä rakennuksessa sijaitseva pesula. Pesula ostaa 8 bar:n höyryä sairaalalta. Höyryverkossa on noin 4,4 MW:n teho, josta sairaalan höyryntarve on noin 1 MW ja pesulan noin 3,5 MW.

Tällä hetkellä sairaalassa käytössä oleva höyry on kylläistä höyryä. Höyryverkostossa oleva paine on 11bar, josta painetta alennetaan paineenalentimilla verkoston eri kohdissa 8 bar:iin ja jakeluverkostossa aina 3 bar:iin asti.

## 2.2 Autoklaavi

Höyryautoklaavissa sterilointi tapahtuu lämmön avulla. Kyllästetty höyry siirtää höyrystymislämpönsä steriloitavaan kappaleeseen, jolloin lämpö tuhoaa kappaleen pinnalla olevat mikrobit. Sterilointitulokseen voidaan vaikuttaa kyllästetyn vesihöyryn lämpötilalla ja sterilointiajalla. Kuvassa 1 on Oulun yliopistollisen sairaalan uusissa välinehuollon tiloissa sijaitseva autoklaavi.



*KUVA 1. Kuvassa uudessa välinehuollossa sijaitseva autoklaavi*

Autoklaavi esilämmitetään noin 10 - 20 minuutin ajan ennen steriloinnin alkamista. Steriloinnille haitallinen ilma poistuu tyhjiöpumpun avulla, minkä jälkeen kammio täyttyy vesihöyryllä. Kammiossa painetta kasvatetaan, jolloin vesihöyryn lämpötila nousee. Liian korkea sterilointilämpötila voi vahingoittaa steriloitavaa kappaletta. Steriiliyden saavuttamiseksi edellytetään, että jokaisen steriloitavan kappaleen on oltava höyryssä vähintään 15 min 121 asteessa tai vähintään 3min 134 asteessa. Fysikaaliset vaatimukset ovat 2,45 bar:n paine ja +135 °C:n lämpötila. Tehokkaalla lopputyhjennyksellä kappaleet saadaan kuivattua nopeasti, koska veden kiehumispiste laskee ja kosteus haihtuu kuumista kappaleista nopeasti. (3.)

### 2.3 Huuhtelu- ja desinfiointikone Deko

Huuhtelu- ja desinfiointikoneessa desinfioitavat välineet huuhdellaan välittömästi käytön jälkeen. Pesuaika koneessa on hyvin lyhyt, ja siksi välineet eivät saa kuivua ennen pesun aloittamista.

Monet huuhtelu- ja desinfiointikoneet on suunniteltu toimimaan kaatoaltaina. Niissä olevaa reunahuuhteluohjelmaa käytetään esimerkiksi silloin, kun koneeseen kaadetaan eritteitä, siivousvesiä tai desinfektioliuoksia. Kuvassa 2 on esitetty Oulun yliopistollisen sairaalan pesulinjasto. (4.)



*KUVA 2. Uuden välinehuollon pesulinjasto*

### 3 HÖYRYPUTKISTO

Höyry on hyvä lämmitysaine, koska höyryn lauhtuessa vedeksi vapautuu höyrykiloa kohti erittäin suuri määrä lämpöä, joka riippuu lauhtumistilassa vallitsevasta paineesta. Siksi suuria lämpötehoja voidaan siirtää pienillä putkiko'illa. Höyryputkisto on normaalisti höyrylle soveltuvaa teräsputkea, mutta se voi olla myös ruostumatonta teräsputkea. (5.)

Taloudellinen höyryn jakelu on tärkeä tekijä höyryn tuottokohteen ja käyttökohteen välillä. Jakeluputkiston tulee johtaa hyvän laatuista höyryä oikea määrä ja oikean paineisena kulutuskohteeseen. Höyryn siirtäminen tulee tapahtua mahdollisimman pienellä lämpöhäviöllä. (6, s. 3.)

Höyryputkien ongelmana on putkeen muodostuva lauhde. Kattilasta höyryputkeen virtaava höyry alkaa lauhtua. Käynnistysvaiheessa lauhteen muodostus on suurinta, koska putket ovat kylmiä. Lämpimässä putkessa lauhteen määrä pienenee. Lauhdemäärän lisääntyessä höyryn virtausnopeus kasvaa höyrymäärän pysyessä samana. Putkien hyvä eristäminen vähentää lämpöhäviöitä ja lauhteen muodostumista höyrylinjassa. (6, s. 4.)

#### 3.1 Höyryverkoston suunnittelu

Höyryverkostossa syntyviä ongelmia ovat vesi-iskut ja kohdat, joihin lauhde voi kerääntyä. Höyryn kulutuksen vaihdellessa höyryn virtausnopeus vaihtelee, mikä kasvattaa vesi-isku vaaraa. Siksi suunnittelijan tulee ottaa huomioon seuraavia seikkoja, ettei höyryn kulku häiriinny. (6, s. 4.)

- Höyryputken tulee olla virtaussuuntaan laskeva.
- Höyryputkessa tulee olla vesitykset säännöllisin välein.
- Höyryputken liitettävät haarat tulee ottaa putken yläpinnalta.
- Höyryputkessa tulee välttää kohtia, joihin lauhde voi kerääntyä.
- Putkivarusteet tulee asentaa oikein (supistukset ja suodattimet).
- Höyryputkessa tulee käyttää vedenerottimia.

### 3.2 Höyryverkoston mitoitus

Ensimmäinen tärkeä päätös tehdään, kun päätetään millä paineella höyryä siirretään. Valinnassa tulee huomioida kyseisen käyttökohteen tarvitsema lämpötila ja sen vuoksi myös paine. Paineen valinnan jälkeen valitaan sopivan kokoiset höyryputket. Usein putkikoko valitaan höyrykattilan tai höyryä kuluttavan laitteen yhteen koon mukaan. (6, s. 3.)

Putkia ei tulisi ylimitoittaa. Ylimitoidetuissa putkissa asennus- ja käyttökustannukset ovat suurempia. Sen lisäksi, että isompi putki maksaa enemmän tulee huomioida myös varusteiden hinta. Ankkurointi, eristäminen ja venttiilit kallistuvat myös huomattavasti putkikoon kasvaessa. Lisäksi lämpöhäviö on suurempi ylimitoitetussa putkessa. (6.)

Alimitoitetulla höyryputkella esiintyy paljon ongelmia. Alimitoitettu putki aiheuttaa suuria painehäviöitä, minkä takia putkessa on suuri virtausnopeus, joka aiheuttaa kulumista ja mahdollisia vesi-iskuja. Lisäksi laitoksen teho laskee, koska putkisto ei pysty siirtämään riittävän suurta höyrymäärää. Liian alhainen paineen kulutus kohteessa aiheuttaa häiritsevää ääntä ja verkoston sekä laitteiden kulumista. (6.)

Höyryputken suositeltu virtausnopeus kylläiselle höyrylle vaihtelee sen käyttökohteen mukaan. Prosessiputkilla sallitaan korkeampi virtausnopeus ja painehäviö, jolloin virtausnopeuden suosituksena voidaan käyttää 25 - 35 m/s. Laajoilla putkilinjoilla pyritään pienempiin painehäviöihin, jolloin virtausnopeus pidetään pienempänä ja suosituksena nopeudelle voidaan käyttää 15 - 25 m/s. Käytännön yläraja voidaan pitää virtausnopeutta 40 m/s. Putkistossa syntyy melua ja kulutumista, jos ylitetään 40 m/s. Yli 50 metriä pitkille putkilinjoille suositellaan painehäviön tarkastaminen virtausnopeudesta riippumatta. (7.)

Putkistossa liikkuvan höyryn virtausnopeus saadaan selville, kun massavirtausta ja höyryn ominaistilavuutta verrataan putken halkaisijan pinta-alaan. Kaava 1 käytetään, kun halutaan selvittää virtausnopeus putkessa. Jos virtausnopeus tiedetään, kaava voidaan kääntää ja selvittää massavirtaus.

$$v = \frac{4 \cdot m_s \cdot V}{\pi \cdot d^2}$$

KAAVA 1

$v$  = höyryn virtausnopeus (m/s)

$m_s$  = höyryn kulutus (kg/s)

$V$  = höyryn ominaistilavuus (m<sup>3</sup>/kg)

$d$  = putken sisähalkaisija (m)

Mitoituksessa putkikokoina voidaan käyttää ANSI Schedule 40 -standardin mukaisia putkikokoja, jotka vastaavat Suomen perusputkea. Putkikoot ja sisähalkaisijat on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. ANSI Schedule 40 -putkikoot

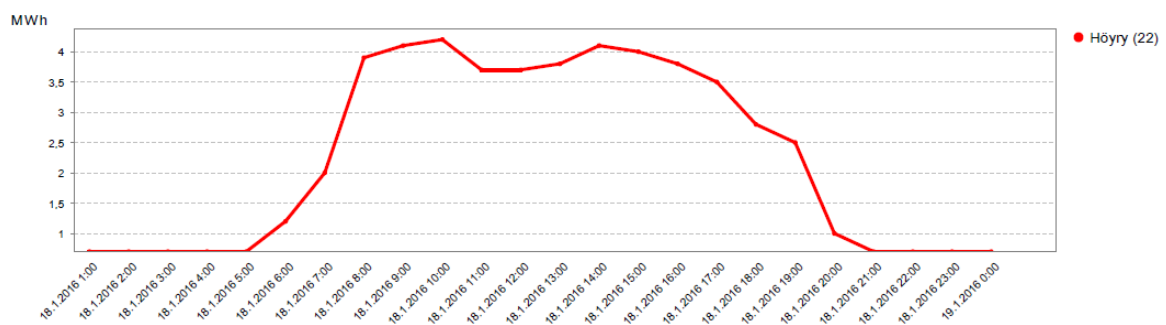
TERÄSPUTKI				
	du		ds	
DN	mm	m	mm	m
20	26,7	0,0267	21	0,021
25	33,4	0,0334	26,6	0,0266
32	42,1	0,0421	35,1	0,0351
40	48,2	0,0482	40,9	0,0409
50	60,3	0,0603	52,5	0,0525
65	73	0,073	62,7	0,0627
80	88,9	0,0889	77,9	0,0779
100	114,3	0,1143	102,3	0,1023
125	141,3	0,1413	128,3	0,1283
150	168,3	0,1683	154,1	0,1541
200	219,1	0,2191	202,7	0,2027

## 4 SAIRAALAN RUNKOLINJAN TARKASTELU

Työn tarkoituksena oli tutkia vanhan runkolinjan soveltuvuutta nykyiseen höyryntuotantoon. Tarkasteluun otettiin kaksi eri tapausta. Ensin tarkasteltiin runkolinjan nykytilannetta ja soveltuvuutta. Toisena tapauksena tarkasteltiin tulevaisuuden suunnitelmien pohjalta tehtäviä muutoksia höyryverkkoon ja sitä, miten muutokset vaikuttavat verkoston käytön soveltuvuuteen.

