

Tapio Leipälä

KV-VERKOSTON PAINEEN KEHITYKSEN TUTKIMINEN

KV-VERKOSTON PAINEEN KEHITYKSEN TUTKIMINEN

Tapio Leipälä
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Tapio Leipälä

Opinnäytetyön nimi: KV-verkoston paineen kehityksen tutkiminen

Työn ohjaaja(t): Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 59 + 6 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selville, miten paine nousee veden lämmitessä erikokoisissa kupariputkissa eri lähtöpaineilla ja muoviputkessa yhdellä lähtöpaineella, kun putkiosuus suljetaan. Tavoitteena on myös tutkia vesimittarikohtaisten yksisuuntaventtiileiden ja paineentasausaukollisen yksisuuntaventtiilin toimivuutta veden lämmitessä, kun putkiosuus suljetaan. Lisäksi tutkitaan vesimittarikohtaisten yksisuuntaventtiileiden toimintaa ristivirtauksessa ja sekoittajien yksisuuntaventtiileiden pitävyys.

Mittaukset tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa. Mittauksia varten laboratorioon oli tehty valmiiksi kolme testausputkea, ja mittauksissa käytetty KV-verkosto oli valmiina laboratoriossa. Loput mittauskohteet rakennettiin laboratorioon.

Aluksi tutkittiin paineen nousua testausputkissa. Sen jälkeen tutkittiin paineen nousua KV-verkoston kylmävesiverkostossa, koepaineen pysyvyyttä ja hanojen yksisuuntaventtiilien pitävyyttä. Tämän jälkeen yhdistettiin yhteen testausputkeen eri komponentteja. Yksisuuntaventtiileitä tutkittiin myös ristivirtaustilanteessa. Lopuksi tehtiin paineentasausaukollinen yksisuuntaventtiili, jolle tehtiin samat tutkimukset kuin normaalille yksisuuntaventtiilille.

Tuloksista laadittiin käyriä, joista näki veden lämpötilan ja paineen muutoksen. Mittauksissa ilmeni, että paine nousi lähes kaikissa tutkimuksissa keskimäärin 20–30 baariin. Paine nousi laskennallisesti testausputkissa yli 80 baariin. Muoviputkiverkostossa paine ei noussut ollenkaan mittauksessa eikä laskennallisesti. Kylmävesiverkoston hanojen sisäiset yksisuuntaventtiilit todettiin pitäviksi silmämääräisessä tutkimuksessa, mutta koeponnistustutkimuksessa ne eivät pitäneet. Yksisuuntaventtiileistä toinen oli pitävä ristivirtauksen mittauksessa mutta nosti testausputkeen painetta paineen nousututkimuksessa. Paineentasausaukollinen yksisuuntaventtiili ei nostanut painetta paineen nousututkimuksessa, mutta se ei ollut riittävän pitävä ristivirtauksen mittauksessa. Vesimittarikohtainen yksisuuntaventtiili voidaan asentaa vain LV-mittariin.

Asiasanat: KV-verkosto, paineen nousu, yksisuuntaventtiili, testausputki

ALKULAUSE

Kiitän lehtori Mikko Niskalaa opinnäytetyön ohjauksesta ja laboratorioinsinööri Jouni Kivirintaa laboratorion käytännön ohjauksesta.

Oulussa 24.8.2017

Tapio Leipälä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 PUTKEN LÄMPÖLAAJENEMINEN JA PAINEEN NOUSU	9
2.1 Ongelmat	9
2.2 Lämpölaajenemisen tasaus	9
3 KV-VERKOSTO ILMAN YKSISUUNTAVENTTIILEITÄ	10
3.1 Vesikalusteen yksisuuntaventtiilin rikkoontuminen	11
3.2 Verkoston ilmataskujen tilaavuuden muutokset	11
4 KV-VERKOSTO YKSISUUNTAVENTTIILEILLÄ	12
5 TUTKIMUSTYÖT	13
5.1 Kupariputkien testausputket	16
5.1.1 Tutkimuksen suoritus	19
5.1.2 Tutkimuksessa esiin tulleita ongelmia ja niihin tehtyjä ratkaisuja	23
5.1.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	24
5.1.3.1 Lähtöpaine testausputkissa noin 3 bar	24
5.1.3.2 Lähtöpaine testausputkissa noin 6 bar	25
5.1.3.3 Lähtöpaine testausputkissa noin 10 bar	26
5.2 KV-verkosto	26
5.2.1 Tutkimuksen suoritus	31
5.2.2 Tutkimuksessa esiin tulleita ongelmia ja niihin tehtyjä ratkaisuja	35
5.2.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	36
5.2.3.1 Kylmävesiverkoston koeponnistus ja paineen nousu	36
5.2.3.2 Kylmävesiverkoston hanojen yksisuuntaventtiilin koeponnistus	37
5.3 Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmä	37
5.3.1 Tutkimuksen suoritus	38
5.3.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	38

5.4 Huoneistovesimittareiden yksisuuntaventtiileiden testit	38
5.4.1 Tutkimuksen suoritus	40
5.4.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	42
5.4.2.1 Yksisuuntaventtiili Hela 381	42
5.4.2.2 Yksisuuntaventtiili LVI 4482617	42
5.5 Muoviputki kahdessa eri tutkimuksessa	43
5.5.1 Tutkimuksen suoritus	44
5.5.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	45
5.6 Paineentasaus aukolla varustettu yksisuuntaventtiili	46
5.6.1 Yksisuuntaventtiilin paineentasaus aukon teko	46
5.6.2 Tutkimuksen suoritus	47
5.6.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi	47
6 PAINEEN NOUSUN LASKELMAT	48
7 YHTEENVETO	56
LÄHTEET	58
LIITTEET	59

SANASTO

Cu	kupariputki
Cu15	kupariputki, halkaisijaltaan 15 mm
KV	kylmävesiverkosto
KV-verkosto	käyttövesiverkosto
LV	lämmivesiverkosto
VM	vesimittari

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön KV-verkoston paineen kehityksen tutkiminen liittyy KV-verkoston huoneistokohtaisen vedenkulutusmittauksen yleisiin ongelmiin. Ongelmia ovat muun muassa rikkoutuneen vesikalusteen aiheuttama ristivirtaus ja verkostoon jääneen kaasun tilavuuden muutoksen aiheuttama edestakainen virtaus verkostopaineen vaihdellessa. Vedenkulutusmittausten virheitä pyritään vähentämään vesimittarikohtaisilla yksisuuntaventtiileillä.

Opinnäytetyössä tutkitaan paineen nousua erikokoisissa kupariputkissa eri lähtöpaineilla, kylmävesiverkostossa sekä muissa komponenteissa, joita on yhdistetty kupariputkeen. Näitä ovat vesimittari, kaksi eri yksisuuntaventtiiliä, muoviputki ja paineentasausaukolla varustettu yksisuuntaventtiili. Lisäksi tutkitaan KV-verkoston sekoittajien yksisuuntaventtiileiden tiiviyttä ja yksisuuntaventtiilien ja paineentasausaukollisen yksisuuntaventtiilin tiiviyttä ristivirtausta kuvaavassa kytkennässä.

Opinnäytetyön tilaaja on Oulun ammattikorkeakoulu, jonka LVI-laboratoriossa tehdään opinnäytetyön käytännön osuus. Juotostyöt tehdään konetekniikan laboratoriossa. LVI-laboratorioon rakennetaan tarvittavat tutkimuskohteet, jos niitä ei ole valmiina laboratoriossa.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selville, miten paine nousee veden lämmitessä erikokoisissa kupariputkissa eri lähtöpaineilla ja muoviputkessa yhdellä lähtöpaineella, kun putkiosuus suljetaan. Tavoitteena on myös tutkia vesimittarikohtaisen yksisuuntaventtiileiden ja paineentasausaukollisen yksisuuntaventtiilin toimivuutta veden lämmitessä, kun putkiosuus suljetaan. Lisäksi tavoitteena on tutkia vesimittarikohtaisten yksisuuntaventtiileiden toimintaa ristivirtauksessa ja sekoittajien yksisuuntaventtiileiden pitävyys.

2 PUTKEN LÄMPÖLAAJENEMINEN JA PAINEEN NOUSU

Putken pituus ja halkaisija kasvavat putkimateriaalin lämmön nousun seurauksena. Putken paineen nousu perustuu siihen, että putken sisällä oleva neste laajenee lämmitessään enemmän kuin putken tilavuus. Suljetussa putkiosuudessa paine voi nousta yli suurimman sallitun käyttöpaineen, joka on käyttövesiverkostossa 10 baaria. Muoviputken lämpölaajeneminen on suurempaa ja kimmomoduuli on pieni, jolloin paineen nousua ei tapahdu.

2.1 Ongelmat

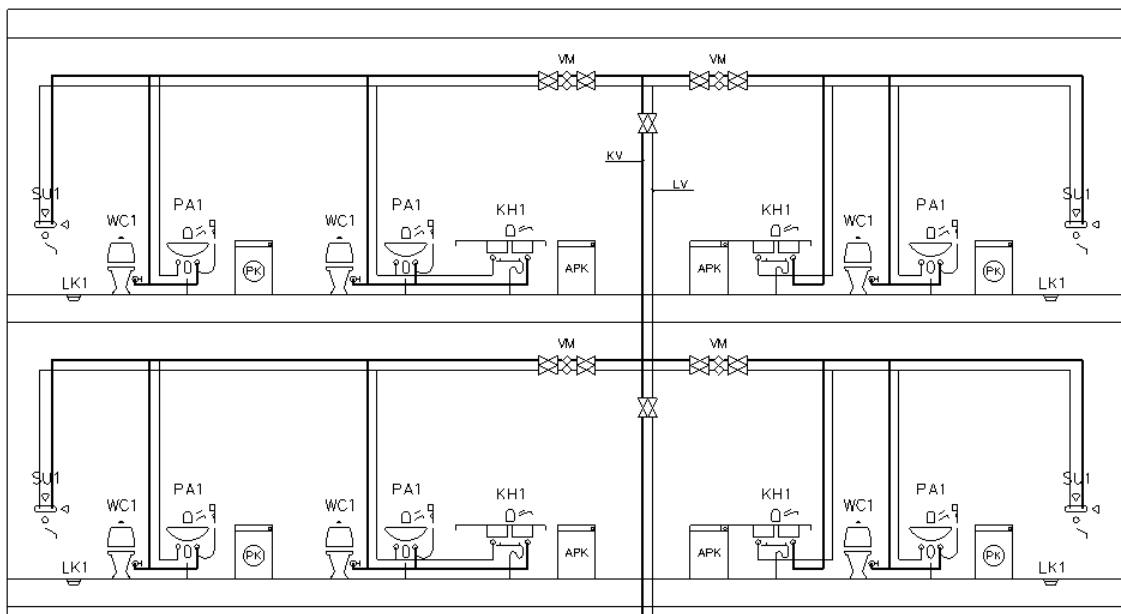
Putken hallitsemattomasta lämpölaajenemisesta voi tulla ongelmia, joita ovat esimerkiksi ääniongelmat ja putken käyttöiän lyhentyminen. Lämpölaajeneminen voi myös aiheuttaa ongelmia putkiliitoksille, putken kannakkeille ja putken rakeenteelle. (1, s. 1.)

2.2 Lämpölaajenemisen tasaus

Lämpölaajenemisen tasaus tarkoittaa, että putkistoihin tehdään suunnanmuutoksia, jotka tasaavat lämpölaajenemista. Jos suunnanmuutoksia ei pystytä tekemään, voidaan käyttää paljetasaimia tai paisuntakaaria tasaamaan lämpölaajenemista. (1, s. 2.)

3 KV-VERKOSTO ILMAN YKSISUUNTAVENTTIILEITÄ

Yleensä huoneistovesimittarit asennetaan ilman mittarikohtaisia yksisuuntaventtiileitä. Silloin kylmän veden lämpölaajetessa vesi pääsee laajentumaan kiinteistön verkostoon, eikä paine putkiosuudessa nouse. Kun kiinteistössä vesi laajenee, paine purkaantuu kiinteistön varoventtiilistä, koska KV-päämittarin edessä on yksisuuntaventtiili. D1 mukaan KV-päämittarissa pitää olla yksisuuntaventtiili (2, s. 1). Jos paine nousee yli 10 bar:n, varoventtiili toimii pitäen paineen 10 baarissa. Kuvassa 1 on esitetty osa huoneistojen KV-verkoston linjakaaviosta, jossa huoneistojen vesimittarien edessä ei ole yksisuuntaventtiileitä.



KUVA 1 Osa huoneistojen KV-verkoston linjakaaviosta, jossa huoneistojen vesimittarien edessä ei ole yksisuuntaventtiilejä

Huoneistossa, jossa huoneistovesimittareiden yhteydessä ei ole yksisuuntaventtiileitä, voi seurata ongelmia. Näitä ongelmia ovat muun muassa ristivirtaus rikkoutuneen kalusteen kautta ja ilman haitallinen tilavuuden muutos verkostossa. Vesikalusteen yksisuuntaventtiilin rikkoontuminen voi aiheutua vesikalus-

teen huolimattomasta tai huonosta valmistuksesta. Yksisuuntaventtiilit voivat rikkoontua myös vanhetessaan.

3.1 Vesikalusteen yksisuuntaventtiilin rikkoontuminen

Kun sekoittajan yksisuuntaventtiili rikkoontuu, sen läpi voi virrata vettä. Kylmän ja lämpimän veden painesuhde vaihtelee käytön mukaan. Kiinteistössä, jossa on huoneistokohtaiset vesimittarit ja viallisia sekoittajia, voi tapahtua ristivirtauksia kylmän ja lämpimän veden välillä. Naapurin avatessa oman vesikalusteen hanan voi tapahtua seuraavat asiat:

- Kylmä vesi virtaa rikkimenneen vesikalusteen yksisuuntaventtiilin läpi.
- Kylmävesimittarin lukemat liikkuvat eteenpäin.
- Sitten kylmä vesi virtaa eteenpäin ja aiheuttaa lämminvesimittarin lukeman liikkumisen taaksepäin.
- Kylmä vesi sekoittuu naapurille menevää lämpimään veteen.

Tätä sekoittajan yksisuuntaventtiileiden rikkoontumisongelmaa ei välttämättä huomata, sillä kylmän veden virtaaminen naapuriin voi olla niin pientä, että siihen ei tavallisesti kiinnitetä huomiota.

3.2 Verkoston ilmataskujen tilavuuden muutokset

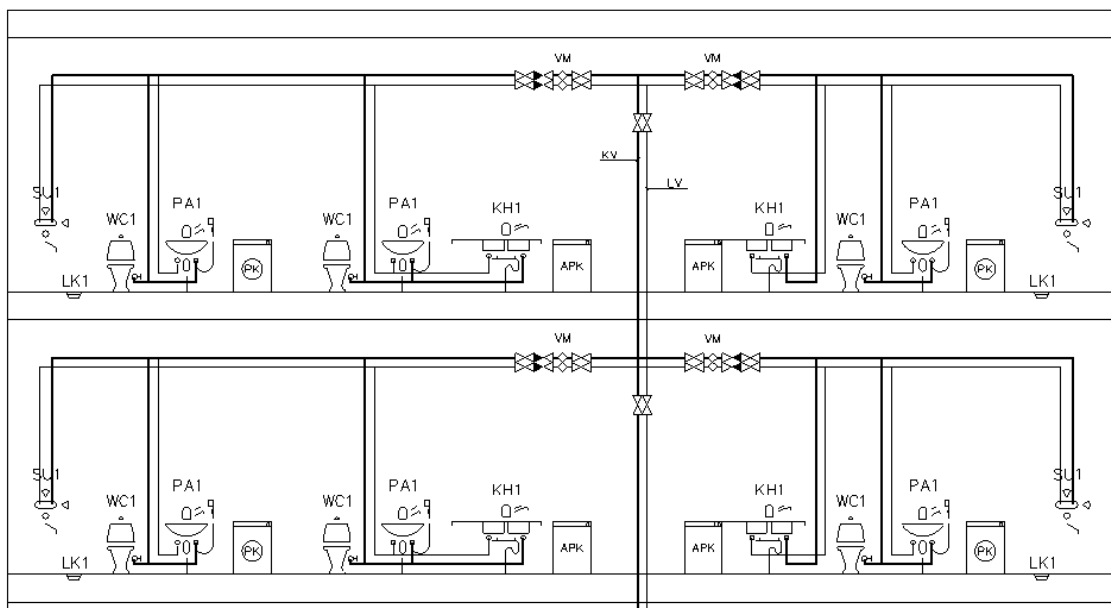
Kun asukas ei moneen viikkoon käytä vettä huoneistossa, jossa on huoneistokohtainen vesimittari, voi KV-verkoston muiden käyttäjien kuluttaessa vettä tapahtua seuraavaa:

- Paine muuttuu KV-verkostossa koko ajan.
- Ilmataskujen tilavuus muuttuu paineen vaihdellessa
- Vesimittariin tulee lukemia lisää edestakaisen virtauksen vuoksi.

Kun vesimittariin tulee lukemia lisää, on syynä se, että paineen muuttumisen takia ilman tilavuus muuttuu KV-verkostossa. Tämä aiheuttaa vesimittarin viisarien liikkumisen eteenpäin ja taaksepäin. Mittari pyörii herkemmin eteenpäin, jolloin mittariin tulee lukemia, vaikka kulutusta ei ole.

4 KV-VERKOSTO YKSISUUNTAVENTTIILEILLÄ

KV-verkoston huoneistokohtaisten yksisuuntaventtiilien tarkoitus on estää risti-
virtaukset kv ja lv-puolen välillä sekä paineen vaihteluiden ja ilman aiheuttamat
edestakaiset virtaukset. Yksisuuntaventtiilit asennetaan yleensä vesimittarien
jälkeen. Kuvassa 2 on esitetty osa huoneistojen KV-verkostosta, jossa huoneis-
tojen vesimittarien edessä on yksisuuntaventtiilit.

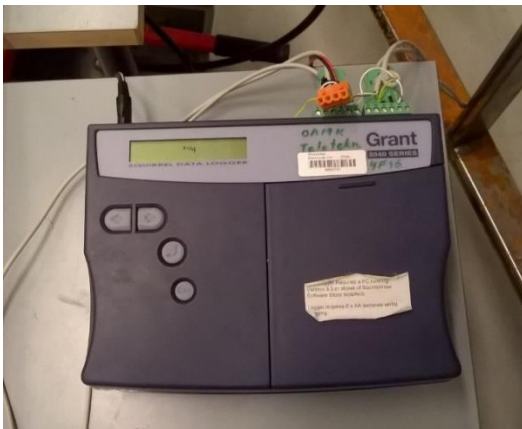


*KUVA 2 Osa huoneistojen KV-verkostosta, jossa huoneistojen vesimittarien
jälkeen on yksisuuntaventtiilit*

Kylmävesiverkoston ongelmana on kylmän veden lämpenemisen aiheuttama
paineen nousu, koska yksisuuntaventtiili estää takaisinvirtauksen.

5 TUTKIMUSTYÖT

Tutkimustyössä mittauksien keräämiseen käytettiin Grant Squirrel SQ2040 - dataloggeria (kuva 3). Loggeri ohjelmoitiin mittauksen aikana keräämään paine- ja lämpötilatietoa mittauskohteista 5 sekunnin välein. Loggeriin liitettiin tarvittavat paine- ja lämpötila-anturit, joiden avulla Loggeri sai kerättyä paine- ja lämpötilatietoja eri mittauskohteista.



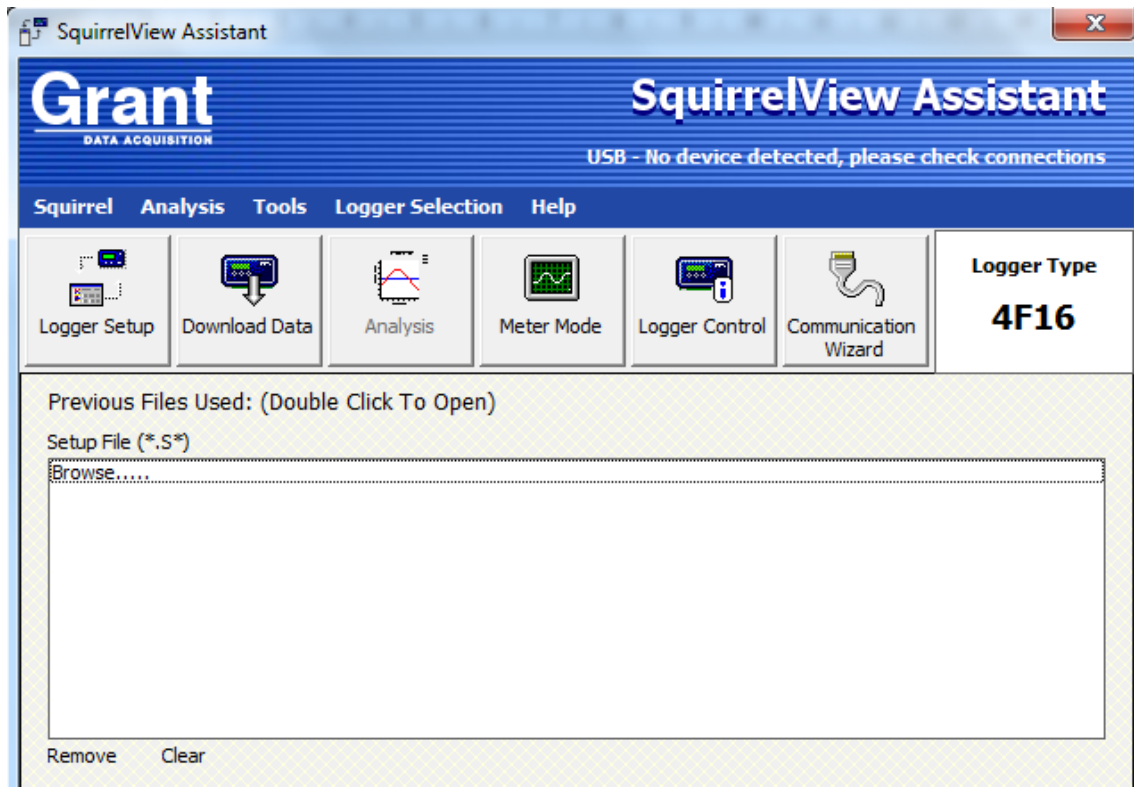
KUVA 3 Grant Squirrel SQ2040 -dataloggeri

Paineanturi, jota tutkimuksessa käytettiin, oli Produal VPL-60 -painelähetin. Lämpötila-anturit, joita tutkimuksessa käytettiin, olivat Produal PT 1000 - lämpötilalähettimiä. Kuvassa 4 on esitetty irrallaan paine- ja lämpötilalähetin.



KUVA 4 Paine- ja lämpötila-anturi

Loggerin tiedot saatiin siirrettyä tietokoneelle SquirrelView-ohjelman avulla (kuva 5). SquirrelView-ohjelmasta tiedot saatiin vietyä Exceliin, jossa piirrettiin tarvittavat käyrät.



KUVA 5 SquirrelView-ohjelman ikkuna

Tutkimuksien koeponnistuksia varten otettiin huoneenlämpöistä vettä laboratorion hanasta (kuva 6). Kylmä vesi otettiin tutkimukseen laboratorion kylmävesilinjan sulkuventtiilistä, jossa oli letkuliitin (kuva 6). Tarvittava kylmä käyttövesi saatiin koulun kylmän veden linjasta riittävän kylmänä.



KUVA 6 Hana ja kylmä veden ottopaikka

Tutkimuksissa koeponnistukseen vaadittava paine laitettiin koepainepumpun avulla. Kuvassa 7 on esitetty tutkimuksissa käytetty koepainepumppu. Tutkimuksissa käytettiin erilaisia tiivisteaineita kierrelitoksiin. Näitä tiivisteaineita olivat putkikitti, hamppu, teippi ja Loctite 5776 ja 577 ja Seantech 4000 T -liimat (kuva 7).



KUVA 7 Koepainepumppu ja putkikitti, hamppu, teippi ja Loctite 5776 ja 577 ja Seantech 4000 T -liimat.

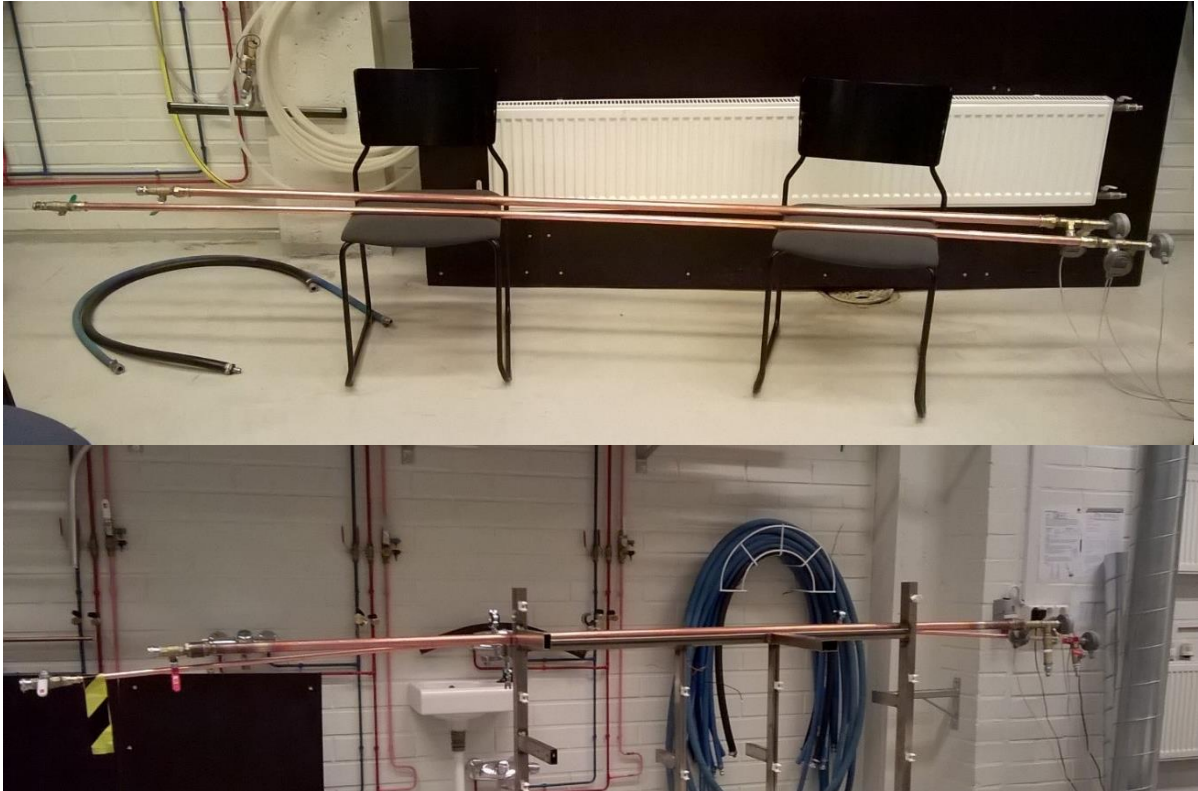
Tutkimuksissa tarvittiin erilaisia työkaluja, messinkiosia ja letkuliittimiä. Kuvassa 8 on esitetty erilaisia työkaluja ja irrallaan olevia messinkiosia ja letkuliittimiä.