Höyryverkostoa tarkasteltiin kulutuksen perusteella. Oulun yliopistollinen sairaala seuraa höyryn kulutusta Siemens EMC-seurantajärjestelmällä. Tilaajan pyynnöstä tarkasteluun valittiin vuoden 2016 tammikuun kylmin viikko, jonka pohjalta seurattiin höyryn kulutuksen tuntisen tehon huippuja. Tarkastelussa otettiin huomioon kulutuksen tasaisuus. Tasaisuudessa ei tunnin sisällä syntynyt erillisiä huippuja. Liitteessä 1 on esitetty valitun viikon kulutuksen seuranta. Viikon maksimikulutus oli 20.1.2016 kello 10, jolloin höyrynkulutus oli 4,4 MW.

Höyryn kulutus oli päivästä riippumatta profiililtaan samanlaista. Höyryn kulutus alkoi kasvaa noin viiden aikaa aamulla, jolloin pesulan työntekijät saapuvat töihin ja jatkui aina ilta yhdeksään asti. Päivät huiput sijoittuvat keskipäivään noin 10–14. Kuvassa 3 on esitetty päivän tuntisen kulutuksen seuranta sairaalan länsisiiven runkolinjassa.



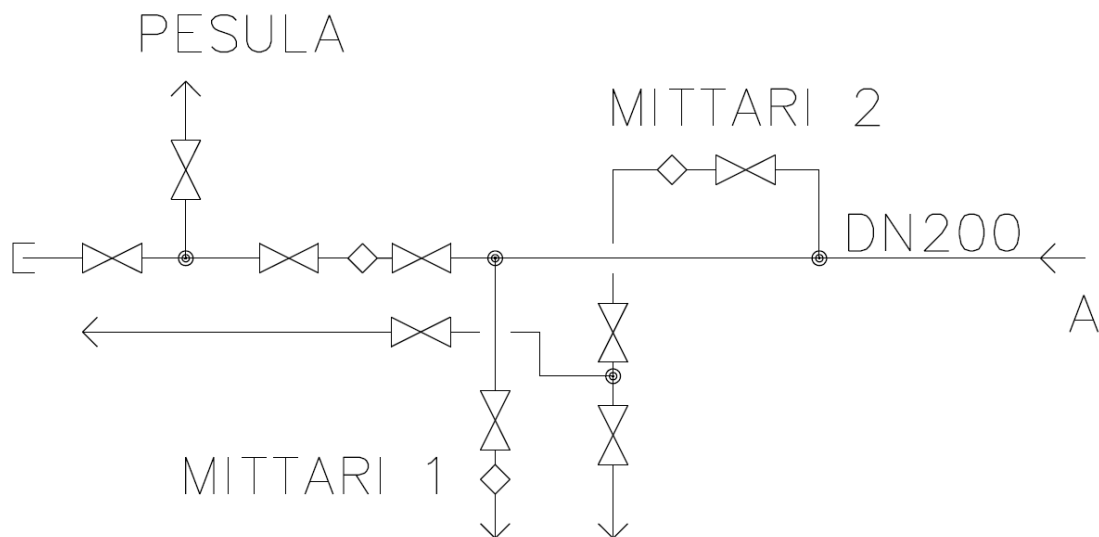
KUVA 3. Höyryn kulutuksen tuntinen seuranta 18.1.2016

Höyryverkoston runkolinja on DN200-terasputkea, joka haarautuu kolmeen jakelinjaan. Jakelulinjoista kaksi menee sairaalan omiin kohteisiin ja yksi linja

menee sairaalan vieressä sijaitsevaan pesulaan, joka ostaa höyrynsä sairaalalta. Runkolinjan haarautuminen on esitetty kuvassa 4.

#### 4.1 Pesulan ja sairaalan käyttämä höyryteho

Ensimmäisessä tapauksessa tarkasteltiin tämän hetkistä tilannetta höyrylinjassa, jolloin mukana oli OYS:n ja pesulan höyryn tarve. Lähtötietoina saatiin verkoston paine 11 bar, runkolinjan putkikoko DN200 ja höyryn kulutuksen seurannasta saatu tehon tarve 4,4 MW, joka on esitetty kuvan 4 kohdassa A. Tarkastelu suoritettiin käsin laskemalla ja käyttäen Spirax Sarcon mitoitusohjelmistoja ja käyrästäjä, joilla saatiin vertailtavia tuloksia. Spirax Sarcon-mitoitusohjelmisto ja käyrästäöt ovat vapaasti käytettävissä yrityksen kotisivuilla.



KUVA 4. Runkolinjasta eroavat jakelulinjat ja mittarit

##### 4.1.1 Laskenta Excel-ohjelmistolla

Lähtötietojen perusteella tutkittiin nykytilanne höyryputkistossa. Työssä selvitetiin 11 bar:n paineella tarvittava massavirtaus, jolloin tehontarve toteutuu. Massavirtaus saatiin selville käyttämällä kaavaa 2. Tehontarve on saatu Siemens EMC -mittausjärjestelmällä, joka seuraa höyrynkulutusta sairaalan länsi- ja itäsiivessä. Mittaustulokset on esitetty liitteessä 1, jossa on mittaussjakso 18.1–

25.1.2016, joka oli tammikuun kylmin viikko. Mittauksen seurannassa käytettiin tuntisen tehon seurantaa.

$$m_s = \frac{\emptyset}{h_1 - h_2}$$

KAAVA 2

$m_s$  = massavirta (kg/s)

$\emptyset$  = höyryn teho (kW)

$h_1$  = höyryn entalpia (kJ/kg)

$h_2$  = lauhteen entalpia (kJ/kg)

Tehon tarpeesta saadaan massavirta käyttämällä kaavaa 2.

$$m_s = \frac{4400 \text{ kW}}{(2798,4 - 781,2) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 2,181 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 7853 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Seuraavaksi selvitetään höyryn virtausnopeus DN200 putkessa käyttämällä kaavaa 1.

$$v = \frac{4 * 2,181 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 0,177 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{\pi * 0,2101^2 \text{m}} = 11,13 \text{ m/s}$$

Tuloksista huomataan, että höyryn virtausnopeus putkessa maksimiteholla on liian pieni. Jotta höyryntuotto olisi energiatehokasta ja lauhteen määrä olisi minimissä tulisi verkoston painetta tai putkikokoa pienentää. Taulukossa 2 on esitetty höyryn ominaisuudet eri paineolosuhteissa.

TAULUKKO 2. Höyryn ominaisuudet

Paine		Ominais- tilavuus	Höyryn tiheys	Höyryn entalpia	Lauhteen entalpia	Entalpiain erotus	Höyryn lämpötila
abs	g						
bar	bar	m <sup>3</sup> /kg	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	°C
12	11	0,163	6,13	2783,8	789,5	1994,3	187,96
11	10	0,177	5,65	2798,4	781,2	2017,2	184,07
10	9	0,194	5,15	2777,1	762,68	2014,42	179,89
9	8	0,215	4,65	2773	742,72	2030,28	175,36
8	7	0,24	4,17	2768,3	721,02	2047,28	170,41
7	6	0,273	3,66	2762,7	697,14	2065,56	164,95
6	5	0,316	3,16	2756,1	670,5	2085,6	158,83
5	4	0,375	2,67	2748,1	640,19	2107,91	151,84
4	3	0,462	2,16	2738,1	604,72	2133,38	143,61

Höyryn ominaisuudet on kerätty Steam Property-mobiilisovelluksella. Sovelluksella voidaan selvittää höyryn ominaisuuksia lämpötilan, paineen tai höyrypitoisuuden mukaan. Työssä höyryn ominaisuudet selvitettiin absoluuttisen paineen mukaan. Höyrynpaine vaikuttaa höyryn ominaistilavuuteen, tiheyteen, entalpiaan ja lämpötilaan. Laskentatulokset on esitetty taulukossa 3, jossa on vertailtu DN125-200-putkikokoja. Putkien laskennassa on käytetty teräsputken sisähalkaisijaa.

TAULUKKO 3. Laskentatulokset eri putkiko'oilte, kun tehontarve on 4,4 MW

**DN 200 DN 150 DN 125 DN 100**

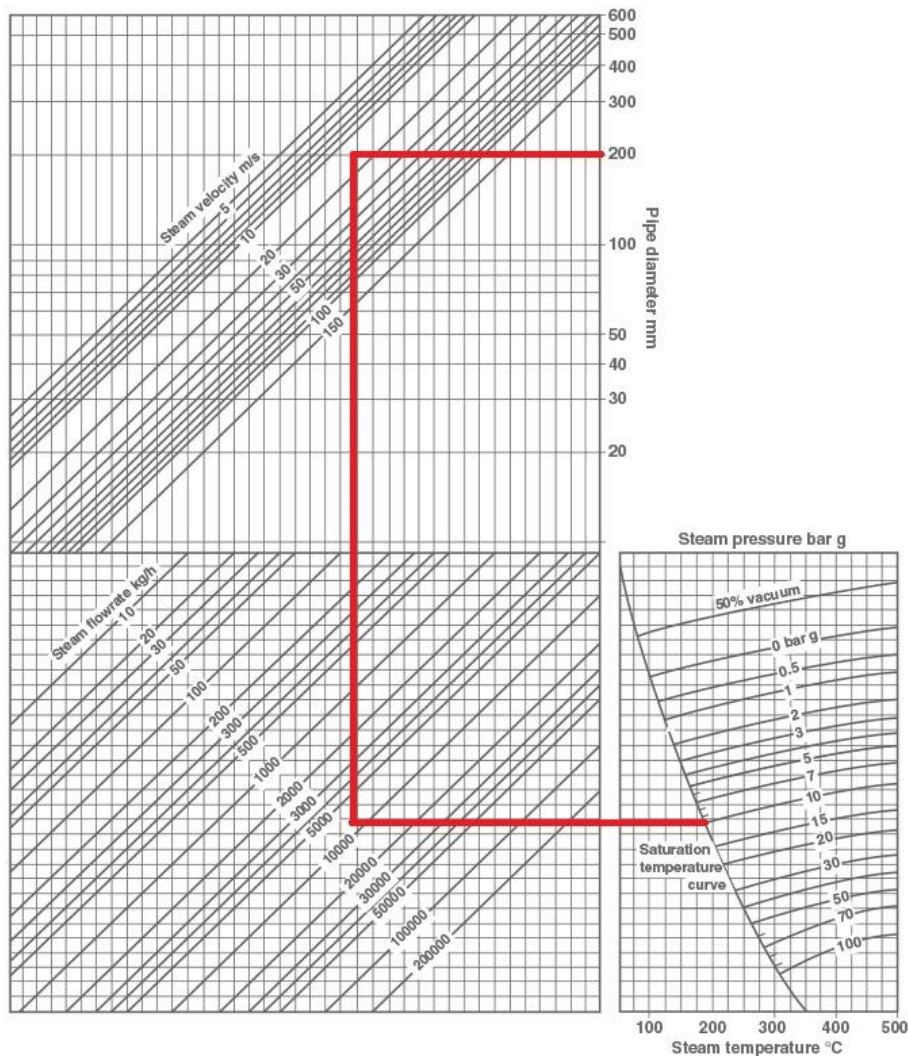
Paine		Massa virtaus		virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus
abs	g	kg/s	kg/h	m/s	m/s	m/s	m/s
bar	bar						
12	11	2,206	7943	11,1	19,3	<b>27,8</b>	43,8
11	10	2,181	7852	12,0	20,7	<b>29,9</b>	47,0
10	9	2,184	7863	13,1	22,7	<b>32,8</b>	51,6
9	8	2,167	7802	14,4	<b>25,0</b>	36,0	56,7
8	7	2,149	7737	16,0	<b>27,7</b>	39,9	62,8
7	6	2,130	7669	18,0	<b>31,2</b>	45,0	70,8
6	5	2,110	7595	20,7	35,7	51,6	81,1
5	4	2,087	7515	24,3	42,0	60,5	95,2
4	3	2,062	7425	<b>29,5</b>	51,1	73,7	115,9

Virtausnopeuksien vertailusta huomataan, että DN200-putkikoko on liian suuri. Jos paineenalennuksella ei olisi rajoittavia tekijöitä, tulisi verkoston paineen olla

4 bar. Jotta päästäisiin kylläisen höyryn virtausnopeuden suositusalueelle korkeammassa paineessa, tulisi putkikokoa pienentää DN150- tai DN125-putkikokoon.

#### 4.1.2 Virtausnopeuden ja painehäviön selvittäminen käyrästä

Spirax Sarco tarjoaa sivuillaan erilaisia laskentakäyrästä, joilla putkien painehäviö ja virtausnopeus saadaan helposti selvitettyä. Käyrästä tarvitaan lähtötietoina höyrynpaine, massavirtaus sekä putkikoko, kun halutaan selvittää virtausnopeus tai painehäviö. Tarvittavat lähtötiedot on esitetty taulukossa 2 ja 3. Kuvassa 5 on esitetty höyryn virtausnopeus.



KUVA 5. Virtausnopeuden selvittäminen käyrästä 11 bar:n höyryverkossa

Käyrästä huomataan, että virtausnopeus on reilusti alle 20 m/s. Putki on liian suuri ja haluttua virtausnopeutta 25–35 m/s ei saavuteta putkessa. Käyrästä mitoitettaessa ongelmana on epätarkkuus. Käyrästä ei myöskään ole esitetty DN150- tai DN125-putkikokoja. Kuvassa 6 painehäviö putkistossa nykytilanteessa.



Fig. 10.2.9 Steam pipeline sizing chart - Pressure drop

*KUVA 6. Painehäviön selvittäminen 11 bar:n höyryverkostossa*

Painehäviötä putkistossa syntyy noin 0,07 bar / 100m, mikä on vähäistä. Pienemmillä putkiko'illa painehäviö nousee, mutta ei paljoa. Nykyinen putkijoinja ei ole kovin pitkä, joten painehäviötä ei synny merkittävästi höyryverkon runkolinjassa.

Spirax Sarcolla on myös kylläisen höyryn tarkasteluun tehty taulukko, jolla on helppo tarkastella massavirtausta eri putkiko'ille virtausnopeuden mukaan. Taulukosta 4 on helppo selvittää putken soveltuvuutta käyttökohteessa. Massavirtaus vaihtelee paineen mukaan. 11 bar:n verkostossa tulisi virrata noin 7800 kg/h kylläistä höyryä.

#### TAULUKKO 4. Massavirtaus ANSI Schedule 40 -putkiko'illa (7)

Saturated steam pipeline capacities in kg/h for different velocities (Schedule 40 pipe)

Pressure bar g	Velocity m/s	Pipe size (nominal)										
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
		Actual inside pipe diameter Schedule 40										
		15.80	20.93	26.64	35.04	40.90	52.50	62.70	77.92	102.26	128.20	154.05
		Pipeline capacity kg/h										
0.4	15	9	15	25	43	58	95	136	210	362	569	822
	25	14	25	41	71	97	159	227	350	603	948	1 369
	40	23	40	66	113	154	254	363	561	965	1 517	2 191
0.7	15	10	18	29	51	69	114	163	251	433	681	983
	25	17	30	49	85	115	190	271	419	722	1 135	1 638
	40	28	48	78	136	185	304	434	671	1 155	1 815	2 621
1	15	12	21	34	59	81	133	189	292	503	791	1 142
	25	20	35	57	99	134	221	315	487	839	1 319	1 904
	40	32	56	91	158	215	354	505	779	1342	2 110	3 046
2	15	18	31	50	86	118	194	277	427	735	1 156	1 669
	25	29	51	83	144	196	323	461	712	1 226	1 927	2 782
	40	47	82	133	230	314	517	737	1 139	1 961	3 083	4 451
3	15	23	40	65	113	154	254	362	559	962	1 512	2 183
	25	38	67	109	188	256	423	603	931	1 603	2 520	3 639
	40	61	107	174	301	410	676	964	1 490	2 565	4 032	5 822
4	15	28	50	80	139	190	313	446	689	1 186	1 864	2 691
	25	47	83	134	232	316	521	743	1 148	1 976	3 106	4 485
	40	75	132	215	371	506	833	1 189	1 836	3 162	4 970	7 176
5	15	34	59	96	165	225	371	529	817	1 408	2 213	3 195
	25	56	98	159	276	375	619	882	1 362	2 347	3 688	5 325
	40	90	157	255	441	601	990	1 411	2 180	3 755	5 901	8 521
6	15	39	68	111	191	261	430	613	947	1 631	2 563	3 700
	25	65	114	184	319	435	716	1 022	1 578	2 718	4 271	6 167
	40	104	182	295	511	696	1 146	1 635	2 525	4 348	6 834	9 867
7	15	44	77	125	217	296	487	695	1 073	1 848	2 904	4 194
	25	74	129	209	362	493	812	1 158	1 788	3 080	4 841	6 989
	40	118	206	334	579	788	1 299	1 853	2 861	4 928	7 745	11 183
8	15	49	86	140	242	330	544	775	1 198	2 063	3 242	4 681
	25	82	144	233	404	550	906	1 292	1 996	3 438	5 403	7 802
	40	131	230	373	646	880	1 450	2 068	3 194	5 501	8 645	12 484
10	15	60	105	170	294	401	660	942	1 455	2 506	3 938	5 686
	25	100	175	283	490	668	1 101	1 570	2 425	4 176	6 563	9 477
	40	160	280	453	785	1 069	1 761	2 512	3 880	6 682	10 502	15 164
14	15	80	141	228	394	537	886	1 263	1 951	3 360	5 281	7 625
	25	134	235	380	657	896	1 476	2 105	3 251	5 600	8 801	12 708
	40	214	375	608	1 052	1 433	2 362	3 368	5 202	8 960	14 082	20 333

### 4.1.3 Nykytilanteen tarkastelu Spirax Sarco laskurilla

Spirax Sarco tarjoaa nettisivuillaan laskureita, joita voidaan käyttää apuna höyryverkoston laskemisessa ja tarkastelussa. Työssä tarkastellaan jo olemassa olevaa putkilinjaa, joten käytetään siihen tarkoitettua laskuria. Tarkastelu voidaan tehdä kolmella eri tapaa, joko virtausnopeuden, painehäviön tai massavirran mukaan. Tässä työssä käytetään tarkastelua massavirran mukaan, koska lähtötietoina on höyryntarve ja verkoston paine. Laskurissa on valmiiksi eri maiden standardien mukaisia putkikokoja, mutta ei Suomen standardin. Mitoitettaessa Suomen putkistoja voidaan käyttää Amerikan ANSI Schedule 40-standardin mukaisia putkikokoja, jotka vastaavat Suomen olosuhteita aina 40 bar:iin asti. Kuvassa 7 on laskettu nykytilanne putkistossa.