KUVA 8 Erilaisia työkaluja, letkuliittimiä ja messinkiosia

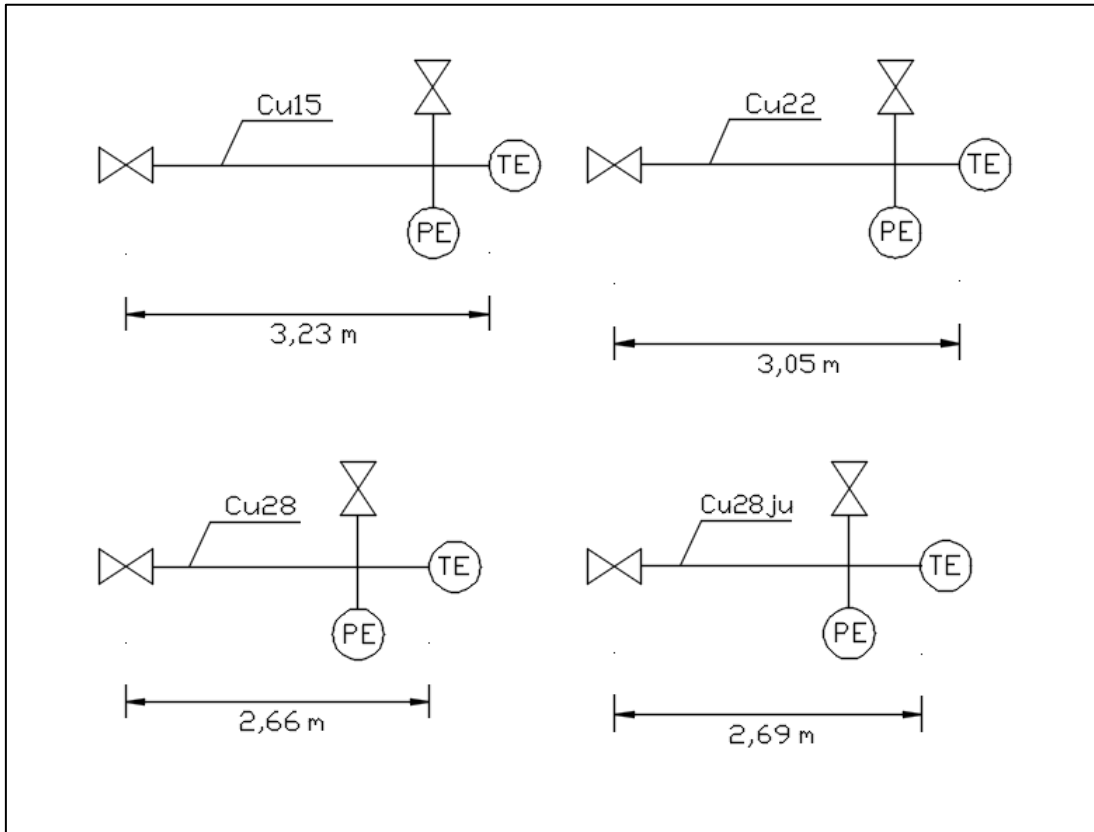
5.1 Kupariputkien testausputket

Tutkimustyöt aloitettiin kupariputkien testausputkien paineen nousun tutkimisella. Testausputkina olivat Cu22-, Cu28-, Cu28ju ja Cu15-testausputki. Cu22- ja Cu28-testausputki rakennettiin teippiliitoksilla ja Cu15- ja Cu28ju-testausputki pääasiassa Loctite 5776 -liimalla lukuun ottamatta muutamia liitoksia, joihin laitetiin Seantech 4000 T -liimaa. Kuvassa 9 on esitetty ylempänä Cu28- ja Cu22-testausputki ja alempana Cu28ju- ja Cu15-testausputki.



KUVA 9 Cu28- ja Cu22-testausputki ja Cu28ju ja Cu15-testausputki

Testausputkista piirrettiin MagiCAD-ohjelmalla mittakuvat. Kuvassa 10 on piirrettynä testausputkien mittakuvat.



KUVA 10 Testausputkien mittakuvat

Testausputkien eri osista tehtiin Excelillä osaluettelo. Osaluettelo on esitettyinä taulukossa 1.

TAULUKKO 1 Osaluettelo

Osaluettelo	Liitostapa	Cu15 kpl	Cu22 kpl	Cu28 kpl	Cu28ju kpl
Messinkiosat					
Kaksoisnippa DN 15	kierre	4	4	4	4
Supistusnippa DN 20x15	kierre		2	2	2
T-yhde DN 15	kierre	2	2	2	2
Puristusliitin Cu 28x3/4 sk	kierre ja puristus			2	
Puristusliitin Cu 22x3/4 sk	kierre ja puristus		2		
Puristusliitin Cu 15x1/2 sk	kierre ja puristus	2			
Muhvi DN 20	kierre				2
Cu-nippa 3/4x28 juotettava	kierre ja juotto				2
Palloventtiili DN 15	kierre	2	2	2	2
Muut osat					
Kupariputki		3,05 m	2,85 m	2,46 m	2,46 m
Produal VPL-60 -painelähettin	kierre	1	1	1	1
Produal PT 1000 -lämpötilalähetin	kierre	1	1	1	1

Testausputket Cu28 ja Cu28ju eroavat toisistaan eri liitostavan takia. Kuvassa 11 on esitetty Cu28- ja Cu28ju-testausputken liitosten eroavaisuudet sekä paine- ja lämpötila-antureiden asennus testausputkiin.



KUVA 11 Cu28- ja Cu28ju-testausputken liitosten eroavaisuudet sekä paine- ja lämpötila-antureiden asennus testausputkiin

5.1.1 Tutkimuksen suoritus

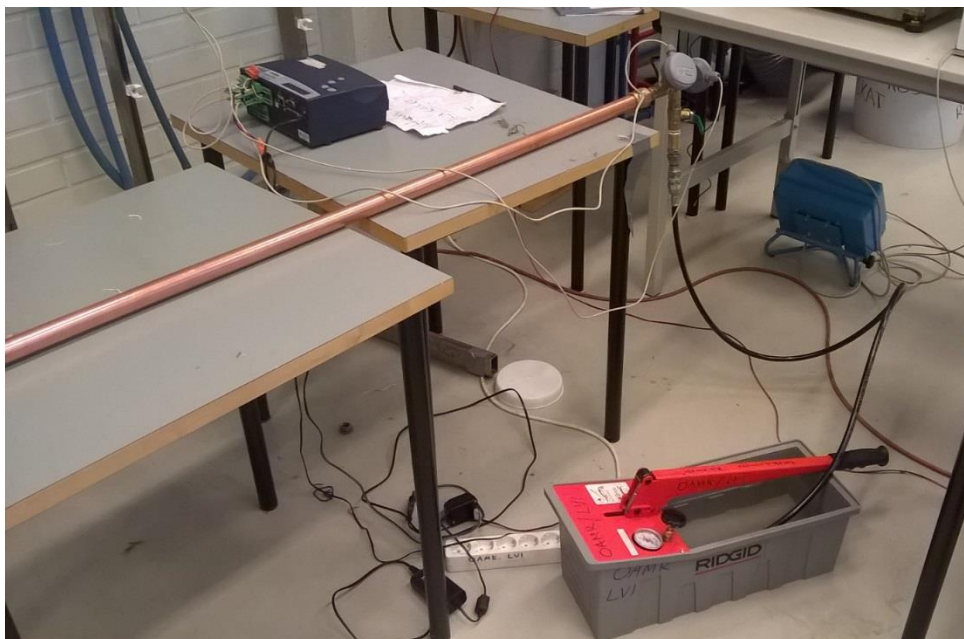
Testausputkista tutkittiin paineen nousua eri lähtöpaineilla: 3 bar, 6 bar ja 10 bar. Veden alkulämpötilat olivat väliltä 2,7–3,2 °C.

Tutkimus aloitettiin täyttämällä putki huoneenlämpöisellä vedellä siten, että putkeen ei jäänyt ilmaa. Veden täytössä ja koeponnistuksessa tehtiin seuraavat asiat:

- Laskettiin koepainepumppuun noin huoneenlämpöistä vettä koeponnistusta varten ja jätettiin se tässä vaiheessa tasoittumaan huoneen lämpötilaa vastaavaksi.
- Putki kytkettiin letkulla vesijohtoon, ja putken läpi laskettiin vettä suurella nopeudella.
- Säädettiin koulun verkostosta tulevan veden lämpötila noin huoneen lämpötilaa vastaavaksi laboratorion sekoittajan avulla. Lämpötilatieto saatiin lämpötila-anturilta.
- Pyöriteltiin ja nosteltiin testausputkea, jotta mahdolliset ilmakuplat lähtevät pois.
- Suljettiin ensin testausputken poistopuolen sulkuventtiili ja sitten tulopuolen sulkuventtiili.
- Suljettiin laboratorion hana.
- Koepainepumpun letku ilmattiin ja liitettiin testausputkeen.
- Testausputken sulkuventtiili avattiin siitä päästä, johon koepainepumppu oli liitetty.
- Koepainepumpulla lisättiin painetta testausputkeen.
- Nostettiin testausputkea ja samalla päästettiin ilmaa ja vettä pois testausputkesta.
- Painetta lisättiin koepainepumpulla ja edellä mainitulla tavalla ilmattiin testausputkea toistamiseen.
- Ilmaus suoritettiin kolme kertaa.
- Testausputkeen laitettiin koepainepumpulla koeponnistuspaine, joka oli noin 20–30 bar. Paine valittiin sen mukaan, miten vaikea oli saada näkymään mahdolliset vuodot.
- Suljettiin testausputken venttiili, johon koepainepumppu oli liitetty.

- Odotettiin noin puoli tuntia seuraamalla paineenmittauksen avulla paineen muutosta. Jos paineen pysyvyys oli epäilyttävä, niin laitettiin loggeri mittaamaan ja jätettiin se yön yli keräämään koeponnistuksesta tietoja.

Kaikki testiputket koeponnistettiin samalla tavalla. Kuvassa 12 on esitetty koe-pumppu liitettynä Cu28-testausputkeen.



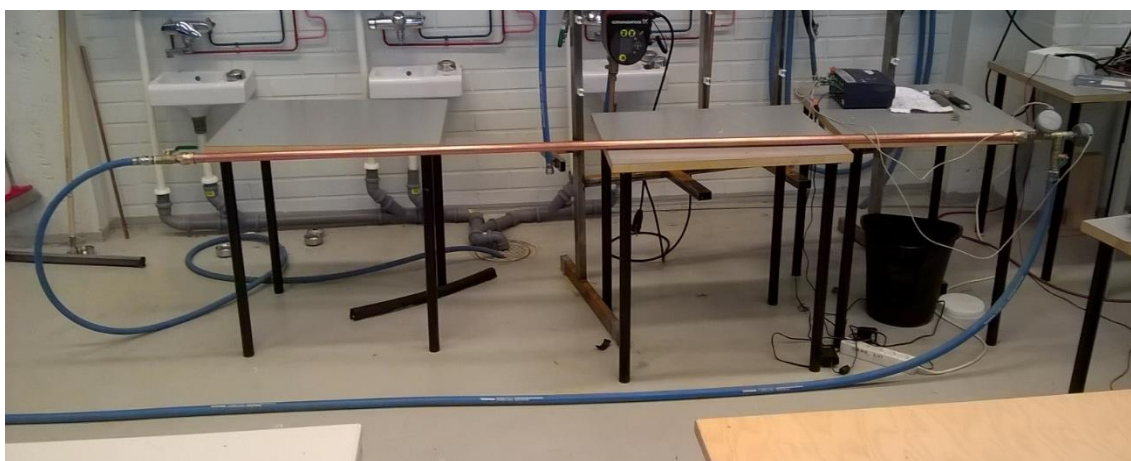
KUVA 12 Koepumppu liitettynä Cu28-testausputkeen

Kun kummatkin testausputket saatiin koeponnistettua, aloitettiin mittausjärjestely. Mittausjärjestelyissä tehtiin seuraavat asiat:

- Testausputken toinen pää liitettiin laboratorion kylmävesiverkostoon.
- Letku, joka johdettiin viemäriin, laitettiin toiseen päähän.
- Avattiin koulun kylmävesiverkosto ja sen jälkeen avattiin testausputkien sulut kummastakin päästä.
- Pyöriteltiin ja nosteltiin testausputken siitä päästä, jossa letku johtaa lattiakaivoon, jotta mahdolliset ilmakuplat lähtevät pois.
- Odotettiin, että kylmävesiverkostosta alkoi tulla noin 2–3-asteista kylmää vettä

- Laitettiin loggeri keräämään paine- ja lämpötilatietoja testausputkesta.
- Säädettiin koulun kylmävesiverkoston sulkuventtiili haluttuun asentoon alkupaineen aikaan saamiseksi.
- Suljettiin testausputken sulku, josta lähtevä letku on lattiakaivossa.
- Odotettiin paineen nousua halutuksi.
- Suljettiin testausputken toinenkin sulkuventtiili. Jos testausputken alkupaine ei ollut haluttu paine tai veden lämpötila ei ollut haluttu sulkuventtiilin sulkemisen jälkeen, jouduttiin tekemään kolme edellistä vaihetta uudelleen. Haluttu alkupaine oli ensimmäisessä mittauksessa n. 3 bar ja veden lämpötila n. 2,7–3,2 °C.

Kuvassa 13 on esitetty mittausjärjestelystä kuva, jossa on letkut liitettynä Cu28-testausputkeen.



KUVA 13 Letkut liitettynä Cu28-testausputkeen

Paineen ja lämpötilan kehitystä seurattiin tiedonkeruumittauksin. Kun todettiin, että mittaus onnistui, tehtiin samanlaisia mittauksia kaksi lisää samoilla testausputkilla. Näihin mittauksiin laitettiin eri alkupaineet. Toisessa mittauksessa alkupaine oli noin 6 bar ja viimeisessä mittauksessa 10 bar.

Kun todettiin, että kaikki tarvittavat mittaukset saatiin onnistuneesti tehtyä Cu22- ja Cu28-testausputkelle, niin aloitettiin Cu15- ja Cu28ju-testausputken kokoami-

nen. Kokoaminen tehtiin samalla lailla, kuin Cu22- ja Cu28-testausputken kokoaminen oli tehty.

Kun Cu28ju ja Cu15-testausputket saatiin koottua, tehtiin niihin veden täyttö ja koeponnistus, mittausjärjestelyt ja tarvittavat mittaukset. Edellä mainitut asiat tehtiin samalla tavalla kuin Cu22- ja Cu28-testausputkelle.

5.1.2 Tutkimuksessa esiin tulleita ongelmia ja niihin tehtyjä ratkaisuja

Cu22- ja Cu28-testausputkessa tuli esiin seuraavia ongelmia:

- Cu28-testausputken teippiliitokset vuotivat koeponnistuksessa.
- Cu28-testausputken teippiliitoksissa paine ei pysynyt, vaikka vuotoja ei missään näkynyt.
- Cu28-testausputken puristusosan $\frac{3}{4}$ - 28 puristusliitos vuoti, vaikka se oli jo kestänyt yhden aloitetun mittauksen.
- Aamupäivällä aloitetut ja iltapäivällä lopetetut mittaukset epäonnistuivat, koska paine ja lämpötila eivät tasoittuneet laboratorion lämpötilavaihtelujen vuoksi.
- Aamupäivällä aloitetut mittaukset ja seuraavana päivänä lopetetut mittaukset epäonnistuivat, vaikka paine tasoittui testausputkissa yön aikana. Epäonnistuminen johtui, kun laboratorion lämpötila nousi ilmastoinnin takia.

Cu22- ja Cu28-testausputkeen ongelmiin tehdyt ratkaisut:

- Teippiliitokset päätettiin ottaa pois kummastakin testausputkesta ja tilalle laitettiin Seantech 4000 T -liimaa liitoksiin.
- Cu28-testausputkesta otettiin pois pätkä, jotta saatiin pois vuotava puristeosa $\frac{3}{4}$ - 28, ja tilalle laitettiin uusi samanlainen puristusosa.
- Aamupäivällä aloitetut mittaukset päätettiin lopettaa ja laittaa vastaisuudessa mittaukset päälle pelkästään iltapäivällä.
- Päätettiin ennen koeponnistusta katsoa loggerista testausputkien lämpötila tarkasti, kun laitettiin huoneenlämpöistä vettä testausputkiin. Jos tes-

tausputkissa oli liian lämmintä vettä, niin se viileni hitaasti huoneenlämpöiseksi ja paine laski hitaasti testausputkissa.

Cu15- ja Cu28ju-testausputkessa tuli esiin seuraavia ongelmia:

- Cu28ju-testausputkessa juotetut $\frac{3}{4}$ -28 osat vuotivat kierrepäästä koeponnistuksessa.
- Cu28ju-testausputkessa ei pysynyt paine koeponnistuksessa, vaikka vuotoja ei näkynyt missään. Koeponnistus jouduttiin jättämään yöksi, jotta saatiin varmuudella selville paineen aleneminen.

Cu15- ja Cu28ju-testausputken ongelmiin tehdyt ratkaisut:

- Vuotavat $\frac{3}{4}$ - 28 kierrepään kierreliitoksen liimaliitokset vaihdettiin Loctite 577 -liima liitoksiin. Tämä ei kuitenkaan vuotoja estänyt, joten liimaliitokset päätettiin vaihtaa hamppu/kittiliitoksiin.
- Kummankin testausputken kaikki kierreliitokset päätettiin vaihtaa hamppu/kittiliitoksiin

5.1.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Paineen noususta Cu22-, Cu28-, Cu15- ja Cu28ju-testausputkesta piirrettiin Excelillä kuvaajat, joissa paine ja lämpötila esitettiin ajan funktiona ja paine lämpötilan funktiona. Tulokset on esitetty käyrinä liitteessä 1. Tuloksien vertailussa on käytetty maksimilämpötilana 22 °C:ta, jotta tuloksia voi verrata keskenään paremmin.

5.1.3.1 Lähtöpaine testausputkissa noin 3 bar

Paine/aikakäyrässä Cu22- ja Cu28-testausputken paineen tasaantuminen kestää huomattavasti vähemmän aikaa kuin Cu15- ja Cu28ju-testausputken mittauksissa. Tämä ero johtuu siitä, että mittaukset on tehty erilaisissa olosuhteissa. Laboratorion lämpötila vaihteli eri kuukausina jonkin verran. Tätä ei kuitenkaan voitu tarkemmin analysoida, koska laboratorion lämpötilaa ei mitattu mittauksien aikana.

Paineen nousun tulokset testausputkissa lähtöpaineella noin 3 bar on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2 Lähtöpaine n. 3 bar

Lähtöpaine n. 3 bar							
	$T_{\text{lähtö}}$	$P_{\text{lähtö}}$	T_{loppu}	P_{loppu}	ΔT	ΔP	P/T
	$^{\circ}\text{C}$	bar	$^{\circ}\text{C}$	bar	$^{\circ}\text{C}$	bar	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Cu15	3,17	3,0575	22	22,93	18,83	19,8725	1,06
Cu22	3,07	3,035	22	20,5	18,93	17,465	0,92
Cu28	2,88	3,165	22	19,2	19,12	16,035	0,84
Cu28ju	2,75	3,135	22	19,36	19,25	16,225	0,84

Tuloksien perusteella noin 3 bar alkupaine vaikuttaa eniten Cu15-testausputkeen. Seuraavaksi eniten se vaikuttaa Cu22-testausputkeen ja viimeisenä Cu28- ja Cu28ju-testausputkeen.

5.1.3.2 Lähtöpaine testausputkissa noin 6 bar

Paineen nousun tulokset testausputkissa lähtöpaineella noin 6 bar on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3 Lähtöpaine n. 6 bar

Lähtöpaine n. 6 bar							
	$T_{\text{lähtö}}$	$P_{\text{lähtö}}$	T_{loppu}	P_{loppu}	ΔT	ΔP	P/T
	$^{\circ}\text{C}$	bar	$^{\circ}\text{C}$	bar	$^{\circ}\text{C}$	bar	bar/ $^{\circ}\text{C}$
Cu15	2,87	6,0775	22	26,35	19,13	20,2725	1,06
Cu22	2,83	5,9625	22	23,53	19,17	17,5675	0,92
Cu28	2,84	6,1	22	23,04	19,16	16,94	0,88
Cu28ju	2,94	6,0175	22	23,32	19,06	17,3025	0,91

Tuloksien perusteella noin 6 bar alkupaine vaikuttaa eniten Cu15-testausputkeen. Muihin kupariputken testausputkiin se vaikuttaa lähes saman verran.

5.1.3.3 Lähtöpaine testausputkissa noin 10 bar

Paineen nousun tulokset testausputkissa lähtöpaineella noin 10 bar on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Lähtöpaine n. 10 bar

Lähtöpaine n. 10 bar							
	$T_{\text{lähtö}}$	$P_{\text{lähtö}}$	T_{loppu}	P_{loppu}	ΔT	ΔP	P/T
	°C	bar	°C	bar	°C	bar	bar/°C
Cu15	2,84	10,03	22	28,79	19,16	18,76	0,98
Cu22	2,9	9,9725	22	27,87	19,1	17,8975	0,94
Cu28	2,91	9,9375	22	26,93	19,09	16,9925	0,89
Cu28ju	2,97	10,0325	22	27,72	19,03	17,6875	0,93

Tuloksien perusteella noin 10 bar:n alkupaine vaikuttaa eniten Cu15-testausputkeen. Cu28ju- ja Cu22-testausputkeen alkupaine noin 10 bar vaikuttaa samalla tavalla. Cu28-testausputken alkupaine noin 10 bar vaikuttaa vähiten.

Kaikissa mittauksissa paine nousi yli suurimman sallitun käyttöpaineen.

5.2 KV-verkosto

KV-verkoston tutkimuksessa käytettiin OAMKin laboratorion KV-verkosta, jossa on kuusi erilaista hanaa. KV-verkostosta tutkittiin kylmävesiverkoston paineen nousua, koepaineen pysyvyyttä ja hanojen yksisuuntaventtiilien pitävyyttä. Kuvassa 14 on esitetty laboratorion KV-verkosto, jossa testit suoritettiin.



KUVA 14 Laboratorion KV-verkosto

Tässä tutkimuksessa kylmävesiverkosto käsittää kylmävesiverkoston pääsulkuventtiilin (kuva 15) jälkeen olevan kylmävesiverkoston.



KUVA 15 Kylmänvesiverkoston pääsulkuventtiili

Kylmävesiverkostossa olevaan yhteen T-haaraan laitettiin paine- ja lämpötila-anturit ja T-haara messinkiosineen koeponnistusta ja letkujen liittämistä varten. Kylmävesiverkoston paineen alle jääneet osat liitettiin toisiinsa kit-ti/hamppuliitoksin ja muut liitokset liitettiin teipillä toisiinsa. Kuvassa 16 on esitetty paine ja lämpötila-anturi sekä koepainepumpun letku liitettynä KV-verkoston kytkentään.



KUVA 16 Paine ja lämpötila-anturi, sulkuventtiili ja sekä koepainepumpun letku liitettynä kylmävesiverkoston T-haaran tehtyyn kytkentään

Kylmän veden virtaus hanoille suljettiin kylmävesiverkoston pääsululla. Kylmän ja lämpimän veden tulo hanoille saatiin katkaistua pintakulmaliittimistä, jotta kaluste voitiin irrottaa. Kylmävesiverkoston yläosassa oli sulkuventtiili, josta kylmävesiverkosto saatiin ilmattua. (Kuva 17.)



KUVA 17 Kylmävesiverkoston pääsulkuventtiili, pintakulmaliittimet ja kylmävesiverkoston yläosassa oleva sulkuventtiili

Kylmävesiverkoston pintakulmaliittimien sulkujen pitävyys varmistettiin tulppahatuilla. Hatut piti laittaa siten, että hattujen ja pintakulmaliittimen väliin ei saanut jäädä ilmaa. Tämä onnistui, kun hattujen kiinni laittamisvaiheessa pintakulmaliitin oli vähän auki ja hatun ollessa löysällä vettä tuli hatun ja pintakulmaliittimen välistä ulos. Kun tarpeeksi vettä tuli ulos hatun ja pintakulmaliittimen välistä, hatun voi silloin laittaa kiinni pintakulmaliitimeen. Missään vaiheessa pintakulmaliitintä ei saanut sulkea kokonaan. Kuvassa 18 on esitetty hatu laitettuna kitillä ja hampulla kylmävesiverkoston pintakulmaliittimen päälle.



KUVA 18 Hatu laitettuna kylmävesiverkoston pintakulmaliittimen päälle

KV-verkostossa oli erilaisia hanoja. Kuvassa 19 on näkyvillä KV-verkostossa olevat hanat.



KUVA 19 KV-verkostossa olevat hanat

Kylmävesiverkoston putkipituudet olivat seuraavat:

- Cu18 noin 240 cm
- Cu15 noin 80,5 cm
- Cu12 noin 412 cm
- Cu10 noin 335 cm.

Putkien keskimääräinen halkaisija saatiin laskettua kaavalla 1.

$$\frac{\varnothing_1 \times l_1 + \varnothing_2 \times l_2}{l_1 + l_2} = \varnothing_k$$

KAAVA 1

\varnothing = putken halkaisija

l = putken pituus

\varnothing_k = putkien paksuus keskimäärin

$$\frac{Cu18 * 240 \text{ cm} + Cu15 * 80,5 \text{ cm} + Cu12 * 412 \text{ cm} + Cu10 * 335 \text{ cm}}{240 \text{ cm} + 80,5 \text{ cm} + 412 \text{ cm} + 335 \text{ cm}} \approx Cu12,95$$

5.2.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimus aloitettiin laittamalla paine- ja lämpötila-anturit kylmävesiverkoston T-haaraan. Sen jälkeen tehtiin koeponnistus kylmävesiverkoston. Koeponnistus suoritettiin seuraavalla tavalla:

- Laskettiin koepainepumppuun tarpeeksi noin huoneenlämpöistä vettä koeponnistusta varten ja jätettiin se tässä vaiheessa tasoittumaan huoneen lämpötilaa vastaavaksi.
- Suljettiin kylmävesiverkoston pääsulkuventtiili.
- Suljettiin KV-verkoston kaikkien hanojen pintakulmaliittimistä kylmän ja lämpimän veden tulo hanoille.
- Otettiin kaikki hanat irti.
- Laitettiin kittiä ja hamppua valmiiksi kaikkiin kylmänveden pintakulmaliittimien kierteiden päälle.
- Verkosto ja hanakulmat ilmattiin juoksuttamalla vettä verkoston kaikkien haarojen läpi.
- Laitettiin hatut kylmänveden pintakulmaliittimiin kiinni.



KUVA 20 Kylmävesiverkoston kalusteet on poistettu ja hanakulmat tulpattu.

- Suljettiin kylmävesiverkosto kylmävesiverkoston tehdystä kytkennästä.
- Otettiin pois letkuliitin kylmävesiverkoston tehdystä kytkennästä.
- Ilmattiin koepainepumpun letku ja sen jälkeen se liitettiin kylmänvedenverkoston tehtyyn kytkentään.
- Avattiin kylmänvedenverkosto ja ilmattiin koepumpun laittamisesta kylmävesiverkoston tulleet ilmat. Tämä onnistui siten, että laitettiin noin 20 bar painetta koepainepumpulla kylmävesiverkoston. Verkosto ilmattiin verkoston yläosassa olevasta sulusta. Tämä suoritettiin kolme kertaa.
- Laitettiin koepainepumpulla kylmävesiverkoston painetta noin 16 bar ja suljettiin sulkuventtiili kylmävesiverkoston tehdystä kytkennästä.
- Odoteltiin noin puoli tuntia, jotta kylmävesiverkostossa veden lämpötila tasaantuisi huoneen lämpöiseksi.
- Laitettiin loggeri keräämään mittaustuloksia
- Avattiin sulkuventtiili kylmävesiverkoston tehdystä kytkennästä ja laitettiin kylmävesiverkoston jälleen 16 bar.
- Suljettiin sulkuventtiili kylmävesiverkoston tehdystä kytkennästä ja irrotettiin koepainepumpun letku kylmävesiverkosta.

- Koepainetta seurattiin tunnin ajan.

Kuvassa 21 on esitetty kylmävesiverkoston koeponnistus.



KUVA 21 Kylmävesiverkoston koeponnistus

Kun koeponnistus saatiin suoritettua, aloitettiin paineen nousun tutkiminen. Paineen nousua tutkittiin seuraavalla tavalla:

- Otettiin pois hatut kylmävesiverkoston pintakulmaliittimien päältä.
- Avattiin kylmävesiverkoston linjan sulkuventtiili ja kylmävesiverkoston tehdyn kytkennän sulkuventtiili
- Verkoston läpi laskettiin kylmää vettä niin kauan, että saatiin kylmävesiverkostosta riittävän kylmää vettä.
- Kylmää vettä laskettiin myös kaikista kylmävesiverkoston pintakulmaliittimistä.