20.2.2017	Pipe Sizing – Saturated Steam – Existing Pipe	
Calculation	Sizing on Mass Flow ▼	
Mass Flow Rate	7852	kg/h ▼
Upstream Pressure	11	bar absolute ▼
Equivalent Pipe Length	1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
Nominal Bore	8 in, 200 mm ▼	
Downstream Pressure	10.9997	bar absolute ▼
Upstream Velocity	11.9902	m/s ▼

*KUVA 7. Nykytilanteen tarkastelu Spirax Sarcon laskurilla*

Laskurin tuloksista huomataan, että virtausnopeus jää pieneksi. Jos virtausnopeus halutaan suosituksen mukaiseksi, tulisi putkikokoa tai verkoston painetta pienentää. Rajoittavana tekijänä on pesulalle menevä 8 bar:n paine, joten tarkastelu tehdään 8 bar:n verkostonpaineessa. Jotta päästäisiin virtausnopeuden suositukseen 11 bar:n verkostossa tulisi putkikokoa pienentää aina DN125-putkikokoon asti, joka on esitetty kuvassa 8.

20.2.2017

Pipe Sizing – Saturated Steam – Existing Pipe

Calculation	Sizing on Mass Flow ▼	
Mass Flow Rate	7852	kg/h ▼
Upstream Pressure	11	bar absolute ▼
Equivalent Pipe Length	1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
Nominal Bore	5 in, 125 mm ▼	
Downstream Pressure	10.9973	bar absolute ▼
Upstream Velocity	29.9867	m/s ▼

*KUVA 8. Virtausnopeus, jos putkikokoä pienennetään.*

Kuvassa 9 mitoitus on tehty DN100-putkikokoolla. Mitoituksesta huomataan, että virtausnopeus kasvaa liian suureksi.

20.2.2017

Pipe Sizing – Saturated Steam – Existing Pipe

Warning:

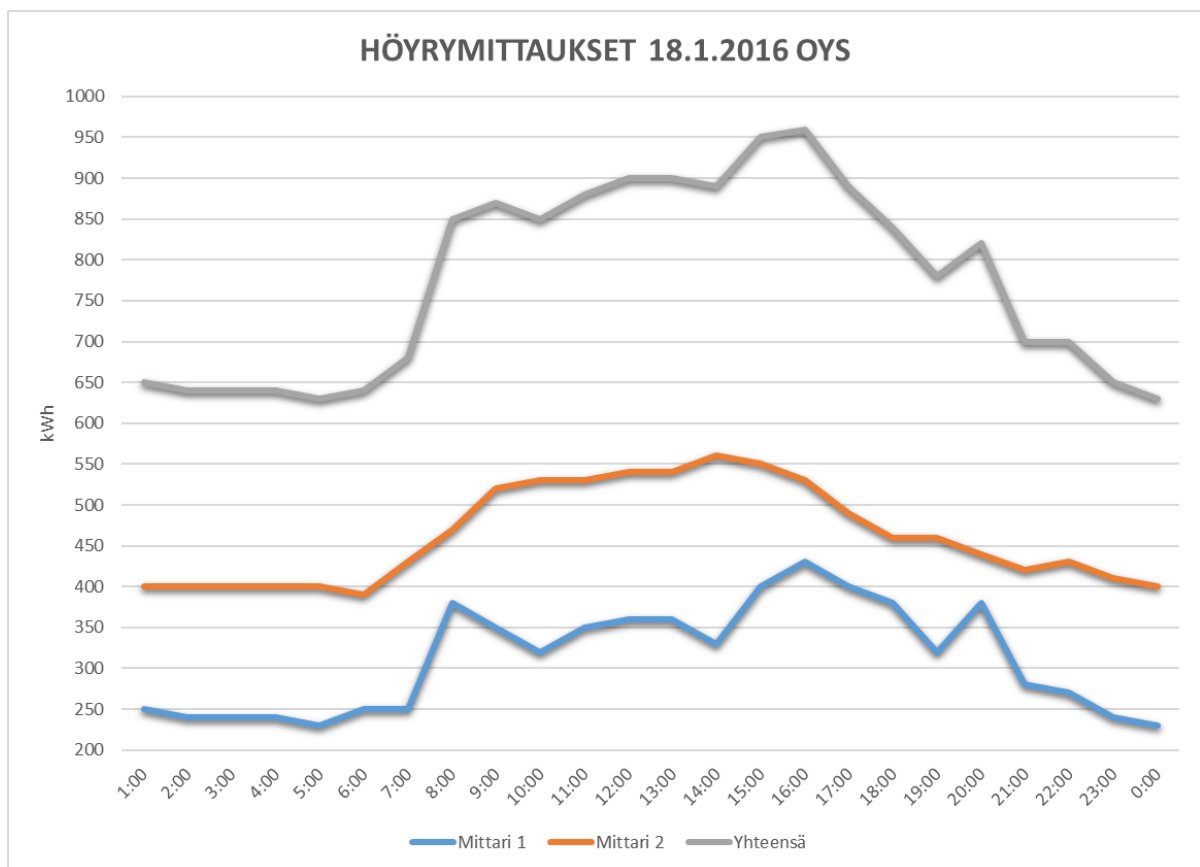
- Upstream Velocity above 30 m/s

Calculation	Sizing on Mass Flow ▼	
Mass Flow Rate	7852	kg/h ▼
Upstream Pressure	11	bar absolute ▼
Equivalent Pipe Length	1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
Nominal Bore	4 in, 100 mm ▼	
Downstream Pressure	10.9917	bar absolute ▼
Upstream Velocity	47.1295	m/s ▼

*KUVA 9. Virtausnopeus DN100-putkikoolla on liian suuri*

## 4.2 Sairaalan käyttämä höyryteho

Toisena tapauksena tarkasteltiin höyryn kulutusta Oulun yliopistollisen sairaalan tarpeen mukaan, jolloin pesulan kulutusta ei otettu huomioon. Höyryverkoston runkolinjassa on edelleen 11 bar:n paine, mutta höyrynkulutus on noin 1 MW. Tehontarve on saatu mittareista 1 ja 2, jotka on esitetty kuvassa 3. Edellisen tapauksen perusteella voidaan todeta, että DN200-runkolinja on liian suuri ja ei sovellu kyseiseen tilanteeseen. Oulun yliopistollisen sairaalan tarvitsema höyryteho länsisiivessä mitataan kahdella eri höyrylinjassa sijaitsevalla mittarilla. Höyryn kulutus on esitetty kuvassa 10, jossa on mittareiden 1 ja 2 mittauksien seuranta ja yhteenlaskettu tulos. Mitoituksessa on käytetty kulutuksen maksimeja. Mittarin 1 päivän huippu ajoittuu kello 16:een, jolloin tehon kulutus on 430 kW. Mittarilla 2 päivän maksimi ajoittuu kello 14:een, jolloin kulutus on 560 kW. Jos päivän huiput tapahtuisivat samaan aikaan, olisi höyrylinjalla maksimikulutus 990 kW.



KUVA 10. Oulun Yliopistollisen sairaalan höyrynkulutuksen seuranta 18.1.2016.

#### 4.2.1 Laskenta Excel-ohjelmistolla

Käsin laskenta suoritettiin käyttäen Excel-ohjelmistoa samalla tavalla kuin kohdassa 4.1. Alkutietojen 11 bar:n höyryverkko, putkikokoa DN200 ja höyryn kulutus 990 kW avulla selvitetiin lähtötilanne höyryverkostossa, minkä pohjalta verkoston toimivuutta tarkasteltiin. Taulukossa 1 on esitetty höyryn ominaisuudet. Taulukossa 5 on esitetty tulokset, kun sairaala käyttää höyryverkostoa vain omaan käyttöönsä, ja ratkaisu, mikä putkikoko oli sopiva runkolinjalle.

TAULUKKO 5. Virtausnopeudet, kun höyryn kulutus on 990 kW.

Paine		Massa virtaus		DN 200		DN 150		DN 125		DN 100		DN 80		DN 65	
abs	g	kg/s	kg/h	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus
bar	bar	kg/s	kg/h	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
11	10	0,491	1767	2,7	4,7	6,7	10,6	18,2	<b>28,1</b>						
10	9	0,491	1769	3,0	5,1	7,4	11,6	20,0	<b>30,9</b>						
9	8	0,488	1755	3,2	5,6	8,1	12,8	22,0	<b>34,0</b>						
8	7	0,484	1741	3,6	6,2	9,0	14,1	24,4	37,6						
7	6	0,479	1725	4,1	7,0	10,1	15,9	<b>27,5</b>	42,4						
6	5	0,475	1709	4,6	8,0	11,6	18,2	<b>31,5</b>	48,6						
5	4	0,470	1691	5,5	9,4	13,6	21,4	37,0	57,0						
4	3	0,464	1671	6,6	11,5	16,6	<b>26,1</b>	45,0	69,4						

Virtausnopeuksien tuloksista huomataan, että nopeudet eivät ole suositusalueella. Putkikokoa tulisi pienentää aina DN80-putkikokoon, jolloin 7 bar:n verkoston virtausnopeudeksi saadaan 27,5 m/s. Paras ratkaisu olisi rakentaa runkolinja DN65-putkikoolla, jolloin 11 bar:n verkostolla päästäisiin virtausnopeuden suositusalueelle.