- Laitettiin hatut kylmävesiverkoston pintakulmaliittimien päälle samalla tavalla kuin koeponnistuksessa. Tällöin pintakulmaliittimen ja hatun väliin ei jäänyt ilmaa.
- Suljettiin kylmävesiverkoston kytkennän sulkuventtiili
- Laitettiin loggeri keräämään tietoja.
- Suljettiin kylmävesiverkoston pääsulku.
- Loggeri jätettiin yöksi keräämään paine- ja lämpötilatietoja kylmävesiverkostosta.

Kun paineen nouseminen kylmävesiverkostosta saatiin mitattua, aloitettiin hanojen ristivirtauksen vuototesti. Hanojen ristivirtauksen vuototesti suoritettiin seuraavalla tavalla:

- Laskettiin koepainepumppuun noin huoneen lämpöistä vettä ja jätettiin se tässä vaiheessa tasoittumaan huoneen lämpöiseksi.
- Suljettiin kylmävesiverkoston pintakulmaliittimien sulut ja otettiin hatut pois kylmävesiverkoston pintakulmaliittimien päältä
- Kytettiin hanat pintakulmaliittimiin siten, että hana on pelkästään kylmän veden pintakulmaliitimessä kiinni.
- Ilmattiin koepainepumpun letku ja laitettiin se kylmävesiverkoston kytkentään kiinni.
- Ilmattiin kylmävesiverkosto samalla tavalla kuin koeponnistusosiossa.
- Laitettiin kylmävesiverkostoon noin 20 bar painetta.
- Aukaistiin kylmävesiverkoston pintakulmaliittimet.



KUVA 22 Hanojen ristivirtauksen vuototesti

Kun hanojen vuototesti saatiin tehtyä, tehtiin seuraavat asiat:

- Laskettiin paine pois kylmävesiverkostosta.
- Suljettiin kylmävesiverkoston pintakulmaliittimistä sulut.
- Otettiin koepainepumpun letku pois kylmävesiverkostosta.
- Hanat kytkettiin takaisin paikalleen.

Lopuksi tutkittiin vielä kylmävesiverkostosta hanojen käyttäytymistä paine-eron vaikutuksessa. Paineekoe meni samalla tavalla kuin koeponnistusosio. Erona koeponnistusosioon oli se, että hattujen sijasta hanat olivat paikoillaan normaalissa käyttötilanteessa ja pintakulmaliittimien sulut olivat auki.

5.2.2 Tutkimuksessa esiin tulleita ongelmia ja niihin tehtyjä ratkaisuja

KV-verkoston tutkimisessa tuli esiin seuraavia ongelmia:

- Kylmävesiverkoston pääsulkuventtiili ja kolme pintakulmaliittintä vuoti.
- Kylmävesiverkoston koeponnistuksessa paine laski, vaikka vuotoa ei näkynyt missään.

- Kylmävesiverkoston T-haaroissa olevat sulkuventtiilit yhtä lukuun ottamatta eivät toimineet kunnolla.
- Kylmävesiverkostossa paine ei noussut, vaikka pintakulmaliittimien päälle asennettiin hatut.

KV-verkoston ongelmiin tehdyt ratkaisut:

- Kylmävesiverkoston pääsulkuventtiili vaihdettiin uuteen.
- Pintakulmaliittimien vuodon takia koeponnistuksessa ja paineen tutkimisessä käytettiin hattuja varmuuden vuoksi kaikkien pintakulmaliittimien päällä.
- Kaikista kylmävesiverkoston T-haaroista otettiin varmuuden vuoksi sulkuventtiilit pois ja tilalle vaihdettiin hatut, paitsi yhteen laitettiin uusi sulkuventtiili ilmausta varten.
- Paineen nousu saatiin aikaan, kun asennettiin hatut pintakulmaliittimien päälle siten, että ilmaa ei jäänyt hatun ja pintakulmaliittimen väliin.
- Kylmävesiverkoston paineen laskuun ei löytynyt syytä.

5.2.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Kylmävesiverkoston koeponnistuksesta, paineen noususta ja hanojen ristivirtaustestin koeponnistuksesta piirrettiin Excelillä kuvaaja, jossa paine ja lämpötila esitettiin ajan funktiona. Tulokset ovat käyriä liitteessä 2. Hanojen silmämääräisestä tutkimuksesta ei löytynyt mitään huomion arvoista, joten sitä ei sen vuoksi analysoitu ollenkaan.

5.2.3.1 Kylmävesiverkoston koeponnistus ja paineen nousu

Kylmävesiverkoston koeponnistustutkimuksessa paine laski 16,4 baarista 16,0 baariin. Lämpötila kylmävesiverkostossa mittauksen aikana oli lähes vakio.

Paineen nousu kylmävesiverkostossa paine nousi 3,9 baarista 21,9 baariin, kunnes se alkoi tippua kylmävesiverkostossa olevan vuodon takia. Lämpötila oli kylmävesiverkostoon tehdystä kytkennästä mitattuna 3,6 °C testin alussa ja noin 21,6 °C testin lopussa.

Kylmävesiverkoston koeponnistuksessa kylmävesiverkostosta ei löydetty vuotoa, vaikka koepaine laski. Tähän oli syynä luultavasti se, että kylmävesiverkosto oli vanha ja siinä oli tihkuvuotoja, joita ei havaittu. Esimerkiksi hattujen laittaminen kylmävesiverkoston T-haaroihin juotettuihin kierrenippoihin oli vaikeaa. Osasta ei saanut välttämättä jakoavaimella mitään vastaotetta, koska kierrenippa oli kulunut.

Kylmävesiverkoston paineen nousu jäi vajaaksi kylmävesiverkostossa olevan vuodon takia. Lämpötila ehti nousta jonkin verran osassa kylmävesiverkostoa, ennen kuin kaikki hatut saatiin laitettua kiinni kylmävesiverkoston pintakulmalaittimien päälle.

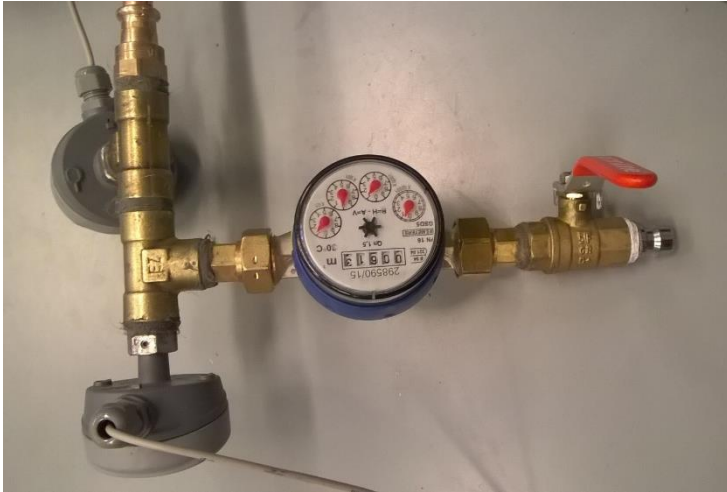
5.2.3.2 Kylmävesiverkoston hanojen yksisuuntaventtiilin koeponnistus

Kylmävesiverkoston hanojen ristivirtauksen koeponnistuksessa paine laski 16,3 baarista noin 4,4 baariin, kunnes yhtäkkiä paine nousi noin 6,3 baariin. Tämän jälkeen paine kylmävesiverkostossa välillä laski ja välillä nousi mittauksen loppuun asti.

Kylmävesiverkoston sekoittajien ristivirtauspainekekeessa paine laski nopeammin kuin verkoston painekekeessa. Paineen nousu ja lasku kylmävesiverkoston paineen ollessa alhainen johtui KV-verkoston sekoittajien yksisuuntaventtiileiden vuodosta. Kun käyttövesiverkoston lämpimällä puolella paine vaihteli. Paineen vaihtelu näkyi myös kylmällä puolella paineen nousuna ja laskuna.

5.3 Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmä

Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmän tutkimuksessa yhdistettiin Cu15-testausputkeen vesimittari. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia paineen nousua Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmästä. Lähtöpaineeksi tutkimuksessa pyrittiin laittamaan 6 bar. Vesimittarina tutkimuksessa käytettiin GSD5-vesimittaria, jonka sarjanumero on 298590/15. Kuvassa 23 on esillä vesimittari yhdistettynä Cu15-testausputkeen.



KUVA 23 Vesimittari liitettynä Cu15-testausputkeen

5.3.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimus tehtiin samalla tavalla kuin aiempi testi, johon sisältyi koeponnistus, veden täyttö ja mittausjärjestely. Tässä tutkimuksessa koeponnistus ja veden täyttö jätettiin tekemättä, koska koepaine oli tehty aikaisemmin.

5.3.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmästä piirrettiin Excelillä kuvaaja, jossa paine ja lämpötila esitettiin ajan funktiona. Tulokset ovat käyränä liitteessä 3.

Paineennousututkimuksessa testausputki Cu15-VM-yhdistelmässä paine nousi 6,0 baarista noin 13,9 baariin. Lämpötila nousi 3,9 °C:sta noin 22,7 °C:seen.

Paineen nousu oli pienempi, kun sitä vertaa pelkään testausputken Cu15 paineen nousuun. Paineen nousu jäi vähäiseksi todennäköisesti siksi, että vesimittariin jäi ilmakuplia, vaikka Cu15-VM-yhdistelmä ilmattiin hyvin.

5.4 Huoneistovesimittareiden yksisuuntaventtiileiden testit

Testeissä testattiin vesimittareiden yhteyteen asennettavia yksisuuntaventtiileitä Hela 381, LVI 4482522, Hela nro 23811520, $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ yksisuuntaventtiiliä ja LVI 4482617, $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ yksisuuntaventtiiliä. Yksisuuntaventtiili Hela 381 on asennettu

yhdistäjän sisään ja yksisuuntaventtiili LVI 4482617 asennetaan vesimittarin sisään. Yksisuuntaventtiiliin LVI 4482617 päälle laitettiin teippiä, jotta se saatiin asennettua tiukasti vesimittarin sisälle. Kuvassa 24 on näkyvillä Hela 381 liitin ja LVI 4482617, joka on irrallaan liittimen yläpuolella.



KUVA 24 Hela 381 liitin ja LVI 4482617, joka on irrallaan liittimen yläpuolella

Cu15-testausputken paineen kehitystä mitattiin, kun paine kohdistui yksisuuntaventtiiliin. Tutkimuksessa myös vesimittari liitettiin yksisuuntaventtiiliin, koska yksisuuntaventtiili on tarkoitettu vesimittariin liitettäväksi. Vesimittarina tutkimuksessa käytettiin samaa vesimittaria, jota edellisessä tutkimuksessa käytettiin. Mittauksessa pyrittiin laittamaan 6 bar:n lähtöpaine. Kuvassa 25 on esitetty yksisuuntaventtiili Hela 381 liitettynä Cu15-testausputkeen.



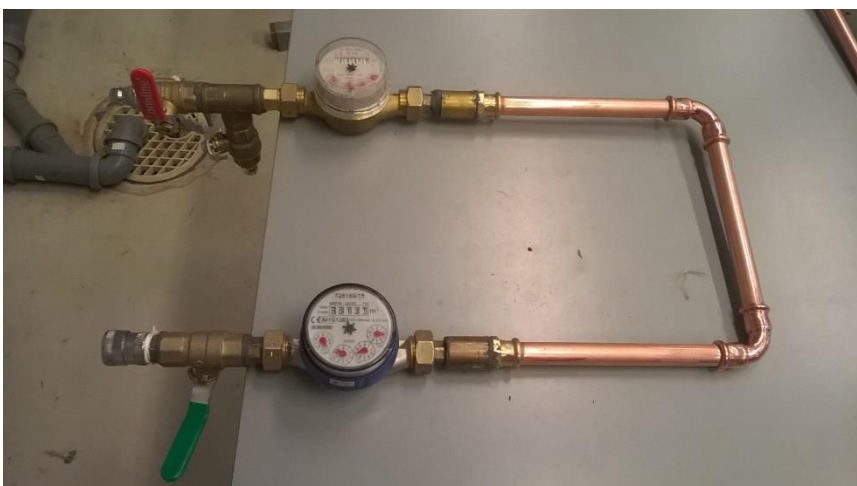
KUVA 25 Yksisuuntaventtiili Hela 381 liitettynä Cu15-testausputkeen

Veden lämpenemisen aiheuttaman paineen nousun testissä yksisuuntaventtiili laitettiin Cu15-testausputken ja vesimittarin väliin. Ristivirtaustestissä yksisuuntaventtiili laitettiin lämpimän puolen vesimittarin jälkeen.

5.4.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimus aloitettiin paineen tutkimisella Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-kytkennästä. Tutkimus tehtiin melkein samalla tavalla kuin Cu15-testausputki-vesimittari-testi. Vesimittarikohtaisen yksisuuntaventtiilin testissä yksisuuntaventtiili jäi ilman ja veden väliin, samalla lailla kuin sulkuventtiili aikaisemmissa tutkimuksissa. Kun ensimmäinen yksisuuntaventtiilin pitävyys saatiin tutkittua, tehtiin toiselle yksisuuntaventtiilille sama testi.

Ristivirtauksen tutkimusta varten rakennettiin kuvan 26 mukainen kytkentä. Tutkimuksessa kupariputkesta tehty kaari kuvaa käyttövesiverkostoa, jonka sekoittajan yksisuuntaventtiili on rikki. Sininen vesimittari on kylmävesimittari, punainen mittari on lämminvesimittari ja T-haara ennen lämminvesimittaria on toiseen asuntoon lähtevä lämminvesiputki. Tutkimuksessa käytettiin sinisenä vesimittarina GSD5-vesimittaria, jonka sarjanumero on 728169/15. Punaisena vesimittarina tutkimuksessa käytettiin USC/15-vesimittaria, jonka sarjanumero on 15-078964. Yksisuuntaventtiili laitettiin lämminvesimittaria kuvaavan mittarin eteen.



KUVA 26 Ristivirtauksen tutkimusta varten tehty kytkentä

Ristivirtauksen tutkimusta varten tehdyn kytkennän kupariputki oli kokoa 18, ja kupariputkea oli yhteensä 60 cm.

Kun kytkentä saatiin rakennettua, aloitettiin yksisuuntaventtiilin pitävyyden tutkimus. Tutkimus suoritettiin seuraavalla tavalla:

- Laitettiin kytkennästä kaikki sulkuventtiilit auki. Jos kytkennästä vesimitareissa ei näkynyt mitään liikettä, niin silloin yksisuuntaventtiili oli pitävä. Jos taas näkyi, niin silloin yksisuuntaventtiili vuoti läpi.

Kuvassa 27 on esitetty ristivirtausta kuvaava kytkentä, joka on tutkimusvaiheessa.



KUVA 27 Kytkentä tutkimus vaiheessa

Kun ensimmäinen yksisuuntaventtiili saatiin tutkittua, niin vaihdettiin toinen yksisuuntaventtiili lämminvesimittarin eteen ja tehtiin sama tutkimus.

5.4.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Paineen nousu Cu15-Hela 381-VM-yhdistelmästä piirrettiin Excelillä kuvaajat, joissa paine ja lämpötila esitettiin ajan funktiona ja lisäksi paine esitettiin lämpötilan funktiona. Tulokset ovat käyränä liitteessä 4.

5.4.2.1 Yksisuuntaventtiili Hela 381

Paineen nousututkimuksessa paine nousi Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili Hela 381-VM-yhdistelmässä 5,9 baarista noin 22,9 baariin. Lämpötila nousi yhdistelmässä 3,0 °C:sta noin 22,4 °C:seen. Ristivirtauksen testissä yksisuuntaventtiili Hela 381 esti ristivirtauksen kokonaan. Lämmin- ja kylmävesimittareiden viisarit eivät liikkuneet tutkimuksen aikana.

Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili Hela 381-VM-yhdistelmän testissä paine ei noussut niin paljon kuin pelkässä Cu15-testausputken testissä. Tästä voi päätellä sen, että yksisuuntaventtiili Hela 381 ei ole täysin pitävä verrattuna sulkuventtiiliin. Paineen nousua tosin häytti alussa tapahtunut paineen romahdus, joka aiheutui luultavasti sulkuventtiilin avaamisesta johtuvasta paineiskusta. Paine nousi kuitenkin yli suurimman sallitun käyttöpaineen.

5.4.2.2 Yksisuuntaventtiili LVI 4482617

Paineennousututkimuksessa Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili LVI 4482617-VM-yhdistelmä ei nostanut painetta Cu15-testausputkeen. Ristivirtauksen mittauksessa yksisuuntaventtiili LVI 4482617 ei pitänyt ollenkaan, sillä lämmin- ja kylmävesimittarin viisarit liikkuvat testissä.

Yksisuuntaventtiiliä LVI 4482617 ei nostanut painetta Cu15-testausputkeen, mutta se ei ollut riittävän pitävä ristivirtauksen estoon. Lisäksi havaittiin, että kun vettä laski yhdistelmästä lattiakaivoon, yksisuuntaventtiilistä kuului ääntä, joka on verrattavissa halvan imurin ääneen

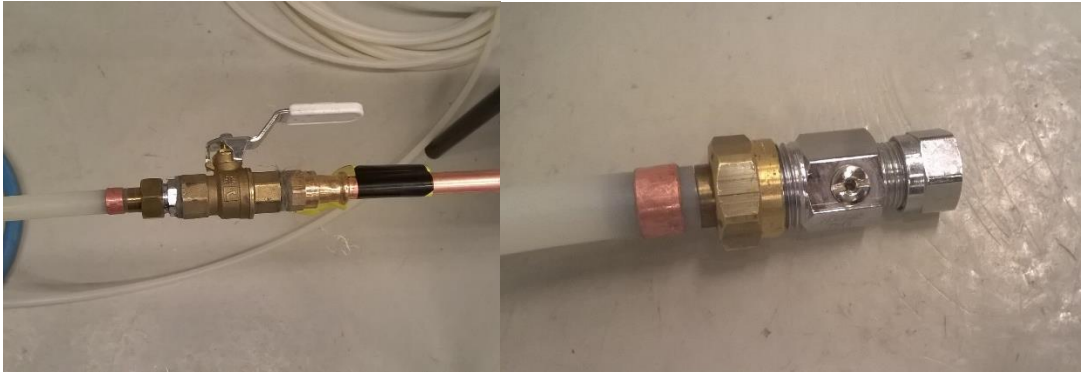
5.5 Muoviputki kahdessa eri tutkimuksessa

Muoviputkea käytettiin kahdessa eri tutkimuksessa. Toisessa tutkimuksessa muoviputki liitettiin Cu15-testausputkeen ja toisessa muoviputki liitettiin Cu15-testausputkeen, jossa oli aiemmin lähes pitäväksi todettu yksisuuntaventtiili Hela 381 ja vesimittari. Kummassakin mittauksessa tutkittiin paineen nousua. Muoviputkena kummassakin tutkimuksessa käytettiin samaa muoviputkea, joka oli Virsbo-PEX 15x2,5. Muoviputki-Cu15-testausputki-yhdistelmässä lähtöpaine oli 6 bar ja muoviputki-Cu15-testausputki-Hela 381-VM-yhdistelmässä lähtöpaine oli vesijohtopaine. Kuvassa 28 on esitetty muoviputki liitettynä Cu15-testausputkeen.



KUVA 28 Muoviputki liitettynä Cu15-testausputkeen

Muoviputki kiinnitettiin testausputkeen kromatun TA:n kaksoisnipan avulla. Sen toinen pää liitettiin testausputkeen ja toinen pää liitettiin muoviputken Upolet-liittimeen. Muoviputken toiseen päähän laitettiin kalustesulkuventtiili. Kuvassa 29 on esitetty muoviputki liitettynä kaksoisnipaan ja kalustesulkuventtiiliin.



KUVA 29 Muoviputki liitettynä kaksoisnipaan ja kalustesulkuventtiin Upolet-liittimellä

Muoviputken Upolet-metallikartioliittimen liitostyössä kalustesulkuventtiin ja TA:n kaksoisnipan metallikartioon käytettiin pieni määrä yleisöljyä. Muoviputkeen laitetut Upolet-metallikartioliittimet saatiin puristettua puristustyökalulla. Kuvassa 30 on esitetty tutkimuksessa käytetty yleisöljy ja puristustyökalu.



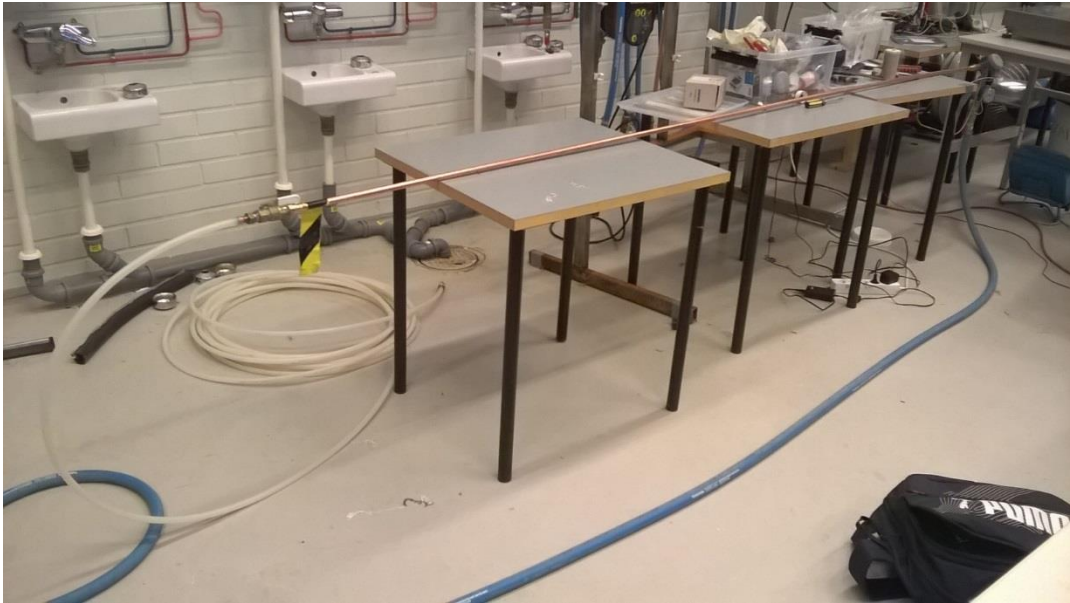
KUVA 30 Yleisöljy ja puristustyökalu

Tutkimuksessa muoviputken pituus oli noin 24 metriä.

5.5.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimus aloitettiin mittaamalla painetta ja lämpötilaa Cu15-testausputki-muoviputki-yhdistelmässä. Tutkimus suoritettiin melkein samalla tavalla kuin Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmän tutkimus.

Kun Cu15-testausputki-muoviputki-yhdistelmän testi saatiin suoritettua, suoritettiin Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-yhdistelmän testi. Tämä tutkimuksen suoritettiin melkein samalla tavalla kuin edellinen tutkimus. Aiemmistä mittauksista poikkeavasti vesijohtoverkoston yhteyttä testattavaan putkistoon ei katkaistu. Kuvassa 31 on esitetty Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-testi.



KUVA 31 Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-testi

5.5.2 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Paineen noususta kummastakin tutkimuksesta piirrettiin Excelillä kuvaaja, jossa paine ja lämpötila esitettiin ajan funktiona. Tulokset ovat käyrinä liitteissä 6 ja 7.

Paineennousututkimuksessa Cu15-testausputki-muoviputki-yhdistelmässä paine laski 6,1 baarista noin 0,2 baariin. Lämpötila nousi 5,38 °C:sta noin 22,22 °C:seen. Paineen nousu Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-yhdistelmässä paine pysyi samana, kuin vesijohtopaine oli. Lämpötila nousi yhdistelmässä 4 °C:sta noin 22,4 °C:seen.

Kummassakin tutkimuksessa muoviputki lämpölaajeni ja venyi sen verran, että paineen nousua ei tapahtunut.

5.6 Paineentasaus aukolla varustettu yksisuuntaventtiili

Paineentasaus aukolla varustettu yksisuuntaventtiiliä tutkittiin kahdessa eri testissä. Nämä testit olivat samanlaisia kuin aikaisemmassa yksisuuntaventtiilien tutkimuksessa. Testien tarkoituksena oli saada sellainen yksisuuntaventtiili aikaan, joka estää paineen nousun ja estää ristivirtauksen. Yksisuuntaventtiili jota tutkimuksessa käytettiin, oli aiemmin lähes pitäväksi todettu Hela 381. Tutkimuksessa käytettiin samaa Cu15-testausputkea ja vesimittaria kuin aikaisemmissa yksisuuntaventtiilien tutkimuksissa. Myös ristivirtaustestissä käytettiin samaa kytkentää kuin aikaisemmassa ristivirtauksen tutkimuksessa.

5.6.1 Yksisuuntaventtiilin paineentasaus aukon teko

Yksisuuntaventtiilin paineentasausaukon teko aloitettiin purkamalla yksisuuntaventtiili Hela 381. Kuvassa 32 on esitetty purettu yksisuuntaventtiili, liitin ja liittimen sisällä oleva jousisokka.



KUVA 32 Liitin, yksisuuntaventtiili ja jousisokka

Sen jälkeen saksilla leikattiin pala pois yksisuuntaventtiilin tiivisteestä. Kuvassa 33 on esitetty yksisuuntaventtiili ilman tiivistettä ja yksisuuntaventtiilin tiiviste, josta on leikattu pala pois.



KUVA 33 Yksisuuntaventtiili ilman tiivistettä ja yksisuuntaventtiin tiiviste, josta on leikattu pala pois

5.6.2 Tutkimuksen suoritus

Tutkimukset suoritettiin samalla tavalla kuin aikaisemmat yksisuuntaventtiileiden testit Hela 381 ja LVI 4482617.

5.6.3 Tutkimuksen tulokset ja analyysi

Paineen nousu tutkimuksessa paine ei nousut Cu15-testausputki-paineentasaus aukollinen yksisuuntaventtiili Hela 381-VM-yhdistelmässä. Ristivirtaustestissä kylmän- ja lämminvesimittarin viisarit liikkuvat paineiskujen mukaan. Kun paineiskuja ei ollut ja kummallakin kylmällä ja kuumalla puolella oli paine, niin herkemmän kylmänvesimittarin viisarit liikkuvat välillä ja välillä ei. Lämminvesimittarin viisarit eivät liikkuneet silloin juuri ollenkaan.

Paineentasausaukollinen yksisuuntaventtiili esti paineen nousun, mutta ei estänyt ristivirtausta täysin.

6 PAINEEN NOUSUN LASKELMAT

Cu28-, Cu28ju-, Cu22-, Cu15-testausputkesta ja Cu15-testausputki-muoviputki-yhdistelmän muoviputkesta PEX15x2,5 laskettiin paineen nousu, kun putkien sisällä oleva vesi lämpenee 4 °C:sta 22 °C:seen. Laskeminen aloitettiin Cu28-testausputkesta.