#### 4.2.2 Putkikoon selvittäminen käyrästä

Käyrästä voidaan käyttää virtausnopeuden ja painehäviön tarkasteluun. Tarkastelussa käytetään taulukon 5 mukaisia massavirtoja eri paineessa. Tarvitava massavirta runkolinjassa on noin 1700 kg/h. Käyrästä on esitetty kuvassa 4. Sen perusteella saadaan virtausnopeudet eri putkiko'oilta. Kuvassa 10 on esitetty kylläisen höyryn virtausnopeudet runkolinjassa. Kuvaan 11 on merkitty

virtausnopeuden suositusalueet vihreällä ja sinisellä värillä. Tarkastelussa on käytetty 11 bar:n ja 4 bar:n massavirtauksia.

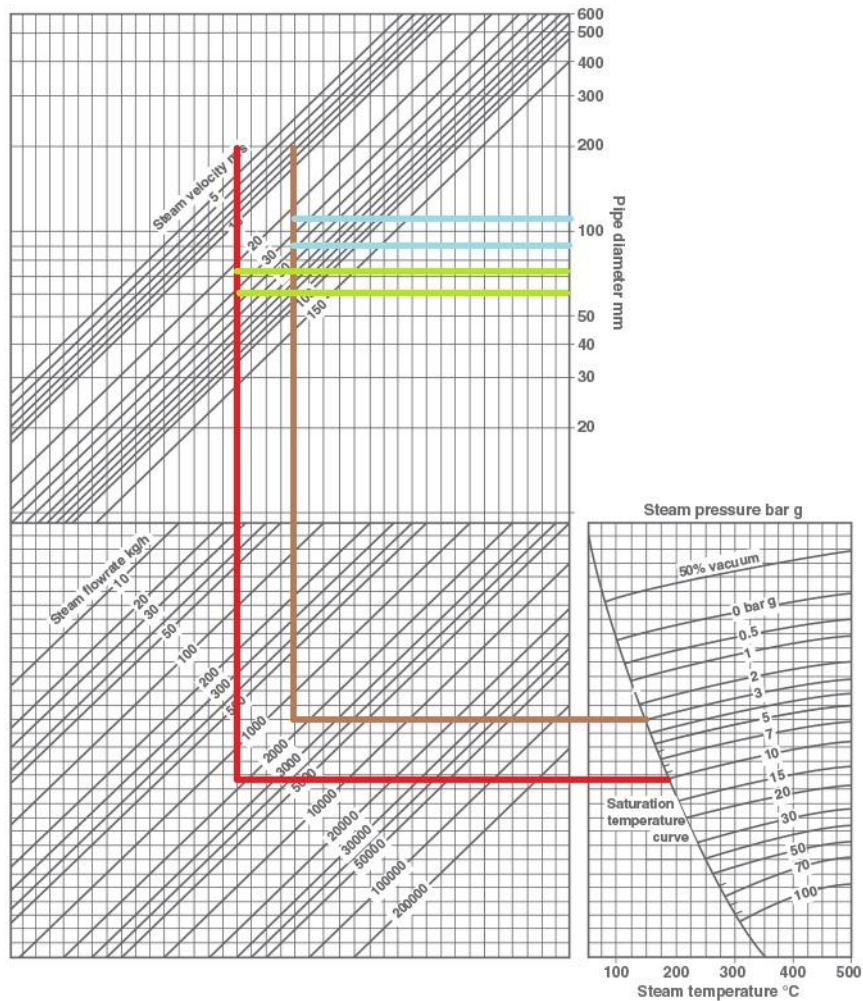


Fig. 10.2.10 Steam pipeline sizing chart - Velocity

KUVA 11. Virtausnopeudet 11 bar:n ja 4 bar:n verkostossa

Käyrästä on vaikea arvioida putkikokoja DN200:n ja DN100:n välillä, koska niitä ei ole merkitty. DN200-putkikoko on käyrästä liian suuri, ja sillä virtausnopeus jää alle 5 m/s, kun verkoston paine on 11 bar. Sopiva ratkaisu voisi olla DN65-runkolinja, jolloin virtausnopeus olisi noin 30 m/s.

#### 4.2.3 11 bar:n verkoston mitoitus Spirax Sarcon laskurilla

Tarkastelu tehtiin 11 bar:n verkostolle. Spiraxin laskuri antoi tuloksina virtausnopeuden ja painehäviön. Kuvassa 12 on tarkastelu virtausnopeutta runkolinjassa nykytilanteessa. Runkolinjassa syntyvä painehäviö on vähäistä, eikä sillä ole

vaikutusta putkiston toimintaan, koska vähäinen painehäviö sallitaan verkostossa.

20.2.2017

Pipe Sizing – Saturated Steam – Existing Pipe

Calculation

Sizing on Mass Flow

Mass Flow Rate

1767 kg/h

Upstream Pressure

11 bar absolute

Equivalent Pipe Length

1 m

Pipe Standard and Schedule

ANSI - Schedule 40

Nominal Bore

8 in, 200 mm

Downstream Pressure

11.0000 bar absolute

Upstream Velocity

2.69825 m/s

#### KUVA 12. Virtausnopeuden tarkastelu DN200-putkikoolla

Taulukkoon 6 on kerätty virtausnopeuksien tulokset käyttäen Spiraxin laskuria. Virtausnopeuksiltaan soveltuvat putkikoot ja paineet ovat merkitty taulukossa lihavoituna.

#### TAULUKKO 6. Spiraxin laskurilla saadut virtausnopeudet

Paine		Massa virtaus		virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus	virtaus nopeus
abs	g	kg/s	kg/h	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
bar	bar								
11	10	0,491	1767	2,7	4,7	6,7	10,6	18,3	<b>28,2</b>
10	9	0,491	1769	3,0	5,1	7,4	11,6	20,0	<b>31,0</b>
9	8	0,488	1755	3,2	5,6	8,1	12,8	22,0	<b>34,0</b>
8	7	0,484	1741	3,6	6,2	9,0	14,1	24,4	37,7
7	6	0,479	1725	4,0	7,0	10,1	15,9	<b>27,4</b>	42,4
6	5	0,475	1709	4,6	8,0	11,6	18,2	<b>31,4</b>	48,6
5	4	0,470	1691	5,5	9,4	13,6	21,4	36,9	57,1
4	3	0,464	1671	6,6	11,5	16,6	<b>26,1</b>	45,0	69,6

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Nykytilanteessa höyryverkon paine on 11 bar, runkolinjan putkikoko DN200 ja tehontarve yhteensä noin 4,4 MW. Pesula on suurin höyryn kuluttaja höyryverkostossa ja sen tarve on noin 3,5 MW, kun taas itse sairaala käyttää vain noin 1 MW höyryä. Höyryverkosto on valmistunut samaan aikaan kuin sairaalakin, ja siihen on tehty rakenteellisia muutoksia vuosien varrella, mutta runkolinjan putkikoko on pysynyt samana. Ennen työn aloittamista oletuksena oli, että höyryverkko on nykytilanteessa ylimitoitettu.

### 5.1 Pesulan ja sairaalan höyrynkulutuksen tarkastelu

Nykytilanteen tarkastelussa käytettiin kolmea eri tapaa. Laskenta suoritettiin Excel-ohjelmistolla, Spirax Sarcon käyrästöillä ja Spiraxin laskentaohjelmistolla, joilla saatiin vertailtavia tuloksia käsin laskennan lisäksi.

Laskennassa Excel-ohjelmistolla huomattiin, että nykytilanteessa 11bar:n höyryverkosto on liian suuri höyryn tarpeeseen nähden. Ylimitoitettu putkisto ei ole kustannuksiltaan ja energiatehokkuudeltaan järkevä ratkaisu. Nykytilanteessa höyryn virtausnopeus jää alhaiseksi, noin 12 m/s, mikä lisää lauhteen syntymistä putkistossa. Virtausnopeuden suosituksena prosessiputkistolla pidetään 25–35 m/s. Virtausnopeuden suositusalueelle päästäisiin nykytilanteessa, jos verkoston painetta lasketaan. Paineen laskun rajoittavana tekijänä on pesulaan menevä 8 bar:n paine. Jos höyryverkon paine lasketaan 8 bar:iin, päästään virtausnopeudessa noin 15 m:iin/s, joka on silti liian alhainen. Jos runkolinjan putkikoko halutaan pitää ennallaan DN200-kokoisena, tulisi paine laskea aina 4 bar:iin asti, jolloin höyryn virtausnopeudeksi saataisiin 29,5 m/s, mutta silloin pesula ei saisi haluamaansa 8 bar:n höyryä. Painetta laskettaessa myös kylläisen höyryn lämpötila laskee. Soveltuvia ratkaisuja on, jos runkolinja purettaisiin ja rakennettaisiin uudelleen pienemmällä putkikoolla. DN125-putkella paine voitaisiin pitää ennallaan 11 bar:ssa, jolloin virtausnopeus on 30 m/s. Jos höyrylinjan tuoton painetta pienennetään 11 bar:sta 8 bar:n verkostoksi, riittävä putkikoko olisi DN150, jolloin virtausnopeus on noin 28 m/s. Putkikokojen vertailu on esitetty taulukossa 3.

Spirax Sarcon mitoituskäyrästä tarkasteltiin painehäviötä ja virtausnopeutta. Virtausnopeudeksi nykytilanteella saadaan noin 12–14 m/s ja painehäviöksi noin 7 kPa / 100 m. Virtausnopeus jää alhaiseksi ja painehäviötä ei putkilinjassa juurikaan synny. On vaikea arvioida DN125- tai DN150-putkikokoon välillä parhaiten soveltuva putkikoko höyryverkkoon, koska putkikokoja ei ole merkitty käyrästä. Käyrästä on helppo tarkastella nykytilannetta, mutta sen ongelma on menetelmän epätarkkuus, joten se on vain suuntaa antava.

Kolmannella tavalla nykytilannetta tarkasteltiin Spirax Sarcon laskurilla, jossa käytetään mitoitusta massavirtauksen mukaan. Laskuriin asetetaan massavirtaus, putkikoko, höyryverkon paine ja putkiston pituus. Laskuri antaa tuloksena virtausnopeuden ja painehäviön putkistossa. Laskurilla virtausnopeus on noin 12 m/s.

Tuloksista vertailukelpoisia ovat käsin laskenta ja Spiraxin laskuri. Eroa virtausnopeuteen tulee putken sisähalkaisijasta. Kaikilla menetelmillä huomataan, että 11 bar:n verkostossa on liian pieni virtausnopeus ja mitoitus tulisi tehdä uudelleen. Höyryverkkoon sopivin ratkaisu olisi putkiverkon uudelleen rakentaminen. Runkolinjan putkikoko tulisi olla DN125, jolloin paine voitaisiin pitää ennallaan ja virtausnopeus olisi noin 30 m/s.

## **5.2 Tulevaisuuden sairaalan höyrynkulutuksen tarkastelu**

Tulevaisuuden sairaalan höyrynkulutus pienenee, koska höyryverkostoa käyttävä pesula alkaa tuottaa höyryä omaan käyttöönsä. Sairaalan omaa höyrynkulutusta mitattiin kahdella mittarilla, joiden yhteistuloksesta saatiin sairaalan höyryntarve noin 1 MW. Sairaalan runkolinja on ylimitoitettu jo lähtötilanteessa, joten tuloksissa tarkastellaan vain mahdollisia ratkaisuja höyryntuotolle.

Käsin laskennassa soveltuvia ratkaisuja runkolinjalle saatiin, kun putkikokoa ja painetta pienennettiin. Virtausnopeuden suositusalueelle 25–35 m/s päästiin parhaiten DN65-putkikoolla, jolloin höyryn painetta ei tarvitsisi laskea. 11 bar:n verkostossa höyryn virtausnopeus oli noin 28 m/s. Samalla putkikoolla painetta pystyttäisiin laskemaan aina 9 bar:iin asti, jolloin virtausnopeus olisi 34 m/s. DN80-putkikoolla päästiin myös sopiviin virtausnopeuksiin, mutta pienemmissä

paineissa. 8–6 bar:n höyryverkko olisi silloin sopiva ratkaisu. DN100-runkolinjalla painetta tulisi laskea aina 4 bar:iin asti. Jos sairaalalla ei ole tarvetta korkeammalle paineelle, olisi DN100 sopiva mitoituksen kannalta. Spirax Sarcon laskurilla saadut tulokset olivat samoja kuin käsin laskennassa.

Käyrästöiden tulokset ovat epätarkkoja. Käyrästön perusteella 4 bar:n verkossa soveltuvia putkikokoja olisi DN80–125. 11 bar:n verkostolle sopiva putkikoko olisi 60–75 mm. DN65-putkikoko on ainoa soveltuva nimelliskoko.

## 6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tarkastella Oulun yliopistollisen sairaalan länsisiiven höyryverkon soveltuvuutta nykytilanteessa ja tilanteessa, kun sairaalan vieressä sijaitseva pesula poistetaan höyryverkosta. Sairaalan alkuperäinen höyrylinja on kiertänyt sairaalan ympäri, mutta höyryntarpeen vähenemisen vuoksi höyrylinjoja on katkaistu. Muutoksista huolimatta höyrylinjan koko on pysynyt samana DN200-putkikokona. Oletuksena ennen työn aloittamista oli, että höyryverkosto on ylimitoitettu ja ettei se ole sopiva tulevaisuuden sairaalan höyryntarpeeseen.

Tarkastelussa tehtiin kaksi eri tapausta: nykytilanteen tarkastelu ja tulevaisuuden muutossuunnitelmien pohjalta tehty tulevaisuuden tarkastelu. Tilaajaa kiinnosti erityisesti höyrylinjan soveltuvuus muutoksien jälkeen, kun vieressä sijaitseva pesula poistuu sairaalan höyryjärjestelmästä. Höyrynkulutuksen tarpeet saatiin Siemens EMC -järjestelmästä, joka seuraa höyrynkulutusta. Nykytilanteessa sairaalan höyrynkulutuskapasiteetti oli 4,4 MW, josta sairaalan omaan käyttöön meni noin 1 MW.

Käsin laskennan ja Spirax Sarcon laskurilla saadut tulokset tukivat toisiaan. DN200-runkolinja on kooltaan liian suuri tarvittavalle höyrynkulutukselle. Ylimitoitettussa runkolinjassa höyryn virtausnopeudet jäävät alhaiseksi ja lauhdetta syntyy enemmän. Nykytilanteessa virtausnopeus on 12 m/s, ja muutoksien jälkeen virtausnopeus olisi alle 3 m/s. Suositusalue virtausnopeudelle prosessiputkistossa, jossa painehäviö sallitaan, on 25–35 m/s. Osasyynä nopeudet jäävät alhaisiksi voi olla, että alkuperäinen runkolinja on voitu mitoittaa laajojen putkien mukaan, jolloin pienemmät virtausnopeudet ovat sopivia. Lisäksi sairaalan höyryntarve on laskenut, joten sairaalan rakenteellisten muutoksien myötä myös höyrylinjan runkolinja tulisi rakentaa uusiksi.

Tulevaisuuden muutoksien myötä höyryverkostoon sopivat virtausnopeudet saadaan, kun runkolinjan kokoa ja painetta pienennetään. Jos runkolinja rakennetaan uudelleen DN65-putkikoolla, verkostonpaine voi olla 11–8 bar. Isomalla DN80-putkella sopiva paine on noin 8–5 bar. DN100-putkella verkoston paine saisi olla vain 4 bar.

Valittaessa sopivaa putkikokoa tulee ottaa huomioon myös, tuleeko höyryn kulutus tulevaisuudessa kasvamaan vai laskemaan. Jos tarve lisääntyisi, ei DN65-putkikoko olisi enää riittävä ja virtausnopeudet kasvaisivat yli sallittujen rajojen, jolloin olisi järkevämpi rakentaa runkolinja DN80-putkikoolla. Jos höyryn tarve vähentyy DN100-putkikokoosta tulisi ylimitoitettu. Silloin järkevintä höyrylinjan kannalta olisi rakentaa DN65-putkikoolla, jolloin höyrylinjan painetta vähentämällä päästäisiin soveltuviin virtausnopeuksiin.

## LÄHTEET

1. Tietoa Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin toiminnasta. 2017. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: [https://www.ppsHP.fi/tietoa\\_toiminnasta](https://www.ppsHP.fi/tietoa_toiminnasta). Hakupäivä 6.2.2017.
2. Tulevaisuuden sairaala 2030. 2017. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: <http://www.oys2030.fi/>. Hakupäivä 6.2.2017.
3. Sterilointi. 2015. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: [http://www.pshp.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairalahygieniaohjeisto/Valineiden\\_huolto\\_ja\\_sairalasiivous/Sterilointi\(48517\)](http://www.pshp.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairalasiivous/Sterilointi(48517)). Hakupäivä 13.2.2017.
4. Välinehuolto. 2015. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: [http://www.pshp.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairalahygieniaohjeisto/Valineiden\\_huolto\\_ja\\_sairalasiivous/Valinehuolto\(48515\)](http://www.pshp.fi/fi-FI/Ohjeet/Sairalahygieniaohjeisto/Valineiden_huolto_ja_sairalasiivous/Valinehuolto(48515)). Hakupäivä 13.2.2017.
5. Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu 2008. Voimalaitostekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
6. Höyry- ja lauhdejärjestelmien suunnittelu. Opas. Spirax Sarco.
7. Pipes and Pipe Sizing. 2017. Spirax Sarco. Saatavissa: <http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Engineering-Tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.aspx>. Hakupäivä: 24.3.2017

## Mittariraportti

Yleiskatsaus

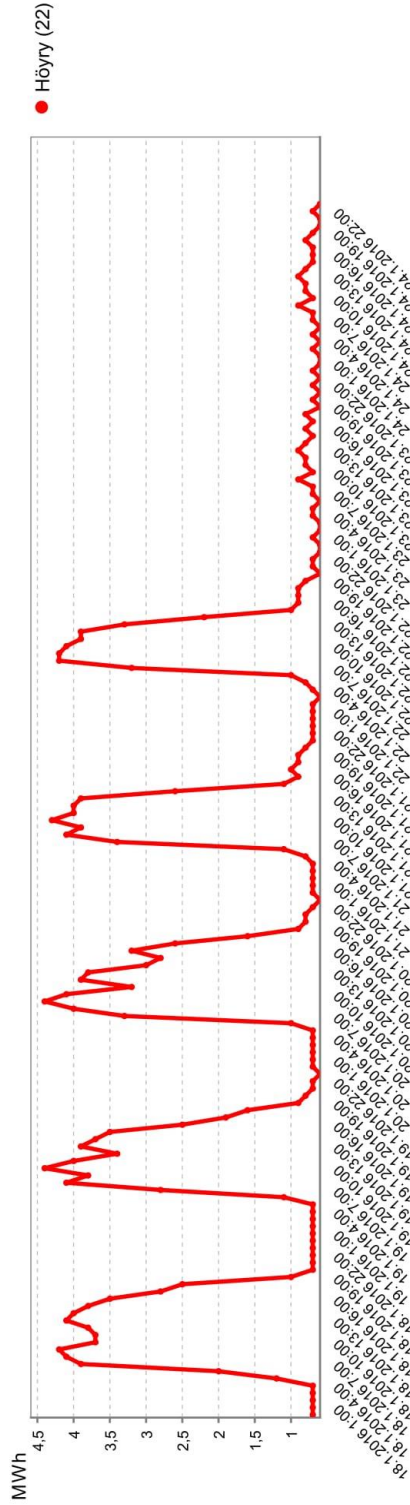


Asiakas **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri**  
 Solmu **Oulun yliopistollinen sairaala**  
 Polku **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H4IRED10'QM1081**