Lasketaan Cu28-testausputken pituus 4 asteen lämpötilassa. Lasketaan ensin testausputken lämpötilan muutoksen aiheuttama pituuden muutos kaavalla 2 (3, s. 106). Kuparin pituuden lämpötilakerroin on 0,000017 1/K (4, s. 364).

$$\Delta l = l_{22} * \alpha * (T_4 - T_{22}) \quad \text{KAAVA 2}$$

Δl = Putken pituuden muutos (m)

l_{22} = Putken pituus 22 °C:ssa (m)

α = Kuparin pituuden lämpötilakerroin (1/K)

T_4 = Lämpötila 4 °C

T_{22} = Lämpötila 22 °C

$$\Delta l = 2,66 * 0,000017 * (4 - 22) = -0,0008 \text{ m}$$

Cu28-testausputken pituus kokeen alussa, kun lämpötila on 4 °C, saadaan kaavalla 3 (3, s. 106).

$$l_4 = l_{22} - \Delta l \quad \text{KAAVA 3}$$

l_4 = Putken pituus lämpötilassa 4 °C (m)

$$l_4 = 2,66 + (-0,0008) = 2,65919 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken keskimääräisen kehän pituus kaavalla 4, kun lämpötila on 22 °C.

$$P_{kk,22} = \pi * d_{k,22} \quad \text{KAAVA 4}$$

$P_{kk,22}$ = Putken keskimääräisen kehän pituus 22 °C:ssa (m)

$d_{k,22} =$ Putken nimelliskeskihalkaisija (m)

$$P_{kk,22} = \pi * 0,0268 = 0,08419 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken lämpötilan aiheuttama keskimääräisen kehän pituuden muutos kaavalla 5.

$$\Delta P_{kk} = P_{kk,22} * \alpha * (T_4 - T_{22}) \quad \text{KAAVA 5}$$

$\Delta P_{kk} =$ Putken kehän pituuden muutos (m)

$$\Delta P_{kk} = 0,08419 * 0,000017 * (4 - 22) = -0,0000258 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken keskimääräinen kehän pituus kokeen alussa kaavalla 6, kun lämpötila on 4 °C.

$$P_{kk,4} = P_{kk,22} + \Delta P_{kk} \quad \text{KAAVA 6}$$

$P_{kk,4} =$ Putken keskimääräisen kehän pituus 4 °C:ssa (m)

$$P_{kk,4} = 0,028 + (-0,0000258) = 0,0841689 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken keskihalkaisija ja sisähalkaisija kokeen alussa kaavoilla 7 ja 8, kun putken seinämän paksuuden muutosta ei huomioida.

$$d_{k,4} = \frac{P_{kk,4}}{\pi} \quad \text{KAAVA 7}$$

$d_{k,4} =$ Putken keskihalkaisija 4 °C:ssa (m)

$$d_{k,4} = \frac{0,0841689}{\pi} = 0,02679 \text{ m}$$

$$d_{s,4} = d_{k,4} - s \quad \text{KAAVA 8}$$

$d_{s,4} =$ Putken sisähalkaisija 4 °C:ssa (m)

$s =$ Putken seinämävahvuus (m)

$$d_{s,4} = 0,02679 - 0,0012 = 0,02559 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken tilavuus kokeen alussa kaavalla 9.

$$V_{pu4} = l_4 * \frac{\pi * d_{s,4}^2}{4} \quad \text{KAAVA 9}$$

V_{pu4} = Putken tilavuus 4 °C:ssa (m³)

$$V_{pu4} = 2,65919 * \frac{\pi * 0,02559^2}{4} = 0,0013679 \text{ m}^3$$

Lasketaan Cu28-testausputken tilavuus lämpölaajenemisen jälkeen kaavalla 9.

$$V_{pu22} = l_{22} * \frac{\pi * d_{s,22}^2}{4}$$

V_{pu22} = Putken tilavuus 22 °C:ssa (m³)

$d_{s,22}$ = Putken nimellisisähalkaisija 22 °C:ssa (m)

$$V_{pu22} = 2,66 * \frac{\pi * 0,0256^2}{4} = 0,0013692 \text{ m}^3$$

Lasketaan veden massa kokeen alussa kaavalla 10 (4, s. 371).

$$m_4 = V_{pu22} * \rho_4 \quad \text{KAAVA 10}$$

m_4 = Veden massa 4 °C:ssa (kg)

ρ_4 = Veden tiheys 4 °C:ssa (kg/m³)

$$m_4 = 0,0013692 * 999,973 = 1,3691 \text{ kg}$$

Veden massa pysyy vakiona. Lasketaan veden tilavuus kokeen lopussa kaavalla 11.

$$V_{ve22} = \frac{m_4}{\rho_{22}} \quad \text{KAAVA 11}$$

V_{ve22} = Veden tilavuus 22 °C:ssa (m³)

ρ_{22} = Veden tiheys 22 °C:ssa (kg/m³)

$$V_{ve22} = \frac{1,3691}{997,78} = 0,0013722 \text{ m}^3$$

Cu28-testausputkea venyttävä tilavuus saadaan, kun veden tilavuudesta kokeen lopussa vähennetään lämpölaajenneen putken tilavuus kaava 12 mukaisesti.

$$\Delta V_{LL} = V_{ve22} - V_{pu22} \quad \text{KAAVA 12}$$

ΔV_{LL} = Putkea venyttävä tilavuus (m³)

$$\Delta V_{LL} = 0,0013722 - 0,0013692 = 0,0000030 \text{ m}^3$$

Iteroidaan Cu28-testausputken sisäinen paine siten, että putken laajeneminen paineen vaikutuksesta kasvattaa vedelle jäävää tilavuutta ΔV_{LL} verran. Laskeetaan paineen muutoksen aiheuttamat jännitykset kaavalla 13 (5, S. 121).

$$\sigma_t = \frac{p \cdot r_k}{s} \quad \text{KAAVA 13}$$

σ_t = Tangentiaalinen jännitys kehällä (N/m²)

r_k = Venyneen putken poikkileikkauksen keskimääräinen säde (m)

p = Paine putken sisällä (N/m²)

s = Seinämän paksuus (m)

$$\sigma_t = \frac{8200000 \cdot 0,0134}{0,0012} = 91566666,67 \frac{N}{m^2}$$

Lasketaan jännityksen aiheuttama venymä kehällä kaavalla 14. Kuparin kimmokerroin on 110 GPa (4, s. 288).

$$\Delta P_{kk} = \frac{\sigma_t \cdot p_{kk,22}}{E} \quad \text{KAAVA 14}$$

ΔP_{kk} = Keskikehän pituuden muutos (m)

E = Kimmokerroin (N/m²)

$$\Delta P_{kk} = \frac{91566666,67 * 0,08419}{110000000000} = 0,0000701 \text{ m}$$

Lasketaan venyneen kehän keskiviivan pituus kaavalla 6.

$$P_{kkv} = P_{kk,22} + \Delta P_{kk}$$

P_{kkv} = Venyneen kehän keskiviivan pituus (m)

$$P_{kkv} = 0,08419 + 0,0000701 = 0,08427 \text{ m}$$

Lasketaan paineen venyttämän Cu28-testausputken keskihalkaisija ja sisähalkaisija kaavoilla 7 ja 8.

$$d_{kv,22} = \frac{P_{kkv}}{\pi}$$

$d_{kv,22}$ = Paineen venyttämä keskihalkaisija (m)

$$d_{kv,22} = \frac{0,08427}{\pi} = 0,02682 \text{ m}$$

$$d_{sv,22} = d_{kv,22} - s$$

$d_{sv,22}$ = Paineen venyttämän sisähalkaisija (m)

$$d_{sv,22} = 0,02682 - 0,0012 = 0,02562 \text{ m}$$

Lasketaan Cu28-testausputken suljettuun päähän vaikuttava voima kaavalla 15, kun putken päässä on liitin, jonka sisähalkaisija on 28 mm.

$$F = p * A_{p,22}$$

KAAVA 15

F = Voima (N)

$A_{p,22}$ = Liitimen pinta-ala 22 °C:ssa (m²)

$$F = 8200000 * \frac{0,028^2 * \pi}{4} = 5049,17 \text{ N}$$

Lasketaan Cu28-testausputken venyneen kehän pitkittäisjännitys kaavalla 16.

$$A_{kv,22} = P_{kv} * s$$

$$\sigma_L = \frac{F}{A_{kv}} \quad \text{KAAVA 16}$$

σ_L = Venyneen kehän pitkittäisjännitys (N/m²)

$$\sigma_L = \frac{5049,17}{0,08427 * 0,0012} = 49933558,5 \frac{N}{m^2}$$

Lasketaan Cu28-testausputken pituuden venymä kaavalla 17.

$$\Delta L_{v,22} = \frac{\sigma_L * l_{22}}{E} \quad \text{KAAVA 17}$$

$\Delta L_{v,22}$ = Putken pituuden venymä (m)

$$\Delta L_{v,22} = \frac{49933558,5 * 2,66}{110000000000} = 0,0012 \text{ m}$$

Lasketaan venyneen Cu28-testausputken sisätilavuus. Lasketaan ensin venyneen putken pituus ja sisähalkaisija kaavoilla 18 ja 19.

$$l_{v,22} = l_{22} + \Delta l_{v,22} \quad \text{KAAVA 18}$$

$l_{v,22}$ = Venyneen putken pituus (m)

$$l_{v,22} = 2,66 + 0,0012 = 2,6612 \text{ m}$$

$$A_{sp,22} = \frac{d_{sv,22}^2 * \pi}{4} \quad \text{KAAVA 19}$$

$A_{sp,22}$ = Venyneen putken sisäpuolen poikkipinta-ala (m²)

$$A_{sp,22} = \frac{0,02562^2 * \pi}{4} = 0,0005156 \text{ m}^2$$

Lasketaan venyneen Cu28-testausputken sisätilavuus kaavalla 20.

$$V_{v,22} = A_{sp,22} * l_{v,22}$$

KAAVA 20

$V_{v,22}$ = Venyneen putken sisätilavuus (m³)

$$V_{v,22} = 0,0005156 * 2,6612 = 0,001372 \text{ m}^3$$

Lasketaan venyneen Cu28-testausputken sisätilavuuden muutos kaavalla 21.

$$\Delta V_v = V_{v,22} - V_{pu,22}$$

KAAVA 21

ΔV_v = Venymän aiheuttama tilavuuden kasvu (m³)

$$\Delta V_v = 0,001372 - 0,0013692 = 0,0000030 \text{ m}^3$$

Veden ja testausputken lämpölaajenemisen välinen tilavuusero

$$\Delta V_{LL} = 0,0000030 \text{ m}^3$$

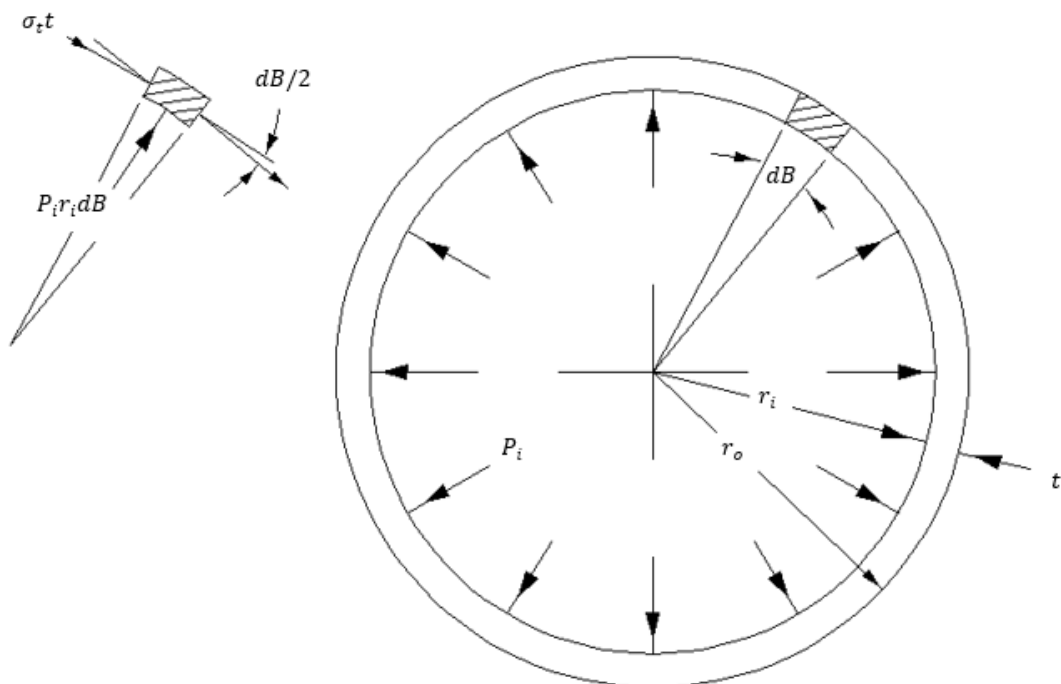
Veden kuparia suurempi tilavuuden muutos aiheuttaa laskennallisesti noin 82 baarin paineen nousun Cu28-testausputkeen. Cu28ju-, Cu22- ja Cu15-testausputken ja PEX 15x2,5-muoviputken lämpölaajenemiskerroin, kimmokerroin ja tulokset ovat esitettynä taulukossa 5. PEX 15x2,5-muoviputken pituuden lämpötilakerroin on 0,00018 1/K ja kimmokerroin on 117 MPa (6, s. 3).

TAULUKKO 5 Cu28ju-, Cu22 ja Cu15-testausputken ja PEX 15x2,5-muoviputken lämpölaajenemiskerroin, kimmokerroin ja laskelmien tulokset.

	Cu28ju-testausputki	Cu22-testausputki	Cu15-testausputki	PEX 15x2,5-muoviputki
α	0,000017	0,000017	0,000017	0,00018
E	1,1E+11	1,1E+11	1,1E+11	117000000
$V_{pu,22}$	0,0013846	0,0009582	0,0004287	0,0031856
$V_{vs,22}$	0,0013876	0,0009603	0,0004297	0,0031926
$V_{v,22}$	0,0013876	0,0009603	0,0004297	0,0031926
ΔV_{LL}	0,0000030	0,0000021	0,0000009	0,0000070
ΔV_v	0,0000030	0,0000021	0,0000009	0,0000070
bar	82	87	126	0,135

Taulukosta 5 nähdään että muoviputkessa ei tapahdu merkittävää paineen nousua laskennallisesti. Myös mittauksissa ei paineen nousua tapahtunut. Kupariputkessa laskennallinen paineen nousu on mittaustuloksia pienempi. Tämä voi johtua liittosten erilaisesta käyttäytymisestä, kun paine nousee.

Kuvassa on piirretty ohutseinäinen putki (5, s. 42), jossa putken sisäinen paine aiheuttaa tangenciaalisen jännityksen putken kehälle. Tästä on johdettu kaava 13.



KUVA 34 Ohutseinäinen putki (5, s. 42)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada selville, miten paine nousee veden lämmitessä erikokoisissa kupariputkissa eri lähtöpaineilla ja muoviputkessa yhdellä lähtöpaineella, kun putkiosuus suljetaan. Tavoitteena oli myös tutkia vesimittari-kohtaisen yksisuuntaventtiileiden ja paineentasausaukollisen yksisuuntaventtiilin toimivuutta veden lämmitessä, kun putkiosuus suljetaan. Lisäksi tavoitteena oli tutkia vesimittarikohtaisten yksisuuntaventtiileiden toimintaa ristivirtauksessa ja sekoittajien yksisuuntaventtiileiden pitävyys.

Opinnäytetyössä saatiin selville, että paine nousi melkein kaikissa paineennousututkimuksissa yli suurimman sallitun käyttövesiverkoston käyttöpaineen. Paine nousi tutkimuksissa yleensä yli 20 baariin ja suurimmillaan vähän yli 30 baariin. Ainoa tutkimus jossa paine nousi, mutta jäi alle 20 baarin oli se, kun testausputkeen oli yhdistetty pelkästään vesimittari. Osassa tutkimuksia paine ei noussut, vaikka liitokset olivat pitävät. Tämä johtui siitä, että niissä tutkimuksissa käytettiin muoviputkea. Paineen nousun nopeuteen vaikutti putken halkaisija. Paine nousi nopeimmin kylmävesiverkostossa, jossa oli keskimääräisesti pienin putken sisähalkaisija. Hitaimmin paine nousi Cu28- ja Cu28ju-testausputkessa, koska näissä testausputkissa oli suurin putken sisähalkaisija. 3 bar:n ja 6 bar:n lähtöpaine vaikutti eniten Cu15-testausputken paineen nousuun. 10 baarin lähtöpaine vaikutti myös eniten Cu15-testausputken paineen nousuun, mutta selvästi vähemmän kuin alemmilla lähtöpaineilla. Vähiten lähtöpaine vaikutti Cu28-testausputken paineen nousuun. Paine nousi kaikissa testausputkissa laskelmallisesti yli 80 baariin. Vähiten paine nousi laskennallisesti Cu28- ja Cu28ju-testausputkessa ja eniten Cu15-testausputkessa. Muoviputkessa paine ei noussut laskennallisesti ollenkaan eikä merkittävästi myöskään mittauksissa.

Kylmävesiverkoston sekoittajien yksisuuntaventtiilit olivat pitäviä silmämääräisessä tutkimuksessa, mutta koeponnistustutkimuksessa yksisuuntaventtiilit eivät olleet pitäviä. Ristivirtauksen tutkimuksessa yksisuuntaventtiili Hela 381 esti hyvin veden liikkumisen väärään suuntaan, mutta paine nousi veden lämmitessä

sä testausputkessa. Yksisuuntaventtiili LVI 4482617 -testissä paine ei noussut, mutta ei estänyt ristivirtausta. Paineentasausaukollinen yksisuuntaventtiilin testissä paine ei noussut, mutta ristivirtausta oli jonkin verran.

Opinnäytetyössä testausputkien alkulämpötilaa ja lähtöpainetta ei saatu aivan samanlaisiksi, kun haluttiin saada samanlainen alkulämpötila ja lähtöpaine neljään eri testausputkeen. Tähän syynä oli tutkimustapa. Kylmävesiverkoston tihkuvuotoa ei löytynyt, koska se oli niin vähäistä. Yhtä kylmää vettä kuin testausputkien tutkimuksessa oli käytetty ei saatu enää tulemaan koulun kylmävesiverkostosta muihin tutkimuksiin. Syy tähän oli ulkoilman lämpeneminen. Paineen nousu testausputkissa mitattuna ja laskennallisesti poikkesivat todella paljon. Tähän ei löytynyt syytä. Paineentasausaukollisen yksisuuntaventtiilin tekemisellä saatiin estettyä veden lämpenemisen aiheuttama paineen nousu, mutta ristivirtausta ei saatu estettyä täysin. Mittausten perusteella tiivistä yksisuuntaventtiiliä ei voi asentaa kylmävesipuolelle.

LÄHTEET

1. RT 12-10330. 2001. Putkistojen lämpölaajeneminen. Rakennustieto Oy.
Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/lvi/fi/index/ohjeet/listaus/30279960/30279963/LV18335.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 19.5.2017
2. D1. (2010). 2010. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. Muutos 2010. Ympäristöministeriön asetus. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/Rakentamismaarayskokoelma>. Hakupäivä 15.8.2017.
3. Tekniikan kaavasto. 2012. Tampere: Tammertekniikka Oy.
4. Inkinen, Pentti – Tuohi, Jukka 2012. Momentti 1 Insinöörifysiikka. 4. painos. Keuruu: Otava
5. Luentomoniste, Teollisuusputkistot, Risto Raiko, 1985. TTKK: Konetekniikan osasto.
6. Käsikirja Uponor-lumensulatusjärjestelmä. 2007. Nastola: Uponor Suomi Oy.

LIITTEET

Liite 1 Paineennousukäyrät -testausputket

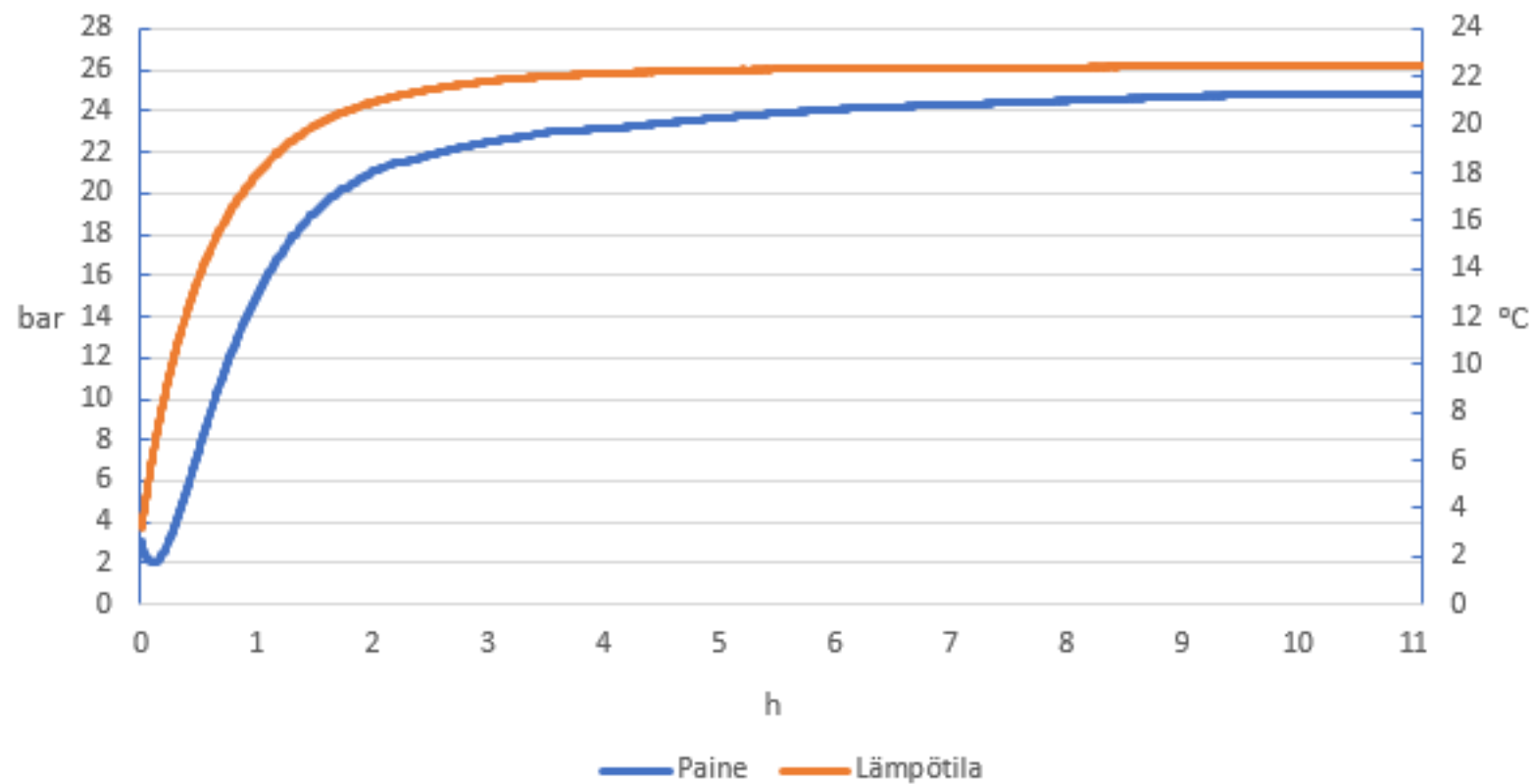
Liite 2 Kylmävesiverkoston tutkimukset

Liite 3 Paineennousukäyrä -Cu15-testausputki-vesimittari

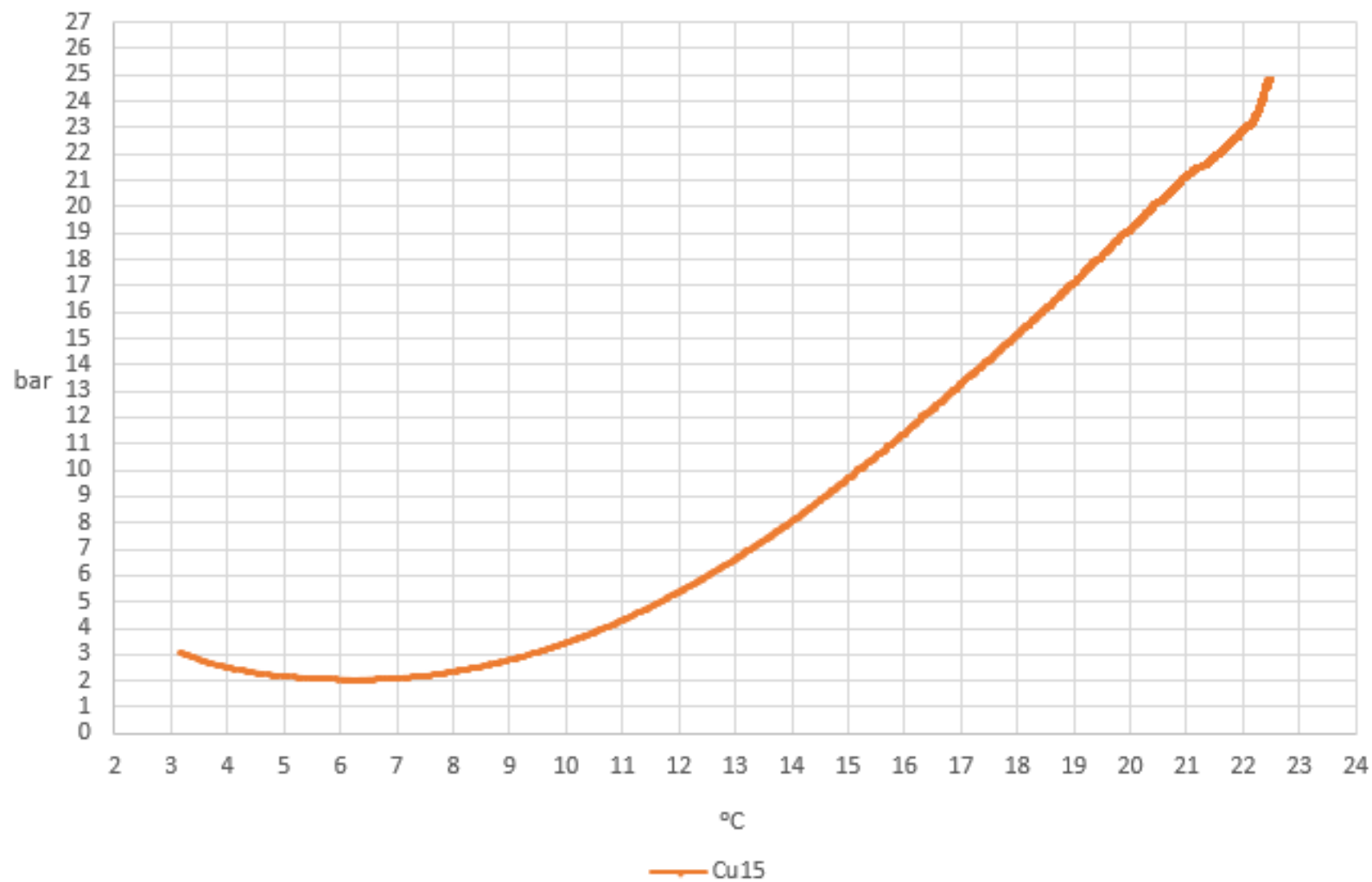
Liite 4 Paineennousukäyrät -Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari

Liite 5 Paineennousukäyrä -Cu15-testausputki-muoviputki

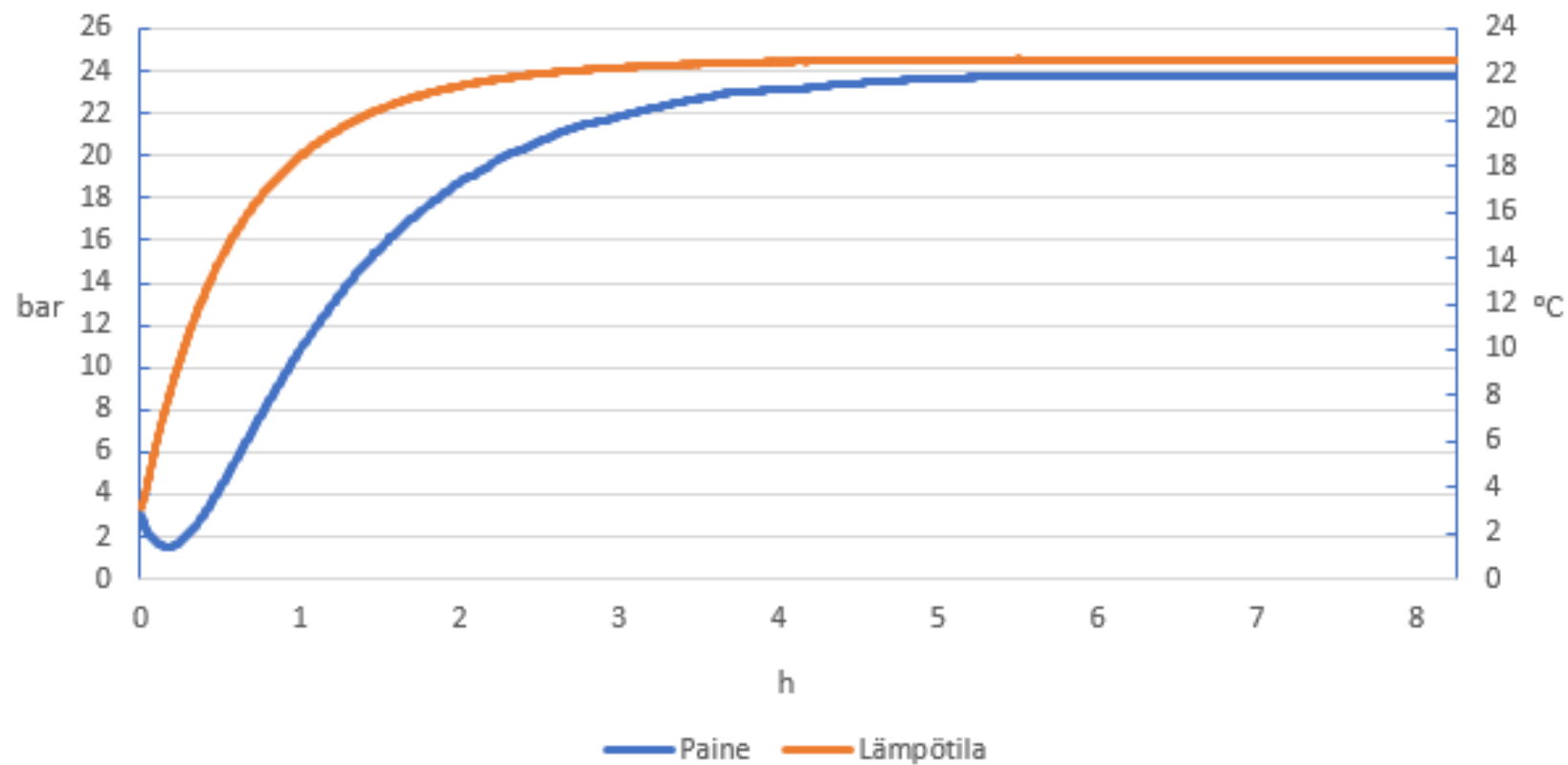
Liite 6 Paineennousukäyrä -Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari



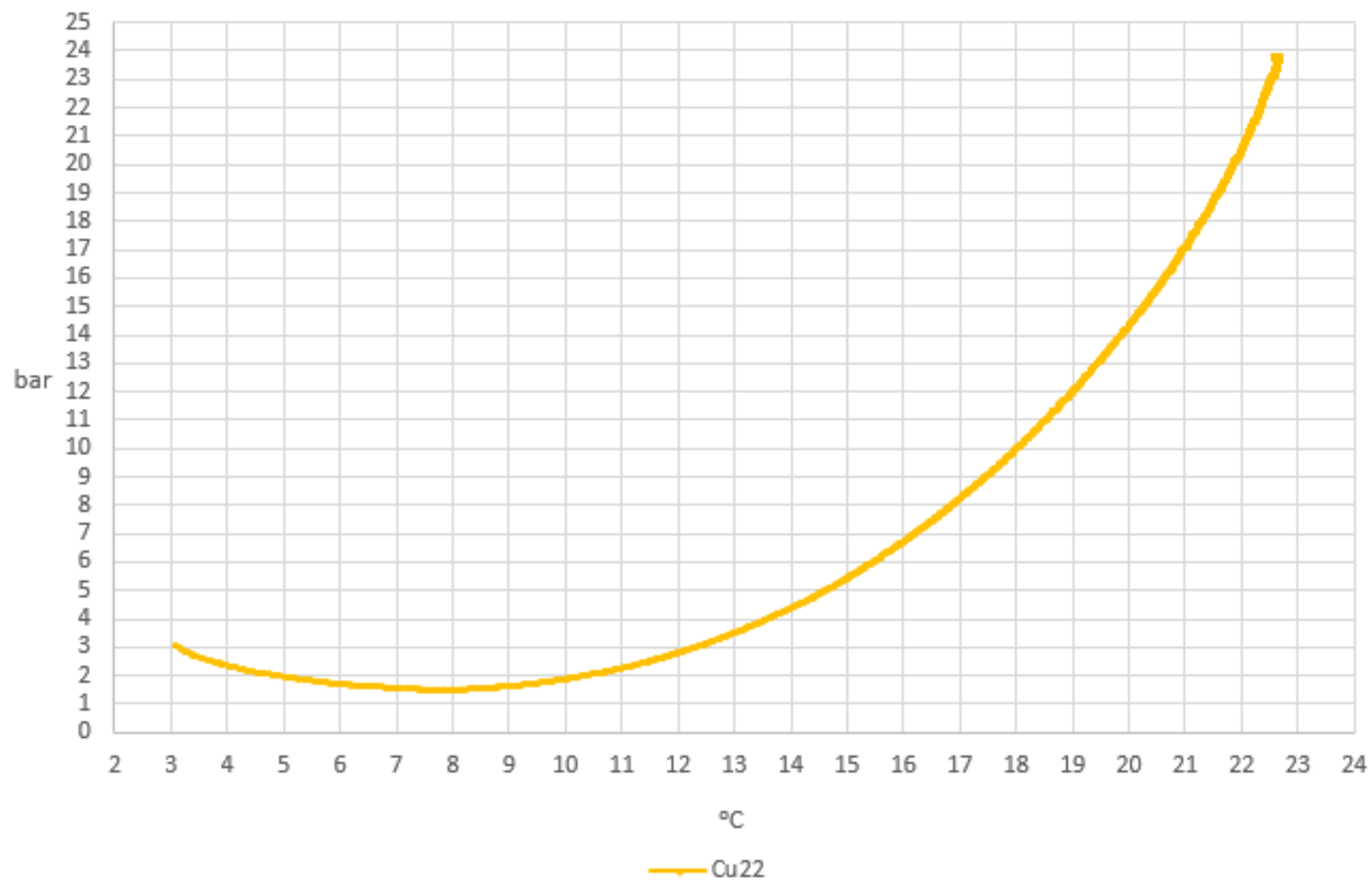
Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.

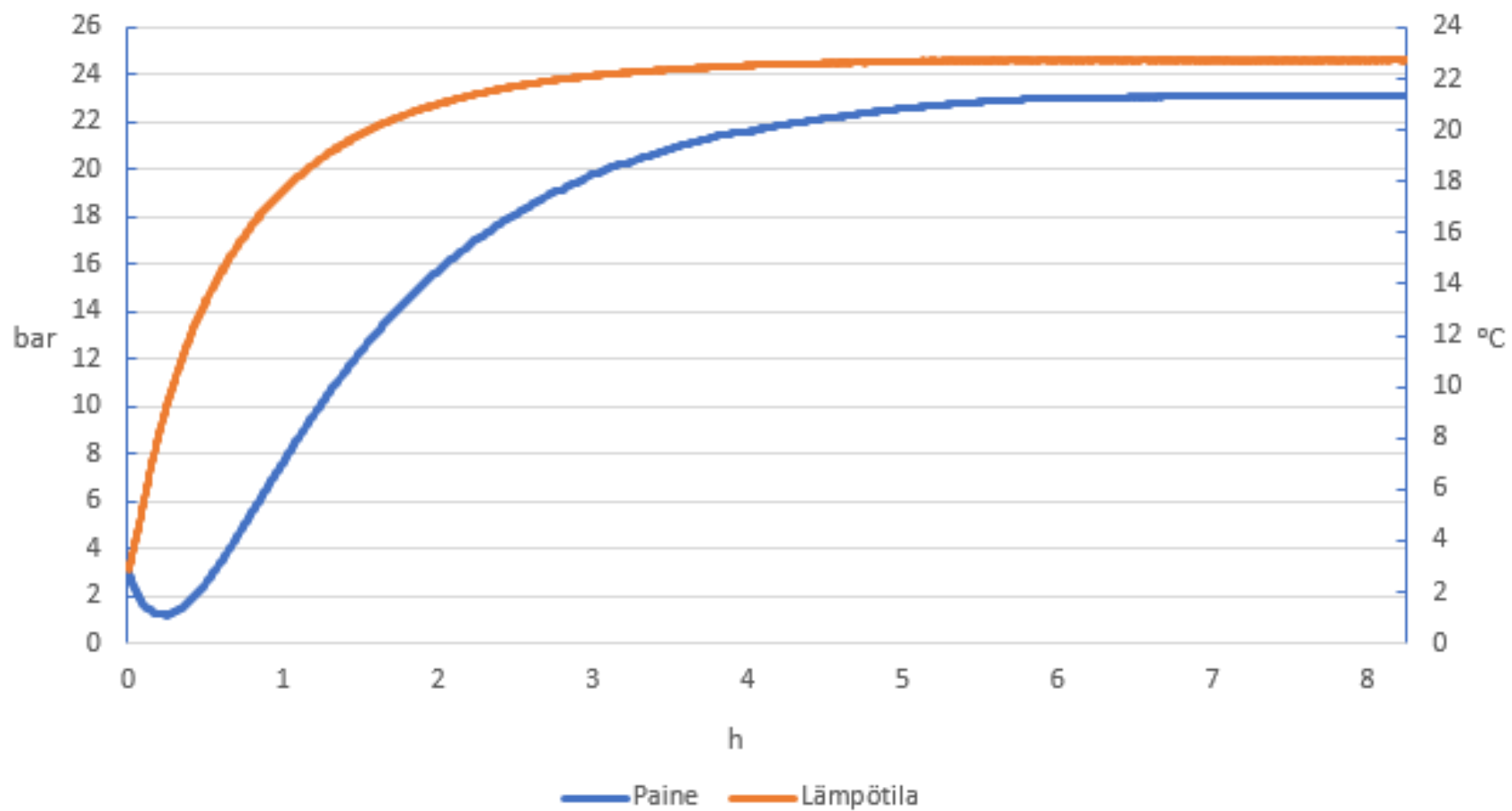


Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.

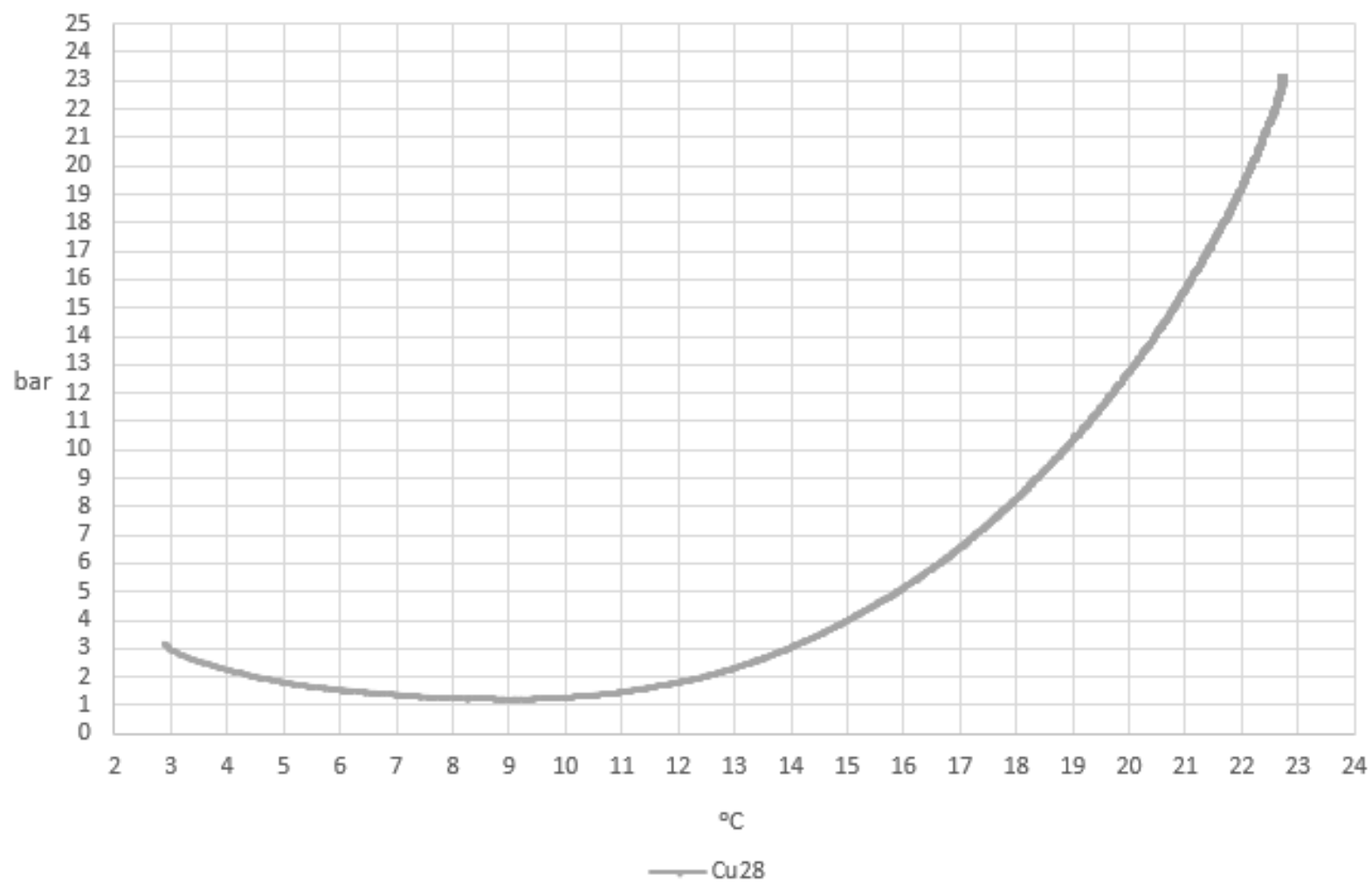


1

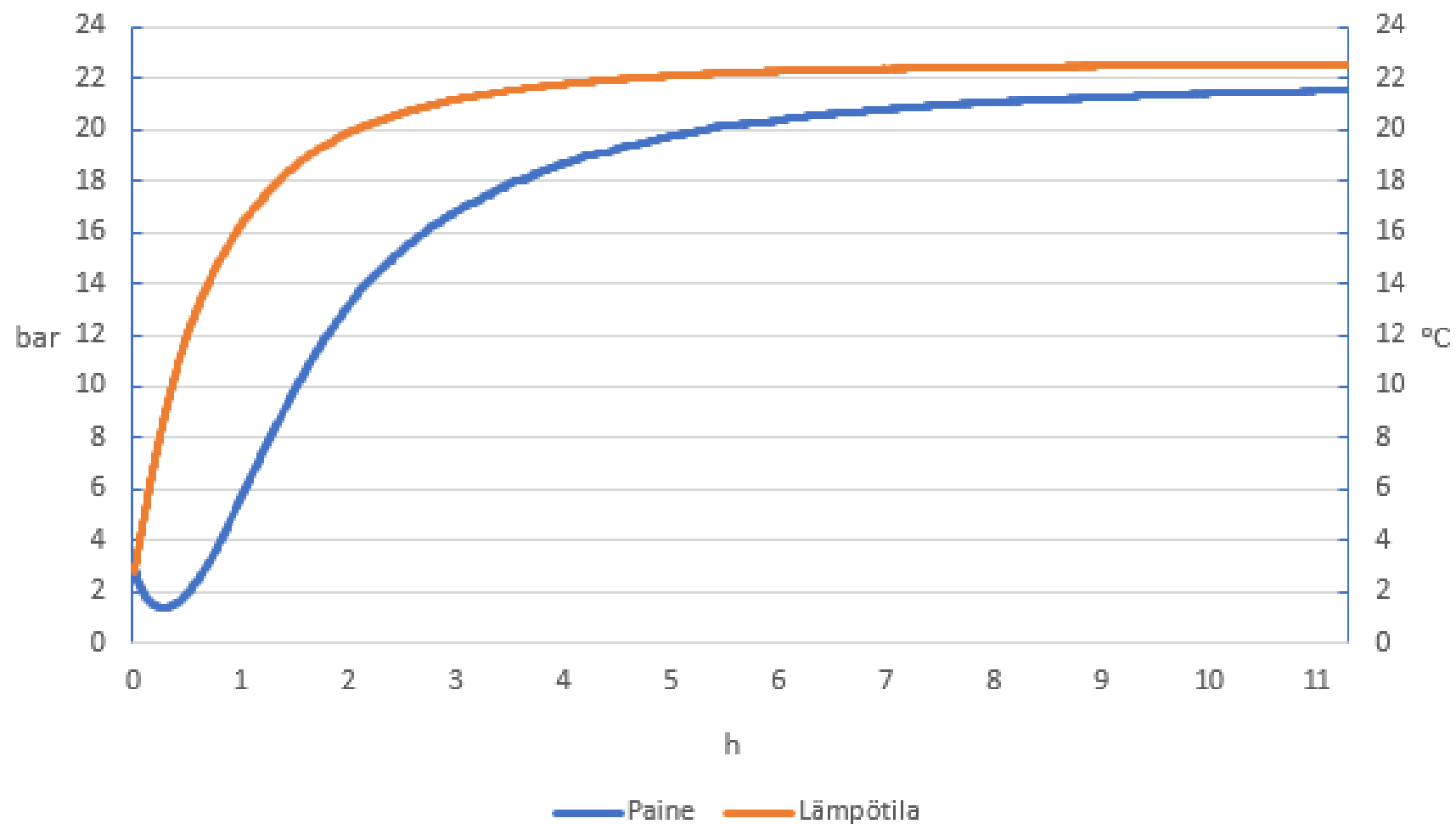
Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.

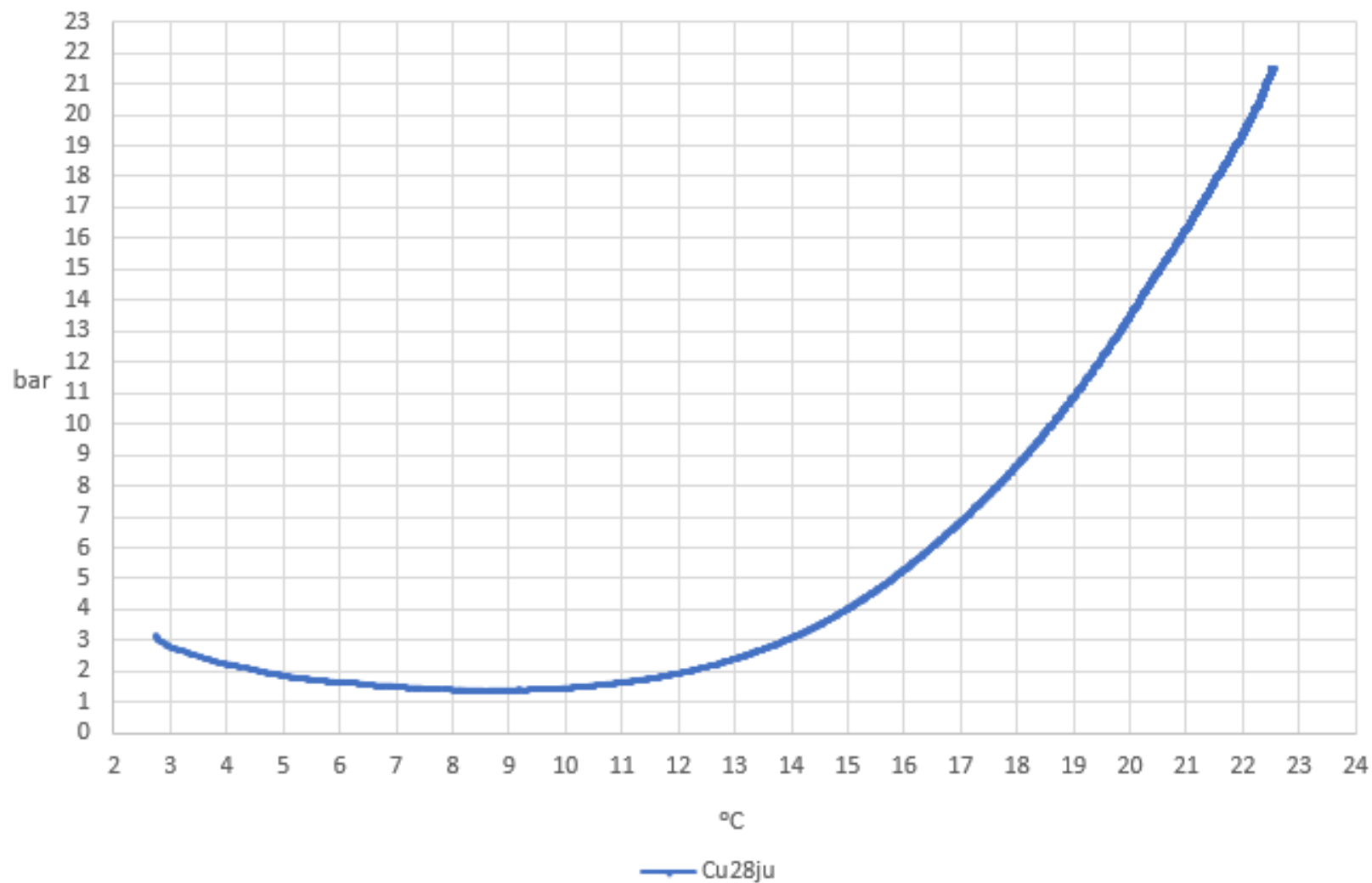


Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.

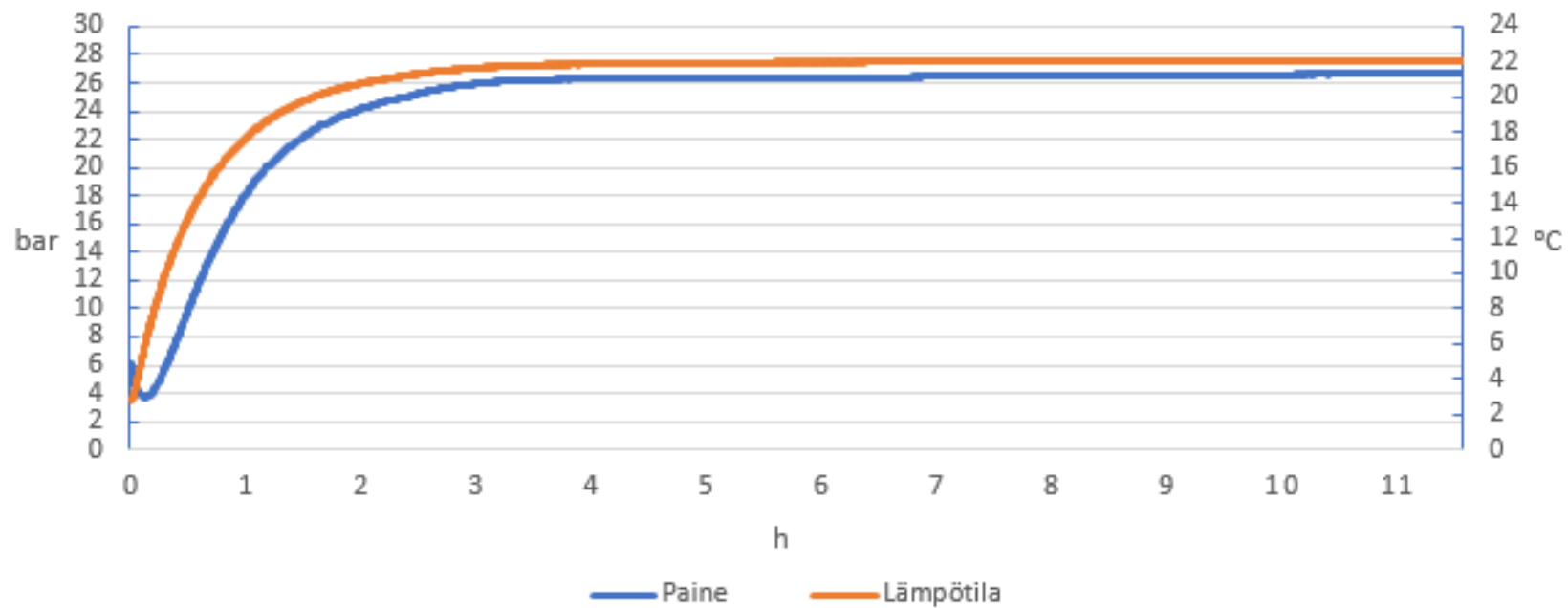


1

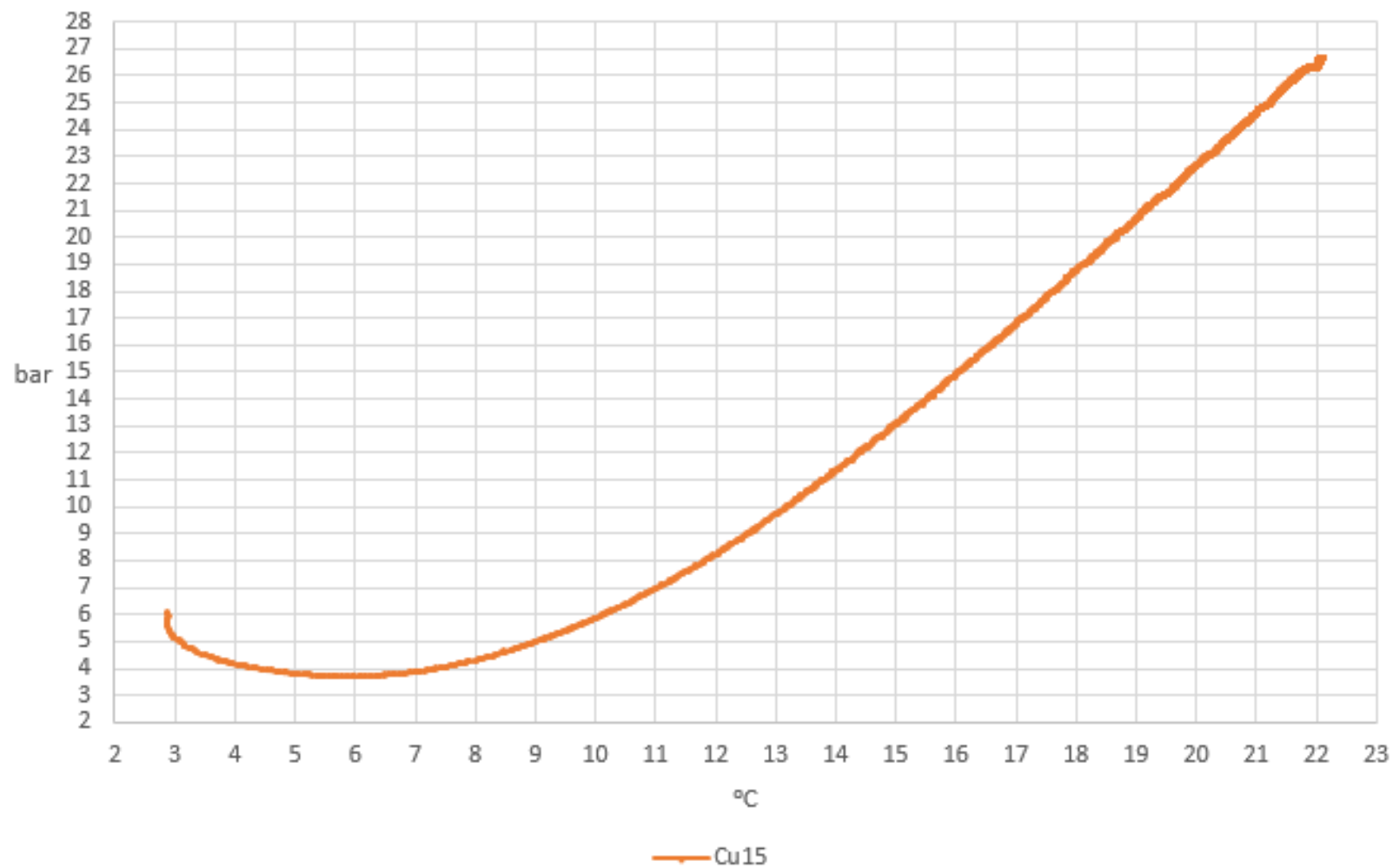
Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.



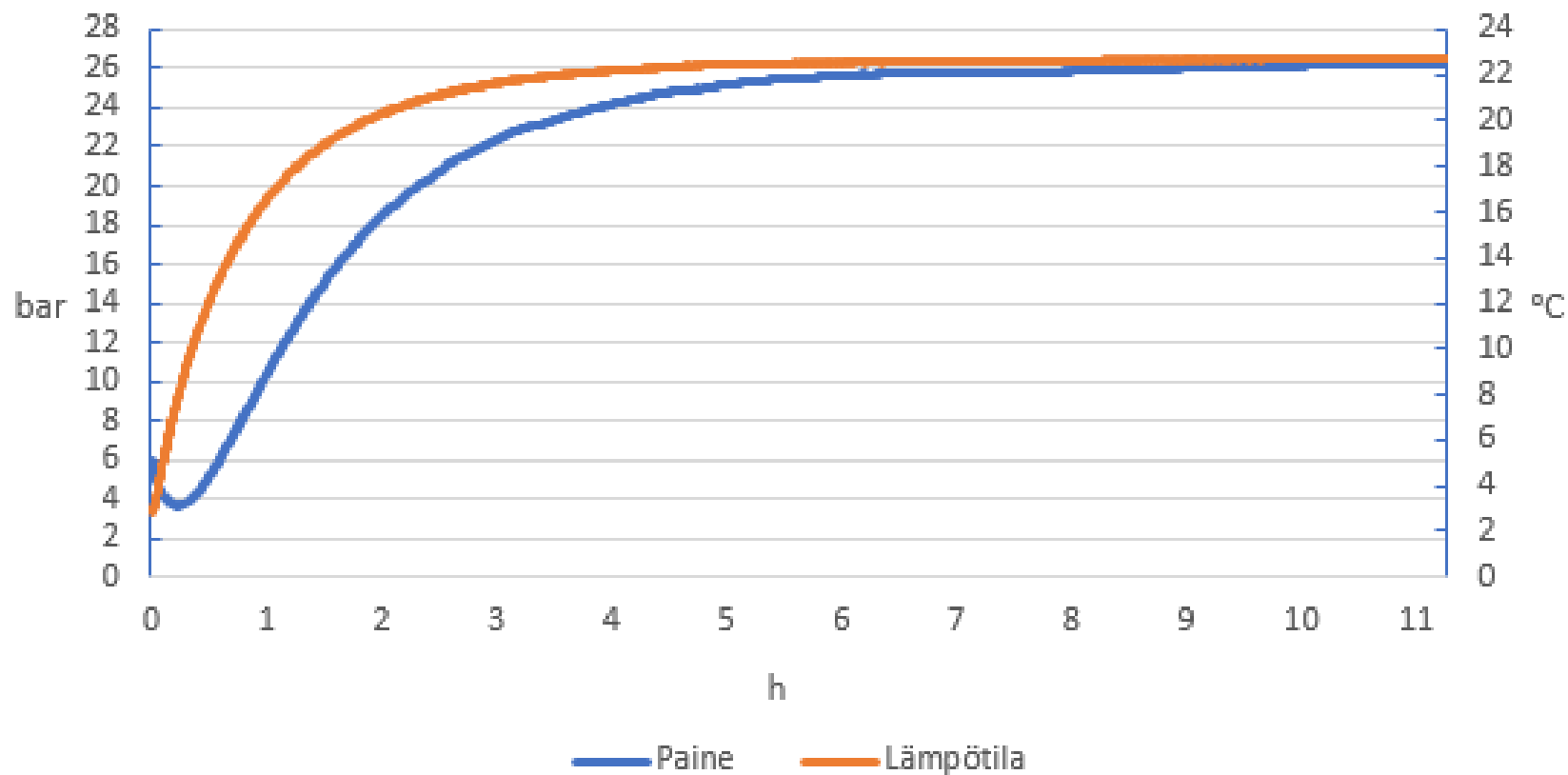
Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 3 bar.



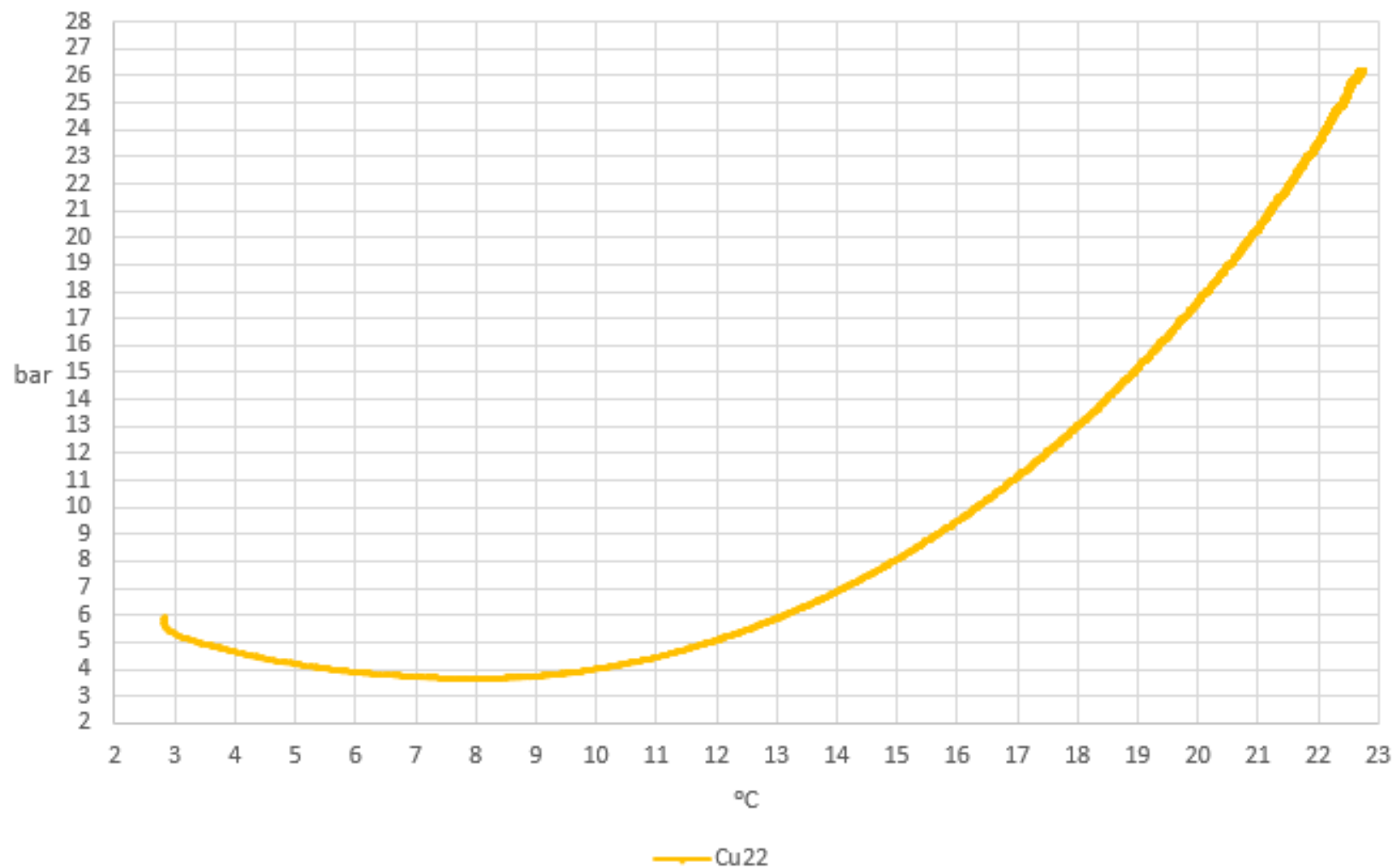
Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.

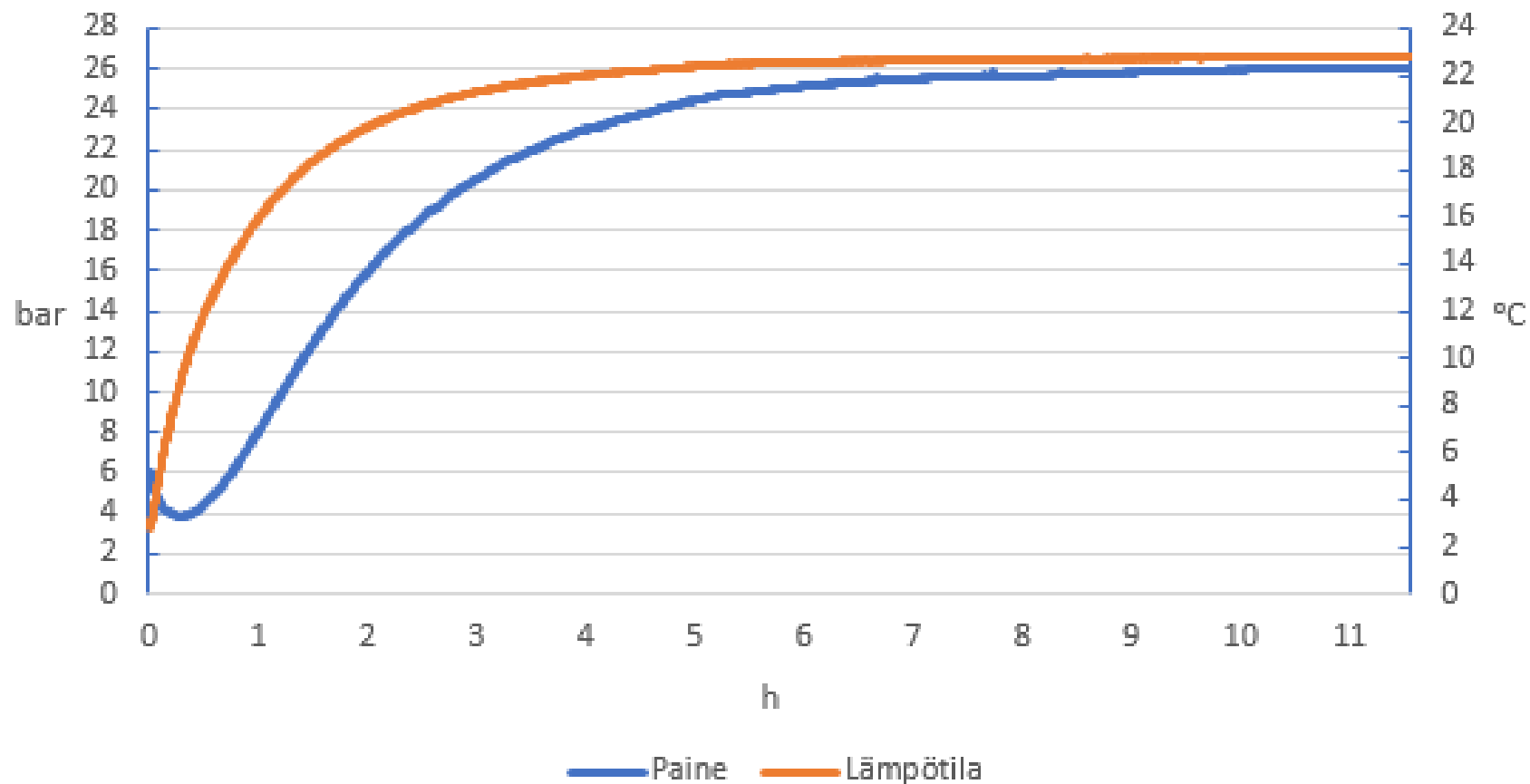


Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.

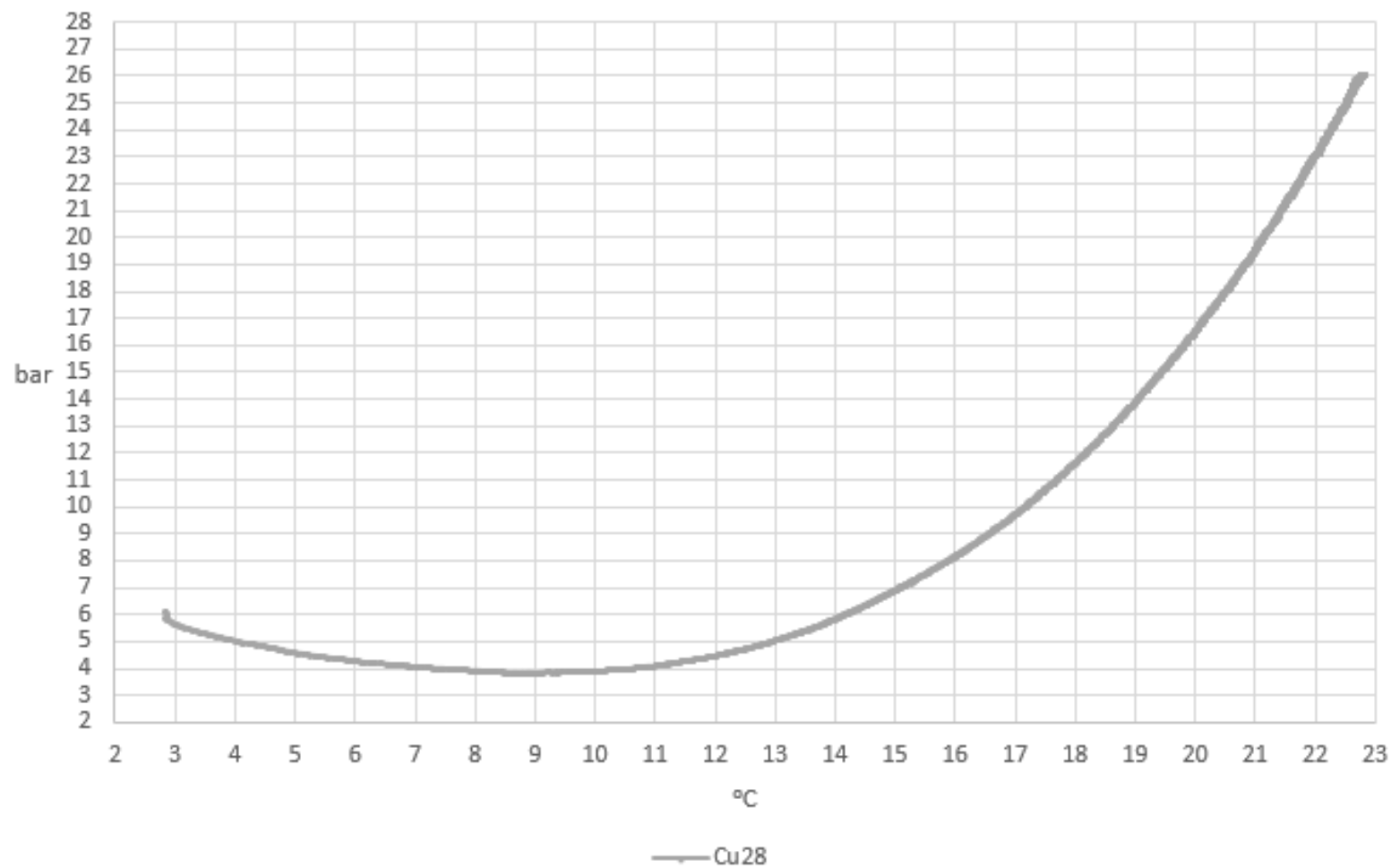


1

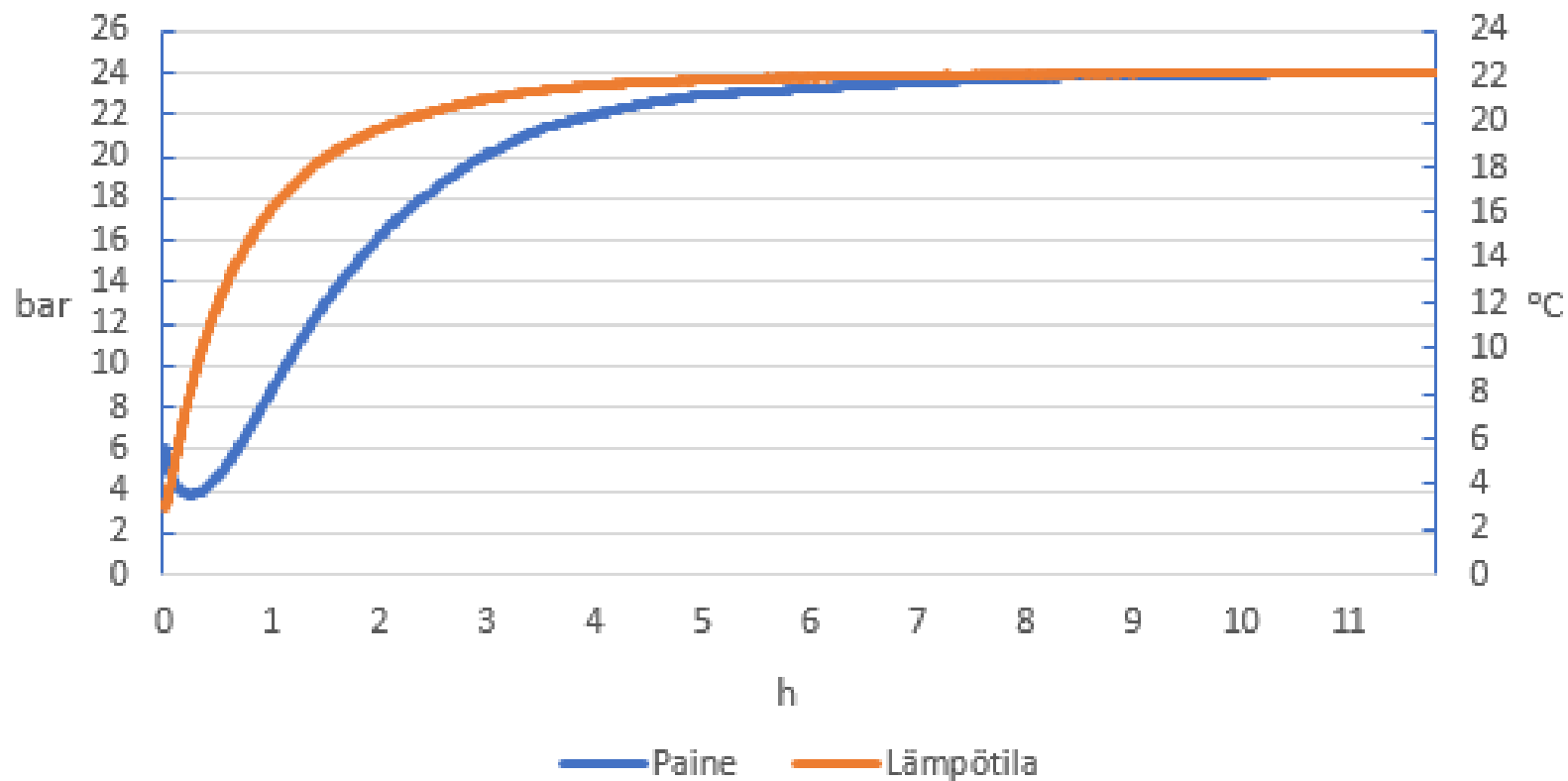
Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



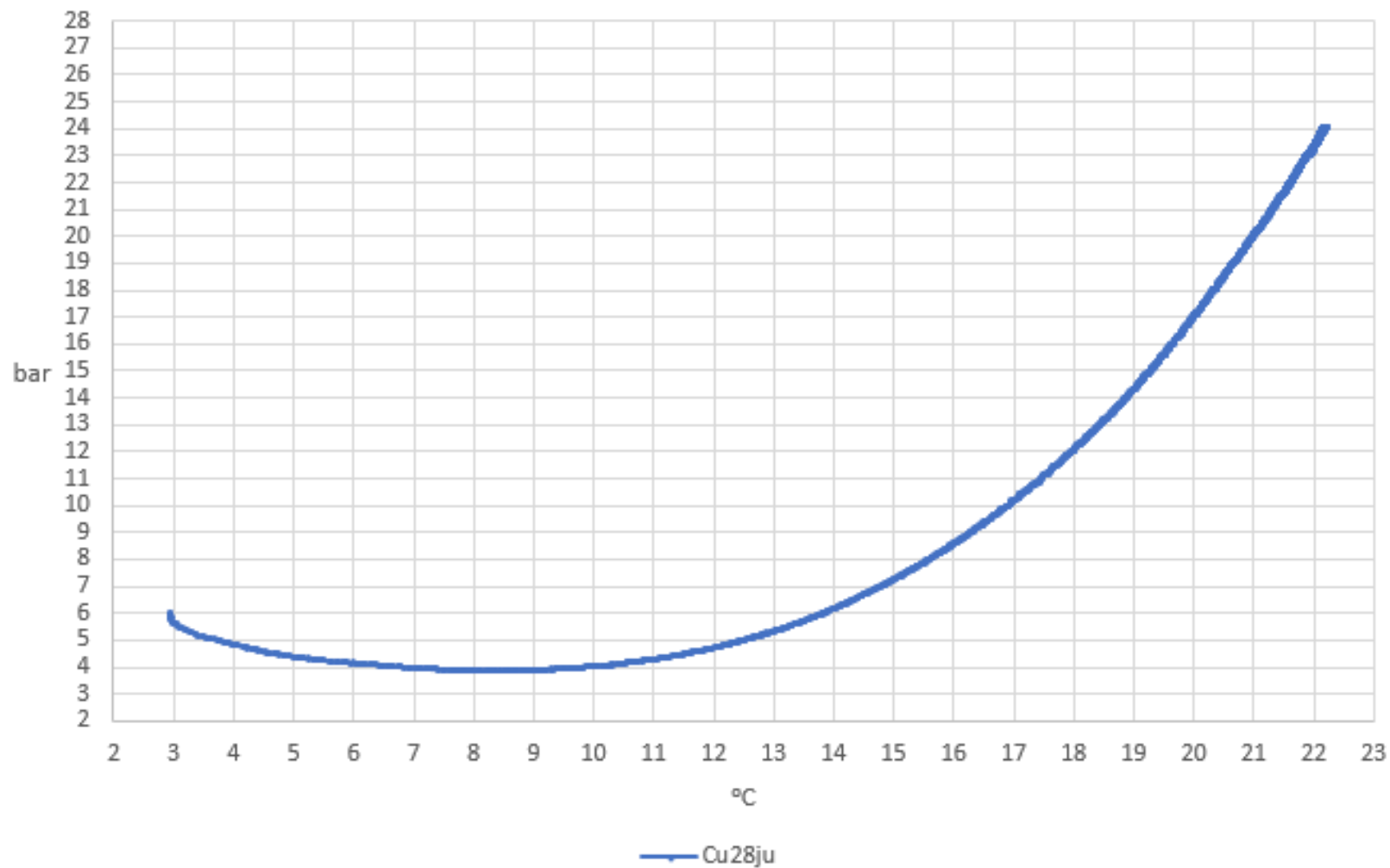
Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



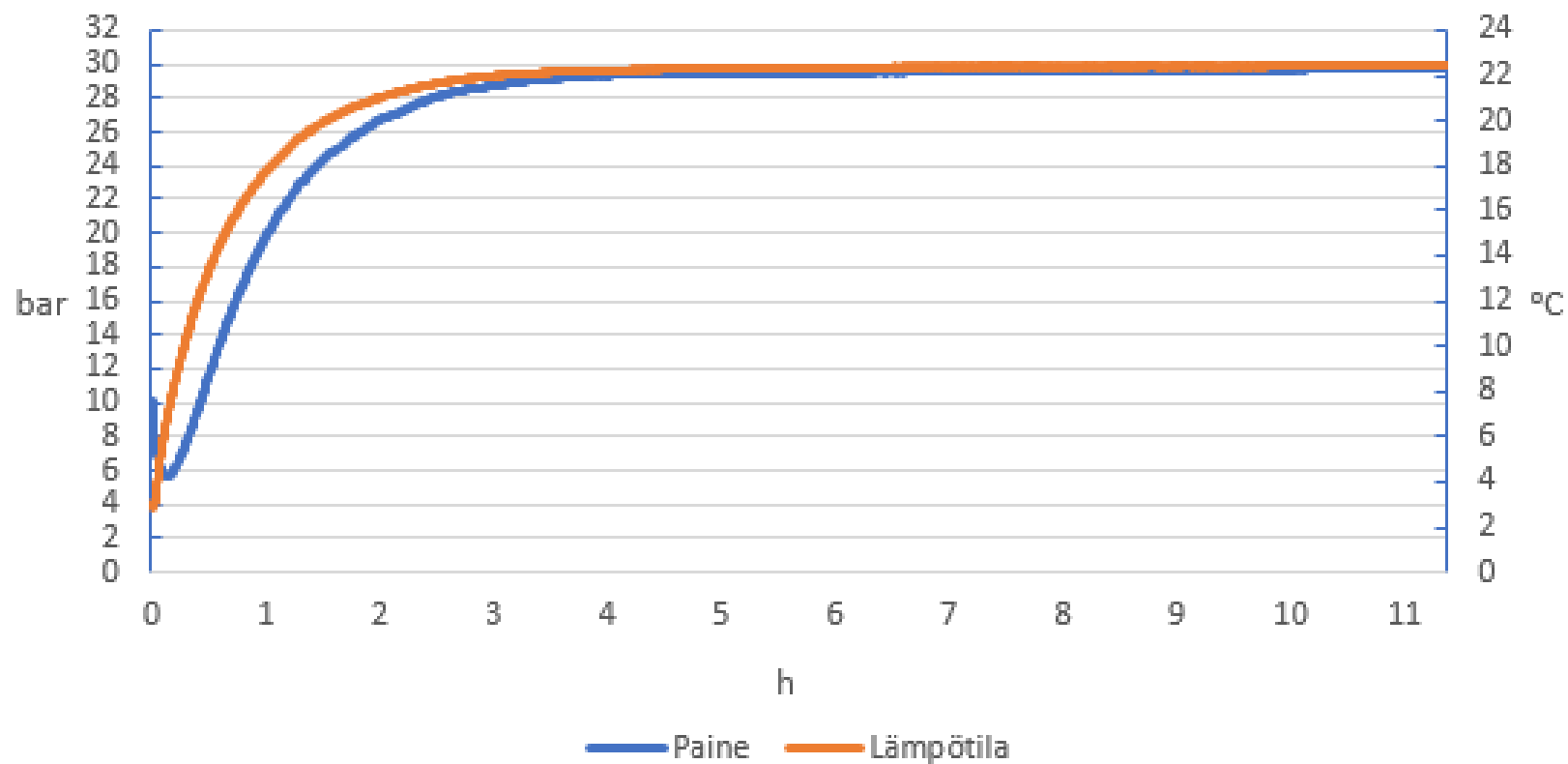
Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



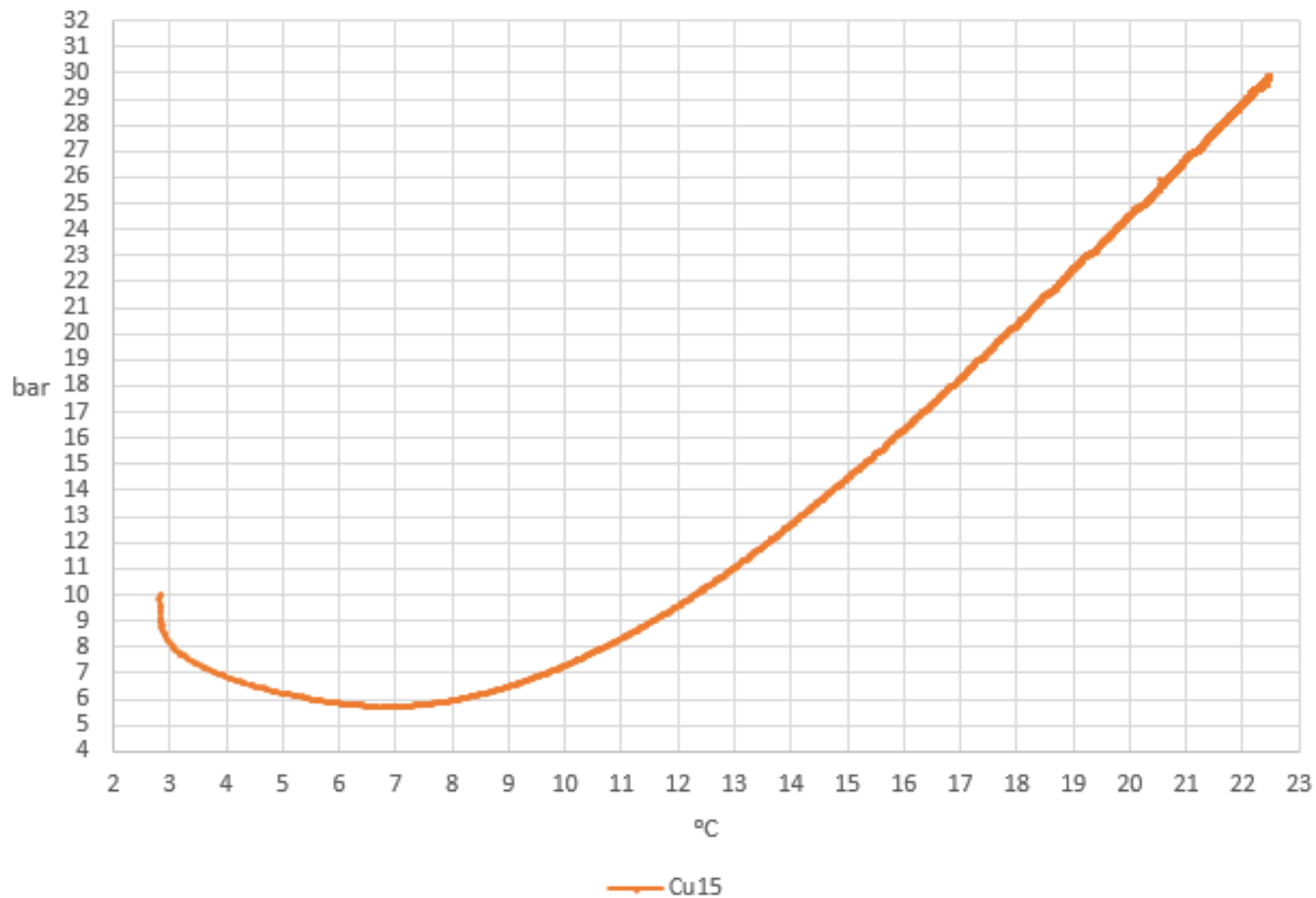
Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.