Alkupaiväys **18.1.2016 0:00**  
 Loppupaiväys **25.1.2016 0:00**  
 Näyttötaarkkuus **60 minuuttia**



Höyry (22)



Päiväys Höyry (22)  
 ■ MWh

Päiväys	Höyry (22)	MWh
1 18.1.2016 1:00	0.70	MWh
2 18.1.2016 2:00	0.70	MWh
3 18.1.2016 3:00	0.70	MWh
4 18.1.2016 4:00	0.70	MWh
5 18.1.2016 5:00	0.70	MWh
6 18.1.2016 6:00	1.20	MWh
7 18.1.2016 7:00	2.00	MWh
8 18.1.2016 8:00	3.90	MWh
9 18.1.2016 9:00	4.10	MWh
10 18.1.2016 10:00	4.20	MWh
11 18.1.2016 11:00	3.70	MWh
12 18.1.2016 12:00	3.70	MWh
13 18.1.2016 13:00	3.80	MWh
14 18.1.2016 14:00	4.10	MWh
15 18.1.2016 15:00	4.00	MWh
16 18.1.2016 16:00	3.80	MWh
17 18.1.2016 17:00	3.50	MWh
18 18.1.2016 18:00	2.80	MWh
19 18.1.2016 19:00	2.50	MWh

## Mittariraportti

Yleiskatsaus



Asiakas **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri**  
 Solmu **Oulun yliopistollinen sairaala**  
 Polku **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H4|RED10|QM1081**

Alkupaiväys **18.1.2016 0:00**  
 Loppupaiväys **25.1.2016 0:00**  
 Näyttötarkkuus **60 minuuttia**

Päiväys Höyry (22)  
 ■ MWh

20	18.1.2016 20:00	1,00	MWh
21	18.1.2016 21:00	0,70	MWh
22	18.1.2016 22:00	0,70	MWh
23	18.1.2016 23:00	0,70	MWh
24	19.1.2016 0:00	0,70	MWh
25	19.1.2016 1:00	0,70	MWh
26	19.1.2016 2:00	0,70	MWh
27	19.1.2016 3:00	0,70	MWh
28	19.1.2016 4:00	0,70	MWh
29	19.1.2016 5:00	0,70	MWh
30	19.1.2016 6:00	0,70	MWh
31	19.1.2016 7:00	1,10	MWh
32	19.1.2016 8:00	2,80	MWh
33	19.1.2016 9:00	4,10	MWh
34	19.1.2016 10:00	3,80	MWh
35	19.1.2016 11:00	4,40	MWh
36	19.1.2016 12:00	4,00	MWh
37	19.1.2016 13:00	3,40	MWh
38	19.1.2016 14:00	3,90	MWh
39	19.1.2016 15:00	3,70	MWh
40	19.1.2016 16:00	3,50	MWh
41	19.1.2016 17:00	2,50	MWh
42	19.1.2016 18:00	1,90	MWh
43	19.1.2016 19:00	1,60	MWh
44	19.1.2016 20:00	0,90	MWh
45	19.1.2016 21:00	0,80	MWh
46	19.1.2016 22:00	0,70	MWh
47	19.1.2016 23:00	0,70	MWh
48	20.1.2016 0:00	0,60	MWh
49	20.1.2016 1:00	0,70	MWh
50	20.1.2016 2:00	0,70	MWh
51	20.1.2016 3:00	0,70	MWh
52	20.1.2016 4:00	0,70	MWh
53	20.1.2016 5:00	0,70	MWh
54	20.1.2016 6:00	0,70	MWh
55	20.1.2016 7:00	1,00	MWh
56	20.1.2016 8:00	3,30	MWh
57	20.1.2016 9:00	4,00	MWh
58	20.1.2016 10:00	4,40	MWh
59	20.1.2016 11:00	4,10	MWh

## Mittariraportti

Yleiskatsaus



Asiakas Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri  
Solimu Oulun yliopistollinen sairaala  
Polku Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H41RED10'QM1081

Alkupaiväys 18.1.2016 0:00  
Loppupaiväys 25.1.2016 0:00  
Näyttötarkkuus 60 minuuttia

Päiväys Höyry (22)  
■ MWh

60	20.1.2016 12:00	3,20	MWh
61	20.1.2016 13:00	3,90	MWh
62	20.1.2016 14:00	3,80	MWh
63	20.1.2016 15:00	3,00	MWh
64	20.1.2016 16:00	2,80	MWh
65	20.1.2016 17:00	3,20	MWh
66	20.1.2016 18:00	2,60	MWh
67	20.1.2016 19:00	1,60	MWh
68	20.1.2016 20:00	0,90	MWh
69	20.1.2016 21:00	0,80	MWh
70	20.1.2016 22:00	0,80	MWh
71	20.1.2016 23:00	0,70	MWh
72	21.1.2016 0:00	0,60	MWh
73	21.1.2016 1:00	0,70	MWh
74	21.1.2016 2:00	0,70	MWh
75	21.1.2016 3:00	0,70	MWh
76	21.1.2016 4:00	0,70	MWh
77	21.1.2016 5:00	0,70	MWh
78	21.1.2016 6:00	0,80	MWh
79	21.1.2016 7:00	1,10	MWh
80	21.1.2016 8:00	3,40	MWh
81	21.1.2016 9:00	4,10	MWh
82	21.1.2016 10:00	3,90	MWh
83	21.1.2016 11:00	4,30	MWh
84	21.1.2016 12:00	4,00	MWh
85	21.1.2016 13:00	4,00	MWh
86	21.1.2016 14:00	3,90	MWh
87	21.1.2016 15:00	2,60	MWh
88	21.1.2016 16:00	1,10	MWh
89	21.1.2016 17:00	0,90	MWh
90	21.1.2016 18:00	1,00	MWh
91	21.1.2016 19:00	0,90	MWh
92	21.1.2016 20:00	0,90	MWh
93	21.1.2016 21:00	0,80	MWh
94	21.1.2016 22:00	0,70	MWh
95	21.1.2016 23:00	0,70	MWh
96	22.1.2016 0:00	0,70	MWh
97	22.1.2016 1:00	0,70	MWh
98	22.1.2016 2:00	0,70	MWh
99	22.1.2016 3:00	0,70	MWh

**Mittariraportti**

Yleiskatsaus



Asiakas **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri**  
 Solimu **Oulun yliopistollinen sairaala**

Alkupaiväys **18.1.2016 0:00**  
 Loppupaiväys **25.1.2016 0:00**  
 Näyttötarkkuus **60 minuuttia**

Polku **Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H41RED10'QM1081**

Päiväys Höyry (22)  
 ■ MWh

100	22.1.2016 4:00	0,60	MWh
101	22.1.2016 5:00	0,70	MWh
102	22.1.2016 6:00	0,80	MWh
103	22.1.2016 7:00	1,00	MWh
104	22.1.2016 8:00	3,20	MWh
105	22.1.2016 9:00	4,20	MWh
106	22.1.2016 10:00	4,20	MWh
107	22.1.2016 11:00	4,10	MWh
108	22.1.2016 12:00	3,90	MWh
109	22.1.2016 13:00	3,90	MWh
110	22.1.2016 14:00	3,30	MWh
111	22.1.2016 15:00	2,20	MWh
112	22.1.2016 16:00	1,00	MWh
113	22.1.2016 17:00	0,90	MWh
114	22.1.2016 18:00	0,90	MWh
115	22.1.2016 19:00	0,90	MWh
116	22.1.2016 20:00	0,80	MWh
117	22.1.2016 21:00	0,60	MWh
118	22.1.2016 22:00	0,70	MWh
119	22.1.2016 23:00	0,70	MWh
120	23.1.2016 0:00	0,60	MWh
121	23.1.2016 1:00	0,60	MWh
122	23.1.2016 2:00	0,70	MWh
123	23.1.2016 3:00	0,60	MWh
124	23.1.2016 4:00	0,60	MWh
125	23.1.2016 5:00	0,70	MWh
126	23.1.2016 6:00	0,70	MWh
127	23.1.2016 7:00	0,60	MWh
128	23.1.2016 8:00	0,70	MWh
129	23.1.2016 9:00	0,70	MWh
130	23.1.2016 10:00	0,90	MWh
131	23.1.2016 11:00	0,70	MWh
132	23.1.2016 12:00	0,80	MWh
133	23.1.2016 13:00	0,80	MWh
134	23.1.2016 14:00	0,90	MWh
135	23.1.2016 15:00	0,80	MWh
136	23.1.2016 16:00	0,70	MWh
137	23.1.2016 17:00	0,80	MWh
138	23.1.2016 18:00	0,70	MWh
139	23.1.2016 19:00	0,80	MWh

## Mittariraportti

Yleiskatsaus



Asiakas Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri  
Solmu Oulun yliopistollinen sairaala  
Polku Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H4IRED10'QM1081

Alkupaiväys 18.1.2016 0:00  
Loppupaiväys 25.1.2016 0:00  
Näyttötarkkuus 60 minuuttia