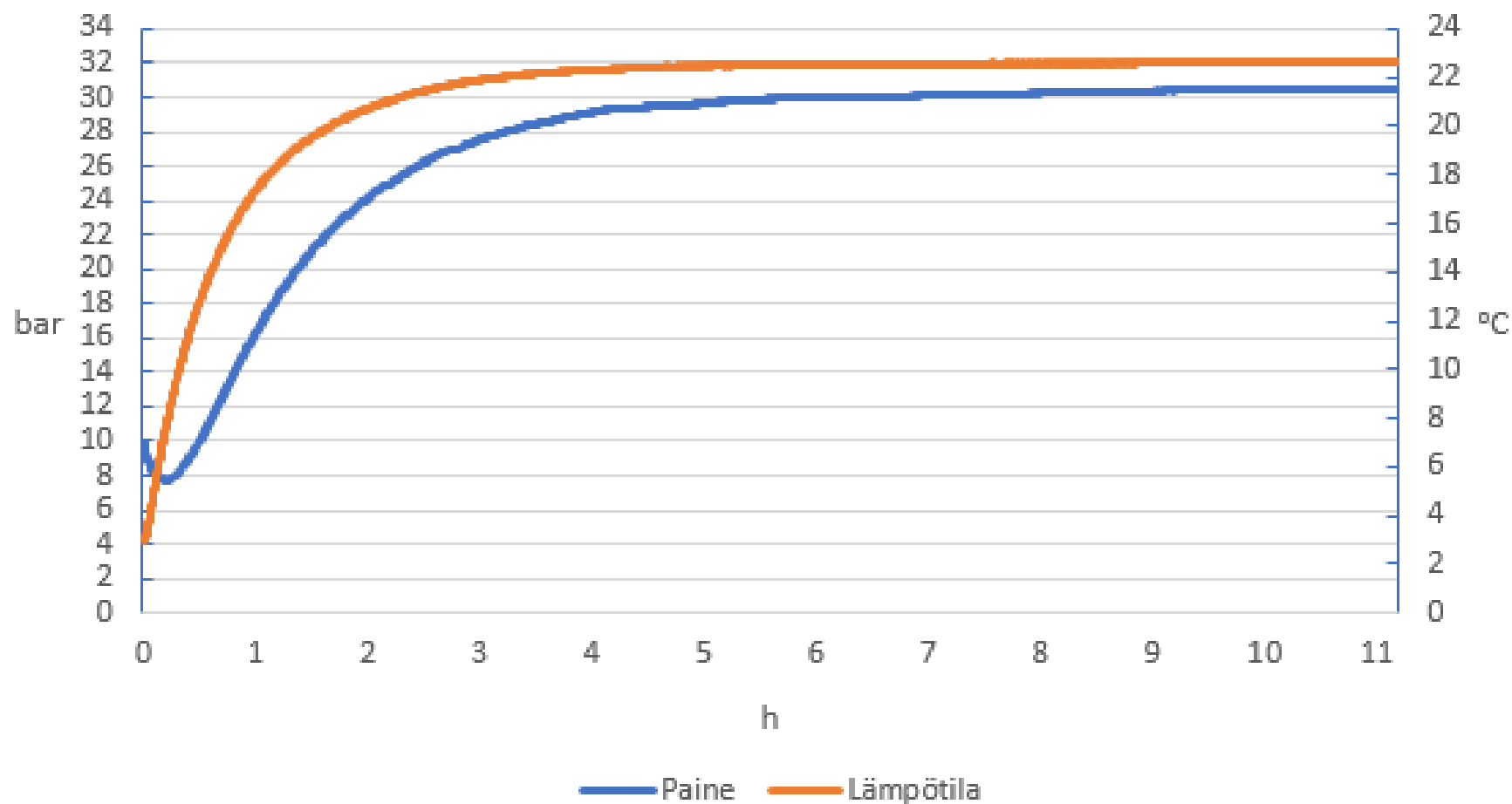


Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.

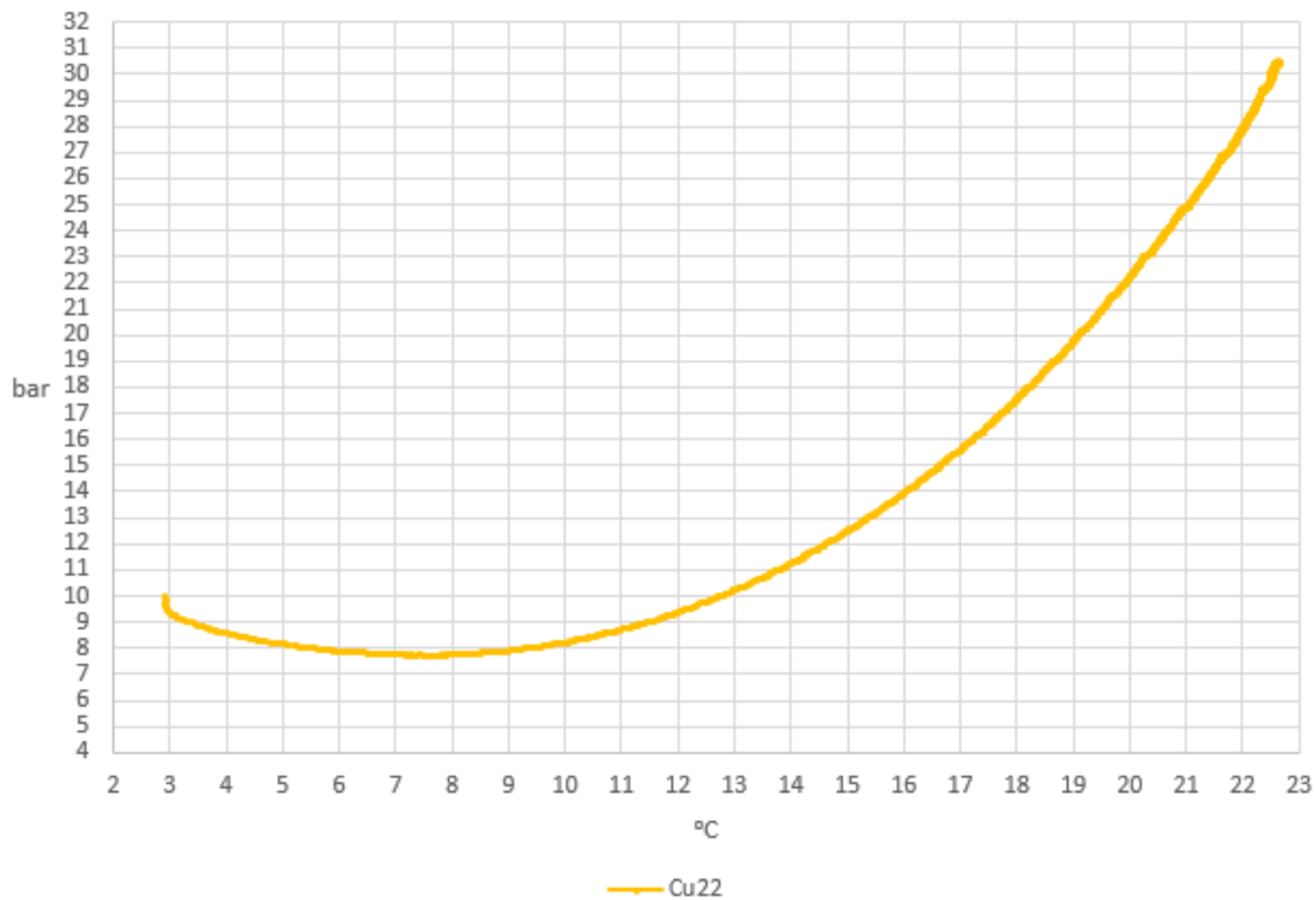


1

Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.

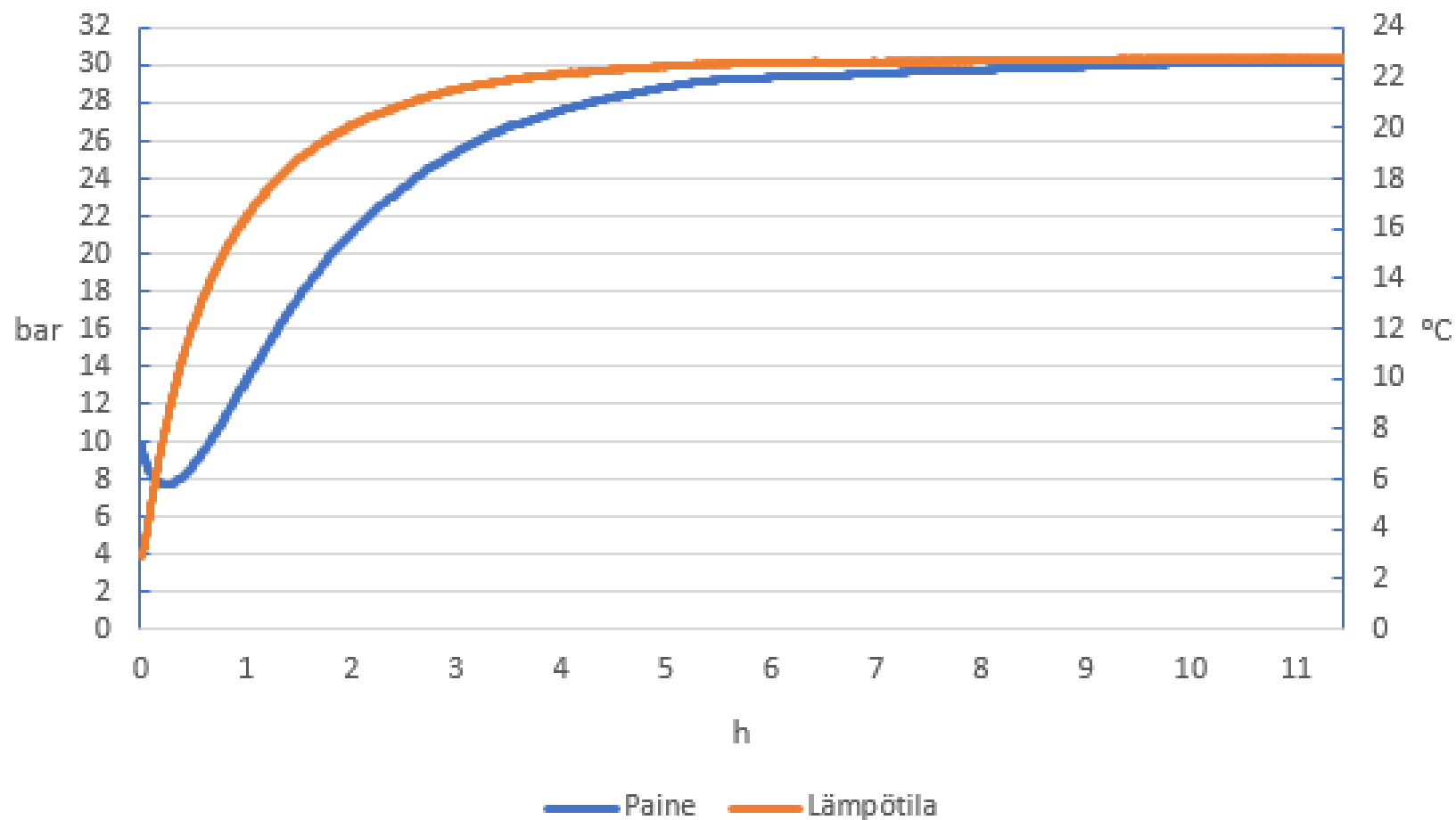


Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.

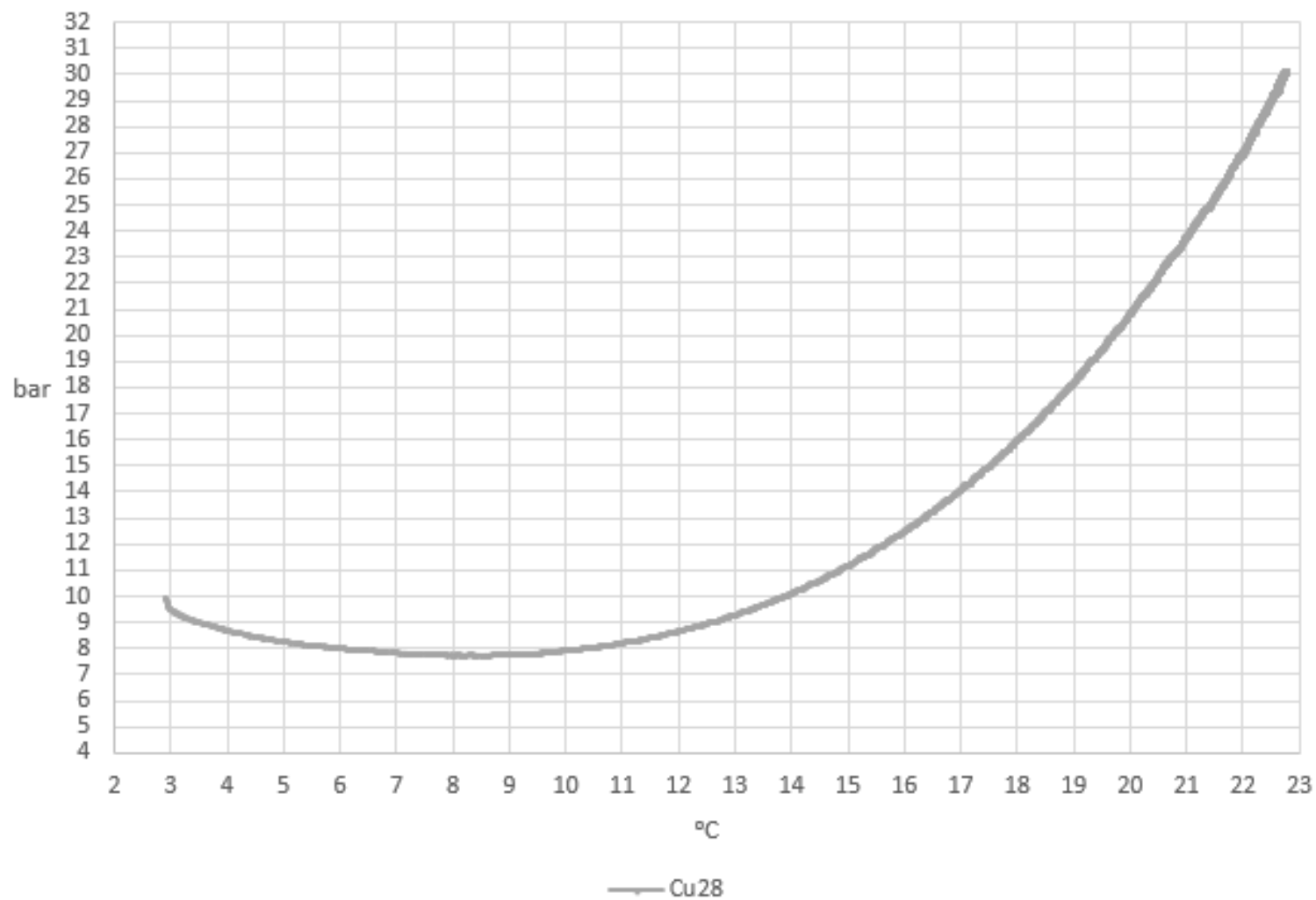


1

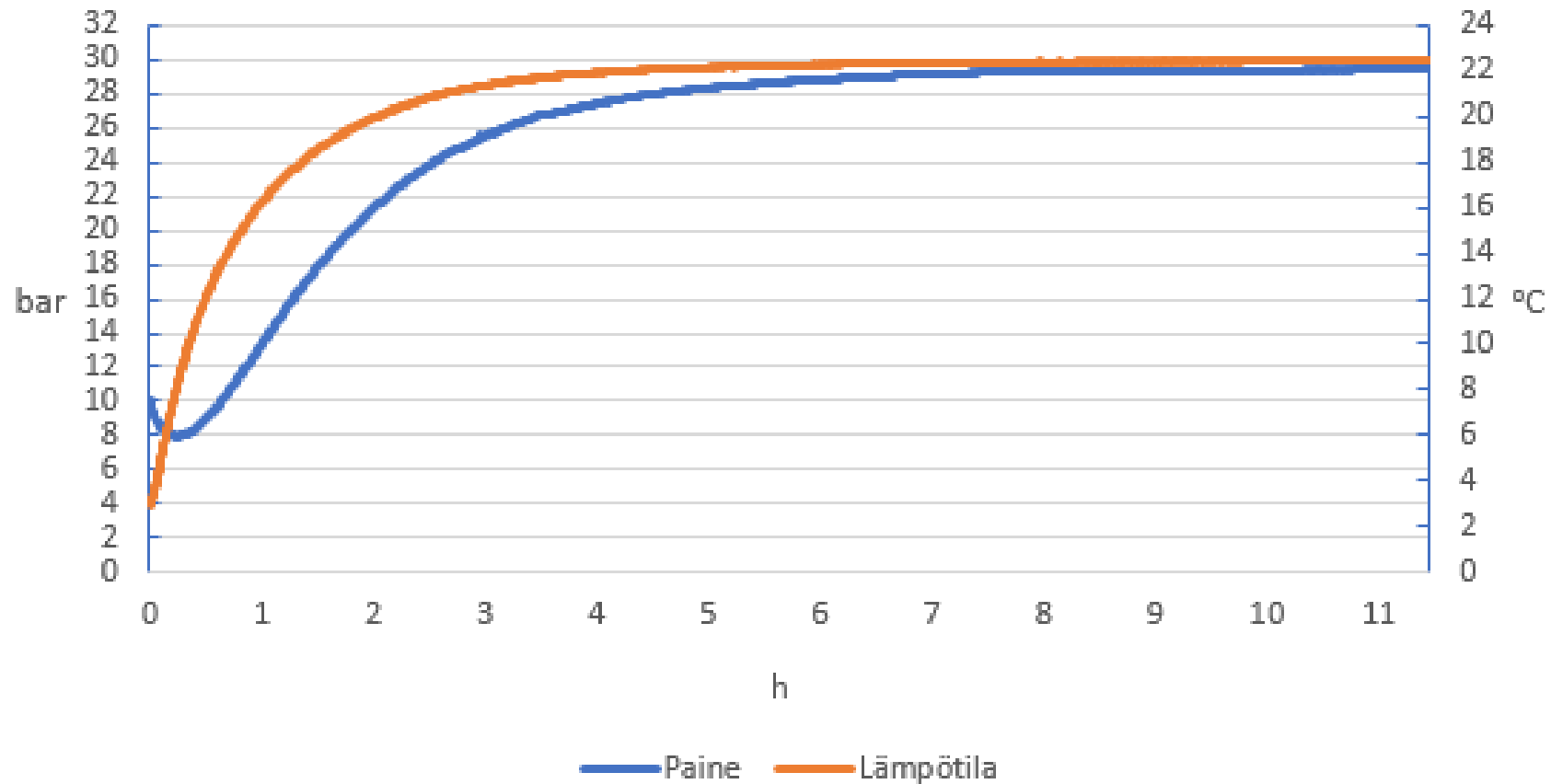
Kuvassa on näkyvillä Cu22-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.



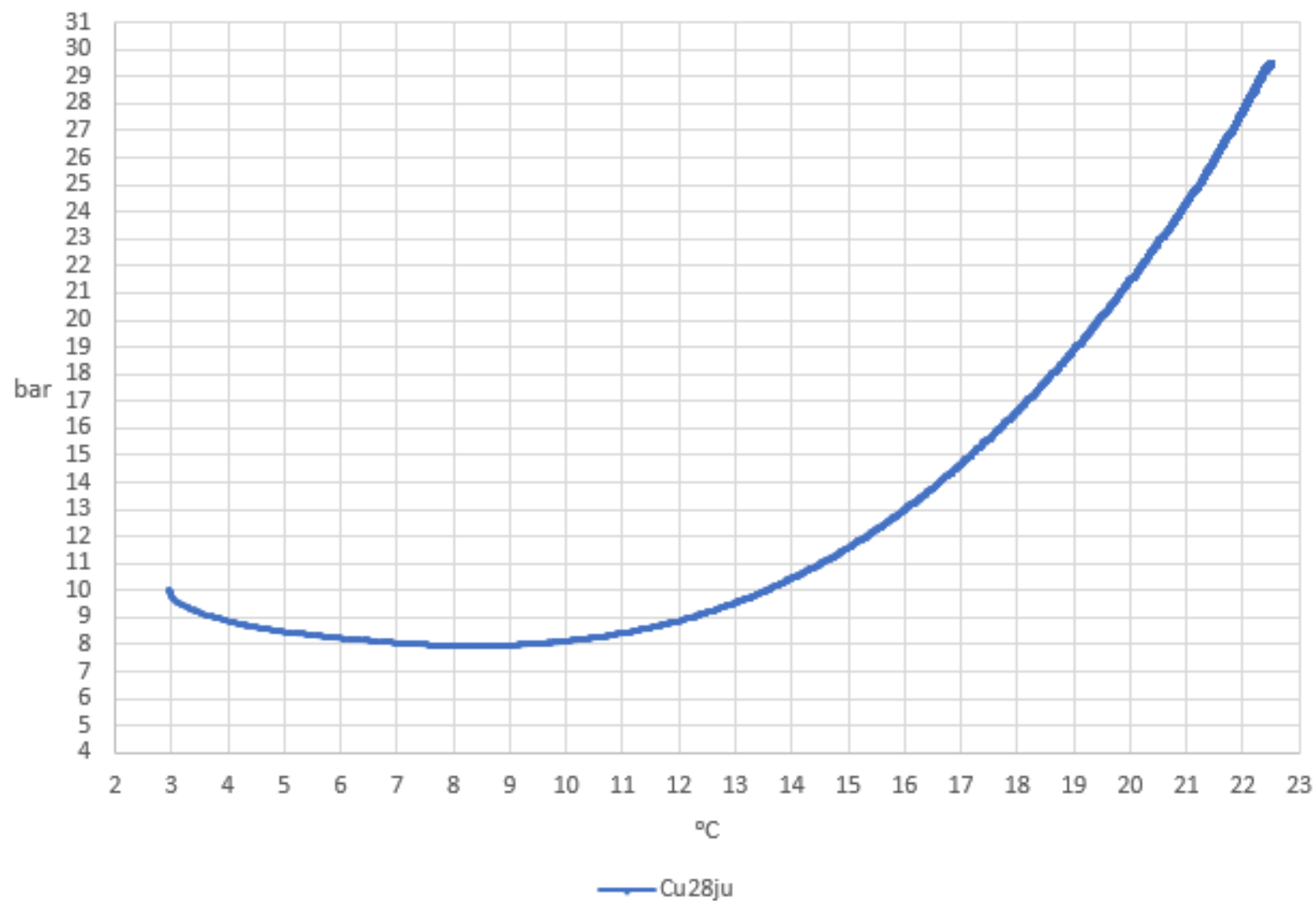
Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.



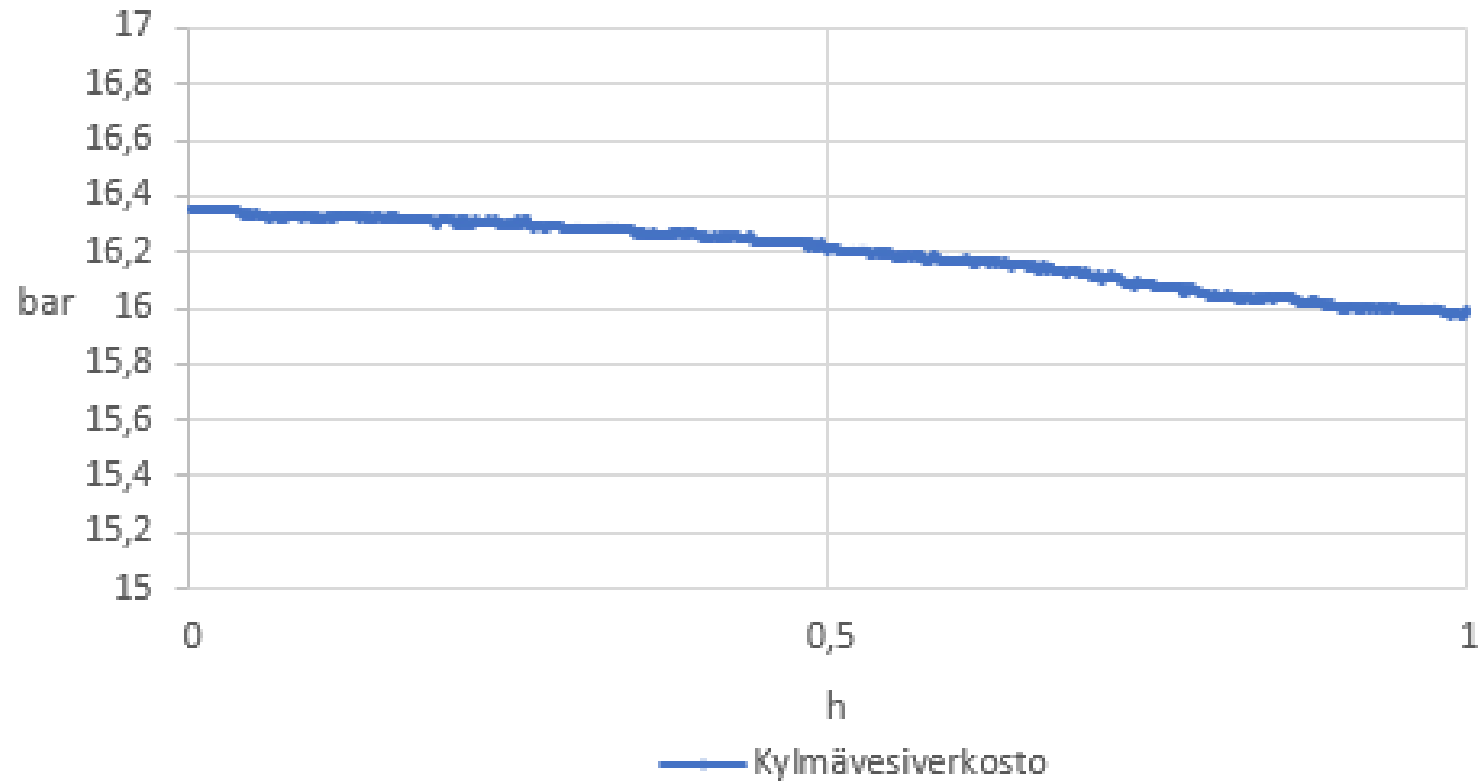
Kuvassa on näkyvillä Cu28-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.



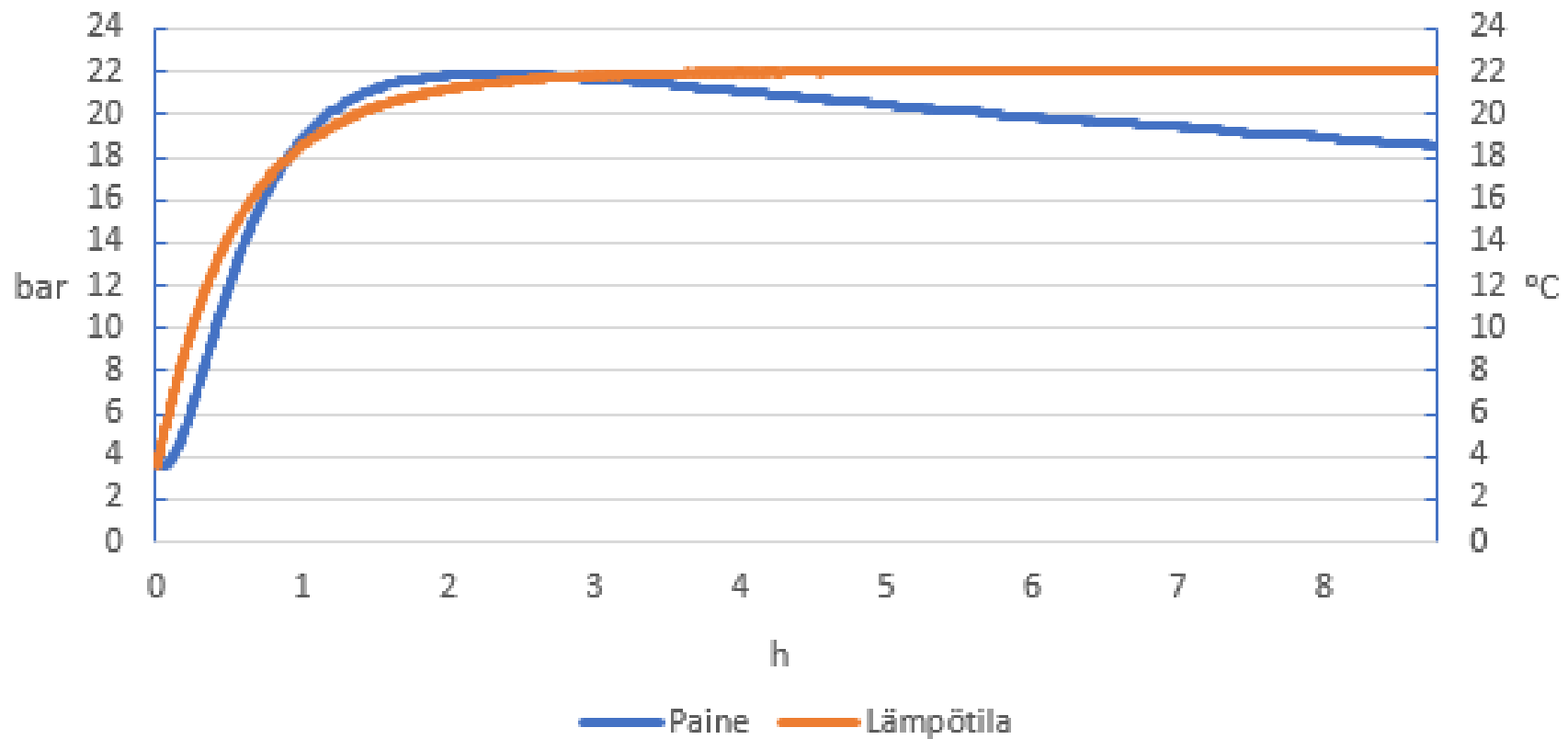
Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.



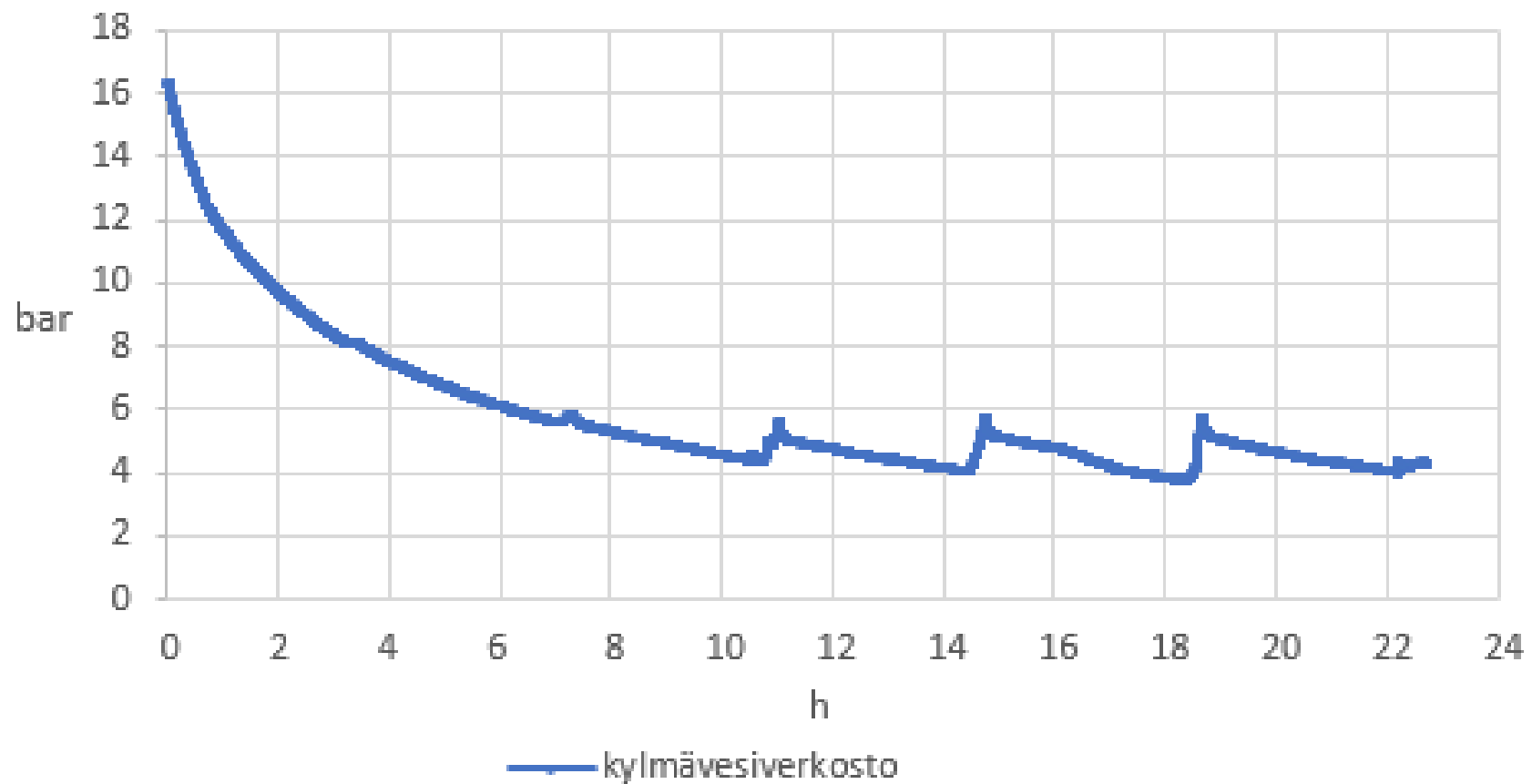
Kuvassa on näkyvillä Cu28ju-testausputken kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 10 bar.



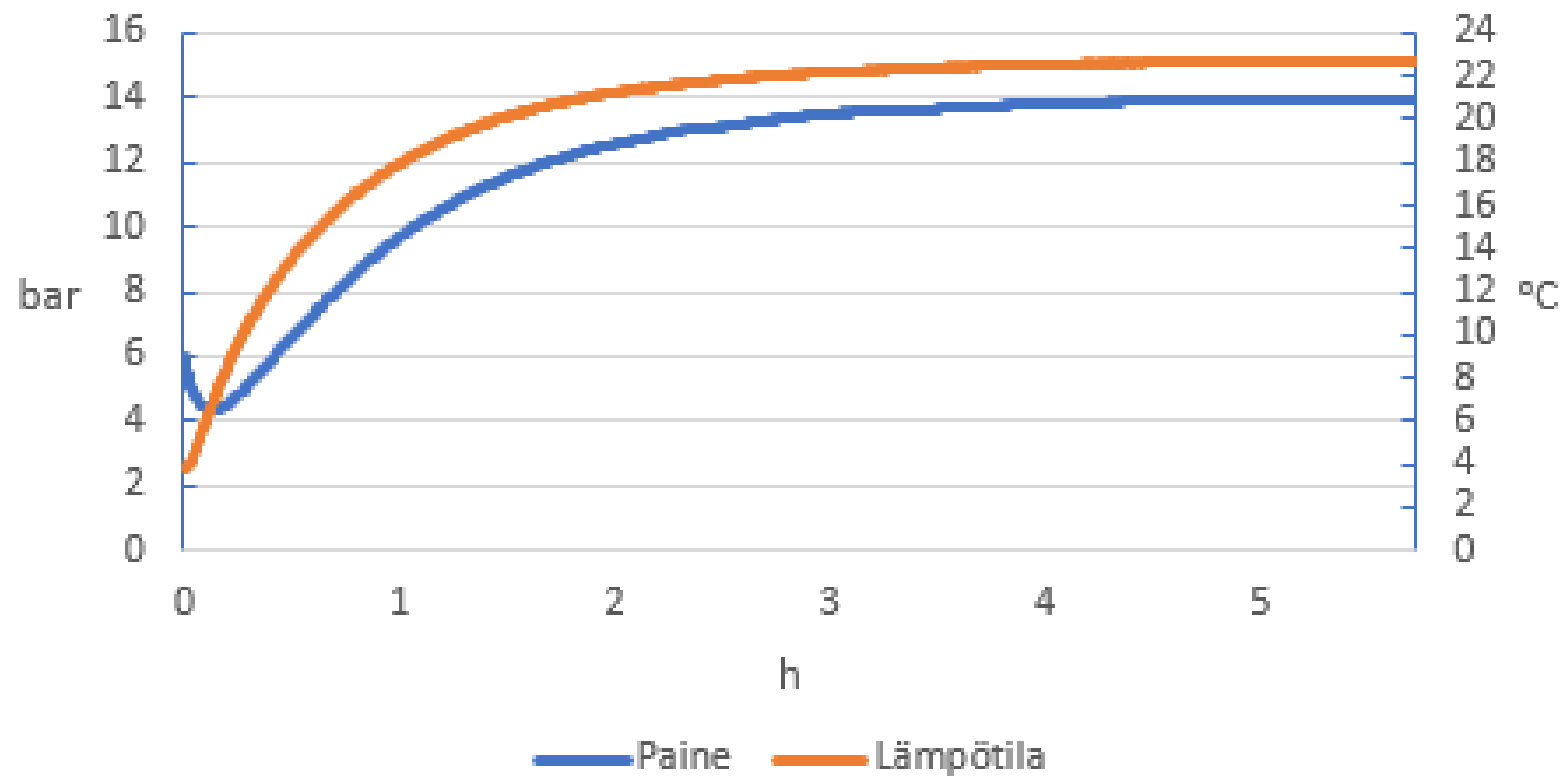
Kuvassa on näkyvillä kylmävesiverkoston koeponnistuksesta kuvaaja, jossa paine kuvataan ajan funktiona.



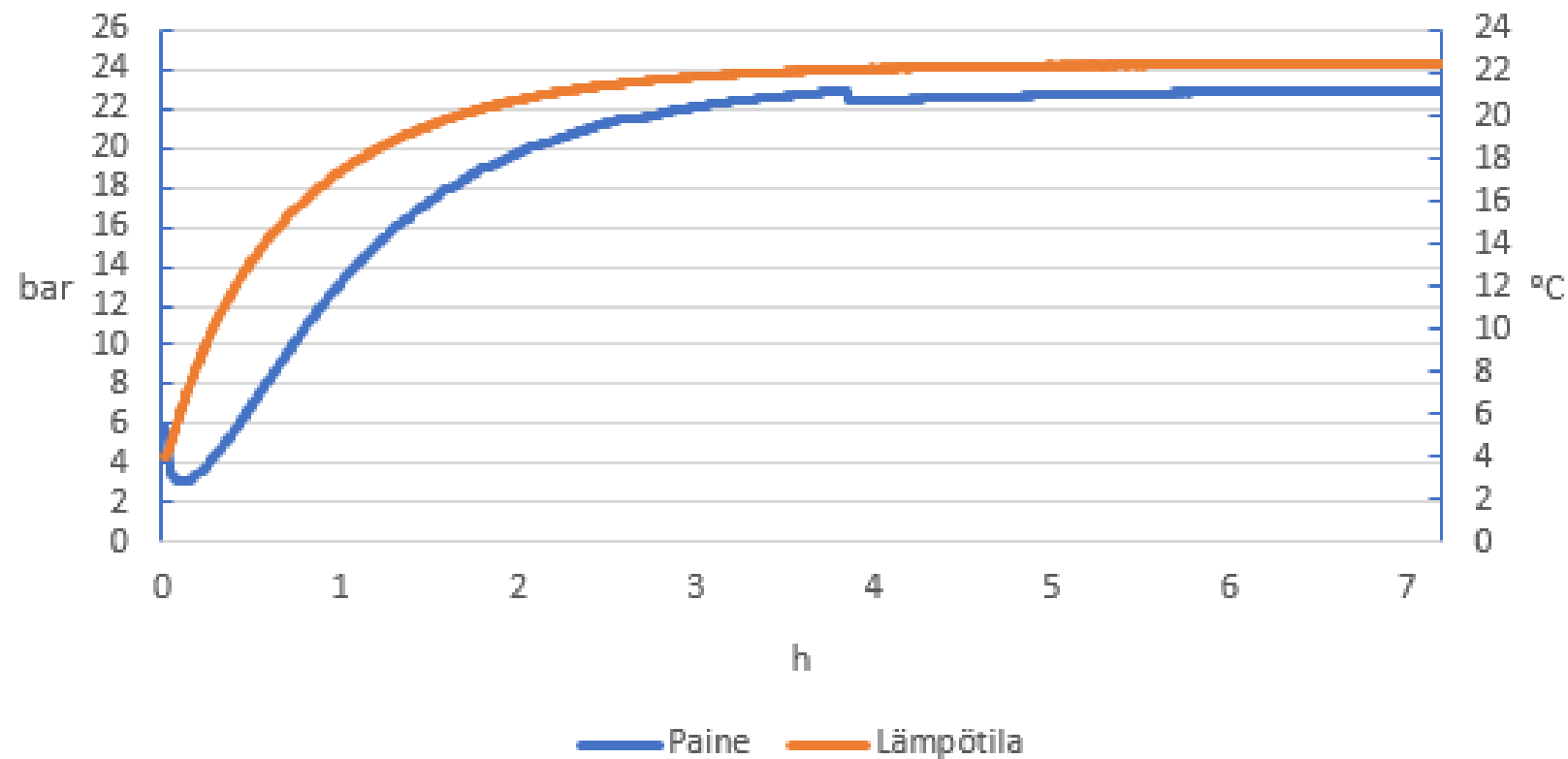
Kuvassa on näkyvillä kylmävesiverkoston paineen ja lämpötilan nousu kuvaajissa, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 3,9 bar.



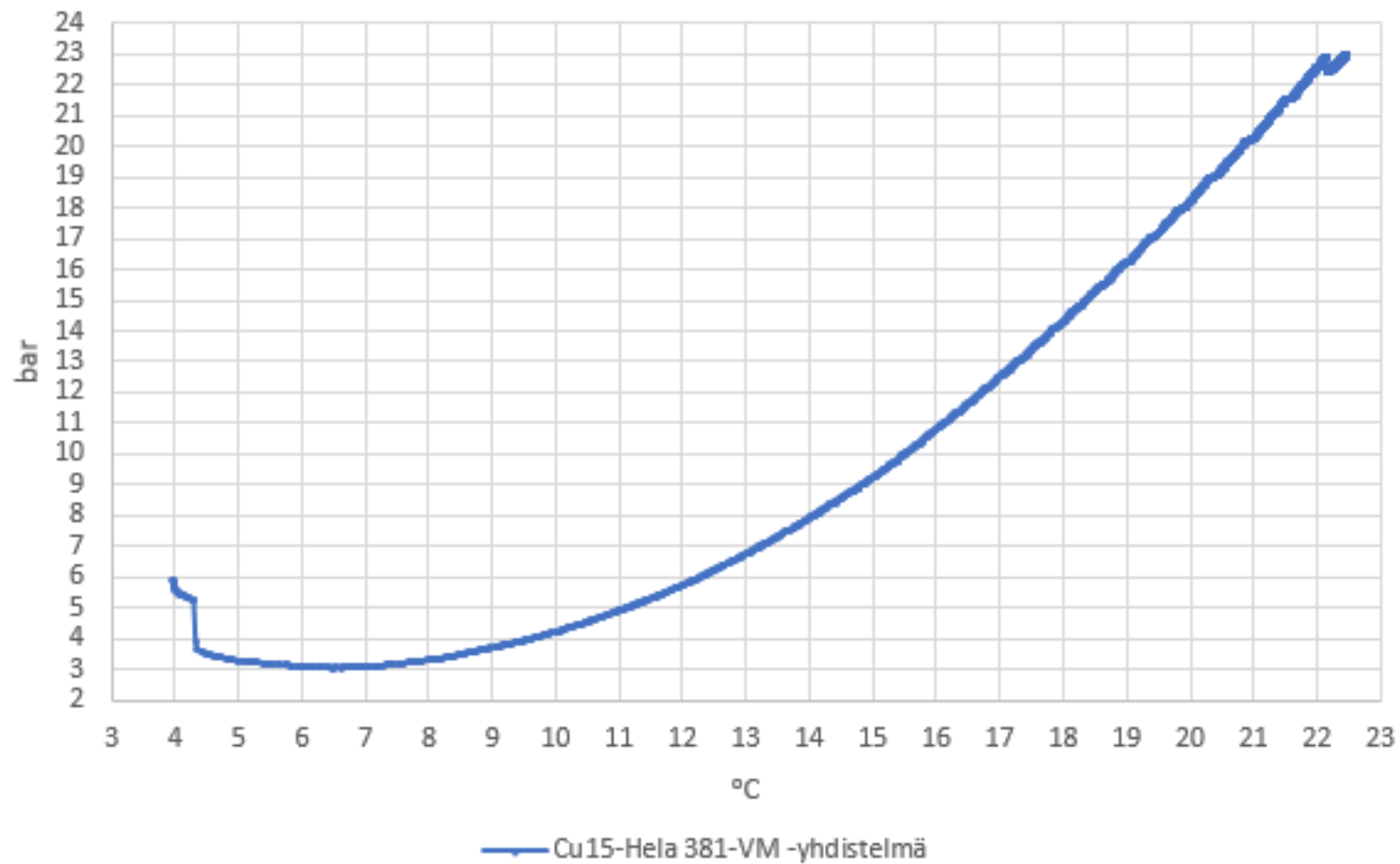
Kuvassa on näkyvillä kylmävesiverkoston hanojen ristivirtaustestin koeponnistuksesta kuvaaja, jossa paine kuvataan ajan funktiona.



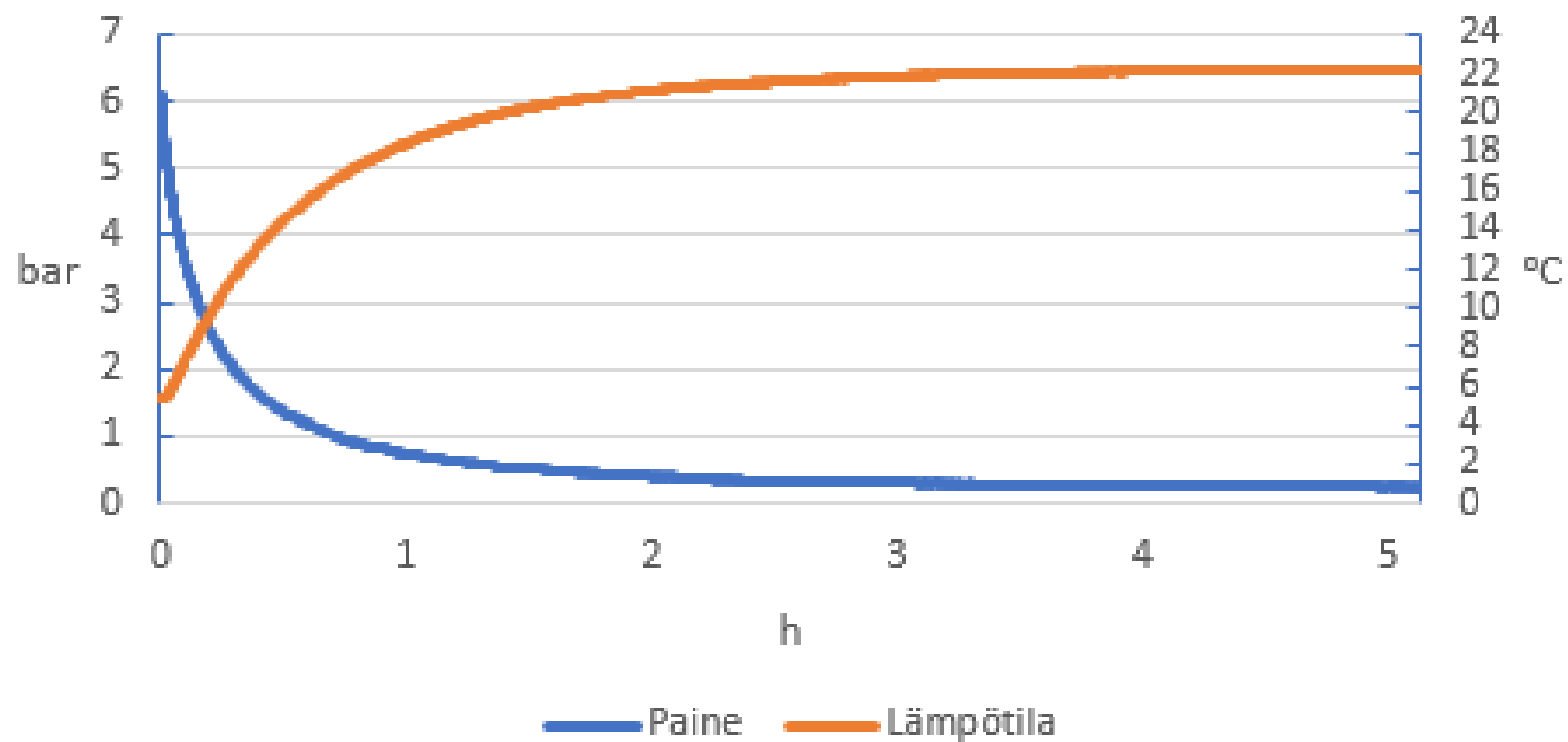
Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputki-vesimittari-yhdistelmän kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



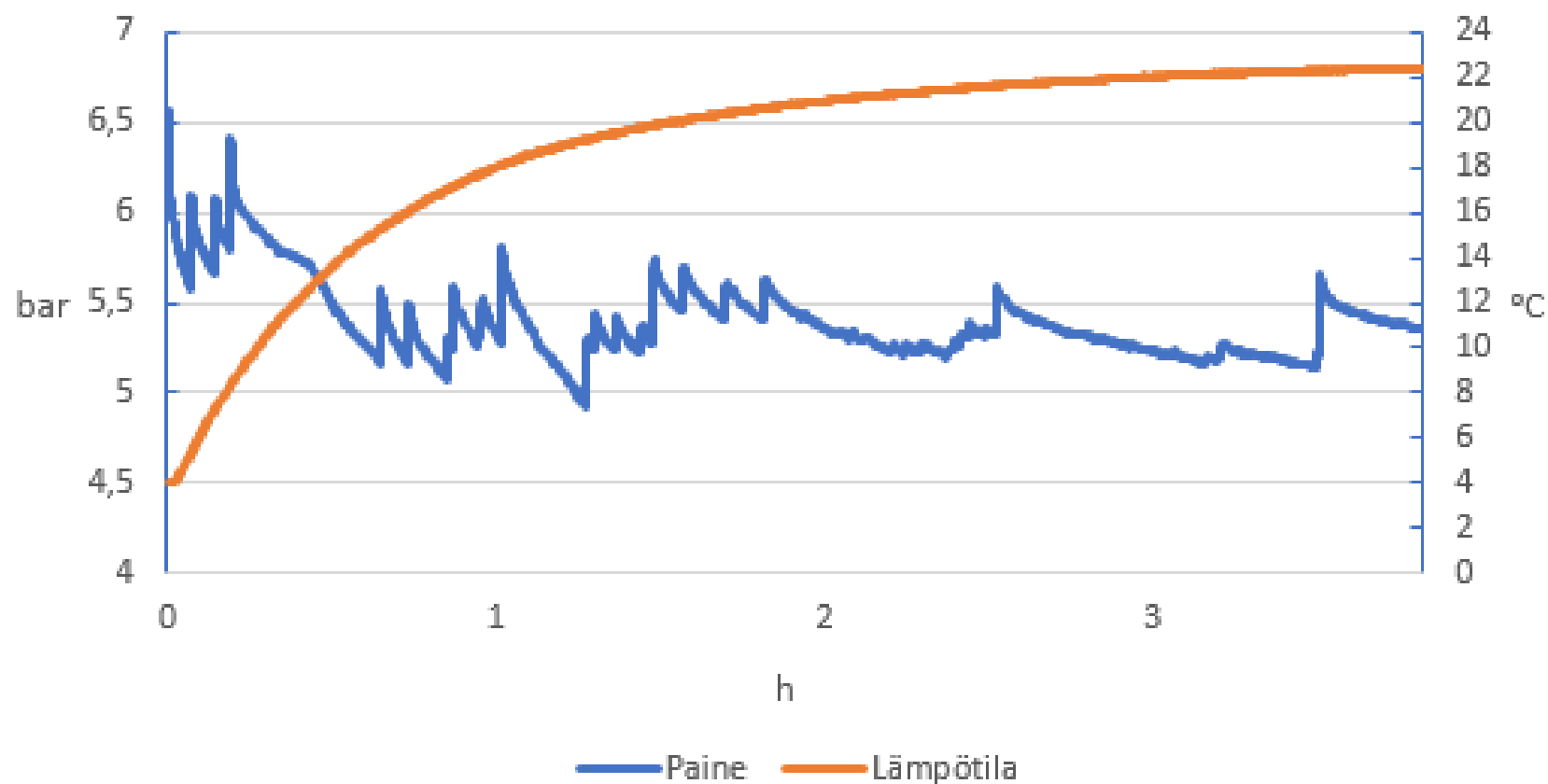
Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili Hela 381-vesimittari-yhdistelmän kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputki-yksisuuntaventtiili Hela 381-vesimittari-yhdistelmän kuvaaja, jossa paine kuvataan lämpötilan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputki-muoviputki-yhdistelmän kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona. Lähtöpaine on noin 6 bar.



Kuvassa on näkyvillä Cu15-testausputki-muoviputki-yksisuuntaventtiili-vesimittari-yhdistelmän kuvaajat, joissa lämpötila ja paine kuvataan ajan funktiona.