Päiväys Höyry (22)  
■ MWh

140	23.1.2016 20:00	0,60	MWh
141	23.1.2016 21:00	0,70	MWh
142	23.1.2016 22:00	0,60	MWh
143	23.1.2016 23:00	0,70	MWh
144	24.1.2016 0:00	0,60	MWh
145	24.1.2016 1:00	0,70	MWh
146	24.1.2016 2:00	0,60	MWh
147	24.1.2016 3:00	0,60	MWh
148	24.1.2016 4:00	0,70	MWh
149	24.1.2016 5:00	0,60	MWh
150	24.1.2016 6:00	0,70	MWh
151	24.1.2016 7:00	0,60	MWh
152	24.1.2016 8:00	0,70	MWh
153	24.1.2016 9:00	0,70	MWh
154	24.1.2016 10:00	0,90	MWh
155	24.1.2016 11:00	0,70	MWh
156	24.1.2016 12:00	0,80	MWh
157	24.1.2016 13:00	0,80	MWh
158	24.1.2016 14:00	0,90	MWh
159	24.1.2016 15:00	0,80	MWh
160	24.1.2016 16:00	0,70	MWh
161	24.1.2016 17:00	0,70	MWh
162	24.1.2016 18:00	0,70	MWh
163	24.1.2016 19:00	0,80	MWh
164	24.1.2016 20:00	0,70	MWh
165	24.1.2016 21:00	0,60	MWh
166	24.1.2016 22:00	0,60	MWh
167	24.1.2016 23:00	0,70	MWh
168	25.1.2016 0:00	0,60	MWh
<b>Summa</b>		<b>270,60</b>	
<b>Keskiarvo</b>		<b>1,61</b>	
<b>Min</b>		<b>0,60</b>	
<b>Max</b>		<b>4,40</b>	

## Mittariraportti

Yleiskatsaus



Asiakas Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri  
Solmu Oulun yliopistollinen sairaala  
Polku Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri

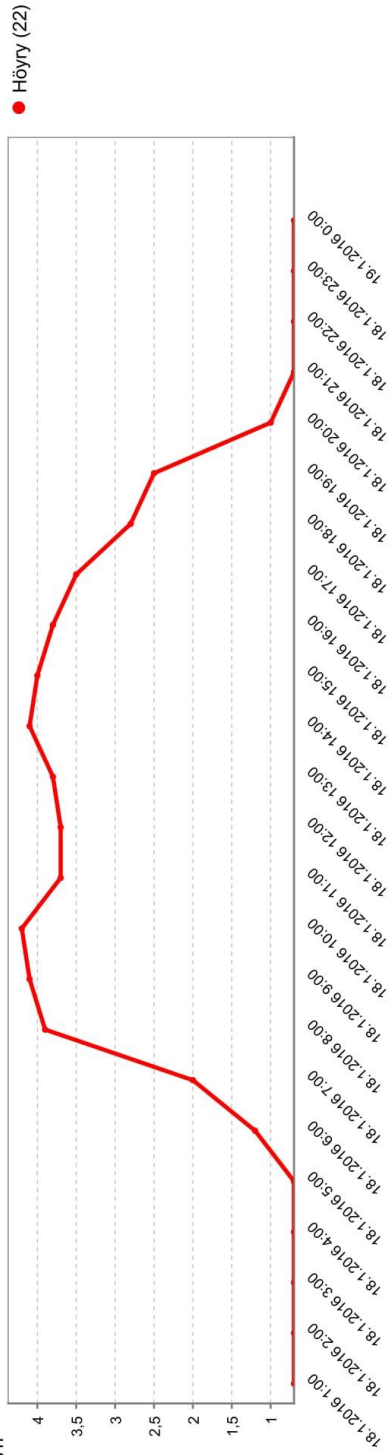
> Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H41RED10'QM1081

Alkupaiväys 18.1.2016 0:00  
Loppupaiväys 19.1.2016 0:00  
Näyttötarkkuus 60 minuuttia



Höyry (22)

MWh



Päiväys Höyry (22)

■ MWh

1	18.1.2016 1:00	0.70	MWh
2	18.1.2016 2:00	0.70	MWh
3	18.1.2016 3:00	0.70	MWh
4	18.1.2016 4:00	0.70	MWh
5	18.1.2016 5:00	0.70	MWh
6	18.1.2016 6:00	1.20	MWh
7	18.1.2016 7:00	2.00	MWh
8	18.1.2016 8:00	3.90	MWh
9	18.1.2016 9:00	4.10	MWh
10	18.1.2016 10:00	4.20	MWh
11	18.1.2016 11:00	3.70	MWh
12	18.1.2016 12:00	3.70	MWh
13	18.1.2016 13:00	3.80	MWh
14	18.1.2016 14:00	4.10	MWh
15	18.1.2016 15:00	4.00	MWh
16	18.1.2016 16:00	3.80	MWh
17	18.1.2016 17:00	3.50	MWh
18	18.1.2016 18:00	2.80	MWh
19	18.1.2016 19:00	2.50	MWh

**Mittariraportti**

Yleiskatsaus

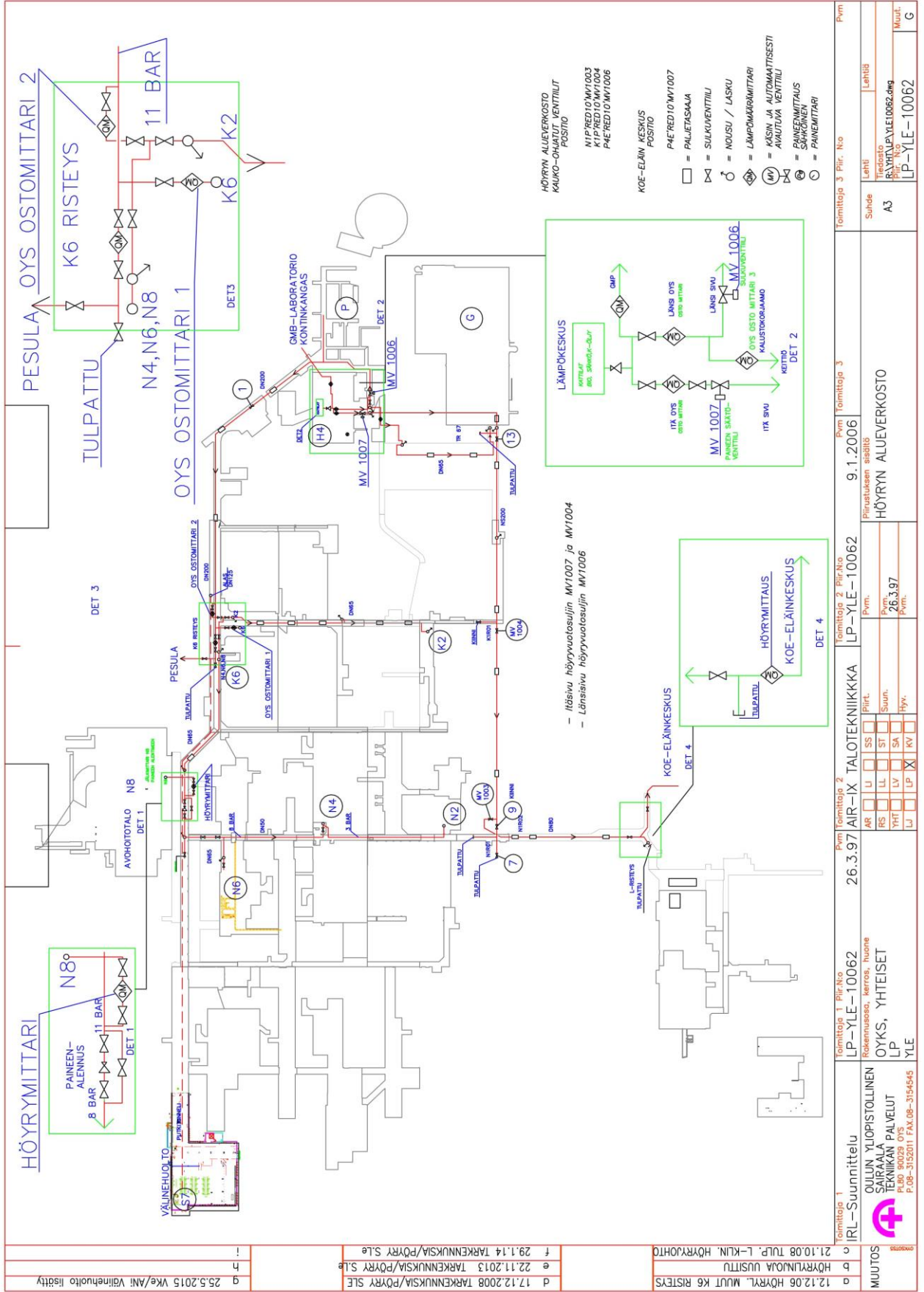


Asiakas Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri  
 Solmu Oulun yliopistollinen sairaala  
 Polku Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri > Oulu > Oulun yliopistollinen sairaala > Höyryenergia länsi, H41RED10'QM1081

Alkupäiväys 18.1.2016 0:00  
 Loppupäiväys 19.1.2016 0:00  
 Näyttötarkkuus 60 minuuttia

Päiväys Höyry (22)  
 ■ MWh

20	18.1.2016 20:00	1,00	MWh
21	18.1.2016 21:00	0,70	MWh
22	18.1.2016 22:00	0,70	MWh
23	18.1.2016 23:00	0,70	MWh
24	19.1.2016 0:00	0,70	MWh
<b>Summa</b>		<b>54,60</b>	
<b>Keskianvo</b>		<b>2,28</b>	
<b>Min</b>		<b>0,70</b>	
<b>Max</b>		<b>4,20</b>	



g	25.5.2015	Vke/ANI	Välinehuolto lisätty
h			
i			

d	17.12.2008	TÄRKENNUKSA/PÖYRY SLE	
e	22.11.2013	TÄRKENNUKSA/PÖYRY SLE	
f	29.1.14	TÄRKENNUKSA/PÖYRY SLE	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYLÄMMITTUS MUUT K6 RISTEYS	
p	21.10.08	TULPATTU, L-KLIN. HÖYRYJOHTO	

o	12.12.06	HÖYRYL
---	----------	--------